مقاله علمی– مروری:

مروری بر زیست‌فناوری تکثیر و پرورش تجاری ماهی دانیوی گورخری (*Danio rerio*)

علیرضا خیابانی*[۱]، آرش استقلالیان[۲]

*khiabani@uast.ac.ir

۱- دکتری تکثیر و پرورش آبزیان و استادیار دانشگاه جامع علمی علمی کاربردی، تهران، ایران
۲- کارشناس ارشد شیلات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

استانداردهای فعلی و پیشنهادی برای پرورش تجاری ماهی دانیوی گورخری (*Danio rerio*) و سایر ماهیان زینتی برای تولید در آزمایشگاه‌ها و مزارع، متفاوت است و نیازمند بومی‌سازی آن با شرایط اختصاصی هر واحد تولیدی دارد. اما چارچوب کلی پرورش ماهی گورخری به عنوان یک گونه زینتی محبوب و مدل آزمایشگاهی، سال‌هاست که محققان علوم زیستی مورد نقد و بررسی قرار داده‌اند و می‌تواند به عنوان یک استاندارد علمی و راهنمای عملی برای تولید موفقیت‌آمیز و اقتصادی این گونه مد نظر قرار گیرد. بنابراین، تدوین یک استاندارد واحد با توجه به ماهیت انعطاف‌پذیر این ماهی در شرایط محیطی مختلف و تنوع نیازهای تحقیقاتی که بر آن انجام می‌شود، امری دشوار است و غیر سودمند خواهد بود. از این‌رو، در این مقاله سعی شده تا مهم‌ترین الزامات دستیابی به تولید موفق و تجاری این ماهی مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ماهی گورخری، خانواده دانیوماهیان، تجارت ماهیان زینتی، فنون تکثیر تجاری ماهی، تغذیه ماهی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

مقدمه

ماهی دانیوی گورخری (*Danio rerio* Hamilton, 1822)، که به نام‌های زبرا دانیو[1]، زبرافیش[2] یا ماهی گورخری نیز خوانده می‌شود، یکی از ارزشمندترین ماهیان گرمسیری آب شیرین جهان است که در راسته کپورماهی‌شکلان، خانواده دانیوماهیان (Danionidae)، زیرخانواده دانیوها و جنس دانیو قرار دارد (جدول ۱). این ماهی پیش‌تر در خانواده بزرگ کپورماهیان (Cyprinidae) طبقه‌بندی می‌گردید که با توجه به تغییرات تاکسونومی سالیان اخیر، در خانواده دانیوماهیان (با ۳۹ جنس و ۳۶۳ گونه) جای گرفته است (Prasad *et al*., 2020; Fishbase, 2021). جنس دانیو قریب به ۳۰ گونه مختلف را شامل شده (جدول ۲)، اما به رغم برتری‌های نسبی در شاخص زیبایی برخی گونه‌های آن، هیچ‌یک از این گونه‌ها به اندازه ماهی گورخری برای علاقمندان صنعت آکواریوم و ماهیان زینتی و پژوهشگران نیز شناخته شده نیستند.

جدول ۱: رده‌بندی جدید ماهی دانیوی گورخری در سلسله جانوران (Fishbase, 2021)

سلسله: جانوران	**Kingdom**: Animalia
شاخه: طناب داران	**Phylum:** Chordata
زیرشاخه: مهره داران	**Subphylum:** Vertebrata
رده: شعاع بالگان	**Class:** Actinopterygii (Ray-finned fishes)
راسته: کپورماهی‌شکلان	**Order:** Cypriniformes (Carps)
خانواده: دانیوماهیان	**Family:** Danionidae
جنس: دانیو	**Genera:** *Danio*
گونه: ماهی گورخری (دانیو رریو)	**Genera:** *D. rerio*

دانیوی گورخری همواره سهم قابل‌توجهی در صادرات ماهیان زینتی آب شیرین جهان داشته و به‌خوبی در صنعت آکواریوم و ماهیان زینتی اقصی نقاط جهان وارد شده است. از این ماهی اغلب به عنوان یک گونه زینتی در آکواریوم و صنعت ماهیان زینتی، به عنوان ماهی خوراک (غذای زنده) برای پرورش ماهیان گوشت‌خوار، به عنوان کنترل‌گر بیولوژیک پشه و سایر حشرات موذی و به‌خصوص به عنوان یک گونه زیستی مدل[3] در توسعه علوم مختلف زیست‌شناسی به طور وسیع بهره‌برداری می‌شود (Khiabani, 2019). استفاده از ماهی گورخری به عنوان یک مدل ژنتیکی برای نخستین بار در دهه ۱۹۷۰ یک زیست‌شناس مجارستانی‌تبار (George Streisinger و همکاران) در دانشگاه اورگون ایالات متحده امریکا به جامعه علمی معرفی گردید و از آن پس به طور گسترده‌تری برای کار در علوم زیستی مختلف و علوم پزشکی به‌کار گرفته شد (Streisinger *et al*., 1981; Rasooly *et al*., 2003). وجود مشکلات متعدد برای مطالعه در گونه‌های تجاری ارزشمند، کمیاب و در معرض خطر انقراض، از علل کمبود اطلاعات در زمینه فیزیولوژی این ماهیان است، اما با توجه به اینکه مسیرهای فیزیولوژیک و پاسخ‌های مختلف ماهیان مدل با این ماهیان تقریباً هم‌خوانی و قرابت دارد، توجه به ماهیان مدل در این خصوص بیشتر شده است (مسعودی‌اصیل و همکاران، ۱۳۹۷). این ماهی گرمسیری از جمله مهره‌دارانی است که از سهم ژنومی بالا، همسانی پروتئوم قابل توجه و از نظر متابولیک، به سایر مهره‌داران نزدیک بوده و ژنوم آن قریب به ۸۷ درصد با ژنوم انسان همولوژی دارد (Liu *et al*., 2016) که بر اهمیت استفاده از آن در پژوهش‌های نوین و این پژوهش می‌افزاید. در سنوات اخیر ماهی گورخری به عنوان مدل زیستی جهت آنالیز سریع عملکرد ژن‌ها و فعالیت‌های بیولوژیک مولکول‌های آلی مطرح شده است (Zon, 2005). به سبب شباهت‌های بالا در پاسخ‌های ژنتیکی، فیزیولوژیک و فارماکولوژیک با انسان (به‌خصوص در مقابل سایر جانوران آزمایشگاهی مدل مثل مگس میوه، نماتدها، موش و خوکچه هندی)، این ماهی جهت تشخیص مواد طبیعی با پتانسیل‌های درمانی مختلف، از نظر دانشمندان بسیار مناسب به‌نظر می‌رسد.

1- Zebra danio
2- Zebrafish
3- Model species: Model system: Model organism

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

جدول ۲: گونه‌های مختلف ماهیان جنس دانیو (Fishbase, 2021)

