

Masculinization of common carp (*Cyprinus carpio*) by oral administration and immersion of androgen

Irani, A.^{1*}

1- Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: 2 August 2024

Accepted: 8 October 2024

Abstract:

Introduction: All-female fish can be produced by direct methods (feminization using hormones such as estradiol) or indirect methods (masculinization and production of xx males and mating them with normal females). In fish such as common carp (*Cyprinus carpio*), the indirect method is more suitable because in this method, there is no need for hormonal treatment of fish intended for human consumption and all offspring produced by this method are female. In this study, masculinization of common carp by oral administration (50 and 100 mg/kg of food each for 6 and 8 weeks) and immersion (1 mg/liter of water for 24, 48 and twice 48 hours) of 17-alpha methyl testosterone were investigated.

Materials and Methods: In the oral method, 17-alpha methyl testosterone hormone was dissolved in alcohol and sprayed onto commercial food. The rations were kept overnight at room temperature to evaporate the alcohol and then kept in the refrigerator. In the immersion method, the methyl testosterone and alcohol solution was dissolved in 50 liters of water and the fish were kept in it. After the treatments period, the fish were fed with common carp commercial diets during the rest of experimental period.

Results and Discussion: The results showed that 17-alpha methyl testosterone was ineffective on growth and feeding indicators, so that none of the treatments showed a statistical difference compared to the control group ($p>0.05$). Methyl testosterone did not have significant effect on sex reversal of common carp in immersion method ($p>0.05$). In contrast, the oral administration of methyl testosterone was more effective for common carp masculinization ($p<0.05$).

Conclusion: According to the results, feeding with a dose of 100 mg of methyl testosterone per kilogram of food for 8 weeks has produced about 70% of males in common carp. Therefore, this method can be used for masculinization of common carp fingerlings (about 9 g at the start of the experiment).

Keywords: Growth performance, Masculinization, Rainbow trout, Sex reversal.

* Corresponding Author: a.irani@urmia.ac.ir

"مقاله پژوهشی"

نرسازی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با روش تجویز خوراکی و غوطه‌وری

عبدالجبار ایرانی*

۱- پژوهشکده آرتیمیا و آبی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۲

چکیده

تغییر جنسیت به وسیله هورمون‌های استروئیدی برای کنترل جنسیت و تولید ماهیان تک‌جنسی در بسیاری از گونه‌های ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) رشد جنس ماده بیش‌تر از جنس نر است، در نتیجه تولید و پرورش جنس ماده می‌تواند سودآوری بالاتری نسبت به پرورش نر و ماده داشته باشد. بنابراین در این پژوهش، اثرات هورمون ۱۷-آلفا متیل تستوسترون به صورت تجویز خوراکی (۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم غذا هر کدام به مدت ۶ و ۸ هفته) و غوطه‌وری (۱ میلی گرم در لیتر آب به مدت ۲۴، ۴۸ و دوبار ۴۸ ساعت)، بر شاخص‌های رشد و نرسازی کپور معمولی مورد بررسی قرار گرفت. در روش خوراکی، هورمون متیل تستوسترون با الکل ترکیب و بر روی غذای تجاری اسپری شد. برای تبخیر الکل، جیره‌ها یک شب در دمای اتاق قرار گرفت و سپس در یخچال نگهداری شد. در روش غوطه‌وری، محلول متیل تستوسترون و الکل در ۵۰ لیتر آب حل گردید و ماهیان در آن قرار گرفتند. ماهیان پس از تیمارهای آزمایشی تا پایان چهار ماهگی با جیره‌های معمولی تغذیه شدند. نتایج نشان داد که تجویز خوراکی و غوطه‌وری هورمون متیل تستوسترون بر شاخص‌های رشد و تغذیه تأثیری نداشت، به طوری که هیچ کدام از تیمارها نسبت به گروه شاهد اختلاف آماری نشان ندادند ($p > 0.05$). استفاده از متیل تستوسترون در روش غوطه‌وری تأثیر چندانی در تغییر جنسیت نداشت ($p > 0.05$)، اما روش خوراکی برای نرسازی موثر بود ($p < 0.05$). به طوری که تغذیه با دوز ۱۰۰ میلی گرم متیل تستوسترون در کیلوگرم غذا به مدت ۸ هفته باعث تولید حدود ۷۰ درصد نر در کپور معمولی شده است. بنابراین در بچه‌ماهیان انگشت قد کپور معمولی (حدود ۹ گرمی) می‌توان از این روش برای نرسازی استفاده کرد.

