بررسی اثر تراکم اولیه ذخیره‌سازی و نوع جیره غذایی بر رشد و بازماندگی لارو ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus kutum*)

فاطمه حسن تبار[۱]، ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی[۲*]، حسین اورجی[۳]، سیده صدیقه بابایی[۴]، سیده فیروزه حسینی[۵]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، گرایش تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیکی: f.hassantabar@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیکی: a.esmaeili@sanru.ac.ir

۳- عضو هیات علمی گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیکی: hosein.oraji@yahoo.com

۴- دانشجوی دوره دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، پست الکترونیکی: sedigheh.babaei@yahoo.com

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، گرایش تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیکی: firuzeh.hoseini@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۷ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۵*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۴، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی اثرات دو سطح مختلف از تراکم لاروی (۴۰ و ۸۰ عدد لارو در لیتر) و دو نوع جیره غذایی (غذای زنده و کنسانتره) بر پارامترهای رشدی و بازماندگی لاروهای تازه به تغذیه فعال افتاده ماهی سفید دریای خزر به مدت ۴ هفته انجام شد. نتایج نشان داد که بالاترین میزان وزن بدن در گروه غذای کنسانتره در تراکم پایین با میانگین وزن نهایی بدن ۲±۵۶ میلی‌گرم به دست آمد (P<۰/۰۵). کمترین میزان تلفات در گروه‌های تغذیه شده با غذای زنده مشاهده شد، به‌طوری که میزان بازماندگی آنها در محدوده‌ای بین ۹۱-۸۵ درصد متفاوت بود، ولی نرخ رشد در این گروه‌ها در هر دو سطح از تراکم در مقایسه با غذای کنسانتره پایین‌تر بود (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده لاروها را می‌توان در روزهای آغازین تغذیه فعال با غذای کنسانتره و در تراکم لاروی پایین (۴۰ عدد در لیتر) پرورش داد. نظر به اهمیت بالای میزان بازماندگی لاروی در برابر رشد در ماهی سفید می‌توان استفاده از غذای زنده (در دو هفته اول) و سپس غذای کنسانتره (در دو هفته بعدی) را پیشنهاد نمود.

کلمات کلیدی: *ماهی سفید، تراکم، غذای زنده ، غذای کنسانتره، رشد، بازماندگی.*

۱. مقدمه

ماهی سفید (*Rutilus kutum*) یکی از مهم‌ترین و اقتصادی-ترین ماهیان دریای خزر به شمار می‌رود که بیش از ۵۴ درصد از کل صید ماهیان استخوانی را در آمارهای دو دهه اخیر به خود اختصاص داده است (Fallahi et al., 2005). با توجه به از بین رفتن بسیاری از زیستگاه‌های طبیعی برای تخم‌ریزی و تولیدمثل ماهیان که خود ناشی از ایجاد سد و دیگر دخالت‌های انسانی بوده است، به نظر می‌رسد که بازسازی ذخایر این ماهی از طریق تکثیر مصنوعی و پرورش لاروها تا اوزان مناسب و رهاسازی آنها به رودخانه‌ها می‌تواند به‌عنوان یک راهکار موثر در زمینه احیای جمعیت آنها در دریای خزر به‌شمار رود (رضوی صیاد، ۱۳۷۴؛ عمادی، ۱۳۶۴). بدین ترتیب برای نخستین بار تکثیر مصنوعی و پرورش انبوه بچه ماهیان سفید در استخرهای خاکی از سال ۱۳۶۱ در کشور آغاز گردید (رضوی صیاد، ۱۳۷۴).

میزان رشد بدن ماهی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی بوده که با روابط متقابل، برهم کنش‌های اجتماعی بین ماهیان و تراکم مرتبط است (Tawwab et al., 2005). مطالعات نشان دادند که میزان و سرعت رشد بدن ماهیان یک روند ثابت و پایداری را در طول مراحل مختلف زندگی ماهی نداشته و عوامل متعدد از جمله پارامترهای محیطی و ژنتیکی روی رشد تاثیر دارند (Sloman and Armstrong, 2002; Kaushik et al., 2004). جهت افزایش بازده تولید در شرایط پرورش هر گونه‌ای از آبزیان، افزایش تراکم ذخیره‌سازی می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌های موثر در جبران مشکل کمبود فضا یا زمین محسوب گردد. در بسیاری از گونه‌های پرورشی، میزان رشد ماهی در صورت افزایش تراکم به شدت کاهش یافته که دلایل مختلفی مانند روابط متقابل اجتماعی بین ماهیان، رقابت بر سر منابع غذایی و فضای مورد نیاز زیستی باعث ایجاد نوعی استرس مزمن شده که سرانجام می‌تواند اثرات منفی روی رشد داشته باشد (Kristiansen et al., 2004; Van Speybroeck, 2005).

اگرچه مطالعات انجام شده روی هالیبوت آتلانتیک (*Hippoglossus hippoglossus*) (Kristiansen et al., 2004) و ماهی (*Heterobranchus longifilis*) Vundu (Imorou Toko et al., 2008) نشان از اثرات منفی شاخص رشدی با افزایش تراکم داشته است؛ ولی چنین روندی در ماهیانی مانند توربوت (*Scophthalmus maximus*) و فلاندر تابستانی (*Paralithys dentatus*) مشاهده نشد (Kolkovski et al., 1995).