نام فارسی	نام لاتین رایج	نام علمی
دانیوی زیتونی	Olive danio	*Danio dangila* (Hamilton, 1822)
دانیوی گورخری	Zebra danio	*Danio rerio* (Hamilton, 1822)
دانیوی مرواریدی	Pearl danio	*Danio albolineatus* (Blyth, 1860)
دانیوی کوتوله	Dwarf danio	*Danio nigrofasciatus* (Day, 1870)
دانیوی مینیاتوری	Kääbus	*Danio erythromicron* (Annandale, 1918)
دانیوی یاقوتی	Rubinbärbling	*Danio choprae* (Hora, 1928)
دانیوی آبی	Blue danio	*Danio kerri* (Smith, 1931)
دانیوی دنده آبی	Sinikylkiseeprakala	*Danio feegradei* (Hora, 1937)
دانیوی مگالایا	Meghalaya	*Danio meghalayensis* (Sen & Dey, 1985)
دانیوی باله نارنجی	Rusoseeprakala	*Danio kyathit* (Fang, 1998)
دانیوی ویتنام مرکزی	Keskvietnami	*Danio quangbinhensis* (Nguyen, Le & Nguyen, 1999)
دانیوی گل‌رزی	Ruususeeprakala	*Danio roseus* (Fang & Kottelat, 2000)
دانیوی ویتنام غربی	Loodevietnami	*Danio muongthanhensis* (Nguyen, 2001)
دانیوی تارندی	Trangi	*Danio trangi* (Ngô, 2003)
دانیوی جانیتا	Jaintia	*Danio jaintianensis* (Sen, 2007)
دانیوی کهکشانی	Galaxy rasbora	*Danio margaritatus* (Roberts, 2007)
دانیوی اسکولاپ	Eskulaap	*Danio aesculapii* (Kullander & Fang, 2009)
دانیوی کواگا	Kvagga	*Danio quagga* (Kullander, Liao & Fang, 2009)
دانیوی میانماری	Myanmari	*Danio tinwini* (Kullander & Fang, 2009)
دانیوی درخشان	Hõõgdaanio	*Danio flagrans* (Kullander, 2012)
دانیوی پنهان	Absconditus	*Danio absconditus* (Kullander & Britz, 2015)
دانیوی آنولوسی	Annulosus	*Danio annulosus* (Kullander, Rahman, Norén & Mollah, 2015)
دانیوی آساميلا	Assamila	*Danio assamila* (Kullander, 2015)
دانیوی مرواریدنما	Catenatus	*Danio catenatus* (Kullander, 2015)
دانیوی مقید	Concatenatus	*Danio concatenatus* (Kullander, 2015)
دانیوی سیگماتوس	Sphigmatus	*Danio sysphigmatus* (Kullander, 2015)
دانیوی شیشه‌ای	Klaas	*Danionella translucida* (Roberts, 1986)
دانیوی کامانگی	Kamaingi	*Danionella mirifica* (Britz, 2003)
دانیوی دراکولا	Drakula	*Danionella dracula* (Britz, Conway & Rüber, 2009)
دانیوی پریاپوس	Priapos	*Danionella priapus* (Britz, 2009)

عمده دلایل اولیه‌ای که سبب گسترش این مدل شده است شامل: اندازه کوچک لارو و جنین مورد آزمایش (۵-۱ میلی‌متر با توجه به مراحل رشد)، سرعت رشد، قدرت باروری بالای ماهیان بالغ، شفافیت جنین و لارو این ماهی (سهولت در مشاهده اندام‌ها و اعضای داخلی بدن ماهی) و دسترسی آسان به این ماهی که امکان ردگیری اثرات مختلف ترکیبات مورد آزمایش را امکان‌پذیر می‌سازد، می‌باشد (Crawford and Esguerra, 2008; GRC, 2011; Mushtaq *et al.*, 2013). از جمله قابل توجه‌ترین تغییرات ژنتیکی دارای عامل انسانی در آبزیان، ایجاد دانیوی گورخری رنگی یا دارای قابلیت نوردهی فلورسنت است که با عنوان گلوفیش[1] تولید و بعدها

1- GloFish

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

روانه بازار شد. Gong (۱۹۹۹) با وارد نمودن ژنی به نام پروتئین فلورسنت سبز[1] (استخراج شده از یک گونه عروس دریایی[2]) به جنین ماهی گورخری، به طور طبیعی تابش رنگ سبز روشن فلورسنت را در این ماهی تولید نمود. هر چند گلوفیش در ابتدا برای تجارت زینتی ماهی ایجاد نشده بود، اما اکنون اولین جانور تراریخته است که به عنوان حیوان خانگی در دسترس عموم مردم قرار دارد. هدف Gong از طرح‌ریزی این پژوهش، تولید ماهی‌هایی بود که قادر به نمایش سطح آلودگی محیط با استفاده از فلوئورسانس انتخابی در حضور سموم زیست محیطی بود، اما نتیجه امر این چنین نشد. با این حال تمامی گلوفیش‌ها سبز فسفری نیستند. زیرا بلافاصله پس از انجام این پژوهش، یک لاین از ماهی‌های گورخری با تابش فلورسنت قرمز با افزودن یک ژن از مرجان‌های دریایی و یک لاین از این ماهی با تابش فلورسنت زرد با اضافه کردن نوع دیگری از ژنوم عروس دریایی تولید گردید. گلوفیش در اواخر سال ۲۰۰۳، پس از قریب به ۲ سال تحقیق گسترده زیست محیطی و مشورت با سازمان‌های مختلف فدرال و ایالتی و همچنین متخصصان پیش‌رو در زمینه ارزیابی ریسک، به بازار ایالات متحده آمریکا (به‌جز کالیفرنیا) معرفی شد و تاکنون هیچ‌گونه نگرانی جدی در مورد تبعات عرضه آن گزارش نشده است (Pray, 2008; Monticini, 2010). از سوی دیگر، این ماهی، بیش از ۱۵ سال است که به ایران وارد شده و در مراکز تکثیر و پرورش ماهیان زینتی کشور به عنوان بخشی از سبد تولید، به‌سهولت به بازار عرضه می‌شود. گلوفیش‌های متولد شده، دارای صفات رنگی والدین خود هستند و به نسل بعد نیز منتقل می‌کنند. در حال حاضر، قریب به ۶ طیف رنگی خالص از گلوفیش (قرمز، نارنجی، زرد، آبی، سبز و صورتی) در دنیا تولید شده و به‌خوبی داد و ستد می‌شود، هر چند دوست‌داران محیط زیست و حیاط وحش، بارها مخالفت خود را با تولید جانوران تراریخته این چنینی اعلام نموده‌اند.

بوم‌شناسی و پراکنش

ماهی دانیوی گورخری یک گونه متمایل به سطح بستر (بنتوپلاژیک[3]) (Talwar and Jhingran, 1991) است که بومی مناطقی از جنوب آسیا شامل حوضه‌های آب‌ریز پاکستان، هندوستان، بنگلادش، نپال و میانمار است که از طریق آکواریوم‌داران به بخش‌هایی از آبهای کلمبیا نیز راه یافته است. در این مناطق جغرافیایی آب و هوای موسمی[4] حاکم بوده و باران‌های فصلی و هوای خشک مشخصه غالب این مناطق است. بارندگی‌های فصلی به‌شدت بر شرایط فیزیکی و شیمیایی زیستگاه‌های ماهی گورخری و در دسترس بودن منابع غذایی مورد نیاز این گونه تأثیر می‌گذارد. این عوامل بر زیست‌شناسی تولیدمثل و رفتار این ماهیان نیز اثرگذارند. داده‌های جمع‌آوری شده از مطالعات میدانی نشان می‌دهد که ماهیان گورخری عمدتاً جزو گونه‌های ساکن دشت‌های سیلابی آب شیرین هستند و بیشتر آنها در اعماق کم رودها و در میان پوشش‌های گیاهی یافت می‌شوند (Spence *et al*., 2008). شرایط زیست محیطی در این زیستگاه‌های طبیعی در هر دو بعد مکان و زمان بسیار متغیر است. برای مثال، داده‌های زیست محیطی ثبت شده از سایت‌های جمع‌آوری ماهی گورخری در هندوستان در فصل تابستان (Engeszer *et al*., 2007) و بنگلادش در فصل زمستان خشک (Spence and Smith, 2006) نشان می‌دهد که pH این مناطق ۸/۵-۵/۹، هدایت الکتریکی آب ۲۷۱-۱۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر[5] و دمای آب ۳۸-۱۶ درجه سانتی‌گراد متغیر است. این تفاوت‌ها منعکس کننده تغییرات زیاد در فصول مختلف و نقاط جغرافیایی متفاوت هستند، که خود شواهد محکمی دال بر سازگاری بالای ماهی گورخری با تغییرات گسترده‌ای پیرامون را نشان می‌دهد. نتایج آزمایشگاهی نیز تحمل آنها به تغییرات حرارتی (Cortemeglia and Beitinger, 2005) و یونی (Boisen *et al*., 2003) را به‌خوبی تأیید می‌کند. این ماهی‌ها طیف وسیعی از رفتارهای اجتماعی را از خود به نمایش می‌گذارند (Suriyampola *et al*., 2016) و به طور معمول در گروه‌ها و دسته‌جات ۲۰-۵ تایی و حتی دسته‌جات بزرگ‌تر (Engeszer *et al*., 2007) در آب شنا می‌کنند. کنوانسیون تجارت بین‌المللی گونه‌های در معرض خطر (CITES)[6] (CITES

1- Green fluorescent protein (GFP)
2- Crystal Jellyfish (*Aequorea victoria*)
3- Benthopelagic
4- Monsoonal climate
5- Microsiemens/centimeter (µS/cm)
6- Convention on International Trade in Endangered Species (CITES)

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

and UNEP-WCMC, 2017) و کنوانسیون حفاظت از گونه‌های مهاجر وحشی (CMS, 2015)[1] وضعیت این گونه را ارزیابی نشده[2] اعلام نمودند و اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN)[3]، درجه کمترین نگرانی[4] را در مورد این گونه اعلام کرده است (IUCN, 2018) که این موضوع تحت تأثیر تولید انبوه این ماهی و توسعه مطلوب آن به‌واسطه حضور در سبد تجارت جهانی آبزیان زینتی قرار دارد.