کلمات کلیدی: رشد، کپور معمولی، متیل تستوسترون، نرسازی

* عهده‌دار مکاتبات: a.irani@urmia.ac.ir

مقدمه

تولید ماهیان تمام ماده می‌تواند به روش مستقیم (ماده‌سازی با استفاده از هورمون‌هایی مثل استرادیول) یا غیر مستقیم (نرسازی و تولید نرهای مولد xx و آمیزش آنها با ماده‌های معمولی) انجام شود. در ماهیانی مثل کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) روش غیر مستقیم مناسب‌تر است؛ زیرا در این روش، نیازی به تیمار هورمونی ماهیانی که قرار است به مصرف انسان برسد نیست و همچنین تمام نتاج تولیدشده با این روش، ماده می‌شود (Basavaraju et al., 2008).

تغییر جنسیت به‌وسیله هورمون‌های استروئیدی به‌عنوان یک روش رایج برای کنترل جنسیت و تولید ماهیان تک‌جنسی در بسیاری از گونه‌های ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Megbowon and Mojekwu, 2014). تجویز این استروئیدها غالباً به‌صورت ترکیب با جیره غذایی، گاهی به صورت غوطه‌وری مستقیم و در موارد کمی به‌صورت تزریقی یا کاشتن در بدن و آزادسازی تدریجی آن بوده است (Pandian and Sheela, 1995). وقتی تغییر در مسیر تمایز جنسی اتفاق می‌افتد، تکامل اندام جنسی با وجود قطع شدن هورمون خارجی در مسیر جدید باقی می‌ماند. این پدیده در گونه‌های بسیاری از ماهیان نشان داده شده است (Devlin and Nagahama, 2002).

مهم‌ترین آندروژن به‌کار رفته برای نرسازی ماهیان ۱۷ آلفا - متیل تستوسترون بوده که در ۲۵ گونه از ماهیان باعث نرسازی شده است و در بسیاری از موارد، تجویز آندروژن‌ها برای نرسازی ماهیان بسیار موثر بوده است (Hunter and Donaldson, 1983). هرچند، بعضی محققان نتایج ضعیفی به‌دست آورده‌اند، به‌عنوان مثال، استفاده از ۱۷ آلفا - متیل تستوسترون به مقدار

۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم غذای کپور معمولی فقط ۵۰-۴۵٪ نر تولید نموده است (Hulak et al., 2008; 2010). در بسیاری از گونه‌های ماهیان از قبیل تیلپیا (*Sarotherodon mossambica*) (Nakamura, 1975)، گویی (*Poecilia reticulata*) (Takahashi, 1975) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Solar et al., 1984; Solar and Donaldson 1985) استفاده از هورمون متیل تستوسترون نتیجه عکس داده و باعث ماده‌سازی شده است.

در مطالعه Nagy و همکاران (۱۹۸۱)، متیل تستوسترون به مقدار ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم غذا اضافه و به مدت ۳۶ روز در سنین مختلف (۸ تا ۶۲ روز بعد از تفریخ) به لاروها داده شد. نتایج آنها نشان داد که در همه تیمارها ۹۰-۷۰ درصد ماهیان نر شدند. ماهیان نر تغییر جنسیت یافته پس از بالغ شدن با ماهیان ماده نرمال آمیزش داده شدند و بچه‌ماهیان تمام ماده به‌دست آمد. در مطالعه دیگر، ۱۰۰ میلی گرم متیل تستوسترون در دو زمان ۶۰ و ۷۶ روز بعد از تفریخ، به مدت ۴۰ روز در غذای کپور معمولی مورد استفاده قرار گرفت و به ترتیب ۸۵ و ۵۱ درصد نر تولید گردید (Gomelsky et al., 1994). نرهای تغییر جنسیت یافته در کپور معمولی برخلاف قزل‌آلای رنگین‌کمان، از نظر اندام‌های جنسی کاملاً طبیعی هستند (Bye and Lincoln, 1986; Geffen and Evans, 2000).

Gomelsky و همکاران (۱۹۹۴) براساس نتایج مطالعه تاثیر هورمون بر تغییر جنسیت کپور معمولی در شرایط مختلف، پیشنهاد داده است که به‌جای سن، وزن ماهیان به‌عنوان معیار شروع هورمون‌دهی مورد استفاده قرارگیرد. از طرف دیگر، اثرگذاری تیمار هورمونی به

شرایط سیستم پرورش نیز بستگی داشته است (Gomelsky *et al.*, 1994).

کپور معمولی یکی از مهم‌ترین ماهیان پرورشی در ایران و دنیا به حساب می‌آید (Kalantari *et al.*, 2020; Bakhshzad Mahmodi *et al.*, 2021). فرآیند تولید تخم و بچه‌ماهی تمام ماده آن، نتایج نرسازی به‌دست‌آمده توسط محققان مختلف، بسیار متغیر بوده است، به‌طوری که گاهی درصد بالایی از ماهیان تیمارشده، عقیم بودند و یا جنسیت بینابینی داشتند. از طرف دیگر، در بسیاری از موارد، ممکن است بچه‌ماهیان با اندازه کوچک و دلخواه برای انجام نر سازی در دسترس پرورش‌دهندگان نباشد، بنابراین هدف از پژوهش حاضر، امکان‌سنجی نرسازی کپور معمولی با روش‌های تجویز خوراکی و غوطه‌وری هورمون متیل‌تستوسترون، در سن و اندازه بالاتر (حدود ۹ گرمی) بود.