به نظر می‌رسد که دستیابی به رشد مطلوب و سلامتی لارو ماهی وابستگی زیادی به کمیت و کیفیت غذای مصرفی داشته که این موضوع نیز می‌تواند در بهینه‌سازی تراکم لاروها در شرایط پرورشی نقش موثر ایفا کند (Holm et al., 1990). با وجود کلیه تلاش‌های صورت گرفته در جهت توسعه جیره‌های کنسانتره برای تغذیه لاروهای تازه به تغذیه فعال افتاده ماهیان، هم‌چنان وابستگی زیادی به استفاده از غذاهای زنده در مراحل اولیه تغذیه در بسیاری از گونه‌های پرورشی ماهیان دریایی و آب شیرین دیده می‌شود (Kristiansen et al., 2004; Wallace et al., 1998). غذاهای زنده‌ای مانند آرتمیا به دلیل داشتن مقادیر مناسبی از آنزیم‌های گوارشی از جمله آمیلاز و تریپسین می‌توانند در هضم غذا به هنگام عبور از سامانه گوارشی لاروها کمک کنند (JamrO`z et al., 2008; Trzebiatowski et al., 1981).

ماهی سفید دریای خزر از ماهیانی است که در مرحله آغازین تغذیه فعال لاروی قابلیت استفاده از غذای زنده در کنار غذای کنسانتره را در شرایط کارگاهی دارا است (Ouraji et al., 2012). با این وجود، مطالعات محدودی در زمینه امکان افزایش تراکم پرورش لارو در کنار نوع غذای مصرف شده برای لاروهای ماهی سفید انجام شده است. به همین دلیل در مطالعه حاضر، میزان شاخص‌های رشدی و مقادیر بازماندگی لارو ماهی سفید دریای خزر در دو سطح تراکم (کم و زیاد) به همراه استفاده از دو نوع جیره غذایی (غذای زنده شامل ناپلیوس آرتمیا و غذای کنسانتره از نوع بیومار) جهت دستیابی و معرفی به تراکم بهینه در کنار نوع غذای داده شده به لاروها مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

لاروهای ماهی سفید به تعداد ۶۲۰۰۰ عدد (لاروهای ۲۴ ساعت پس از تخم گشایی با میانگین اولیه وزنی ۰/۹۹±۵/۵ میلی‌گرم و طولی ۰/۴۳±۸/۲ میلی‌متر) از کارگاه شهید رجایی ساری تهیه و به سالن آکواریوم گروه شیلات در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل شدند. لاروها بعد از شمارش به‌صورت کاملا تصادفی در ۱۲ تانک (هر کدام با ظرفیت ۱۱۵ لیتر) توزیع و در دو گروه تغذیه‌ای شامل تیمار A- لاروهای تغذیه شده با ناپلیوس آرتمیا فرانسیسکانا (*Artemia*

franciscana) و تیمار B- لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره (استارتر بیومار) توزیع شدند. در هر گروه از تیمارهای تغذیه‌ای فوق از دو سطح تراکم لاروی شامل تراکم ۴۰ عدد لارو در لیتر (A_1: غذای زنده تراکم پایین- B_1: غذای کنسانتره تراکم پایین) و ۸۰ عدد لارو در لیتر (A_2: غذای زنده تراکم بالا- B_2: غذای کنسانتره تراکم بالا) استفاده شد (هر تیمار شامل سه تکرار بود). ۲۴ ساعت بعد از جابجایی لاروها (معادل با ۷۲ ساعت پس از تخم‌گشایی)، عمل تغذیه در حد سیری (ad libitum) و در دفعات ۴ مرتبه در روز (ساعات ۷، ۱۱، ۱۵ و ۱۹) انجام گردید. ترکیب بیوشیمیایی غذای کنسانتره از نوع استارتر بیومار شامل پروتئین (۵۶ درصد)، چربی (۱۸ درصد)، فیبر (۰/۴ درصد)، خاکستر (۱۰/۵ درصد)، کربوهیدرات (۸ درصد)، رطوبت (۱۵/۱ درصد) و میزان انرژی (۲۱/۱ ژول به ازای هر گرم) بود. طول دوره نوری برای کلیه تیمارها ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی (دوره روشنایی از ساعت ۶ صبح تا ۸ بعد از ظهر) بوده که توسط لامپ‌های فلوئورسنت با شدت نوری ۸۰۰ لوکس (با استفاده از لوکس‌متر) فراهم گردید. باقیمانده‌های غذا و مواد دفعی زائد به‌صورت روزانه و قبل از آغاز غذادهی، از طریق سیفون کردن جمع‌آوری و لاروهای مرده شمارش شدند. به‌منظور تعویض آب در تانک‌های پرورشی، روزانه به میزان ۳۰ درصد از حجم آب با سیفون کردن تعویض شده و سپس با آب تازه جایگزین گردید. به‌منظور اندازه‌گیری طول و وزن لاروها، نمونه-برداری به‌طور کاملا تصادفی (۳۰ عدد لارو از هر تانک) در روزهای ۲، ۸، ۱۵، ۲۱ و ۳۰ ام به ترتیب با کولیس و ترازوی یک دهزارم انجام شد.