زیست‌شناسی و ماهی‌شناسی

حداکثر طول ماهی دانیوی گورخری ۳/۸ سانتی‌متر گزارش شده است و در حدود ابعاد ۲/۵ سانتی‌متری به بلوغ می‌رسد. رشد فیزیکی یک عامل کلیدی برای تمایز جنسیت این گونه محسوب شده و در برخی مطالعات مورفولوژیک بدان پرداخته شده است (Lawrence, 2007). دمای ۲۴-۱۸ درجه سانتی‌گراد، سختی ۱۹-۵ و pH در دامنه ۸-۶ از مشخصه‌های مطلوب آب مخزن نگهداری این ماهیان است. طول عمر متوسط این ماهی در شرایط اسارت (آکواریوم) ۳/۵ سال بوده و حداکثر تا ۵/۵ سال به درازا می‌کشد (Gerhard *et al.*, 2002). نمونه‌های متعددی از عوامل محیطی موثر بر بیان ژن و فیزیولوژی در ماهی گورخری در منابع علمی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به اکسیژن محلول (Martinovic *et al.*, 2009)، دما، رژیم نوری (Marvin and Lewis, 2013)، غلظت مواد معدنی (Craig *et al.*, 2010)، و شدت نور (Villamizar *et al.*, 2013) اشاره نمود. لذا، باید در نظر داشت که هر یک از این عوامل که مجموعاً شامل کیفیت آب می‌شوند، اثرات متعدد و اغلب متقابل بر فیزیولوژی ماهی گورخری می‌گذارند (Lawrence *et al.*, 2016). فرم بدن ماهی گورخری باریک و دراز بوده، بدن به طور معمول از پنج نوار یک‌نواخت (آبی رنگ)، رنگی و افقی در پهلوها برخوردار است، باله مخرجی (۱۲-۱۰ شعاع نرم) به صورت الگوهای رنگی راه‌راه دیده شده و خط جانبی وجود ندارد. تعداد مهره‌ها در ستون فقرات ۳۲-۳۱ عدد است. در دوران بلوغ، جنس ماده در ناحیه شکم چاق‌تر از جنس نر دیده می‌شود. این ماهی دو جفت سبیلک کوتاه (جفت مجاور منفذ بینی، سبیلک نازال[5]) و سبیلک بلند (جفت مجاور دهان یا سبیلک ماگزیلاری[6]) دارد. در واقع، سبیلک‌ها حس‌گرهای بدن هستند که حدود یک ماه پس از لقاح ایجاد می‌شوند (LeClair *et al.*, 2010). استفاده از ماهی گورخری در تمام مراحل زندگی می‌تواند به عنوان ابزاری برای مطالعات سم‌شناسی باشد. مطالعات بیشتر بر توانایی جذب مولکول آب از طریق پوست و آبشش متمرکز است. برای این منظور استفاده از جنین و لاروهای این ماهی به دلیل حساسیت بالای آنها به مواد شیمیایی رایج‌تر است. این ماهی می‌تواند شاخص خوبی برای پاسخ به مواد سمی باشد (Teraoka *et al.*, 2003).

تغذیه و رژیم غذایی

در مورد احتیاجات غذایی اکثر ماهیان زینتی، دانش کمی وجود دارد و در حال حاضر، جیره‌های غذایی تجاری موجود برای پرورش ماهیای زینتی، عمدتاً بر اساس مطالعات محدود انجام شده بر برخی گونه‌های شاخص انجام می‌شود که اغلب به مؤلفه‌های ظاهری غذا تا مسائل کیفی آن (Khiabani *et al.*, 2019) توجه شده است. در این میان نیازهای غذایی ماهی دانیوی گورخری نیز از این قاعده مستثنی نبوده و به رغم اثبات اثربخشی و کارکرد این ماهی به عنوان یک گونه مدل آزمایشگاهی، نیازهای غذایی و پرورشی آن همچنان ناشناخته مانده است. به طور کلی، این گونه در مواجه با مواد غذایی یک ماهی فرصت‌طلب[7] بوده (هر ماده غذایی قابل بلع را را به مصرف می‌رساند)، اما در اصل یک ماهی گوشت‌خوار تلقی می‌شود که در طبیعت از کرم‌های کوچک، سخت‌پوستان ریز، لارو حشرات (Spence *et al.*, 2007)، انواع زئوپلانکتون‌ها و حشرات آبزی و خشکزی و به میزان کم از جلبک‌ها، فیتوپلانکتون‌ها، دتریت‌ها و سایر مواد آلی دیگر تغذیه می‌کند (McClure *et al.*, 2006; Kaushik *et al.*, 2011). تجزیه و تحلیل محتوای دستگاه گوارش ماهیان گورخری وحشی جمع‌آوری شده از طبیعت نشان می‌دهد که آنها در درجه اول در ستون آب غذا را به‌دست می‌آورند و

1- Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS)
2- Not Evaluated
3- International Union for Conservation of Nature (IUCN)
4- Least Concern (LC)
5- Nasal barbels
6- Maxillary barbels
7- Opportunistic

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

سپس غذا را از طریق لایه‌ها سطحی و بستر دریافت می‌کنند (Spence *et al*., 2008). ماهی گورخری به طور طبیعی اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز خود را از طریق مصرف حشرات، پلانکتون‌های جانوری به‌دست می‌آورد (Meinelt *et al*., 2000). تمایل مصرف این ماهی به رژیم غذایی قرمز بیش از سایر رنگ‌ها (سبز، آبی و سفید) است (Spence and Smith, 2008). در پایان جلوگیری از پرخوری و غذادهی بیش از حد، در تمامی مراحل زندگی این ماهی حائز اهمیت بسیار است، زیرا مشکلات عدیده‌ای را برای ماهی ایجاد می‌کند (Avdesh *et al*., 2012).

تولیدمثل و چرخه زندگی

تخم‌ریزی ماهی گورخری در حیات‌وحش، بیشتر به دوره فراوانی منابع غذایی وابسته است (Nasiadka and Clark, 2012) و تحت تأثیر درجه حرارت آب، رژیم غذایی مطلوب و البته تغییرات فصلی (محیطی) به کرار در طول سال اتفاق می‌افتد (Spence *et al*., 2007). پرخاش‌گری مختصری هنگام تولیدمثل ممکن است در میان انواع ماهیان نر دیده شود (Spence *et al*., 2007) لیکن وجود اسپرم سالم ماهی نر جهت انجام روند رشد و بلوغ تخمک ضرورت دارد و در نبود اسپرم، مراحل اولیه تقسیم جنینی متوقف می‌شود (Spence *et al*., 2008). این ماهی صبح زود در غالب دسته‌جات کوچک در حاشیه منابع آبی و آب گرفتگی‌های کم عمق و به‌شدت پوشیده از گیاهان، تخم‌ریزی می‌کنند (Laale, 1977). هنگام تولیدمثل، ماهیان مولد ماده دانیوی گورخری تخمک‌ها را بر بستر با آب راکد یا جریان بسیار ملایم پراکنده می‌سازند. هیچ‌گونه رفتار مراقبتی توسط مولدین نر و ماده از تخم‌ها یا نوزادان صورت نمی‌گیرد (به عبارتی، تأثیر والدین در اپی‌ژنتیک[1] را کاهش می‌دهد). تخم‌ها غیرچسبنده[2] و غیرشناورند[3] و تخم‌گشایی در عرض ۷۲ ساعت در دمای ۲۸/۵ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد (Avdesh *et al*., 2012; Mushtaq *et al*., 2013). چرخه طبیعی روشنایی و تاریکی (چرخه ساعات تاریکی و روشنایی) بر زمان تخمک‌گذاری آنها تأثیر زیادی دارد. این ماهی در محیط آزمایشگاهی معمولاً طی ۶-۳ ماه پس از لقاح به بلوغ می‌رسد، هر چند که این امر می‌تواند به طور قابل توجهی با شرایط محیطی به‌ویژه افزایش تراکم، درجه حرارت و دسترسی به مواد غذایی مناسب متفاوت باشد. در شرایط مطلوب، تخم‌ریزی این ماهی پس از رسیدن به بلوغ جنسی به طور مداوم تکرار می‌شود. مولدان ماده به طور روزانه قادر به تخم‌ریزی هستند (Breder and Rosen, 1966).