مواد و روش‌ها

شرایط پژوهش و تیمارهای آزمایشی

بچه‌ماهیان سه ماهه کپور معمولی به تعداد حدود ۷۰۰ عدد توسط چهار کیسه پلاستیکی دولایه یک سوم آب و دو سوم اکسیژن از مرکز بازسازی ماهیان شهید کاظمی پلدشت به پژوهشکده آرتمیا و آبی‌پروری دانشگاه ارومیه منتقل شدند. بچه‌ماهیان برای سپری کردن دوره سازگاری، به مدت ده روز در مخزن هزار لیتری قرار گرفتند.

پس از دوره سازگاری، بچه‌ماهی‌های با وزن اولیه حدود ۹ گرم بین ۲۷ مخزن ۳۰۰ لیتری با حجم آبیگری ۱۰۰ لیتر و با تراکم ۲۵ عدد در هر مخزن در قالب سه تکرار برای هر تیمار ذخیره‌سازی شدند. در هر یک از این مخازن، دبی آب ۵/۴-۶/۳ لیتر در دقیقه به‌همراه هوادهی برقرار شد. ماهیان به مدت ۱۲۰ روز در این مخازن نگهداری شدند. طی این مدت مقادیر درجه حرارت در دامنه ۱۹/۳-۲۲/۲ درجه سانتی‌گراد (به استثنای هفته دهم که به دلیل خرابی سیستم گرمایش، دما حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد بود)، مقادیر pH در دامنه ۷/۴۸-۸/۰۶ و مقادیر اکسیژن محلول در دامنه ۶/۷-۲۱/۵۲ میلی‌گرم در لیتر بود.

برای القای نرسازی در بچه‌ماهیان کپور معمولی، متیل‌تستوسترون به صورت تجویز خوراکی و غوطه‌وری استفاده شد. در روش خوراکی، متیل‌تستوسترون موردنیاز با توجه به تیمارهای آزمایشی برای ۱۰ روز محاسبه و بر روی خوراک تجاری به‌طور یکنواختی اسپری شد (جدول ۱). بعد از خشک‌شدن در دمای اتاق به مدت ۱۶ ساعت، در داخل یخچال نگهداری شد. در روش غوطه‌وری، بچه‌ماهیان در داخل مخازن پرورشی در معرض دوز ۱ میلی‌گرم هورمون متیل‌تستوسترون در لیتر قرار گرفتند. تیمارها و دوزها بر اساس نتایج پژوهش‌های گذشته تنظیم شده است (Asad *et al.*, 2021; Komen *et al.*, 1989). پس از سپری شدن دوره تیمارهای آزمایشی، بچه‌ماهیان تا پایان دوره پژوهش با خوراک تجاری قزل‌آلا ساخت شرکت فرادانه تغذیه شدند.

جدول ۱: تیمارهای هورمونی استفاده شده برای نرسازی کپور معمولی

Table 1: Hormone treatments used for masculinization of common carp

Treatment	Methyl testosterone (MT) level	Duration
Treatment 1	50 mg MT / kg food	6 weeks
Treatment 2	50 mg MT / kg food	8 weeks
Treatment 3	100 mg MT / kg food	6 weeks
Treatment 4	100 mg MT / kg food	8 weeks
Treatment 5	1 mg MT / l water	24 hours
Treatment 6	1 mg MT / l water	48 hours
Treatment 7	1 mg MT / l water	twice 48 hours
Control	without hormone treatment	-

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از برنامه SPSS 22 استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، برای تفکیک گروه‌ها از یکدیگر، تست تعقیبی دانکن استفاده شد. تمامی بررسی‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد و داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد گزارش شدند.

نتایج

در تیمارهای آزمایشی، مقادیر میانگین وزن نهایی، افزایش وزن، رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در کل دوره پرورش چهارماهه به ترتیب در دامنه ۴۹/۵۷-۴۶/۵۱ گرم، ۳۷/۵۸-۴۰/۴۴ گرم، ۱/۳۸-۱/۴۱ درصد در روز و ۱/۴۳-۱/۵۳ بود. بین تیمارهای مختلف از نظر شاخص‌های اشاره شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۲).