طول کل دوره پرورش در این مطالعه ۴ هفته بود که طی آن پارامترهای کیفی آب به‌صورت روزانه (درجه حرارت و میزان اکسیژن محلول) و یا هفتگی (pH و NH3 کل) اندازه‌گیری شدند. در پایان دوره پرورش، شاخص‌های نرخ رشد ویژه (Specific growth rate; SGR)، میانگین درصد افزایش وزن بدن (Weight growth rate; WGR)، میانگین درصد افزایش طول بدن (Length growth rate; LGR)، فاکتور وضعیت یا ضریب چاقی (Condition factor; Cf) و میزان بازماندگی لاروها (Survival rate; SR) بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (Ricker, 1979; Hong and Deng, 2002; Qinghui et al., 2004):

$$SGR\ (\%/day) = [(LnWt - LnWi) / T] \times 100$$

$$WGR\ (\%) = [(Wt - Wi/ Wi)] \times 100$$

$$LGR\ (\%) = [(Lt - Li / Li)] \times 100$$

$$Cf = Wt \times Lt^{-3} \times 100$$

$$SR\ (\%) = \text{(تعداد کل ماهی سالم زنده باقی مانده / تعداد کل ماهی اولیه)} \times 100$$

که در آن Wt و Lt به ترتیب میانگین وزن و طول نهایی لاروها، Wi و Li به ترتیب میانگین وزن و طول اولیه لاروها، T طول دوره پرورش و Ln لگاریتم نپرین هستند.

۲-۱. آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به رشد در زمان‌های مختلف با استفاده از روش آنالیز واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون آماری دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد صورت گرفت. به‌منظور آنالیز داده‌ها و ترسیم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای SPSS (Version 17) و Excel استفاده گردید.

۳. نتایج

پارامترهای مهم کیفی آب در طول دوره پرورش روند قابل قبولی را برای پرورش و نگهداری لاروهای ماهی سفید داشتند؛ به‌طوری که میانگین درجه حرارت آب در محدوده بین ۲۰-۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد، میزان اکسیژن محلول در محدوده بین ۷/۱-۶/۸ میلی‌گرم در لیتر، pH در محدوده بین ۷/۱-۶/۹ و مقدار کل آمونیاک در محدوده بین ۰/۲۳-۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر متفاوت بودند.

۳-۱. رشد

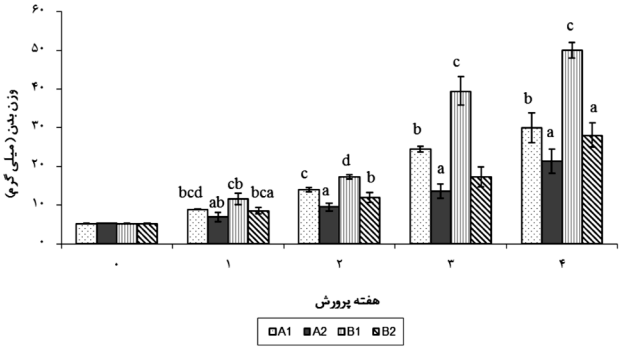
نتایج نشان داد که متوسط وزن بدن لاروها در کلیه تیمارها در طول دوره پرورش و از روز ۱ تا ۲۸ ام به‌طور معنی‌داری ($P\leq 0/05$) روند افزایشی داشتند. از زمان شروع تغذیه خارجی، نرخ رشد بالاتری در گروه B_1 (غذای کنسانتره - تراکم پایین) مشاهده شده و این روند در کل دوره پرورش بالاتر از سایر گروه‌ها بود. از روز ۱۴ ام، اختلافات رشدی در میان گروه‌ها بسیار واضح‌تر شد (شکل ۱). در پایان دوره پرورش، بالاترین میانگین وزن نهایی (۲±۵۶ میلی‌گرم) در گروه تغذیه شده با

غذای کنسانتره با تراکم ذخیره سازی پایین و کمترین میانگین وزن نهایی (۷/۳±۲۱/۴ میلی‌گرم) در گروه تغذیه شده با غذای زنده در تراکم بالا مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار افزایش وزن بدن در لاروهای تیمار B_1 بوده که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P\leq$۰/۰۵)؛ در حالی که لاروهای تیمارهای A_2 و B_2 کمترین میزان رشد را از خود نشان دادند (جدول ۱). نتایج مشابهی در ارتباط با عواملی مانند افزایش درصد طول بدن و ضریب رشد ویژه (SGR) وجود داشت؛ به‌طوری که بیشترین افزایش طول بدن در لاروهای تیمار B_1 بود که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد ($P\leq$۰/۰۵). همچنین، ضریب رشد ویژه در تیمارهای B_1 و A_1 بیشتر از تیمارهای دیگر بود ($P\leq$۰/۰۵). بیشترین مقدار فاکتور وضعیت مربوط به تیمار A_1 بوده ولی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد ($P\geq$۰/۰۵) (جدول ۱).