در سال ۲۰۰۶ گزارش شد که مولدان ماده طی یک دوره حداقل ۱۲ روزه قادر به تولید تخمک هستند، هرچند تناوب تولیدمثل آنها تحت تأثیر شیمی آب، مواد غذایی، آهنگ‌رفتاری و ... قرار دارد (Spence and Smith, 2006). سرعت بالای تکامل این ماهیان سبب شده تا طی ۷۲ ساعت پس از لقاح، جنین‌سازی تقریباً کامل شود و اکثر اعضای بدن کاملاً رشد یافته و واجد قدرت عملکردی لازم باشند (Parng *et al*., 2002). قلب جنین‌ها با گذشت ۲۴ ساعت پس از لقاح، شروع به تپیدن می‌کند. با گذشت ۴۸-۲۴ ساعت بعد از تخم‌گشایی، لاروها کیسه شنای خود را از هوا پر کرده و شروع به شنای فعالانه و تغذیه از پلانکتون‌های جانوری کوچک می‌کنند (Engeszer *et al*., 2007). آنها می‌توانند ۷-۶ روز پس از لقاح، به کمک مواد مغذی ذخیره شده در کیسه زرده زنده بمانند. لاروها پس از خروج از تخم با استفاده از سلول‌های اختصاصی روی سر به سطوح مختلف اجسام غرق در آب می‌چسبند و تا زمان شنای فعال و توسعه کامل در این نواحی باقی می‌مانند و پس از عبور از این مرحله زندگی می‌توانند به آبهای عمیق‌تر و با جریان تندتر وارد شوند (Engeszer *et al*., 2007; Mushtaq *et al*., 2013). در هر حال، برای تولید تجاری ماهی دانیوی گورخری، پرورش لارو و نوزادان قوی‌تر و با کیفیت‌تر، یکی از مهم‌ترین اهداف مدیریتی در طرح‌های پرورش ماهی گورخری است که با کسب اطمینان از سطح بقاء جنین‌های پرورشی، تأمین مولدان مناسب و رژیم غذایی مطلوب در کنار فراهم نمودن شاخص‌های فیزیکوشیمیایی مطلوب آب، می‌توان به‌خوبی بدان نائل گردید (Khiabani *et al*., 2020). بر همین اساس مهم‌ترین مولفه‌های زیستی و غیرزیستی تأثیرگذار در تولیدمثل موفق ماهی گورخری به شرح جدول ۳ ارائه گردیده است (Kolb *et al*., 2018).

1- Epigenetic parental influence
2- nonadhesive
3- Demersal

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

جدول ۳: عوامل موفقیت در تولیدمثل ماهی دانیوی گورخری (Kolb *et al.*, 2018)

نوع عامل	شاخص اثرگذار	توصیف شاخص اثرگذار
غیرزیستی	رژیم نوری	شروع تخم‌ریزی با روشن شدن نور چراغ‌ها توام باشد (تقلید از تابش خورشید).
	زمان‌سنجی	تخم‌ریزی در آغاز روز برنامه‌ریزی شود.
	مخزن مناسب	مخزن مناسب با قابلیت کاهش استرس برای مولدین و جنین‌ها.
	عمق آب	با دارا بودن شیب مناسب (بستر دارای سطحی از عمق زیاد به کم)
	کیفیت آب	دما: ۲۸/۵ درجه‌سانتی‌گراد، pH: ۸-۷، شوری ۰/۲۵ قسمت در هزار، سختی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نیتریت: ۰ قسمت در هزار، نیترات: ۰ تا ۵ قسمت در هزار، آمونیاک ۰ تا ۱۰ قسمت در هزار
	تناوب تولیدمثل	حداکثر یک بار در هفته تکثیر شوند.
زیستی	فرمون‌های جنسی	نیازمند گردش مناسب آب در مخزن تکثیر است تا ماهیان نر و ماده بالغ از حضور یکدیگر و سطح آمادگی تولیدمثلی یکدیگر آگاه شوند.
	نسبت جنسی نر به ماده	یک نر به ۲ ماده
	جیره غذایی	مشروط به هضم‌پذیری بالا: سطح پروتئین و چربی بالا (دامنه ایده‌آل مواد غذایی ناشناخته است)
	تناوب غذادهی (Feeding frequency)	در حد سیری (Satiation) یا ۵ درصد وزن بدن، حداکثر ۳ بار در طول روز
	دستکاری ژنتیکی	به درجه تغییرات ژنتیکی ماهی بستگی دارد.

مخازن پیشرفته تولید

در پرورش ماهی گورخری، علاوه بر کیفیت آب، برخورداری از مخزن مناسب نیز نقش به‌سزایی در بروز موفیقت و افزایش کارایی دارد، ضمن آنکه تراکم ماهی‌ها در مخزن نباید موجب بروز استرس در آنها شود (Carfagnini *et al.*, 2009). موفقیت در پرورش، تولیدمثل و بقاء می‌تواند با خصوصیات مخزن و حداکثر سطح تراکم (۱۲ ماهی گورخری در لیتر) ارتباط معنی‌داری داشته باشد تا اثرات عوامل محیطی را در این خصوص کاهش دهد (Suriyampola *et al.*, 2016). بسیاری از تحقیقات در حال انجام بر ماهی گورخری، بستگی به تولید به‌موقع و مداوم تخم و جنین با کیفیت بالا دارد. درک رفتارهای تولیدمثلی ماهی در حیات‌وحش و به تبع آن در محیط اسارت، نوآوری‌هایی را در تکنیک‌های تولید و تجهیز ادوات آزمایشگاهی به‌همراه داشته است (Uusi-Heikkil *et al.*, 2012). در سنوات اخیر، سیستم‌های پیشرفته‌ای برای استفاده در آزمایشگاه‌های تولید ماهی گورخری طراحی و تولید شده‌اند که ضمن به حداقل رساندن دخالت انسان و امکان توسعه عوامل بیماری‌زای مختلف، امکان تولید هزاران قطعه جنین ماهی دانیوی گورخری در هر روز ممکن باشد و فرآیند غربال‌گری جنین‌ها نیز طبق نظر متخصص مربوطه انجام می‌شود (Lawrence and Mason, 2012). یک نمونه قابل توجه از این ادوات آزمایشگاهی پیشرفته، استفاده از مخازن تخم‌ریزی iSpawn است (شکل‌های ۱ الی ۴). این مخازن برای تخم‌ریزی ماهی گورخری طراحی و تولید شده است و امروزه در کشورهای پیشرفته نمونه‌هایی از آن را می‌توان یافت (Adatto *et al.*, 2011). مخازن iSpawn علاوه بر آنکه به کاربر یا محقق اجازه می‌دهد تا هزاران جنین هم‌سن را که در یک شرایط محیطی تولید شده‌اند را به طور هم‌زمان جمع‌آوری کند، برای استفاده کاربر بسیار آسان بوده و نیاز به پیچیدگی یا مهارت خاص ندارد. این مخازن به صورت کاملاً علمی و مبتنی بر رفتار طبیعی ماهی گورخری بالغ و آماده تولیدمثل طراحی شده است (Khiabani, 2019). این مخازن علاوه بر آنکه به یک سیستم جابجایی مایع خودکار برای غربال‌گری مجهز هستند، به یک سیستم تصویربرداری متشکل از اسکنر سازگار با توان بالای پایش تصاویر (برای ارزیابی اثربخشی دارو و ...) و سه ربات پیشرفته و سایر دستگاه‌های کاربردی (محصور در بستر) که با سیستم‌های رایانه‌ای کنترل می‌شود، مجهز می‌باشند.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]