فاکتورهای فیزیکوشیمیایی شامل درجه حرارت، pH و اکسیژن محلول به صورت روزانه با دستگاه مالتی متر قابل حمل (WTW, Multi 3630 IDS) اندازه‌گیری شد. برای بررسی رشد و همچنین تعدیل غذادهی طی مدت آزمایش، هر ۲۰ یا ۳۰ روز یکبار کل ماهیان هر مخزن نمونه‌گیری و پس از بیهوش کردن با دوز ۲۰۰ میلی گرم در لیتر پودر گل میخک، توزین شدند. طی دوره تحقیق، نرخ رشد ویژه با استفاده از رابطه‌های $SGR = (\ln W_f - \ln W_i) / t$ نرخ رشد ویژه، $\ln W_i$ لگاریتم وزن نهایی، $\ln W_f$ لگاریتم وزن اولیه و t دوره زمانی موردنظر و افزایش وزن با استفاده از $WG = W_f - W_i$ W_f وزن نهایی و W_i وزن اولیه محاسبه شد (Shen et al., 2015).

در پایان دوره پژوهش (۱۲۰ روز) به منظور بررسی وضعیت تمایز اندام‌های جنسی و میزان اثرگذاری تیمارهای آزمایشی، تعداد ۳۰ ماهی (۱۰ عدد از هر تکرار) نمونه‌گیری و پس از زیست‌سنجی، اندام جنسی آن‌ها با روش رنگ آمیزی استوکارمن مورد بررسی قرار گرفت (Menu et al., 2005).

جدول ۲: مقادیر وزن نهایی، افزایش وزن، رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) کپور معمولی*

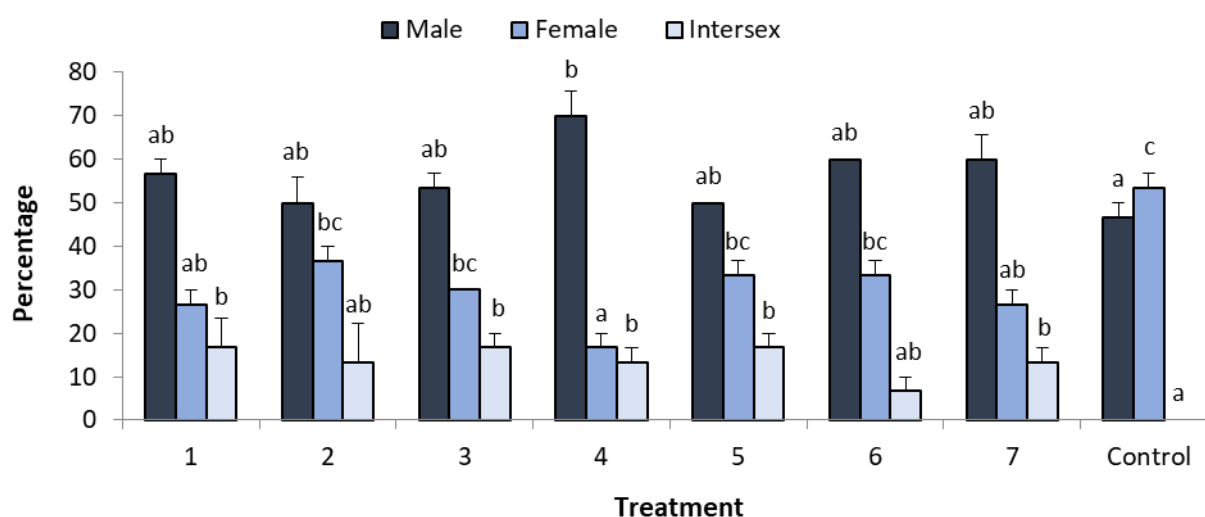
Table 2: Values of final weight, weight gain, specific growth rate (SGR), and feed conversion ratio (FCR) in common carp

Treatment	final weight (g)	weight gain (g)	SGR (%/day)	FCR
Treatment 1	46.51±0.86	37.58±1.34	1.38±0.06	1.53±0.05
Treatment 2	46.89±1.01	37.96±0.75	1.38±0.01	1.53±0.04
Treatment 3	48.44±3.20	39.44±3.31	1.40±0.07	1.48±0.12
Treatment 4	49.57±2.55	40.44±2.70	1.41±0.06	1.44±0.09
Treatment 5	49.22±2.79	39.96±2.35	1.39±0.02	1.45±0.09
Treatment 6	49.32±0.92	40.12±0.91	1.40±0.04	1.43±0.03
Treatment 7	49.26±2.31	40.06±1.96	1.40±0.03	1.45±0.07
Control	48.06±0.75	39.12±0.61	1.40±0.03	1.47±0.02

* The values are mean ± SE

بیضه هستند) در تیمارهای ۱ و ۵ (هر دو ۱۶/۶۷ درصد) مشاهده شد (شکل ۱). همچنین نمونه‌هایی از وضعیت اندام‌های جنسی ماهیان نر و ماده و بافت تخمدان و بیضه کپور معمولی در شکل‌های ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