۳-۲. *بازماندگی*

کمترین میزان بازماندگی لاروها در پایان دوره آزمایش در تیمارهای دارای غذای کنسانتره مشاهده شد (در محدوده‌ای بین ۶۷-۵۶ درصد)؛ به‌طوری که میانگین بازماندگی به مراتب پایینی در هر دو سطح از تراکم (کم و زیاد) در غذای کنسانتره در مقایسه با لاروهای تغذیه شده با غذای زنده دیده شد ($P\leq$۰/۰۵). بیشترین میزان بازماندگی در لاروهای تغذیه شده با غذای زنده در تراکم پایین دیده شده که با دیگر تیمار غذای زنده با تراکم بالا اختلاف معنی‌داری نداشت ($P\geq$۰/۰۵). میانگین بازماندگی در لاروهای تغذیه شده با غذای زنده در دو سطح مختلف از تراکم در محدوده ای بین ۹۱- ۸۵ درصد متفاوت بود (جدول ۱). آنالیز آماری نشان داد که نوع غذا و اثر متقابل غذا - تراکم بر روی شاخصه هایی مانند نرخ رشد ویژه و ضریب چاقی اثر معنی‌داری نداشته ($P\geq$۰/۰۵)، ولی تراکم بر روی کلیه پارامترهای رشدی لاروها اثر معنی‌داری داشته است ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۲).

وضعیت رشد وزنی لاروهای ماهی سفید تحت تیمارهای تغذیه‌ای در طول ۴ هفته متوالی از پرورش نشان داد که اختلافات معنی‌داری در بین گروه‌های مختلف تغذیه شده با غذای زنده و کنسانتره در تراکم‌های کم و زیاد وجود دارد. بیشترین اختلافات تقریبا از هفته سوم به بعد مشاهده شده که اختلافات معنی‌داری را با دو هفته اول از پرورش در تقریبا کلیه تیمارها از خود نشان می‌دهند. لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره در تراکم پایین (B_1)، روند رشد وزنی به مراتب بالاتری را در اکثر هفته‌های پرورش در مقایسه با سایر گروه‌ها از خود نشان داده و سپس گروه تغذیه شده با غذای زنده در تراکم پایین (A_1) قرار داشتند (شکل ۱).



شکل ۱: میانگین وزن بدن (± انحراف از معیار) لاروهای ماهی سفید پرورش یافته در تراکم‌ها و رژیم‌های مختلف غذایی (A_1 غذای زنده- تراکم پایین، A_2 غذای زنده- تراکم بالا، B_1 غذای کنسانتره- تراکم پایین، B_2 غذای کنسانتره- تراکم بالا)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

توسعه صنعت آبزی‌پروری با بررسی تغذیه لاروها و دستیابی به غذای مناسب در مراحل اولیه تغذیه لاروی از سرعت مطلوب‌تری برخوردار خواهد بود. مطمئنا آبزی‌پروری پایدار با تکمیل چرخه زندگی ماهیان (از جمله ماهی سفید دریای خزر) در سامانه‌های پرورشی حاصل می‌گردد. در مطالعه حاضر، یک روند کاهشی در میزان رشد لاروهای ماهی سفید دریای خزر با افزایش تراکم لاروی در هر دو گروه غذای زنده و کنسانتره دیده شد که از این نظر با نتایج بسیاری از مطالعات قبلی مبنی بر وجود رابطه‌ای معکوس بین تراکم ذخیره‌سازی ماهی و رشد بدن مطابقت دارد (Holm et al., 1990; Imorou Toko et al., 2008; JamrO`z et al., 2008). به‌عنوان مثال، Trzebiatowski و همکاران (۱۹۸۱) و Ellis و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که نسبت معکوسی بین نرخ رشد، ضریب تبدیل غذا و میزان تلفات با تراکم ذخیره‌سازی در قزل‌آلای رنگین‌کمان وجود دارد. به نظر می‌رسد که تراکم ذخیره‌سازی ماهی عامل مهمی در جهت تامین رفاه و آسایش (Welfare) ماهی بوده و می‌تواند روی برخی از عوامل محیطی موجود در سامانه‌های پرورشی نیز تاثیرگذار باشد؛

جدول ۱: مقایسه پارامترهای رشدی، ضریب چاقی و میزان بازماندگی لاروهای ماهی سفید تغذیه شده با دو نوع جیره غذایی (غذای زنده و کنسانتره) در دو سطح مختلف تراکم (کم و زیاد)

فاکتور / تیمار	وزن اولیه (میلی‌گرم)	وزن نهایی (میلی‌گرم)	طول اولیه (میلی‌متر)	طول نهایی (میلی‌متر)	WGR(%)	LGR(%)	SGR	CF	SR
A_1 (غذای زنده – تراکم پایین)	۵/۵±۰/۹۹ [a]	۳۲/۴±۳/۸ [b]	۸/۰۲±۰/۴۳ [a]	۱۵/۱۶±۱/۰۴ [a]	۴۹۰/۲±۱۸ [b]	۷۲/۳۴±۱۱/۸ [a]	۱۸/۵۶±۳/۷۹ [b]	۰/۹۳±۱/۶ [a]	۹۱/۳۵±۲/۰۸ [b]
A_2 (غذای زنده- تراکم بالا)	۵/۳±۰/۹۹ [a]	۲۱/۴±۷/۳ [a]	۸/۰۲±۰/۴۳ [a]	۱۴/۳±۰/۴۲ [a]	۲۶۷/۰۲±۵۸/۹ [a]	۶۳/۲±۱۱/۴ [a]	۷/۲±۰/۵۷ [a]	۰/۷۱±۰/۰۶۲ [a]	۸۵±۲/۴۲ [b]
B_1 (غذای کنسانتره – تراکم پایین)	۵/۳±۰/۹۹ [a]	۵۶/۱±۲ [c]	۸/۰۲±۰/۴۳ [a]	۱۷/۳±۰/۳ [b]	۹۱۸/۱±۳۶/۳۵ [c]	۹۶/۷±۳/۴۱ [b]	۲۲/۵۶±۰/۵۲ [c]	۰/۷۷±۵/۸ [a]	۶۷ ±۳/۲ [a]
B_2 (غذای کنسانتره – تراکم بالا)	۵/۳±۰/۹۹ [a]	۲۸/۱±۹/۴ [a]	۸/۰۲±۰/۴۳ [a]	۱۵/۴±۰/۶۱ [a]	۲۶۷/۰۲±۵۸ [a]	۷۲/۷±۴/۷ [a]	۹/۵۴±۰/۴۱ [a]	۰/۷۱±۰/۰۳۸ [a]	۵۶/۲±۴/۶۳ [a]