شکل ۱: نمونه مخزن پیشرفته iSpawn برای تکثیر ماهی دانیوی گورخری

همچنین این مخازن به صورت خودکار نظارت و پیمایش طیف وسیعی از شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب را به طور مداوم بر عهده دارند به‌طوری‌که داده‌های مورد نظر به‌راحتی برای محقق قابل دسترس و شاخص‌های محیطی تحت کنترل وی می‌باشند. نمونه‌هایی از این سیستم‌های مدرن تولید و نگهداری ماهی گورخری را می‌توان در بخش تحقیقاتی بیمارستان کودکان بوستون[1] ایالات متحده امریکا و همچنین آزمایشگاه زبرافیش دکتر شیائو یان ون[2] در مرکز کشف داروهای پیشرفته بیمارستان اس‌تی مایکل[3] کانادا (که در سال۲۰۰۹ با اعتبار اولیه ۲ میلیون دلار تأسیس شد) مشاهده نمود (شکل ۲). مخازن تکثیر و پرورش تجاری، باید به دور از هر گونه بستر شنی و ماسه‌ای، دکوراسیون و ادوات تزئینی باشند تا ضمن سهولت در نظافت روزانه مخزن، اعمال شیوه‌های مدیریت تکثیر به‌راحتی میسر باشد.

1- Boston Children’s Hospital
2- Dr. Xiao-Yan Wen's laboratory
3- The Zebrafish Centre for Advanced Drug Discovery, St. Michael's Hospital



شکل ۲: بخشی از آزمایشگاه زبرافیش دکتر شیائو یان ون –مرکز کشف داروهای پیشرفته بیمارستان اس‌تی مایکل کانادا

علاوه بر مخازن پیشرفته iSpawn، استفاده از مخازن فایبرگلاس شیب‌دار[4] یا مخازن ساده تجهیز با ادوات در دسترس (تجهیز با توری دارای ابعاد مناسب چشمه[5] در بستر مخزن) در میان تولیدکنندگان خرد و متوسط ماهی گورخری رواج دارد. طراحی مخازن فایبرگلاس شیب‌دار کوچک (با ۱/۷ لیتر گنجایش) بر مبنای ایده خلاقانه و براساس مدل رفتاری تولیدمثلی این ماهی در بسترهای شیب‌دار (برای تشویق و تحریک تخم‌ریزی) ترسیم شده است. مولدین پس از تخم‌ریزی امکان تغذیه از تخم‌های موجود در بستر مخزن را نخواهد نداشت. استفاده از حائل جدا کننده موجود در این مخازن، این امکان را به تکثیر کننده می‌دهد تا ماهی‌ها در گروه‌های کوچک‌تری تقسیم کرده و برای جفت شدن به طور اختصاصی عمل کند (شکل ۳). در برخی منابع حجم مخزن پیشنهادی برای تکثیر این ماهی ۶۰ سانتی‌متر طول و ۳۰ سانتی‌متر عرض و ارتفاع (۵۴ لیتر) پیشنهاد شده است (Lambert, 2001). برخی منابع تنها حدود ارتفاع (عمق) آب مخزن مورد نیاز جهت تکثیر این ماهی را ۱۵ سانتی‌متر (معادل ۶ اینچ) توصیه کرده‌اند (Alderton, 2019). در سایر منابع محدودیت خاصی در مخازن نگهداری یا تکثیر اعلام نشده است.

4- Sloping Breeding Tanks
5- Mesh

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]



شکل ۳: نمونه‌ای از مخازن فایبرگلاس شیب‌دار (بالا) و ساده (پایین) مخصوص تکثیر ماهی دانیوی گورخری

بیوتکنیک تکثیر و پرورش

مولدسازی و محیط پرورش

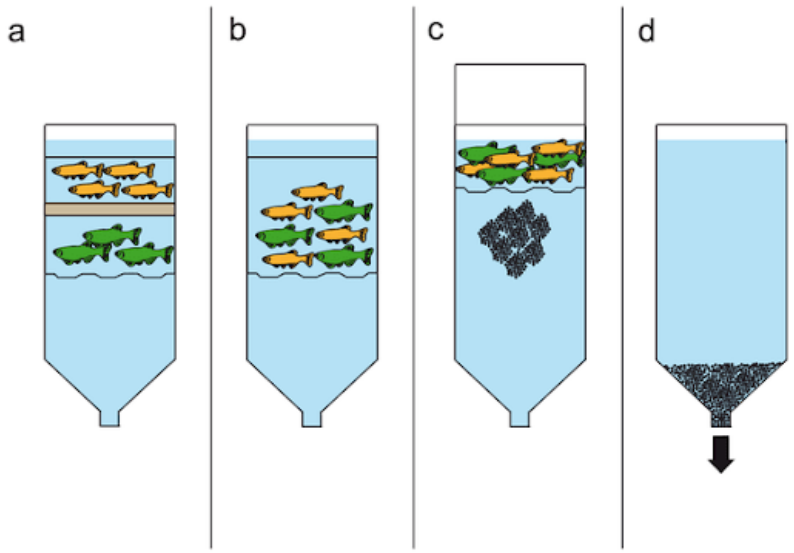
شروع مولدسازی بهتر است با انتخاب ماهیان جوانی که به مرحله رسیدگی جنسی (بلوغ) نرسیده‌اند آغاز گردد. در این مرحله ماهی‌های جوان اغلب به صورت گله‌ای در مخازن ۵۰۰-۲۰۰ لیتری نگهداری می‌شوند. برخی منابع علمی طول استاندارد بلوغ این گونه را حدود ۲۳ میلی‌متر عنوان کرده‌اند (Spence *et al.*, 2008). تراکم مناسب برای ماهیان گورخری جوان ۵±۲۰ قطعه در هر ۳/۶ لیتر آب با شدت جریان آب مخزن ۱۰/۲ ($L\times h^{-1}$) و یا ۲۰±۱۸۸ قطعه در هر ۷۵ لیتر آب با شدت جریان آب مخزن ۱۸۴/۲ ($L\times h^{-1}$) توصیه می‌شود (William *et al.*, 2016).

کیفیت آب مخازن همواره تضمینی برای داشتن مولدین سالم خواهد بود. استفاده از سیستم‌های مداربسته در مزارعی که دسترسی به آب فراوان میسر نمی‌باشد، توصیه می‌گردد. علاوه شاخص‌های اصلی کنترل کیفیت آب، توجه به دما و هدایت الکتریکی (EC) آب (µS/cm) نیز به‌خصوص در واحدهای تولیدی که از منابع آب جاری یا آبهای زیرزمینی بهره می‌برند، ضرورت دارد. هدایت الکتریکی آب می‌تواند به‌سرعت ارزیابی غلظت کل یون‌های محلول در آب را نشان دهد (Boyd, 2017). بنابراین، سنجش مداوم آن کمک شایانی به مزارع پرورش ماهیان زینتی می‌نماید (جدول ۴). در این مرحله استفاده از غذاهای فرموله خشک مرغوب همراه با غذای زنده (بیوماس آرتمیا و دافنی) بسیار مفید خواهد بود. تراکم مولدین در این مرحله ۴۰۰-۳۰۰ عدد مولد در ۵۰۰ لیتر توصیه می‌شود. جداسازی هر دو جنس نر و ماده با بروز نخستین نشانه‌های بلوغ (به‌خصوص صفات ثانویه جنس ماده؛ افزایش قطر شکم) صورت می‌گیرد، اما در شرایط تولید صنعتی و کشت متراکم، به علت تعدد بالای مولدین، عملاً جداسازی جنسی ماهیان دشوار، زمان‌بر و به عبارتی غیر ممکن می‌نماید. از این‌رو، در مزارعی که از تجهیزات پیشرفته کنترل هدایت الکتریکی آب بهره می‌گیرند، مدیریت سطح EC آب در این خصوص کارآمد خواهد بود. به عبارتی، نگهداری مولدین در آب دارای EC بالا (بیش از ۵۰۰ µS/cm)، سبب می‌گردد با وجود رسیدگی جنسی، تولیدمثل صورت نگیرد. از این‌رو، انتقال مولدین به مخازن دارای EC پایین‌تر (تا ۲۵۰ µS/cm) موجب بروز شوک و البته تخم‌ریزی همزمان در یک بازه زمانی ۲۴ ساعته می‌گردد. بیشتر سالن‌های پرورشی از آب شرب شهری کلرزدایی شده استفاده می‌کنند. با این حال، برخی از سیستم‌ها از آب دیونیزه استفاده می‌کنند. مهم است که هدایت الکتریکی آب سیستم، ۱۵۰۰-۳۰۰ µS باشد، زیرا این امر انرژی ماهی را برای نگهداری املاح و نمک‌های حیاتی بدن کاهش می‌دهد. بنابراین، ماهی گورخری را نمی‌توان در آب دیونیزه نگهداری کرد مگر آنکه برای حفظ سطح EC مطلوب، به آن نمک اضافه شود (Avdesh *et al.*, 2012) (شکل ۴).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