بررسی‌های اندام‌های جنسی در پایان ۱۲۰ روز پرورش نشان داد که بیش‌ترین درصد ماهیان نر (۷۰/۰ درصد) و کم‌ترین درصد ماهیان ماده (۱۶/۶۷ درصد) مربوط به تیمار ۴ بود که نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p < 0.05$). بالاترین درصد ماهیان با جنسیت بینابینی (ماهانی که هم‌زمان دارای تخمدان و



شکل ۱: درصد ماهیان نر، ماده و با جنسیت بینابینی کپور معمولی در تیمارهای مختلف

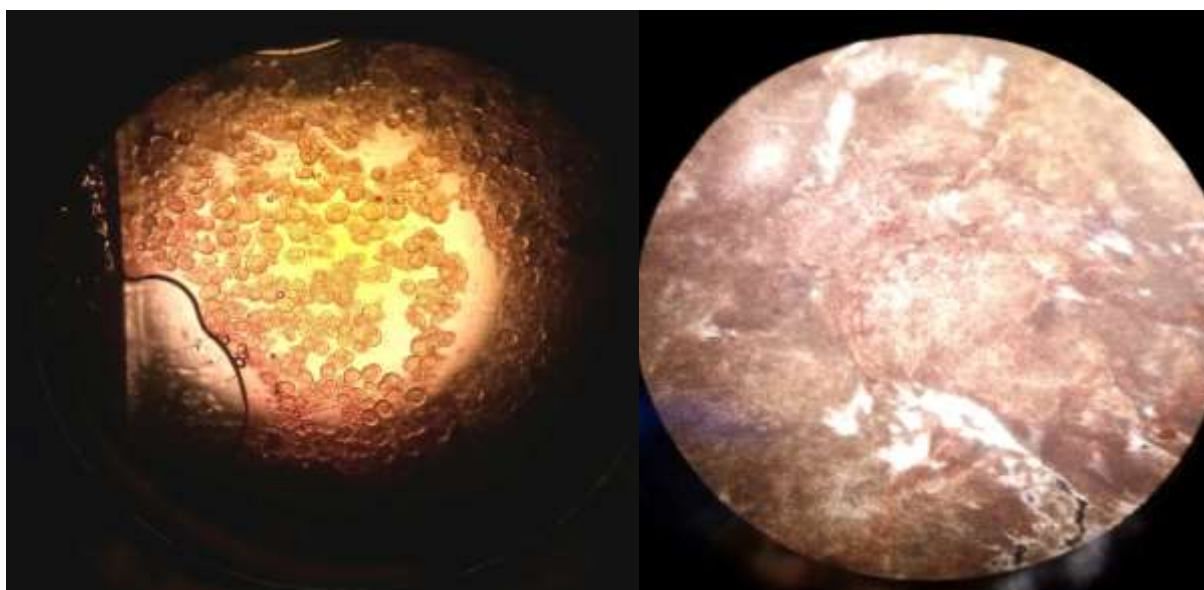
* مقادیر بر اساس میانگین و خطای استاندارد هستند. حروف متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است.

Figure 1: Percentage of the male, female and intersex of common carp in the different treatments. The values are mean±SE.

*The different superscript letters indicate significant different amongst the treatments.



شکل ۲: وضعیت اندام‌های جنسی نر (سمت راست) و ماده (سمت چپ) کپور معمولی در سن هفت ماهگی
Figure 2: gonad of female (left) and male (right) common carp in the age of seven months.



شکل ۳: بافت اندام‌های جنسی نر (سمت راست) و ماده (سمت چپ) کپور معمولی در سن هفت ماهگی تهیه‌شده با روش استوک‌کارمن.
Figure 3: gonad histology of female (left) and male (right) common carp using Aceto-Carmine squash method in the age of seven months.

بحث

به‌خاطر مزایایی زیادی که پرورش ماهیان تک‌جنسی دارد، هورمون‌های استروئیدی (آندروژن‌ها و استروژن‌ها) برای تغییر جنسیت ماهیان استفاده می‌شود (Hoga *et al.*, 2018; Singh, 2013) و از بین

آندروژن‌ها، ۱۷-آلفا متیل‌تستوسترون رایج‌ترین هورمون استفاده‌شده برای نرسازی ماهیانی مثل کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان بوده است (Piferrer, 2001).