* حروف لاتین غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده معنی‌دار بودن است (P≤۰/۰۵).

جدول ۲: اثر متغیرهای نوع غذا، تراکم و اثرات متقابل متغیرها (غذا × تراکم) روی فاکتورهای رشدی و میزان بازماندگی لاروهای ماهی سفید تغذیه شده با دو نوع جیره غذایی (غذای زنده و کنسانتره) در دو سطح مختلف تراکم (کم و زیاد)

اثر هر متغیر و اثرات متقابل / فاکتور	میانگین طول نهایی (میلی‌متر)	WGR	LGR	SGR	CF	SR
اثر نوع غذا	*۰/۰۰	*۰/۰۰	*۰/۰۰	*۰/۰۱۱	۰/۰۵۱	۰/۶۶۸
اثر تراکم	*۰/۰۰	*۰/۰۰	*۰/۰۰	*۰/۰۰۴	*۰/۰۰	۰/۴۴۵
اثر نوع غذا × تراکم	*۰/۰۰	*۰/۰۰۳	*۰/۰۰	*۰/۰۴۱	۰/۲۲	۰/۶۵۵

* اختلافات معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ وجود دارد (P≤۰/۰۵).

به‌طوری که میزان خروج ضایعات، مواد دفعی و همچنین میزان دفع آمونیاک در تراکم‌های بالا به شدت افزایش یافته که سرانجام این عوامل بر میزان جذب غذا و رشد ماهیان اثرات منفی اعمال می‌کنند (Ellis et al., 2002). JamrO`z و همکاران (۲۰۰۸) در گربه ماهی اروپایی نشان دادند که لاروهای تغذیه شده با غذای زنده کمترین نرخ رشد و بیشترین میزان بازماندگی را در هر دو تراکم بالا و پایین از خود نشان داده و در این میان تراکم‌های پایین نتایج رشدی و بازماندگی به مراتب بهتری را در مقایسه با تراکم‌های بالا از خود نشان دادند. چنین روندی در یافته‌های مطالعه حاضر هم دیده شده که از این نظر با یافته‌های JamrO`z و همکاران (۲۰۰۸) تا حد زیادی همخوانی دارد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هیچ‌گونه اثرات منفی بر رشد لاروهای ماهی سفید در تراکم ۴۰ عدد در لیتر (به‌عنوان تراکم پایین) وجود ندارد. از سوی دیگر، روند رشدی نسبتا آهسته‌تری در لاروهای ذخیره شده در تراکم بالا در طول دوره پرورشی این مطالعه مشاهده شده که علت احتمالی آن به برهم کنش‌های اجتماعی بین لاروها جهت دستیابی به غذا و فضای مناسب نسبت داده شد (JamrO`z et al., 2008). این گونه برهم کنش-های اجتماعی و ازدحام جمعیت لاروها از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت آب، ایجاد تنش‌های حاد و مزمن، افزایش نرخ متابولیکی و سرانجام کاهش رشد لاروی محسوب می‌گردند (Imorou Toko et al., 2008). همچنین Sorgeloos و همکاران (۲۰۰۱) عنوان کردند که توانایی بینایی لاروها در دسترسی به غذا در تراکم‌های بالا به شدت کاهش یافته که این موضوع سبب کاهش رشد و افزایش ضریب تبدیل غذایی می‌گردد.

پایین‌تر بودن رشد لاروهای ماهی سفید تغذیه شده با غذای زنده خصوصا در تراکم پایین را می‌توان احتمالا به افزایش هزینه لازم و صرف انرژی بیشتر برای شنا جهت جستجو و گرفتن غذا (ناپلیوس آرتمیا) نسبت داد (Ruzicka and Gallager, 2006). زیرا لاروهای نورس خصوصا در روزهای اول زندگی از قدرت دید خیلی بالایی برخوردار نبوده و درصد صید موفق طعمه در آنها نسبتا پایین است. این روند به‌تدریج با بزرگ‌تر شدن لاروها و افزایش تجربه آنها در صید طعمه‌ها بهبود می‌یابد. در مقایسه می‌توان اشاره کرد که در استخرهای خاکی پرورش لاروهای نورس ماهی سفید طعمه‌های زئوپلانکتونی (دافنی و پاروپایان) با وجود ارزش غذایی مناسب از سرعت حرکت بالایی برخوردار بوده و لاروها قادر به صید موفق چنین طعمه‌های سریعی نیستند. در نتیجه این لاروها علاقمندی و توانایی بیشتری در صید سایر گروه‌ها مانند انواع روتیفر، تاژکداران و مژه‌داران را نشان می‌دهند (Fallahi et al., 2005).

مطالعات مختلف در مورد تاثیر تراکم بر رشد و بازماندگی در برخی از گونه‌های ماهیان نتایج کاملا متفاوتی را به همراه داشته است؛ برای مثال، رشد به‌مراتب سریع‌تری در تراکم‌های بالای ذخیره‌سازی در ماهیان *Arctic charr* و European seabass گزارش شده و لذا این گروه از ماهیان به‌عنوان

گونه‌های استثناء در پرورش محسوب می‌شوند (Jørgensen et al., 1993; Papoutsoglou et al., 1998; Wallace et al., 1988). در مطالعه حاضر، میزان بازماندگی بالایی در لاروهای تغذیه شده با غذای زنده (۹۱/۳-۸۵ درصد) در مقایسه با لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره (۶۷-۵۶/۲ درصد) همراه با اختلافات معنی‌دار دیده شد. از طرف دیگر، لاروهای تغذیه شده با غذای زنده از سلامت ظاهری و فعالیت به مراتب بالاتری در مقایسه با لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره برخوردار بودند. مقایسه و بررسی میزان رشد و درصد بازماندگی لاروها در تیمارها مشخص می‌کند که با وجود تاثیر بسزای غذای کنسانتره (بیومار) در افزایش رشد، این غذا از حداقل بازماندگی برخوردار بوده به‌طوری که بررسی‌ها نشان داد که درصد قابل توجهی از تلفات لاروی ناشی از کدورت بالای آب است. نتایج میزان بازماندگی لاروی در این مطالعه با نتایج Imorou Toko و همکاران (۲۰۰۸) در لارو ماهی Vunda (*Heterobranchus longifilis*) مطابقت ندارد؛ زیرا این محققین بیان کردند که درصد بازماندگی لاروی با افزایش تراکم ذخیره سازی افزایش یافته در حالی که میزان بازماندگی لاروی در مطالعه حاضر در هر دو نوع جیره غذایی با افزایش تراکم روند کاهشی از خود نشان داد. همچنین، Sorgeloos و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که بازماندگی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تراکم بالا و پایین در حد بالایی قرار داشته ولی این اختلاف معنی‌دار نبود. با این وجود آنها پیشنهادی مبنی بر بازماندگی و نگهداری ماهی قزل‌آلا در تراکم بالای ذخیره‌سازی ارائه ندادند.

لارو برخی از گونه‌های ماهیان آب شیرین، از قبیل سوف (*Sander lucioperca*) (Ostaszewska et al., 2005) و بسیاری از آزاد ماهیان (Dabrowski, 1984) می‌توانند با غذای کنسانتره و بدون مکمل غذای زنده در مرحله آغازین تغذیه فعال تغذیه شوند. چنین روندی در مورد ماهی سفید دریای خزر نیز صادق بوده ولی علت کاهش میزان بازماندگی لاروی با تغذیه از غذای کنسانتره را می‌توان احتمالا به عدم تکامل کامل دستگاه گوارش لارو از نظر آنزیم‌های هضمی خصوصا در روزهای اولیه تغذیه فعال مرتبط دانست. Ostaszewska و همکاران (۲۰۰۵) نتایج ضعیفی از بازماندگی را در لاروهای ماهی سوف (*S. lucioperca*) تغذیه شده با غذای کنسانتره گزارش کرده که علت آن را به تکامل ناقص دستگاه گوارش لارو در جذب مواد مغذی جیره نسبت دادند. با این حال مقایسه روند رشد و بازماندگی لارو ماهی سفید با جیره‌های مختلف در این بررسی نشان داد که لارو ماهی سفید توانایی سازگاری و بهره‌برداری از غذای کنسانتره را دارد.

در مورد تاثیر جیره‌های مختلف غذای زنده و کنسانتره مطالعات نسبتا محدودی روی لارو ماهی سفید صورت گرفته است؛ با این حال نتایج Ouraji و همکاران (۲۰۱۲) روی لارو ماهی سفید دریای خزر با تراکم لاروی ۳۰ عدد در لیتر نشان داد که لاروهای تغذیه شده با غذای زنده (روتیفر و ناپلی کوپه پود) کارآیی رشد و نرخ بازماندگی به مراتب بالاتری نسبت به لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره در طول یک دوره ۲۱ روزه تغذیه‌ای نشان دادند. در مطالعه آنها نرخ رشد ویژه لاروها برای تیمارهای غذای زنده و کنسانتره به ترتیب ۱۳/۱۸ و ۸/۰۱ درصد بوده که کمتر بودن پاسخ‌های رشدی در لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره را احتمالا به کمبودهای مواد مغذی در غذای کنسانتره از نوع SFK نسبت دادند. مقدار پروتئین موجود در غذای کنسانتره مذکور در حدود ۳۷ درصد بوده که احتمالا پاسخگوی نیازهای رشدی مطلوب در لارو ماهی سفید نبوده است. همچنین یافته‌های Fallahi و همکاران (۲۰۰۵) در لارو ماهی سفید نشان داد که بالاترین عملکرد رشد و نرخ بازماندگی در لاروهای تغذیه شده با روتیفر (به‌عنوان غذای زنده) به دست آمد. لذا نتایج مطالعه حاضر از نظر میزان بازماندگی لاروی با یافته‌های تحقیق Ouraji و همکاران (۲۰۱۲)، Fallahi و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشته ولی از نظر میزان رشد لاروی با یافته‌های این محققین مطابقت ندارد. با این وجود، نتایج مطالعه حاضر با بررسی‌های انجام شده روی لارو تاس ماهی ایرانی مشابهت داشت، به‌طوری که لارو تاس ماهی تغذیه شده با غذای کنسانتره (بیومار) برتری آماری معنی‌داری را نسبت به غذای زنده نشان داد اما نرخ بازماندگی کمتری در مقایسه با لاروهای تغذیه شده با غذای زنده داشتند (پورعلی و همکاران، ۱۳۹۰).

بر اساس نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، تغذیه لارو ماهی سفید با غذای کنسانتره منجر به رشد بیشتری نسبت به لاروهای تغذیه شده با غذای زنده گردید (بالاترین نرخ رشد ویژه در لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره به مقدار ۲۲/۵۶ درصد بود). با این حال، افزایش تراکم لارو ماهی سفید در این تیمارها با کاهش رشد همراه بود. در تجزیه و تحلیل نتایج عوامل رشدی به‌دست آمده از لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره و زنده برتری محسوسی در لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره نسبت به لاروهای تغذیه شده

با غذای زنده به چشم می‌خورد. طبق نظر Dabrowski (1984) پذیرش رژیم غذایی خشک توسط لارو ماهی به برخی از خواص فیزیکی مانند اندازه مناسب، بافت و بوی غذا بستگی دارد. در این مطالعه، یک رژیم غذایی (بیومار) تجاری با اندازه مناسب در آغاز تغذیه اولیه مورد استفاده قرار گرفت. از سوی دیگر، لاروهای تغذیه شده با غذای کنسانتره رشد قابل ملاحظه‌ای را از نظر وزنی در روز ۱۴ ام پرورش از خود نشان داده که این روند حتی از گروه‌های تغذیه کرده از غذای زنده نیز بالاتر بود. به نظر می‌رسد که لارو ماهی سفید بعد از سن ۱۴ روزگی از دستگاه گوارش و آنزیم‌های گوارشی نسبتا توسعه یافته‌تری برخوردار شده و قابلیت جذب مواد مغذی مختلف در غذای کنسانتره را به‌دست می‌آورد. بنابراین انجام مطالعات بیشتر در آینده جهت بهبود فرمولاسیون غذا، هضم‌پذیری و بافت میکرودایت و همچنین شناخت کامل از نیازهای تغذیه‌ای، توانایی هضمی لاروها، وضعیت آنزیم‌های گوارشی در طول دوره آنتوژنی و دستیابی به رشد نمایی در این ماهی کاملا ضروری بوده تا بتوان در زمینه بهینه‌سازی احتمالی روش‌های تغذیه و پرورش لارو و بچه ماهی این گونه ارزشمند در سامانه‌های نیمه‌متراکم و حتی متراکم گام‌های مثبتی را برداشت.

با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر در نتیجه‌گیری نهایی می‌توان بیان کرد که اولا امکان استفاده از غذای کنسانتره برای تغذیه مراحل آغازین لاروهای ماهی سفید دریای خزر وجود داشته و ثانیا می‌توان لاروها را در روزهای آغازین تغذیه فعال با غذای کنسانتره و در تراکم لاروی پایین (۴۰ عدد در لیتر) پرورش داد. از آنجایی که میزان بازماندگی لاروی در گونه‌های در معرض خطر و گونه‌هایی که به‌منظور بازسازی ذخائر تولید می‌شوند، اهمیت به مراتب بالاتری را در مقایسه با میزان رشد لارو دارد؛ لذا می‌توان در دو هفته اول از غذای زنده و در دو هفته بعدی از غذای کنسانتره (به دلیل کامل‌تر شدن دستگاه گوارش لارو) برای تغذیه دوران لاروی‌کالچر ماهی سفید دریای خزر استفاده نمود. با توجه به این که جیره توام (مخلوط غذای زنده و کنسانتره) در این تحقیق استفاده نشده است، لذا می‌توان در آینده استفاده از جیره توام را برای این گونه نیز مطرح نموده که کارآیی آن به تحقیقات بیشتری نیاز دارد.

۵. سپاسگزاری

نویسندگان از مدیریت محترم کارگاه شهید رجایی ساری به‌منظور تامین لارو ماهی سفید و از جناب آقای مهندس خسرو جانی خلیلی مسئول آزمایشگاه گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری کمال تشکر و سپاس را دارند.

منابع

پورعلی، ح.؛ پورکاظمی، م.؛ بهمنی، م.؛ یگانه، ه.؛ نظامی، ا.، ۱۳۹۰. بررسی مقایسه‌ای وضعیت رشد و بازماندگی لارو تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) تحت تاثیر غذای کنسانتره و غذای زنده. نشریه اقیانوس شناسی، سال دوم، شماره ۶، صفحات ۱ تا ۱۲.

رضوی صیاد، ب.ع.، ۱۳۷۴. ماهی سفید. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۱۶۵ صفحه.

عمادی، ح.، ۱۳۶۴. ماهی سفید قربانی ضعف مدیریت، حرص و سنت. ماهنامه آبزیان، شماره ۳، صفحات ۱۲ تا ۱۰.

معاونت تکثیر و پرورش.، ۱۳۸۱. گزارش عملکرد معاونت تکثیر و پرورش. شماره ۱۸، صفحات ۷۳ تا ۱۰۹

Dabrowski, K., 1984. The feeding of fish larvae: present "state of the art" and perspectives. Reproduction Nutrition Development, 24: 807-833.

Ellis, T.; North, B.; Scott, A.P.; Bromage, N.R.; Porter, M.; Gadd, D., 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. Journal of Fish Biology, 61: 493-531.

Fallahi, M.; Ruhi, J.; Nahrvar, M.R.; Chafi Moradi, M.; Sarpanah, A., 2005. Study of growth and survival of Kutum larva fed with rotifer and comparison with artificial feed. Pjoohesh & Sazandegi, 63: 66-71.

Holm, J.C.; Refstie, T.; Bo, S., 1990. The effect of fish density and feeding regimes on individual growth rate and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 89: 225-232.

Hung, S.S.O.; Deng, D.F., 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. Sturgeon, Acipenser spp. CAB Inter. Pub. Wallingford. UK. 418pp.

Imorou Toko, I.; D` Fiogb, E.; Kestemont, P., 2008. Determination of appropriate age and stocking density of Vunda larvea, *Heterobranchus longifilis*

683-691.

Papoutsoglou, S.E.; Tziha, G.; Vrettos, X.; Athanasiou, A., 1998. Effects of stocking density on behavior and growth rate of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system. Aquaculture Engineering, 18: 135-144.

Qinghui, A.; Kangsen M.; Chunxiao Z.; Qingyuan D.; Beiping, T.; Zhiguo, L., 2004. Effect of dietary vitamin C on growth immune response of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicas*). Aquaculture, 242: 489-500.

Ricker, W.E., 1979. Growth rates and models. Fish Physiology, 8: 677-743.

Ruzicka, J.J.; Gallager, S.M., 2006. The importance of the cost of swimming to the foraging behavior and ecology of larval cod (*Gadus morhua*) on Georges Bank. Deep-Sea Research, 53: 2708-2734

Sloman, K.A.; Armstrong, J.D., 2002. Physiological effects of dominance hierarchies: Laboratory artifacts' or natural phenomena? Journal of Fish Biology, 61: 1-23.

Sorgeloos, P.; Dhert, P.; Candrev, P., 2001. Use of brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. Aqacuaculture, 200: 147-159.

Tawwab, M.A.; Mousa, M.; Sharaf, S.; Ahmad, M., 2005. Effect of crowding stress on some physiological functions of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* fed different dietary protein levels. International Journal of Zoological Research, 1: 141-147.

Trzebiatowski, R.; Filipik, J.; Jakubowski, R., 1981. Effects of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture, 22: 289-295.

Van Speybroeck, M., 2005. Fresh water fish larvae culture: experimental set up to investigate quantitative feed requirements. In: Agh, N.; Sorgeloos, P. (Ed.). First Regional Workshop on Techniques for Enrichment of Live Food for Use in Larviculture. (Valenciennes 1840) at the weaning time. Aquaculture Research, 39: 24-32.

JamrO`z, M.; Kucharczyk, D.; Kujawa, R.; Mamcarz, A., 2008. Effects of stocking density and three various diets on growth and survival of European catfish (*Silurus glanis*) larvae under intensive rearing condition. Natural Sciences, 23: 850-857.

Jørgensen, E.H.; Christiansen, J.S.; Jobling, M., 1993. Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in *Artic charr* (*Salvelinus alpinus*). Aquaculture, 110: 191-204.

Kaushik, S.J.; Coves, D.; Dutto, G.; Blanc, D., 2004. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, Dicentrarchus labrax. Aquaculture, 230: 391-404.

Kolkovski, S.; Arieli, A.; Tandler, A., 1995. Visual and olfactory stimuli are determining factors in the stimulation of microdiet ingestion in gilthead sea bream *Sparus aurata* larvae. In: Lavens P, Jaspers E, Roelants I (eds) Larvi, 95-Fish and Shellfish Larviculture Symposium. European Aquaculture Society, Gent. Special Publication. 24: 265-266.

Kristiansen, T.S.; Fernö, A.; Holm, J.C.; Privitera, L.; Bakke, S.; Fosseidengen, J.E., 2004. Swimming behavior as an indicator of low growth rate and impaired welfare in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus L.*) reared at three stocking densities. Aquaculture, 230: 137-151.

Ostaszewska, T.; Dabrowski, C.; Czuminska, K.; Olech, W.; Olejniczak, M., 2005. Rearing pike-perch larvae using formulated diets- first success with starter feeds. Aquaculture Research, 36: 1167-1176.

Ouraji, H.; Jani Khalili, K.; Ebrahimi, G.; Jafarpour, S.A., 2012. Determination of the optimum transfer time of Kutum (*Rutilus frisii kutum*) larvae from live food to artificial dry feed. Aquaculture International, 19(4):

Artemia and Aquatic Animals Research Center, Urmia, Iran. 34-37 pp.

Wallace, J.C.; Kolbeinshavn, A.; Reinsnes, T.G., 1988. The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. Aquaculture, 73: 101-110.