جدول ۴: وضعیت شاخص‌های کیفیت آب محیط پرورش و زیست ماهی گورخری از نگاه منابع معتبر

شاخص آب محیط نگهداری	توصیه مرکز تحقیقات بین‌المللی ماهی گورخری (Westerfield, 2007)	وضعیت پارامتر آب در محیط طبیعی (Lawrence, 2007)	منبع دیگر (Avdesh *et al.*, 2012)
درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)	۲۸/۵	۲۸/۰	۲۶ -۲۸/۵
سختی عمومی (dGH)	۶-۷	۳/۲	۳-۶
pH	۷/۲ – ۷/۶	۷/۴	۶/۸ -۷/۵
کربنات کلسیم محلول در آب (میلی‌گرم در لیتر)	۱۲۰-۱۳۰	۵۷	۵۰-۱۵۰
هدایت الکتریکی آب (µS/cm)	۵۰۰	۴۵۲	۳۰۰
آمونیاک (NH_3 , NH_4^+) (میلی‌گرم در لیتر)	۰	اعلام نشده	کمتر از ۰/۰۲
نیتریت (NO_2^-) (میلی‌گرم در لیتر)	۰	کمتر از ۰/۱	کمتر از ۰/۱
نیترات (NO_3) (میلی‌گرم در لیتر)	۰ - ۵	۴/۱	کمتر از ۵
شوری (گرم در لیتر)	اعلام نشده	اعلام نشده	۱ - ۰/۵
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	اعلام نشده	اعلام نشده	بیش‌تر از ۶



شکل ۴: نحوه عملکرد مخزن iSpawn و دیگر مخازن استاندارد تکثیر ماهی دانیوی گورخری؛ a- ماهیان مولد ماده در قسمت پایین و مولدان نر در قسمت فوقانی مخزن به طور مجزا قرار می‌گیرند تا ماهی‌ها تحت تأثیر فرومون‌های جنسی یکدیگر به اوج آمادگی لازم برای تخم‌ریزی نائل گردند. b- جداره حائل برداشته می‌شود تا مولدان یکدیگر را ملاقات کنند. c- تخم‌ریزی صورت می‌گیرد و d- تخم‌ها به مخزن دیگری جهت تخم‌گشایی منتقل می‌گردند.

مدیریت تکثیر

همان‌گونه که ذکر شد، ماهی دانیوی گورخری با شروع نور شروع به اقدام به تولیدمثل می‌کند. تخمک‌های بارور شده را می‌توان از طریق تکثیر درون مخزنی[1] (دستجات یا گله‌های حداکثر ۲۵۰ قطعه‌ای) یا تکثیر جفت انتخابی[2] به‌دست آورد. تکثیر درون مخزنی کارایی بیشتری برای تولید تجاری این ماهی به‌خصوص در مزارع تکثیر و پرورش ماهیان زینتی دارد. از سوی دیگر، زمانی که قرار است ژن‌ها یا جهش‌ها از ماهی‌های خاص غربال‌گری شوند، تکثیر به شیوه جفت

1- In-tank breeding

2- Pairwise breeding

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

انتخابی ترجیح داده می‌شود. در روش اول، استفاده از مخازنی با عمق حداکثر ۱۵ سانتی‌متر با سطح مقطع دایره‌ای (با قطر حدود ۱/۵ متر برای تکثیر یک گله ۲۵۰-۲۰۰ قطعه‌ای) پیشنهاد می‌شود. لازم است بستر مخزن با استفاده از توری پلاستیکی دارای چشمه مناسب (با شیب ۴۵-۳۰ درجه) به‌خوبی پوشانده شود تا از بلعیده شدن تخم‌ها به‌وسیله مولدین پیشگیری شود. در صورتی که مولدین نر و ماده از قبل تفکیک و از هم جدا شده باشند، در مخزن تکثیر نیز به همین منوال آنها را وارد کرده و صبح روز بعد، کمی بعد از شروع نور، می‌بایست جداره حائل میان آنها برداشته شود. لازم است مولدین حداقل ۲۰ دقیقه بعد از پایان تخم‌ریزی در مخزن تکثیر باقی بمانند تا از خروج تخمک‌ها و باروری کامل آنها اطمینان حاصل گردد. سپس مولدین برای احیاء انرژی از دست رفته، در مخزن دیگری مورد تغذیه قرار می‌گیرند تا پس از طی دوره لازم، مجدداً به مخزن تکثیر فراخوانده شوند. با هم‌زدن دستی آب مخزن تکثیر در یک جهت (ساعت‌گرد یا پادساعت‌گرد) و سپری شدن ۱۰-۵ دقیقه، تمامی تخم‌ها در وسط مخزن تجمع می‌یابند و با باز نمودن شیر خروجی وسط مخزن یا یک صافی پارچه‌ای نرم، آنها را به منظور تخم‌گشایی به انکوباتورهای زوگی‌شکل (جریان دایمی آب از کف به منظور معلق شدن تخم‌ها و هوادهی آنها) یا ظروف پتری‌دیش[1] (ظروف آزمایشگاهی دارای درپوش و عمق ۱/۵-۹ میلی‌متر) منتقل می‌گردند (بهتر است آب مخزن تکثیر را با آب قدیمی مخزن رقیق کرده و به نوعی تخم‌ها شستشو داده شوند). در روش دوم استفاده از مخازن فایبرگلاس شیب‌دار یا سایر مخازن مشابه رایج است و زمان تکثیر با توجه به رژیم نوری سالن، قابل تغییر خواهد بود (Avdesh *et al*., 2012).

تخم‌گشایی و پرورش لارو

تولید ماهیان زینتی، مانند سایر بخش‌های آبزی‌پروری، به‌شدت بر کیفیت و کمیت تولید تخم آبزیان، تخم‌گشایی، هماوری و بقاء لاروها وابسته است. به طور کلی، در هر مرحله از آبزی‌پروری، اهداف تغذیه‌ای مختلفی دنبال می‌شود و بیشتر این بررسی‌ها در مراحل رشد لاروها صورت می‌گیرد، زیرا بیشترین هزینه‌های تحمیلی به آبزی‌پروری و بحرانی‌ترین دوره زیستی ماهیان زینتی در همین مرحله قرار دارد (Khiabani and Keramat, 2019). تخم‌های بارور نشده (سفید رنگ و مات) باید با استفاده از ادوات مناسب (سرنگ، شلنگ هوادهی یا پیپت) از تخم‌های بارور شده جدا کرد. با گذشت ۷۲ ساعت در دمای ۲۸/۵ درجه سانتی‌گراد لاروها از پوشش تخم (کوریون) خارج شده و آزادانه شنا می‌کنند و آماده انتقال به مخزن پرورش لاروی، برای اولین تغذیه هستند. اگر جریان آب در این مرحله به‌خوبی برقرار باشد، نیازی به استفاده از گندزداها برای کاهش جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها نخواهد بود. در روش‌های تولید آزمایشگاهی، لاروها را می‌توان در ظروف گرد نگهداری کرد که تا ۵۰ درصد آب مخزن به طور روزانه تعویض گردد. تعویض آب بایستی همراه با حذف لاروهای مرده و بیمار و به‌خصوص باقی‌مانده غذایی همراه باشد. لاروها باید از روز پنجم پس از لقاح تغذیه شده و در محیطی با همان کیفیت آب نگهداری شوند. بی‌شک حیاتی‌ترین مسئله بعد از شنای آزاد، مربوط به تأمین غذای متناسب با ابعاد دهان لاروهاست. در تولید تجاری ماهی گورخری در دوره لاروی، نیاز به کشت یا تأمن غذای زنده (روتیفر آب شیرین یا پارامسی) است (Lawrence *et al*., 2007; Avdesh *et al*., 2012). لارو ماهی دانیوی گورخری ۵ روزه تنها قادر به استفاده از غذایی با قطر ۴۵-۲۱ میکرومتر (µm) می‌باشند (Önal and Langdon, 2016). متناسب با تراکم لاروها در مخزن، هر ۸ ساعت یک‌بار روتیفر به مخازن پرورشی اضافه می‌گردد. بعد از گذشت ۵ روز از تخم‌گشایی، لاروها قادر خواهند بود از ناپلیوس آرتمیا تغذیه کنند. به منظور حفظ بازماندگی لاروها، از روز هشتم لغایت دهم پس از تخم‌گشایی، ناپلیوس آرتمیا و روتیفر را به صورت ترکیبی به مخازن پرورشی اضافه می‌کنند و از روز ۱۴-۱۰ استفاده از ناپلیوس آرتمیا به تنهایی ادامه پیدا می‌کند. استفاده از غذای فرموله تجاری از روز دهم پس از تخم‌گشایی بلامانع است، اما توصیه می‌شود ماهی‌ها از روز دهم لغایت چهاردهم صرفاً ناپلیوس آرتمیا مصرف نمایند. ماهی‌ها تا رسیدن به سایز مورد نظر از غذاهای فرموله استفاده می‌گردد.

1- Petri dish

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

نتیجه‌گیری

روش‌های مختلفی در تکثیر و پرورش تجاری ماهی گورخری در کارگاه‌های مختلف، بنا به رسالت تولید، امکانات موجود و نیز شرایط محیطی واحد تولیدی به‌کار گرفته می‌شود. رعایت نکات مذکور در این مقاله علمی- مروری می‌تواند دستیابی به تولید تجاری این گونه را فراهم نماید. در این میان توجه به مولدسازی مناسب، احتیاجات غذایی لاروها و ماهیان پرورشی و مدیریت کنترل کیفیت آب، همراه با ثبت وقایع تولید (فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب، نرخ تلفات و ...) و مدیریت زمان بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

منابع

مسعودی‌اصیل، شیما. عابدیان‌کناری، عبدالمحمد، رحیمی‌میانجی، قدرت‌اله. ون‌درکرک، گلن. ۱۳۹۷. اثر سطوح مختلف اسید آراشیدونیک جیره بر میزان کلسیم، هورمون‌های تیروئیدی و کورتیزول در مراحل زرده‌سازی و رسیدگی نهایی مولدین ماده ماهی گورامی آبی (*Trichopodus trichopterus*). مجله علوم و فنون شیلات. دوره ۷، شماره ۲، بهار ۱۳۹۷. ص ۱۱۶-۱۰۹.

Adatto, I., Lawrence, C., Thompson, M. and Zon, L. I. 2011. A new system for the rapid collection of large numbers of developmentally staged zebrafish embryos. *PLoS One*, 6(6), e21715.

Alderton, D., 2019. Encyclopedia of aquarium & pond fish. DK; Reprint edition. 400 P.

Avdesh, A., Chen, M., Martin-Iverson, M.T., Mondal, A., Ong, D., Rainey-Smith, S., Taddei, K., Lardelli, M., Groth, D.M., Verdile, G. and Martins, R.N., 2012. Regular care and maintenance of a Zebrafish (*Danio rerio*) laboratory: an introduction. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (69), e4196. Doi: 10.3791/4196.

Boisen, A.M., Amstrup, J., Novak, I. and Grosell, M., 2003. Sodium and chloride transport in soft water and hard water acclimated zebrafish (*Danio rerio*). *Biochim Biophys Acta*, 1618(2): 207–218.

Boyd, C.E., 2017. Electrical conductivity of water, Principles and measurement of an important production parameter. *Global Aquaculture Advocate*, 1-5.

Breder, C.M. and Rosen, D.E., 1966. Modes of Reproduction in Fishes. The Natural History Press, New York, 941 P.

Carfagnini, A., Rodd, H., Jeffers, K. and Bruce, A.. 2009. The effects of habitat complexity on aggression and fecundity in zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Biology of Fishes*, 3:403–409.

CITES, UNEP-WCMC, 2017. The Checklist of CITES Species Website. Appendices I, II and III valid from 04 April 2017. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compiled by UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

CMS (Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals), 2015. Appendices I and II of the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. http://www.cms.int/en/species [Accessed 12/10/2017].

Cortemeglia, C. and Beitinger, T.L., 2005. Temperature tolerances of wild-type and red transgenic zebra danios. *Transactions of the American Fisheries Society*, 134: 1431–1437.

Craig, P.M., Wood, C.M. and Mcclelland, G.B., 2010. Water chemistry alters gene expression and physiological end points of chronic waterborne copper exposure in Zebrafish, *Danio rerio*. *Environmental Science and Technology*, 44(6), 2156e2162.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

Crawford, A.D., Esguerra, C.V. and Witte, P.A.M., 2008. Fishing for drugs from nature: zebrafish as a technology platform for natural product discovery. *Planta Medica*, 74: 624 – 32.

Engeszer, R.E., Patterson, L.B., Rao, A.A. and Parichy, D.M., 2007. Zebrafish in the wild: a review of natural history and new notes from the field. *Zebrafish*, 4(1): 21–40.

Fishbase, 2021. https://www.fishbase.se/summary/FamilySummary.php?ID=749 (Accessed 14 April 14, 2021)

Gerhard, G.S., E.J. Kauffman, X., Wang, R., Stewart, J.L. Moore, C.J. Kasales, E. Demidenko and Cheng, K.C., 2002. Life spans and senescent phenotypes of zebrafish (*Danio rerio*). *Experimental Gerontology*, 37:1055-1068

GRC (Genome Reference Consortium), 2011. Human, Mouse, Zebrafish: Genome Assemblies. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/genome/ as sembly/grc.

IUCN, 2018. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. Downloaded on 19 November 2018.

Kaushik, S., Georga, I. and Koumoundouros, G., 2011. Growth and body composition of zebrafish (*Danio rerio*) larvae fed a compound feed from first feeding onward: toward implications on nutrient requirements. *Zebrafish*, 2:87–95.

Khiabani, A., Keramat, A., 2019. A review of the role and importance of essential fatty acids in the feeding of ornamental fish. *Journal of Ornamental Aquatics*, 6(2):21-28. 20.1001.1.24234575.1398.6.2.1.3

Khiabani, A., 2019. Review of the Ethical and Technical Principles of Working with Zebrafish as a Species of the Biological Model in Medical Science Studies. *Iranian Journal of Medical Ethics and History of Medicine*, 12, 58-72. http://ijme.tums.ac.ir/article-1-6120-en.html

Khiabani, A., Keramat, A. and Tahergorbi, R., 2019. Use of Highly unsaturated fatty acid (HUFA) in Ornamental Fish Feeds. *Survey in Fisheries Sciences*, 6 (1):64-76. Doi:10.18331/SFS2019.6.1.7

Khiabani, A., Keramat, A.S., Ouraji, H., Esmaili Fereidouni, A. and Hosseinzadeh Sahafi, H., 2020. Influence of different levels of dietary Arachidonic Acid Supplementation on growth parameters and survival of Zebrafish (*Danio rerio*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 29(2):179-191. Doi: 10.22092/isfj.2020.122050

Kolb, A., Hildebrandt, F. and Lawrence, C., 2018. Effects of Diet and Social Housing on Reproductive Success in Adult Zebrafish, *Danio rerio*. *Zebrafish*, 15(5):445-453. DOI: 10.1089/zeb.2018.1599.

Laale, H.W., 1977. Biology and use of zebrafish, *Brachydanio rerio* in fisheries research - literature-review. *Journal of Fish Biology*, 10(2), 121.

Lambert, D., 2001. A Practical Guide to Breeding Your Freshwater Fish. Barrons Educational Series Inc; 1 edition. 77 P.

Lawrence, C., 2007. The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): a review. *Aquaculture*,

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

269(1e4), 1e20. Doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.077.

Lawrence, C. and Mason, T., 2012. Zebrafish housing systems: a review of basic operating principles and considerations for design and functionality. *Institute Laboratory Animal Research Journal*, 53(2):179-91. DOI: 10.1093/ilar.53.2.179.

Lawrence, C., Best, J., Cockington, J., Henry, E.C., Hurley, S., James, A. and Sanders, E., 2016. The complete and updated "*Rotifer Polyculture Method*" for rearing first feeding zebrafish. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, 107, e53629.

Lawrence, C.P., Ebersole, J.P. and Kesseli, R.V., 2007. Rapid growth and out-crossing promote female development in zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Biology of Fishes*, Vol 16, pp. 34-47.

LeClair Elizabeth, E. and Topczewski, J., 2010. Development and Regeneration of the Zebrafish Maxillary Barbel: A Novel Study System for Vertebrate Tissue Growth and Repair. *PLoS ONE*, 5(1): e8737. Doi: 10.1371/journal.pone.0008737.

Liu, Y., Li, D. and Yuan, Z., 2016. Photoacoustic Tomography Imaging of the Adult Zebrafish by Using Unfocused and Focused High-Frequency Ultrasound Transducers. *Appl. Sci.*, 6(12), 392. DOI: 10.3390/app6120392.

Martinovic, D., Villeneuve, D.L., Kahl, M.D., Blake, L.S., Brodin, J.D. and Ankley, G.T., 2009. Hypoxia alters gene expression in the gonads of zebrafish (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology*, 95(4), 258e272.

Marvin, G.A. and Lewis, M., 2013. Effect of temperature, photoperiod, and feeding on the rate of tail regeneration in a semiaquatic plethodontid salamander. *Journal of Thermal Biology*, 38(8), 548e552.

McClure, M.M., McIntyre, P.B. and McCune, A.R., 2006. Notes on the natural diet and habitat of eight Danionin fishes, including the Zebrafish *Danio rerio*. *Journal of Fish Biology*, 69: 553–570.

Meinelt, T., Schulz, C., Wirth, M., Kürzinger, H. and Steinberg, C., 2000. Correlation of diets high in n-6. Polyunsaturated fatty acids with high growth rate in Zebrafish (*Danio rerio*). *Comparative Medicine*, 50(1), 43-45.

Monticini, P., 2010. The Ornamental Fish Trade, Production and Commerce of Ornamental Fish: technical-managerial and legislative aspects. FAO GLOBEFISH Research Programme. Volume 102.

Mushtaq, M.Y., Verpoorte, R. and Kim, H.K., 2013. Zebrafish as a model for systems biology. *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*, 29:187–205.

Nasiadka, A. and Clark, M., 2012. Zebrafish breeding in the laboratory environment. *Institute Laboratory Animal Research Journal*, 2:161–168.

Önal, U. and Langdon, C., 2016. Diet Size Preference of Zebrafish (*Danio rerio*) Larvae Fed on Cross-Linked Protein-Walled Capsules. *Zebrafish*, 13, 6, 556-562. DOI.org/10.1089/zeb.2016.1307

Parng, C., Seng, W.L., Semino, C. and McGrath, P., 2002. Zebrafish: A preclinical model for

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

drug screening. *Assay and Drug Development Technologies*, 1: 41–48.

Prasad, K.K., Younus, M. and Srinivasulu, C., 2020. Ichthyofaunal diversity of Manjeera Reservoir, Manjeera Wildlife Sanctuary, Telangana, *India Journal of Threatened Taxa*, 12(10): 16357–16367. DOI:10.11609/jott.5408.12.10.16357-16367.

Pray, L., 2008. Recombinant DNA Technology and Transgenic Animals. *Nature Education*, 1(1):51.

Rasooly, R.S., Henken, D., Freeman, N., Tompkins, L., Badman, D., Briggs, J. and Hewitt, A.T., 2003. Genetic and genomic tools for zebra fish research: The NIH zebra fish initiative. *Developmental Dynamics*, 228: 490-496.

Spence, R. and Smith, C., 2006. Mating preference of female zebrafish, *Danio rerio*, in relation to male dominance. *Behavioral Ecology*, 17: 779–783.

Spence, R., Fatema, M.K., Ellis, S., Ahmed, Z.F. and Smitz, C., 2007. Diet, growth and recruitment of wild zebrafish in Bangladesh. *Journal of Fish Biology*, 71:304-309.

Spence, R., GerlaCch, G., Lawrence, C. and Smith, C. 2008. The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. Biol Rev Camb Philos Soc 83(1): 13–34.

Spence, R. and Smith, C., 2008. Innate and learned colour preference in the zebrafish, *Danio rerio*. *Ethology*, 114(6), 582–588. DOI:10.1111/j.1439-0310.2008.01515.x

Streisinger, G., Walker, C., Dower, N., knauber, D. and Singer, F., 1981. Production of clones of homozygous diploid zebra fish (*Brachydanio rerio*). *Nature*, 297: 293 – 6.

Suriyampola, P., Shelton, D., Shukla, R., Roy, T., Bhat, A. and Martins, E., 2016. Zebrafish social behavior in the wild. *Zebrafish*, 1:1–8.

Talwar, P.K. and Jhingran, A.G., 1991. Inland fishes of India and adjacent countries. vol 1. A.A. Balkema, Rotterdam. 541 P.

Teraoka, H., Dong, W. and Hiraga, T. 2003. *Congenital Anomalies*, 43, 123.

Uusi-Heikkil, S., Kuparinen, A., Wolter, C., Meinelt, T. and Arlinghaus, R., 2012. Paternal body size affects reproductive success in laboratory-held Zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Biology of Fishes*, 93(4), 461e474.

Villamizar, N., Vera, L.M., Foulkes, N.S. and Sa´nchez-Va´zquez, F.J., 2013. Effect of lighting conditions on zebrafish growth and development. *Zebrafish*, 11(2).

Westerfield, M., 2007. The zebrafish book. A Guide for the laboratory use of Zebrafish (*Danio rerio*). Eugene: University of Oregon Press.

William, D.H., Westerfield, M. and Zon, L., 2016. Methods in Cell Biology, The Zebrafish: Genetics, Genomics, and Transcriptomics. Academic Press. Volume 135, ISSN 0091-679X.

Zon, L.I. and Peterson, R.T. 2005. In vivo drug discovery in the Zebra fish. *Natural Review Drug Discovery*, 4: 35 – 44.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]

A review of the Biotechnical of commercial breeding of Zebrafish (*Danio rerio*)

Khiabani A.R.[1*]; Esteghlalian A.[2]

[*]khiabani@uast.ac.ir

1-Assistant professor of Aquaculture & Fisheries Sciences, University of Applied Science and Technology, Tehran, Iran.
2-Master of science in Fisheries engineering, Tehran, Iran.

Abstract:
Current and proposed standards for commercial breeding of Danio rerio and other ornamental fish for production in laboratories and farms are different and require indigenize with the specific conditions of each production unit. But the general framework of zebrafish farming as a popular ornamental species and laboratory model has been reviewed by bioscientists for many years and can be considered as a scientific standard and practical guide for successful and economical production of this species. Zebrafish can thrive in a variety of environmental conditions, which is a specific advantage for working with this organism. So, developing a single standard is difficult and probably not beneficial due to the flexible nature of this fish in different environmental conditions and the variety of research needs that are performed on it. Therefore, in this article, we have tried to pay attention to the most important requirements for achieving successful and commercial production of this fish.

Keywords: Zebrafish, Danionidae, Ornamental Fish Trade, Commercial fish breeding techniques, Fish feeding

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1400.8.2.1.7]