استفاده از هورمون‌ها ممکن است تاثیر منفی بر رشد ماهی داشته باشد. Shen و همکاران (۲۰۱۵) در نرسازی گربه‌ماهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) با استفاده از متیل تستوسترون گزارش کردند که استفاده از این هورمون باعث کاهش رشد این ماهی شده است. اما در مطالعه حاضر، شاخص‌های رشد ماهی کپور معمولی طی دوره تغذیه با جیره‌های آزمایشی، به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر هورمون متیل تستوسترون قرار نگرفت. در ماهی تیل‌پای قرمز (*Oreochromis spp.*) نیز دوز ۶۰ میلی‌گرم متیل تستوسترون در کیلوگرم غذا تاثیری بر رشد این گونه نداشته است (Betancur et al., 2014). این یافته‌ها نشان می‌دهند که دوزهای مختلف هورمون‌های استروئیدی می‌توانند در گونه‌های مختلف ماهیان تاثیر متفاوتی بر رشد داشته باشند که احتمالا ناشی از تفاوت در ویژگی‌های وابسته به گونه می‌باشد. در مطالعه حاضر، تجویز متیل تستوسترون به روش غوطه‌وری در نرسازی کپور معمولی تاثیری نداشت، در صورتی‌که برخی محققان تاثیر مثبت این هورمون را گزارش کردند (Asad et al., 2021)، به‌طوری‌که این محققان با غوطه‌وری تخم‌های چشم‌زده کپور معمولی در ۴۵۰-۶۰۰ میکروگرم در لیتر به مدت ۷۲ ساعت توانستند ۹۵ درصد نر تولید کنند. این تفاوت آشکار در نتایج نرسازی می‌تواند ناشی از زمان به‌کارگیری هورمون به روش غوطه‌وری باشد. چراکه در پژوهش حاضر بچه ماهیان حدود ۹ گرمی مورد استفاده قرار گرفت. اما در مطالعه اشاره شده تخم‌های لقاح یافته استفاده شده است. از آنجا که در کپور معمولی زمان شروع تمایز جنسی نسبت به ماهیانی مثل قرل‌آلای رنگین کمان بسیار دیرتر است (Devlin and Nagahama, 2002)، با وجود آن، جواب‌دهی بهتر

روش غوطه‌وری در زمان جنینی کپور معمولی، مسئله کاملاً بحث برانگیز است و نیازمند مطالعات بیش‌تر می‌باشد.

در مطالعه حاضر، بهترین نتیجه نرسازی در تجویز خوراکی متیل تستوسترون با دوز ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا به مدت ۸ هفته به دست آمد که حدود ۷۰ درصد بود. Nagy و همکاران (۱۹۸۱) اولین گزارش تغییر جنسیت موفق کپور معمولی با هورمون آندروژن را ارائه دادند. در مطالعه آنها، تجویز خوراکی متیل تستوسترون به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به غذا به مدت ۳۶ روز در سنین مختلف (۸ تا ۶۲ روز بعد از تفریح) نشان داد که ۷۰-۹۰ درصد ماهیان نر شدند. در مطالعه دیگر، ۱۰۰ میلی‌گرم متیل تستوسترون به مدت ۴۰ روز در دو زمان ۶۰ و ۷۶ روز بعد از تفریح کپور معمولی مورد استفاده قرار گرفت و به ترتیب ۸۵ و ۵۱ درصد نر تولید گردید (Gomelsky et al., 1995). بعضی محققین نتایج ضعیفی به دست آورده‌اند، به‌عنوان مثال، استفاده از ۱۷ آلفا - متیل تستوسترون به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذای کپور معمولی فقط ۴۵-۵۰ درصد نر تولید نموده است (Hulak et al., 2008 and 2010).

Komen و همکاران (۱۹۸۹)، تاثیر ۳۵ روز تجویز خوراکی متیل تستوسترون به مقدار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا را بر تغییر جنسیت کپور معمولی بررسی کردند. بهترین نتیجه (۹۲/۷ درصد نر) در گروهی مشاهده شد که بچه ماهیان در ۶ هفته بعد از تفریح با ۵۰ میلی‌گرم متیل تستوسترون به مدت ۳۵ روز تغذیه شدند. کاهش یا افزایش زمان شروع تجویز هورمون باعث افزایش درصد ماهیان عقیم شده است. با توجه به یافته‌های محققان گذشته و نتایج مطالعه حاضر

به نظر می‌رسد که سن و اندازه ماهی تاثیر زیادی در نرسازی دارد، روی این اصل، Shelton و همکاران (۱۹۹۵) برای کپور معمولی یک مدل مفهومی پیشنهاد دادند که در آن، ارتباط سن و اندازه بدن با تمایز جنسی مورد توجه قرار گرفته است. براساس این مدل، موفقیت تغییر جنسیت، تحت تاثیر تجویز مقدار مناسب هورمون طی دوره تمایز جنسی که خود متأثر از سن و اندازه ماهی است، می‌باشد.

تحقیقات مختلف نشان داده است که در ماهیانی که تحت تیمار هورمونی قرار گرفته‌اند معمولاً تغییر جنسیت ناقص هم به وجود می‌آید، به طوری که تکامل هم‌زمان بیضه و تخمدان در یک ماهی اتفاق می‌افتد (Jalabert et al., 1975; Chevassus et al., 1988;) (Liu and Yao, 1995) که می‌تواند ناشی از ناکافی بودن تیمار هورمونی (دوز، طول مدت و یا زمان هورمون‌دهی) یا به خاطر ویژگی‌های مختص گونه باشد. در مطالعه حاضر، علاوه بر تولید ماهیان نر، بخشی از ماهیان جنسیت بینایی داشتند، یعنی بافت تخمدان و بیضه را هم‌زمان در اندام‌های جنسی دارا بودند. با توجه به درصد جنسیت بینایی می‌توان اظهار کرد که با تغییرات اندکی در دوز، مدت زمان هورمون‌دهی و یا زمان مناسب هورمون تراپی و ... می‌توان به درصد بالاتری از ماهیان نر فنوتیپی رسید.

نتیجه گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تجویز هورمون متیل تستوسترون هم به صورت خوراکی و هم غوطه‌وری بر شاخص‌های رشد و تغذیه کپور معمولی تاثیری نداشت. همچنین استفاده از متیل تستوسترون در روش غوطه‌وری تاثیر چندانی در تغییر جنسیت نداشت.

اما تغذیه با دوز ۱۰۰ میلی گرم متیل تستوسترون در کیلوگرم غذا به مدت ۸ هفته باعث تولید حدود ۷۰ درصد نر در کپور معمولی شده است. بنابراین در بچه‌ماهیان انگشت‌قد کپور معمولی (حدود ۹ گرمی) می‌توان از این روش برای نرسازی استفاده کرد.

سپاسگزاری

از پرسنل پژوهشکده آرتمیا و آبی‌پروری دانشگاه ارومیه به ویژه آقای سعید حاجی نژاد که در اجرای این پژوهش یاری رساندند سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Asad, F., Qamer, S., Ashraf, A., Ali, T., Shaheen, Z., Akhter, S., Nisar, A., Parveen, A., Cheema, N. and Mustafa, G., 2021. Masculinization in common carp (*Cyprinus carpio*) by androgen immersion: The interaction effect of hormone concentration and immersion time. *Brazilian Journal of Biology*, 81(2), pp.285-290. DOI:10.1590/1519-6984.224681
2. Bakhshzad Mahmodi, A., Farokhrouz lashiedani, M., Zamini, A., Shenavar masole, A. and Tehranifard, A., 2021. Effects of *Lactococcus lactis* and *Weissella cibaria* as probiotic on growth performance, intestinal bacterial flora, digestive enzymes and intestinal histology in common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquaculture Development*, 15(3), pp.13-29. DOI:10.52547/aqudev.15.3.13 [In Persian]
3. Basavaraju, Y., Mohan Kumar, H.M., Pradeep Kumar, S., Umesha, D., Srivastava, P.P., Penman, D.J. and Mair, G.C., 2008. Production of Genetically Female Common Carp, *Cyprinus carpio*, through Sex Reversal and Progeny Testing. *Asian Fisheries Science*, 21(3), pp.355-368. DOI: 10.33997/j.afs.2008.21.3.009

- control strategies for the masculinization of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and tench (*Tinca tinca*). *Cybium*, 32(2), pp.100-101. DOI:10.26028/cybium/2008-322SP-043
12. Hulak, M., Psenicka, M., Gela, D., Rodina, M. and Linhart, O., 2010. Morphological sex change upon treatment by endocrine modulators in meiogynogenetic tench (*Tinca tinca* L.). *Aquaculture Research*, 41(2), pp.233-239. DOI:10.1111/j.1365-2109.2009.02325.x
 13. Hunter, G.A. and Donaldson, E.M., 1983. 5 Hormonal sex control and its application to fish culture. *Fish Physiology*, 9(B), pp.223-303. DOI: 10.1016/S1546-5098(08)60305-2
 14. Jalabert, B., Billard, R. and Chevassus, B., 1975. Preliminary experiments on sex control in trout: production of sterile fishes and self fertilization of hermaphrodites. *Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique*, 15(1), pp.19-28. DOI: 10.1051/rnd:19750103
 15. Kalantari, F., Yeganeh, S. and Ouraji, H., 2020. The effect of dietary kiwi (*Actinidia* sp.) fruit peel powder on growth performance, carcass composition and digestibility in Common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquaculture Development*, 14(2), pp.111-125 [In Persian]
 16. Komen, J., Lodder, P.A.J., Huskens, F., Richter, C.J.J. and Huisman, E.A., 1989. Effects of oral administration of 17 α -methyltestosterone and 17 β -estradiol on gonadal development in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture and Fisheries*, 78, pp.349-363.
 17. Liu, S. and Yao, Z., 1995. Self-fertilization of hermaphrodites of the teleost *Clarias lazearia* after oral administration of 17 α -methyltestosterone and their offspring. *Journal of Experimental Zoology*, 273(6), pp.527-532. DOI: 10.1002/JEZ.1402730609
 4. Betancur, J.J., Quintero, J.C., Ostos, H., Barreiro-Sanchez, F. and Olivera-Angel, M., 2014. Effectiveness of the aromatase (P450 Arom) inhibitors Letrozole and Exemestane for masculinization of red tilapia (*Oreochromis* spp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27(1), pp.47-53. DOI: 10.17533/udea.rccp.324878
 5. Bye, V.J. and Lincoln, R.F., 1986. Commercial methods for the control of sexual maturation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 57(1-4), pp.299-309. DOI:10.1016/0044-8486(86)90208-5
 6. Chevassus, B., Devaux, A., Chourrout, D. and Jalabert, B., 1988. Production of YY rainbow trout males by self-fertilization of induced hermaphrodites. *The Journal of Heredity*, 79(2), pp.89-92. DOI: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a110478
 7. Devlin, R.H. and Nagahama, Y., 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 208(3-4), pp.191-364. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00057-1
 8. Geffen, A.J. and Evans, J.P., 2000. Sperm traits and fertilization success of male and sex-reversed female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 182(1), pp.61-72. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00248-3
 9. Gomelsky, B.I., Cherfas, N.B., Peretz, Y., Ben-Dom, N. and Hulata, G., 1994. Hormonal sex inversion in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 126(3-4), pp. 265-270. DOI:10.1016/0044-8486(94)90042-6
 10. Hoga, C.A., Almeida, F.L. and Reyes, F.G.R., 2018. A review on the use of hormones in fish farming: Analytical methods to determine their residues. *CYTA-Journal of Food*, 16(1), pp.679-691. DOI:10.1080/19476337.2018.1475423
 11. Hulak, M., Rodina, M., Gela, D., Kocour, M. and Linhart, O., 2008. Sex

- 10.1016/j.ygcen.2012.08.027
26. Solar, I. and Donaldson, E.M., 1985. Studies on genetic and hormonal sex control in domesticated rainbow trout. II. Use of methyltestosterone for masculinization and sterilization in cultured rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Canadian Technical Reports of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1380, 1-9.
27. Solar, I., Donaldson, E.M. and Hunter, G.A., 1984. Optimization of treatment regimes for controlled sex differentiation and sterilization in wild rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) by oral administration of 17- α methyltestosterone. *Aquaculture*, 42, pp.129- 139.
28. Takahashi, H., 1975. Masculinization of the gonad of juvenile guppy, *Poecilia reticulata*, induced by 11-keto-testosterone. *Bulletin of Fisheries Sciences, Hokkaido University*, 26, pp.223– 234.
18. Megbowon, I. and Mojekwu, T.O., 2014. Tilapia sex reversal using methyl testosterone (MT) and its effect on fish, man and environment. *Biotechnology*, 13(5), pp.213-216. DOI: 10.3923/biotech.2014.213.216
19. Menu, B., Peruzzi, S., Vergnet, A., Vidal, M.O. and Chatain, B., 2005. A shortcut method for sexing juvenile European sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture Research*, 36(1), pp.41-44. DOI:10.1111/j.1365-2109.2004.01181.x
20. Nagy, A., Bercsenyi, M. and Csanyi, V., 1981. Sex reversal in carp (*Cyprinus carpio*) by oral administration of methyltestosterone. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(6), pp.725–728. DOI:10.1139/f81-096
21. Nakamura, M., 1975. Dosage dependent changes in the effect of oral administration of methyltestosterone on gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica*. *Bulletin of Fisheries Sciences, Hokkaido University*, 26(2), pp.99-108.
22. Pandian, T.J. and Sheela, S.G., 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture*, 138(1), pp.1–22. DOI:10.1016/0044-8486(95)01075-0
23. Shelton, W.L., Wanniasingham, V. and Hiott, A.E., 1995. Ovarian differentiation in common carp (*Cyprinus carpio*) in relation to growth rate. *Aquaculture*, 137(1), pp.203–211. DOI:10.1016/0044-8486(95)01094-7
24. Shen, Z.G., Fan, Q.X., Yang, W., Zhang, Y.L. and Wang, H.P., 2015. Effects of 17-methyltestosterone and aromatase inhibitor letrozole on sex reversal, gonadal structure, and growth in Yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Biological Bulletin*, 228(2), pp.108–117. DOI:10.1086/BBLv228n2p108
25. Singh, A.K., 2013. Introduction of modern endocrine techniques for the production of monosex population of fishes. *General and Comparative Endocrinology*, 181, pp.146–155. DOI: