University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Growth, feeding, and reproduction capabilities of the Northern Pike (*Esox lucius*) as an invasive species in the Zrebar Lake, Marivan, Kurdistan Province

Farshad Molodi[1] | Barzan Bahrami Kamangar[2,3]✉ | Habibolah Mohammadi[4,5] | Edris Ghaderi[6]

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: fa.molodi@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: bbkamangar@uok.ac.ir
3. Department of Environmental Study of Zrebar Lake, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: bbkamangar@uok.ac.ir
4. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ha.mohammadi@uok.ac.ir
5. Department of Environmental Study of Zrebar Lake, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ha.mohammadi@uok.ac.ir
6. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: ed.ghaderi@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 17 September 2024

Received in revised form 11 November 2024

Accepted 28 November 2024

Published online 20 December 2024

Keywords:

Northern pike,

Biological characteristics,

Biological invasion,

Zrebar Lake.

ABSTRACT

The growth, feeding, and reproductive biology of the non-native Northern Pike (*Esox lucius*) were evaluated over a one-year period from January 2020 to December 2020 in order to find evidence on the invasive nature of this species in Zrebar Lake, Marivan. Specimens were categorized into four age classes (2 to 5 years), with the highest number observed in the 3-year-old age class. The length-weight relationship indicated isometric growth for the population. Mean gonadosomatic indices were significantly higher in February compared to other months for both sexes (P<0.05). The monthly distributions of gonad maturation stages revealed that most specimens reached the fifth stage (spawning) of gonad maturity from December to February. Mean absolute fecundity and relative fecundity were 13139±1.163 eggs per fish and 20.37±1.67 eggs per gram of body weight, respectively. The most consumed food items were *Carassius sp*., *Rana sp*., *Squalius sp*., *Alburnus sp*., and *Pseudorasbora parva*. The highest gastro-somatic index and lowest vacuity index were observed in spring. The results indicate that the Northern Pike population in Zrebar Lake can feed, grow, and reproduce similarly to natural populations in other regions. The continued presence of this species in Zrebar Lake and its spread to the Sirvan River and Tigris Basin suggest that the Northern Pike is not only in the establishment phase but has also reached the expansion phase as an invasive species.

Cite this article: Molodi, F., Bahrami Kamangar, B., Mohammadi, H., & Ghaderi, E. (2024). Growth, feeding, and reproduction capabilities of the Northern Pike (Esox lucius) as an invasive species in the Zrebar Lake, Marivan, Kurdistan Province. *Journal of Natural Environment*, 77 (3), 521-535. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.382361.2712

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.382361.2712

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

توان رشد، تغذیه و تولیدمثل اردک ماهی (*Esox lucius*) به‌عنوان یک گونهٔ مهاجم در دریاچهٔ زریبار مریوان، استان کردستان

فرشاد مولودی[۱] | برزان بهرامی‌کمانگر[۲،۳]✉ | حبیب‌الله محمدی[۴،۵] | ادریس قادری[۶]

۱. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: fa.molodi@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: bbkamangar@uok.ac.ir
۳. گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچهٔ زریبار، پژوهشکدهٔ کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: bbkamangar@uok.ac.ir
۴. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ha.mohammadi@uok.ac.ir
۵. گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچهٔ زریبار، پژوهشکدهٔ کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ha.mohammadi@uok.ac.ir
۶. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: ed.ghaderi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۳۰

کلیدواژه‌ها:
اردک‌ماهی،
تهاجم زیستی،
دریاچهٔ زریبار،
ویژگی‌های زیستی.

چکیده

به‌منظور جمع‌آوری شواهد لازم مبنی بر مهاجم بودن گونهٔ غیر بومی اردک‌ماهی (*Esox lucius*) در دریاچهٔ زریبار مریوان، توان این گونه از نظر رشد، تغذیه و تولیدمثل طی یک‌سال از دی ماه ۱۳۹۸ تا آذر ماه ۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. از چهار گروه سنی ۲ تا ۵ سال صید شده، بیشترین فراوانی در گروه سنی ۳ مشاهده شد. نتایج روابط طول–وزن نشان داد که این جمعیت دارای رشد ایزومتریک می‌باشد. مقادیر میانگین شاخص گنادوسوماتیک در هر دو جنس در بهمن‌ماه به‌طور معنی‌داری بیش از سایر ماه‌های نمونه‌برداری بود ($P<۰/۰۵$). نتایج ماهانهٔ توزیع فراوانی درصد مراحل رسیدگی جنسی نشان داد که بیشتر ماهیان نر و ماده از آذر ماه تا بهمن ماه در مرحلهٔ پنجم (درحال تخمریزی) از مراحل رسیدگی جنسی می‌باشند. میانگین (±خطای استاندارد) هم‌آوری مطلق (±۱۱۶۳) ۱۳۱۳۹ تخمک و هم‌آوری نسبی (±۱/۶۷) ۲۰/۳۷ تخمک به‌ازای گرم وزن بدن تعیین شد. بیشترین درصد غذای مصرفی به‌ترتیب شامل ماهی کاراس، یک گونه قورباغه، عروس‌ماهی، کولی و آمورچه بود. بیشترین مقدار شاخص گاستروسوماتیک (۷/۸۹) و کمترین مقدار شاخص تهی بودن معده (۵۲/۳۹) در فصل بهار مشاهده شد. نتایج نشان داد که جمعیت اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار امکان تغذیه، رشد و انجام تولیدمثل، مشابه با جمعیت‌های طبیعی این گونه در سایر مناطق جغرافیایی را دارد. با توجه به تداوم حضور این گونه در دریاچهٔ زریبار و همچنین شواهد حضور آن در بخش‌های پایین‌دست دریاچه، چنین به‌نظر می‌رسد که در چارچوب تعریف تهاجم زیستی، این گونه نه تنها در مرحلهٔ استقرار یافتگی به‌عنوان گونهٔ مهاجم قرار دارد بلکه توانسته است وارد رودخانهٔ سیروان و حوضهٔ دجله شده و به مرحلهٔ گسترش از مراحل تبدیل به گونهٔ مهاجم قرارگیرد.

استناد: مولودی، فرشاد؛ بهرامی‌کمانگر، برزان؛ محمدی، حبیب‌الله؛ و قادری، ادریس (۱۴۰۳). توان رشد، تغذیه و تولیدمثل اردک ماهی (*Esox lucius*) به‌عنوان یک گونهٔ مهاجم در دریاچهٔ زریبار مریوان، استان کردستان. *محیط زیست طبیعی*، ۷۷ (۳)، ۵۳۵-۵۲۱.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.382361.2712

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

دریاچهٔ زریبار واقع در شمال‌غرب استان کردستان یکی از دریاچه‌های آب شیرین ایران است که د رسال ۱۳۹۷ با توجه به اهمیت آن در فهرست تالاب‌های ایران در کنوانسیون رامسر قرار گرفت (Ramsar Convention, 2023). عوامل متعددی از جمله ورود فاضلاب‌های روستایی و کشاورزی، ساخت بند در بخش خروجی دریاچه، شکوفایی جلبکی و معرفی گونه‌های غیر بومی ماهیان طی سال‌های اخیر، موجب ایجاد تغییراتی در ساختار جمعیتی ماهیان این دریاچه شده است (Mohammadi *et al*., 2020). بررسی داده‌های ماهی‌شناسی انجام شده طی سه دههٔ اخیر نشان‌دهندهٔ تغییراتی در ترکیب ماهیان این دریاچه دارد. مطالعات اولیه در سال ۱۳۷۳ وجود ۱۰ گونه ماهی (۴ گونهٔ بومی[1] و ۶ گونهٔ غیربومی[2]) از دریاچه را تأیید نمود (Kas-Khazar, 1994). در سال ۱۳۸۵ تعداد گونه‌های ماهی گزارش‌شده این دریاچه به ۴ گونهٔ بومی و ۷ گونهٔ ماهی غیربومی تغییر پیدا نمود (Asar-ab, 2006). در مطالعهٔ دیگری وجود تنها ۹ گونه ماهی غیر بومی از این دریاچه گزارش شده است (Esmaeili *et al*., 2011). به‌دنبال آن و در سال ۱۳۹۴ وجود یازده گونه ماهی (۳ گونهٔ بومی و ۸ گونهٔ غیربومی) از این دریاچه گزارش شده است (Bahrami Kamangar, 2015). در سال ۱۳۹۸ علاوه بر تغییرات یادشده، حضور گونه اردک‌ماهی *Esox lucius* به‌عنوان یک گونهٔ غیربومی از در دریاچهٔ زریبار گزارش شد (Mohammadi *et al*., 2020). اردک‌ماهی یک گونهٔ گوشتخوار است که به‌طور طبیعی در آب‌های نیمکرهٔ شمالی و در سراسر شمال اوراسیا و آمریکای شمالی پراکنش دارد. پراکنش طبیعی این گونه در ایران عمدتاً در حوضه دریای خزر از تالاب انزلی تا خلیج گرگان و سایر رودخانه‌های شمالی در نزدیکی لاهیجان بوده (Abdoli, 1999; Abbasi *et al*., 2013) و آخرین زیستگاه طبیعی آن حوضه جنوبی دریای خزر گزارش شده است (Coad, 2020). اگر چه دلیل رهاسازی اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار به روشنی مشخص نیست ولی معرفی آن به سایر منابع آبی ایران به‌دلایل مختلفی همچون کنترل جمعیت سایر گونه‌های ماهیان و یا صید ورزشی در چندین دریاچه و منبع آبی انجام شده است (Mirzajani *et al*., 2021).

گونهٔ غیربومی به گونه‌ای اطلاق می‌شود که به‌طور طبیعی در یک منطقه وجود نداشته و ورود آن به بوم‌سازگان جدید به‌صورت تصادفی و یا به‌عمد انجام شده باشد. در صورت استقرار و گسترش این گونه در محیط جدید و ایجاد آسیب به تنوع زیستی، محصولات کشاورزی و یا سلامت انسان، به‌عنوان گونهٔ مهاجم[3] شناخته می‌شود (Kiruba-Sankar *et al*., 2018). معرفی گونه های غیربومی و مهاجم می‌تواند موجب از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب آن بوم‌سازگان شود. همچنین می‌تواند بر اقتصاد جوامع وابسته به آن بوم‌سازگان تأثیرات منفی داشته باشد. هنگامی که گونه ماهی غیربومی خود را در بوم‌سازگان جدید تثبیت کرد، از بین‌بردن کامل آن دشوار و پرهزینه می‌باشد (Gaupale and Sontakke, 2023). امکان استقرار یک گونهٔ غیر بومی و تبدیل آن به یک گونهٔ مهاجم در بوم‌سازگان معرفی شده توسط شاخص‌های مختلفی از جمله توان تولید مثل، تغذیه و رشد آن گونه در بوم سازگان جدید ارزیابی می‌شود (Havel *et al*., 2015).

توان رشد، تغذیه، و تولیدمثل یک گونه ماهی غیربومی، از جمله عوامل کلیدی می‌باشند که موفقیت گونه در استقرار و تبدیل آن به گونهٔ مهاجم در یک بوم‌سازگان جدید را تعیین می‌نمایند (Havel *et al*., 2015; Carvalho *et al*., 2019; Sorensen, 2021; Griffen *et al*., 2024; da Silva *et al*., 2024;). گونه‌های ماهی غیربومی که دارای سرعت رشد بالاتر هستند، می‌توانند در رقابت برای کسب منابع غذایی و فضا از گونه‌های بومی پیشی گیرند. همچنین گونه‌های غیربومی شکارچی و با اندازهٔ بزرگتر می‌توانند بر گونه‌های بومی کوچک‌تر، تسلط یافته و موجب کاهش جمعیت گونه‌های بومی شوند (da Silva *et al*., 2024). از سویی دیگر، ماهیان مهاجم اغلب دارای رژیم غذایی انعطاف‌پذیرتر و متنوع‌تری می‌باشند که آنها را قادر می‌سازد از طیف وسیعی‌تری از منابع غذایی بهره‌برداری نمایند. این سازگاری به آنها اجازه می‌دهد تا در محیط‌های مختلف رشد کنند و حتی در زمانی که منابع غذایی ترجیحی کم است، جمعیت خود را حفظ نمایند. این توانایی شانس آنها را برای گسترش و تسلط در مناطق جدید افزایش می‌دهد (Brodeur *et al*., 2017; Carvalho *et al*., 2019). همچنین داشتن نرخ تولیدمثل بالا، بلوغ زودرس و انجام تولیدمثل ناهمزمان در طول فصل تولیدمثل، شانس استقرار و گسترش جمعیت را افزایش داده و پتانسیل تهاجمی گونه را

[1]Native
[2]Exotic
[3]Invasive

افزایش می‌دهد (Sorensen, 2021; Griffen *et al*., 2024). با توجه به اهمیت اکولوژیک دریاچهٔ زریبار و آسیب‌پذیر بودن آن، هدف از انجام این تحقیق تعیین توان تولیدمثل، رشد و ساختار جمعیت و همچنین ارزیابی وضعیت تغذیه این گونه در دریاچهٔ زریبار به‌منظور تعیین توان تهاجمی آن در دریاچه بود.

روش‌شناسی پژوهش

دریاچهٔ زریبار در شهرستان مریوان و در مختصات جغرافیایی طول شرقی ″۵۲′۰۳°۴۶ تا ″۴۷′۱۰°۴۶ و عرض شمالی ″۳۱′۳۰°۳۵ تا ″۰۶′۳۷°۳۵ و ارتفاع ۱۲۸۵ متری از سطح دریا، با مساحتی حدود ۸۲۰ هکتار واقع شده است. این دریاچه زیستگاه طیف متنوعی از گونه‌های گیاهی و جانوری بومی، از جمله ۲۲۲ گونه پرنده است و در حفظ تعادل اکولوژیک منطقه نقش مهمی دارد (Reyahi-Khoram and Hoshmand, 2012; Zarei *et al*., 2017). دریاچهٔ زریبار با ارائهٔ خدمات اکوسیستمی فراهم‌سازی، تنظیمی، فرهنگی و حمایتی نقش مهمی در اقتصاد محلی و رفاه جامعه دارد (Shanazi and Aazami, 2023). براساس آخرین مطالعهٔ ماهی‌شناسی، از فون ماهیان بومی این دریاچه در حال حاضر تنها حضور سه گونهٔ *Alburnus sellal*، *Mastacembelus mastacembelus* و *Squalius berak* گزارش شده است (Bahrami Kamangar, 2015). با این وجود چندین گونه ماهی غیر بومی، از جمله *Alburnus hohenackeri*، *Carassius gibelio*، *Ctenopharyngodon idella*، *Cyprinus carpio*، *Hemiculter leucisculus*، *Hypophthalmichthys molitrix*، *Hypophthalmichthys nobilis*، *Pseudorasbora parva*، *Gambusia holbrooki* (Esmaeili *et al*., 2011; Bahrami Kamangar, 2015) و *Esox lucius* (Mohammadi *et al*., 2020) از این دریاچه گزارش شده است. کیفیت آب دریاچه براساس شاخص کیفی آب کانادا برای آبزیان بد گزارش شده است (Ebrahimpour and Mohammadzadeh, 2014). همچنین شرایط تغذیه‌ای و تعادل اکولوژیک دریاچه به‌دلیل ورود فاضلاب‌های کشاورزی و روستایی، توریسم و ایجاد سدخاکی در خروجی دریاچه (Rahmani *et al*., 2013) و همچنین معرفی گونه‌های غیربومی ماهی نامناسب گزارش شده‌است (Mohammadi *et al*., 2020).

نمونه‌برداری به‌صورت ماهیانه و طی ۱۲ نوبت از دی ماه سال ۱۳۹۸ تا آذر ماه ۱۳۹۹ انجام شد. در هر نوبت، نمونه‌برداری با استفاده از تور گوشگیر با اندازهٔ چشمه‌های ۴ و ۵ سانتی‌متری به طول ۱۰۰ متر انجام شد. تورهای مورد استفاده به‌مدت یک شب در دریاچه مستقر و صبح روز بعد اقدام به جمع‌آوری نمونه‌ها شد. فراسنجه‌های وزن بدن، وزن گناد، وزن لولهٔ گوارش، وزن کبد با دقت ۰/۱ گرم و طول استاندارد ماهیان با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. سپس تخمدان ماهیان برای تعیین هم‌آوری مطلق و قطر تخمک در فرمالدئید ۴ درصد نگهداری شدند. سن ماهیان با استفاده از شمارش دوایر سالانهٔ رشد بر روی فلس انجام شد (Biswas, 1993). ساختار جمعیت براساس ترکیب طولی و وزن بدن ماهیان درگروه‌های سنی با توجه به جنسیت آنها تعیین شد. مقدار شاخص وضعیت برای هر جنس و در هر گروه سنی با استفاده از معادله $CF = \frac{W*100}{L^3}$ تعیین شد (Biswas, 1993). در این معادله W وزن بدن بر حسب گرم و L طول استاندارد برحسب سانتی‌متر است. همچنین توزیع فراوانی نمونه‌ها براساس طول استاندارد و جنسیت ماهیان تعیین شد (Biswas, 1993). رابطهٔ طول–وزن به‌طور جداگانه برای جنس‌های نر، ماده و ترکیب هر دو جنسیت با استفاده از معادلهٔ $W = aL^b$ محاسبه شد. در این معادله W وزن بدن بر حسب گرم، L طول استاندارد بر حسب سانتی‌متر، a ضریب مربوط به فرم بدن و b نمای معادله است که الگوی رشد ایزومتریک و یا آلومتریک را نشان می‌دهد (Le Cren, 1951). برای تخمین فراسنجه‌های a و b معادله، از تحلیل رگرسیون حداقل مربعات فرم لگاریتمی معادله و برای تعیین وجود تفاوت معنی‌دار مقدار b محاسباتی از عدد ۳ از آزمون t استفاده شد (Pauly, 1983). برای توصیف رابطهٔ طول در سن از معادله رشد ون برتالانفی $L_t = L_{inf}\,(1 - e^{-k(t-t_0)})$ استفاده شد (Sparre and Venema, 1992). در این رابطه L_t طول مورد انتظار در سن t، L_{inf} طول بی‌نهایت، k ضریب رشد نسبی، t سن ماهی برحسب سال و t_0 زمان فرضی که طول در آن صفر است. پارامترهای معادله برای کل نمونه‌ها با استفاده از روش فورد–والفرد[4] برآورد شد (King, 2007).

بررسی توان تولیدمثل با تعیین برخی از شاخص‌های تولیدمثلی و رسیدگی جنسی اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار انجام شد. تعیین

[4]Ford–Walford

جنسیت با بررسی چشمی گنادها و تعیین مراحل رسیدگی جنسی با استفاده از کلید ریخت‌شناسی شش مرحله‌ای رسیدگی جنسی ماهیان (Kesteven, 1960) انجام شد. در این کلید مراحل بلوغ غدد جنسی براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی شامل؛ اندازهٔ گناد، تغییر رنگ غدد جنسی، درجهٔ شفافیت، وجود رگ‌های خونی، مشاهدهٔ تخمک و اسپرم و همچنین سیال بودن آنها تعیین می‌شود. مراحل رسیدگی جنسی شامل مرحلهٔ اول؛ نابالغ، مرحلهٔ دوم؛ نابالغ درحال رسیدگی (یا تخم‌ریزی‌کرده)، مرحلهٔ سوم؛ در حال توسعه، مرحلهٔ چهارم؛ رسیده، مرحلهٔ پنجم؛ درحال تخم‌ریزی و مرحلهٔ ششم؛ تخم‌ریزی کرده می‌باشند. تغییرات شاخص گنادوسوماتیک برای تعیین فصل تخم‌ریزی به‌صورت ماهانه و با استفاده از رابطهٔ $GSI = \frac{Wg * 100}{W}$ تعیین شد (Biswas, 1993). در این رابطه GSI شاخص گنادوسوماتیک، Wg وزن گناد و W وزن بدن، هر دو برحسب گرم می‌باشند. میانگین قطر تخمک (بر حسب میلی متر) و تعداد تخمک در واحد وزن تخمدان پس از نمونه‌برداری از بخش‌های قدامی، میانی و خلفی هر تخمدان تعیین شد. میانگین قطر تخمک و تعداد تخمک در واحد وزن تخمدان، برای تخمدان‌هایی اندازه‌گیری شد که در مراحل رسیدگی جنسی سوم به بالا بودند. سپس هم‌آوری مطلق و نسبی با استفاده از روابط $F = \frac{n * G}{Wg}$ و $R_f = \frac{F}{W}$ تعیین شدند (Biswas, 1993). در این روابط F هم‌آوری مطلق، n تعداد تخمک در واحد وزن نمونه تخمدان، G وزن نمونه تخمدان، Wg وزن تخمدان برحسب گرم، R_f هم آوری نسبی و W وزن بدن برحسب گرم است. همچنین شاخص هپاتوسوماتیک با استفاده از رابطهٔ $HSI = \frac{Wl * 100}{W}$ به‌صورت ماهانه و برای هر دو جنس نر و ماده تعیین شد (Biswas, 1993). در این رابطه HSI شاخص هپاتوسوماتیک، Wl وزن کبد و W وزن بدن، هردو برحسب گرم می‌باشند.

وضـعیت تغذیهٔ اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار با بررسـی محتویات دسـتگاه گوارش ماهیان به‌صـورت ماهانه و تعیین برخی از شاخص‌های تغذیه مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد فراوانی طعمه در دستگاه گوارش با استفاده از رابطهٔ $Fn = \frac{Ni * 100}{Ns}$ در هر ماه تعیین شد (Euzen, 1987). در این رابطه Fn درصد فراوانی طعمهٔ مورد نظر، Ni تعداد لولهٔ گوارش دارای طعمه مورد نظر و Ns تعداد کل لولهٔ گوارش مورد بررسی می‌باشد. شاخص گاستروسوماتیک نیز با استفاده از رابطهٔ $GaSI = \frac{Wi * 100}{W}$ برای نمونه‌های هر ماه تعیین شد (Biswas, 1993). در این رابطه $GaSI$ شاخص گاستروسوماتیک، Wi وزن لولهٔ گوارش به‌همراه محتویات آن و W وزن بدن ماهی هر دو برحسب گرم می‌باشند. همچنین شاخص تهی بودن معده با استفاده از رابطهٔ $VI = \frac{Es * 100}{Ts}$ تعیین شد (Euzen, 1987). در این رابطه VI شاخص تهی بودن معده، Es تعداد معده‌های خالی و Ts تعداد کل معده‌های مورد بررسی می‌باشد. تفسیر مقادیر این شاخص در هر فصل با توجه به دامنه‌های تعریف شده آن توسط Euzen (۱۹۸۷) انجام شد.

توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرونوف[5] و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون[6] مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسهٔ آماری فراسنجه‌های طول استاندارد، وزن بدن ماهیان و همچنین شاخص وضعیت در بین جنس‌های نر و ماده هر گروه سنی با استفاده از آزمون تی‌مستقل انجام شد. از تجزیه واریانس یک‌طرفه و به‌دنبال آن از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای مقایسهٔ میانگین شاخص‌های تولیدمثل و تغذیه در ماه‌ها و یا فصول نمونه‌برداری و همچنین در گروه‌های سنی استفاده شد. مقایسهٔ نسبت فراوانی جنس‌های نر و ماده در جمعیت مورد مطالعه از نسبت مورد انتظار ۵۰ نر به ۵۰ ماده با استفاده از آزمون مربع کای انجام شد (Zar, 2010). مقایسه‌ها در گروه‌های مورد بررسی در سطح آماری ۵ درصد و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ انجام شد.

یافته‌های پژوهش

در طی دوازده ماه نمونه‌برداری از دریاچهٔ زریبار، تعداد ۱۸۴ قطعه اردک‌ماهی از هر دو جنس نر و ماده صید شد. در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و اسفند هیچ نمونهٔ اردک‌ماهی نر در ترکیب صید مشاهده نشد. نتایج ترکیب طول استاندارد، وزن بدن و شاخص وضعیت براساس گروه‌های سنی و جنسیت اردک‌ماهیان صید شده در جدول ۱ ارائه شده است. طی دورهٔ نمونه‌برداری چهار گروه سنی ۲ تا ۵ سال شناسایی شد. در هر دو جنس نر و ماده بیشترین تعداد ماهیان در گروه سنی ۳ سال مشاهده شد. کمینه و بیشینهٔ طول استاندارد و وزن زنده بدن اردک‌ماهیان جنس نر به‌ترتیب ۲۸۵ و ۴۴۵ میلی‌متر و ۲۵۶/۲ و ۹۶۸/۱ گرم تعیین شد. همچنین

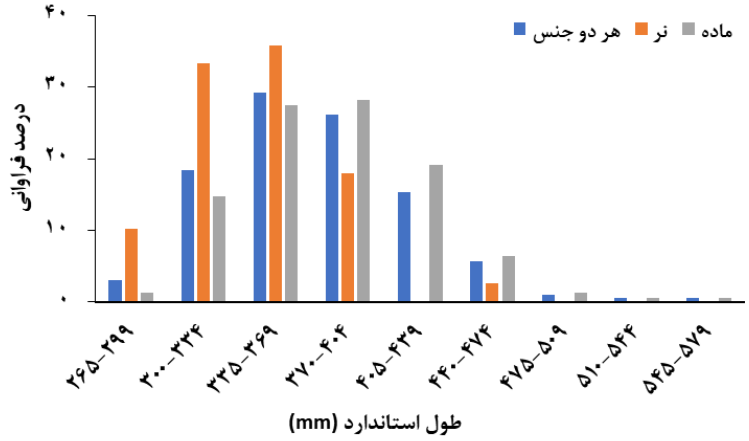
[5]Kolmogrov-Smirnov
[6]Leven's Test

در جنس ماده دامنهٔ این شاخص‌ها به‌ترتیب ۲۶۶ و ۵۷۲ میلی‌متر طول استاندارد و ۲۱۲/۲ و ۲۵۲۱/۷ گرم وزن زنده بدن تعیین شد. مقایسهٔ فراسنجه‌های طول استاندارد و وزن بدن نشان‌داد که بین جنس‌های نر و ماده تنها در گروه‌های سنی ۳ و ۴ تفاوت بسیار معنی‌دار وجود دارد ($P<۰/۰۱$). با این وجود تفاوت معنی‌داری بین مقادیر شاخص وضعیت ماهیان نر و ماده در هیچ‌یک از گروه‌های سنی مشاهده نشد (جدول ۱). توزیع درصد فراوانی طول استاندارد نمونه‌های صید شده اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار مریوان در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان‌داد که بیشترین درصد فراوانی طول استاندارد ماهیان جنس نر و مجموع هر دو جنسیت در کلاس طولی ۳۶۹–۳۳۵ میلی‌متر و در ماهیان جنس ماده در کلاس طولی ۴۰۴–۳۷۰ میلی‌متر می‌باشد. از کل نمونه های صید شدهٔ اردک‌ماهی، ۱۹/۶ درصد دارای جنسیت نر و ۸۰/۴ درصد دارای جنسیت ماده بودند. این نسبت به‌طور معنی‌دار از نسبت مورد انتظار ۵۰ درصد نر به ۵۰ درصد ماده متفاوت می‌باشد ($P<۰/۰۰۱$، df = ۱، χ^2 = ۷۰/۲). نتایج مقادیر ضرایب ثابت (a)، شیب خطوط (b) و ضرایب تبیین (R^2) معادلات رگرسیونی روابط طول–وزن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین مقادیر محاسبه شده ضرایب شیب خط با عدد ۳ در هر سه حالت مورد مقایسه، الگوی رشد اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار ایزومتریک تعیین شد ($P>۰/۰۵$). همچنین پارامترهای برآورد شدهٔ معادله رشد وون برتالانفی براساس کل جمعیت اردک‌ماهی دریاچه زریبار در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر میانگین (± خطای استاندارد) ترکیب طولی، وزن بدن و شاخص وضعیت جمعیت اردک‌ماهی صید شده در دریاچهٔ زریبار براساس جنسیت و سن[۱]

گروه سنی (سال)	جنسیت	تعداد	طول استاندارد (mm) (میانگین±خطای استاندارد)	وزن بدن (g) (میانگین±خطای استاندارد)	شاخص وضعیت (٪) (میانگین±خطای استاندارد)
۲	نر	۳	۳۳۳/۶۷±۱۹/۴۶	۴۲۷/۵۳±۷۲/۴۸	۱/۱۳±۰/۰۷
	ماده	۸	۳۴۳/۵۰±۱۱/۵۱	۴۷۷/۰۶±۳۶/۰۸	۱/۱۶±۰/۰۳
	هر دوجنس	۱۱	۳۴۰/۸۲±۹/۴۹	۴۶۳/۵۵±۳۱/۵۹	۱/۱۵±۰/۰۳
۳	نر	۳۰	۳۴۲/۵۰±۶/۷۱	۴۹۱/۱۰±۳۱/۳۱	۱/۱۹±۰/۰۳
	ماده	۱۰۷	۳۶۶/۸۹±۳/۶۷**	۶۱۲/۸۱±۱۶/۶۳**	۱/۲۲±۰/۰۱
	هر دوجنس	۱۳۷	۳۶۱/۵۵±۳/۳۲	۵۸۶/۱۶±۱۵/۲۶	۱/۲۱±۰/۰۱
۴	نر	۳	۳۵۳/۳۳±۲۰/۶۹	۵۹۳/۱۳±۹۸/۰۶	۱/۳۳±۰/۰۶
	ماده	۳۲	۴۲۸/۰۳±۶/۵۷**	۹۵۸/۳۸±۴۱/۸۷*	۱/۲۲±۰/۰۴
	هر دوجنس	۳۵	۴۲۱/۶۳±۷/۱۴	۹۲۷/۰۸±۴۲/۶۳	۱/۲۳±۰/۰۳
۵	نر	۰	–	–	–
	ماده	۱	۴۳۷	۱۱۴۴/۷	۱/۳۷

[۱] مقایسهٔ میانگین‌های هر شاخص در هر گروه سنی بین جنس‌های نر و ماده با استفاده از آزمون تی مستقل انجام شد. * و ** به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه جنسی نر و ماده در هر گروه سنی در سطوح آماری ۰/۰۵ و ۰/۰۱ است.



شکل ۱- توزیع درصد فراوانی طول استاندارد نمونه‌های اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار مریوان براساس گروه‌های جنسی

جدول ۲- مقادیر پارامترهای روابط رگرسیونی طول-وزن جمعیت اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار در جنس‌های نر، ماده و ترکیب هر دو جنس

پارامتر	جنس نر	جنس ماده	هر دو جنس
ضریب ثابت (a)±خطای استاندارد	۰/۰۰۰۰۲±۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۳±۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۰۳±۰/۰۰۰
شیب خط (b)±خطای استاندارد	۲/۹۵±۰/۲۵	۲/۸۳±۰/۰۹	۲/۸۶±۰/۰۹
t محاسباتی برای مقایسهٔ مقدار شیب خط با عدد ۳	۰/۲^{ns}	۱/۸۱^{ns}	۱/۶۵^{ns}
ضریب تبیین (R^2)± خطای استاندارد	۰/۷۹±۰/۱۵	۰/۸۵±۰/۱۵	۰/۸۵±۰/۱۵

ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد

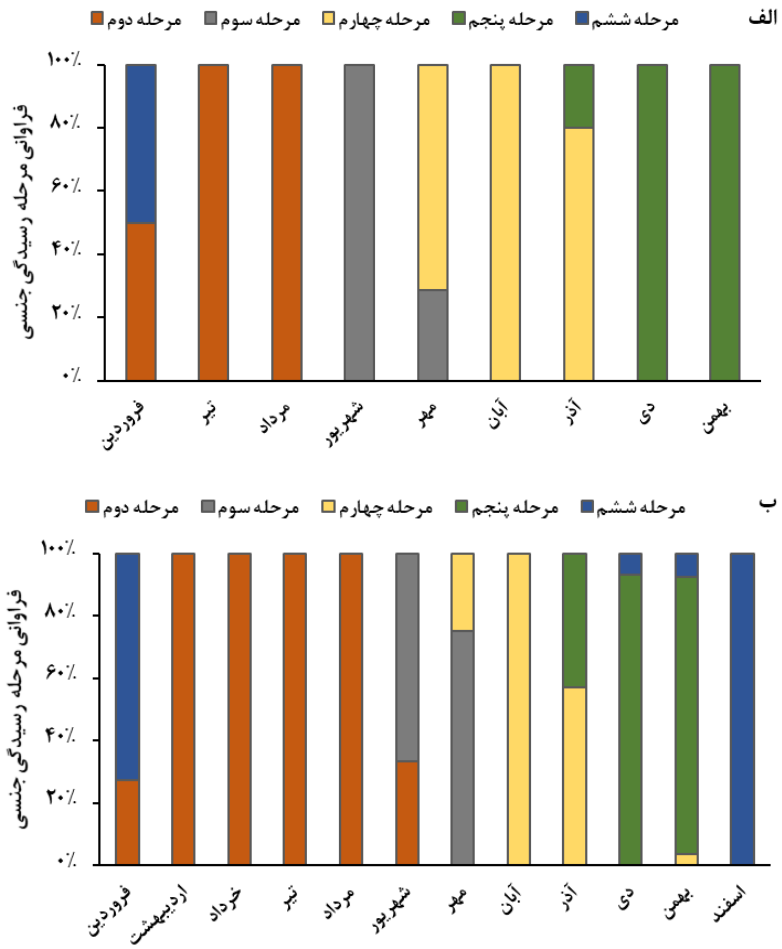
جدول ۳- مقادیر پارامترهای محاسبه شدهٔ معادله رشد وون برتالانفی برای کل جمعیت اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار مریوان

پارامتر	مقادیر محاسبه شده
L_{inf} حداکثر طول احتمالی (mm)	۵۱۶/۹۱
k ضریب رشد ($Year^{-1}$)	۰/۲۵
t_0 سن درطول صفر (Year)	-۱/۸۶

از شاخص گنادوسوماتیک و توزیع فراوانی مرحلهٔ رسیدگی جنسی ماهیان در هر ماه برای تعیین چرخه و زمان انجام تولیدمثل اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار استفاده شد. جدول ۴ تغییرات شاخص گنادوسوماتیک در دو جنس نر و ماده اردک ماهی را طی ماه‌های نمونه‌برداری نشان می‌دهد. در هر دو جنس نر و ماده میانگین مقادیر شاخص گنادوسوماتیک از مهرماه روند افزایشی داشته و در بهمن‌ماه به حداکثر مقدار رسیده و پس از آن مجدداً کاهش می‌یابند. مقدار این شاخص در بهمن‌ماه به‌طور معنی‌دار بیش از سایر ماه‌های نمونه‌برداری می‌باشد ($P<$۰/۰۵). توزیع درصد فراوانی مراحل رسیدگی جنسی در میان اردک‌ماهیان نر و ماده صید شده در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری در شکل ۲ ارائه شده است. در هر دو جنس نر و ماده، بیشتر گنادهای ماهیان طی فروردین تا شهریور ماه در مرحلهٔ دوم از مراحل رسیدگی جنسی می‌باشند. به‌دنبال آن در شهریور و مهر ماه فراوانی بیشتر گنادهای هر دو جنس در مرحلهٔ سوم، مهر تا آذر ماه در مرحلهٔ چهارم و از آذر تا بهمن ماه در مرحلهٔ پنجم (در حال تخم‌ریزی) می‌باشند. همچنین در ماه‌های دی تا فروردین ماه، گناد درصدی از ماهیان در مرحلهٔ ششم (تخمریزی کرده) از مراحل رسیدگی جنسی می‌باشند که به‌دنبال آن وارد مرحلهٔ دوم از مراحل رسیدگی جنسی می‌شوند. تغییرات میانگین شاخص هپاتوسوماتیک طی دورهٔ مطالعه و با توجه به جنسیت ماهی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان‌داد در هر دو جنس نر و ماده شاخص هپاتوسوماتیک پس از یک دوره نسبتاً ثابت از اسفند تا مهر ماه، دارای روند افزایشی از مهر تا دی ماه و به‌دنبال آن روند کاهشی می‌باشد. در هر دو جنس نر و ماده بیشترین مقدار میانگین شاخص هپاتوسوماتیک در دی ماه مشاهده شد. بررسی تغییرات اندازهٔ قطر تخمک در طی مراحل رسیدگی جنسی نشان داد که میانگین اندازهٔ قطر تخمک در مرحلهٔ سوم رسیدگی جنسی (۰/۶۴±۰/۰۲) میلی‌متر، مرحلهٔ چهارم (۱/۲۹±۰/۰۷) میلی‌متر و در مرحلهٔ پنجم (۲/۲۹±۰/۱۱) میلی‌متر می‌باشد. تغییرات شاخص‌های هم‌آوری مطلق و هم‌آوری نسبی در گروه‌های سنی ۲ الی ۴ در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان‌داد که با افزایش سن مقدار هم‌آوری مطلق تغییر معنی‌داری نداشته ولی هم آوری نسبی با افزایش سن کاهش معنی‌داری یافته‌است. در سه گروه سنی دامنهٔ هم‌آوری مطلق از حداقل ۹۷۰ تا حداکثر ۳۳۹۵۲ و هم‌آوری نسبی از حداقل ۱/۹ تا حداکثر ۴۴/۰۷ در مراحل رسیدگی جنسی ۳ الی ۵ نوسان داشت. همچنین در کل جمعیت اردک ماهی زریبار میانگین هم‌آوری مطلق ۱۱۶۳±۱۳۱۳۹ تخمک و میانگین هم‌آوری نسبی ۱/۶۷±۲۰/۳۷ تخمک به‌ازای گرم وزن بدن تعیین شد.

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین (± خطای استاندارد) تغییرات ماهانهٔ مقادیر شاخص گنادوسوماتیک و هپاتوسوماتیک در اردک‌ماهیان نر و مادهٔ دریاچهٔ زریبار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد. وجود حروف متفاوت در ماه‌های مختلف برای هر شاخص و در هر جنسیت نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار میانگین آن شاخص نسبت به سایر ماه‌های نمونه‌برداری می‌باشد.

ماه نمونه‌برداری	شاخص گنادوسوماتیک		شاخص هپاتوسوماتیک	
	جنس نر	جنس ماده	جنس نر	جنس ماده
فروردین	۰/۳۹±۰/۰۴^{a}	۰/۲۵±۰/۰۳^{a}	۰/۸۲±۰/۰۰^{a}	۱/۵۷±۰/۰۰^{ab}
اردیبهشت	–	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱^{a}	–	۱/۹۰±۰/۱۲^{bc}
خرداد	–	۰/۰۹±۰/۰۰۴^{a}	–	۲/۱۰±۰/۱۲^{c}
تیر	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۲^{a}	۰/۱۵±۰/۰۳^{a}	۱/۶۹±۰/۲۷^{bc}	۱/۹۱±۰/۱۲^{bc}
مرداد	۰/۰۷±۰/۰۰^{a}	۰/۱۰±۰/۰۰۴^{a}	۰/۹۶±۰/۰۰^{ab}	۱/۴۳±۰/۱۰^{a}
شهریور	۰/۰۹±۰/۰۰^{a}	۰/۴۰±۰/۰۶^{a}	۱/۳۴±۰/۰۰^{ab}	۱/۴۱±۰/۰۶^{a}
مهر	۰/۲۷±۰/۰۳^{a}	۱/۹۹±۰/۱۵^{a}	۱/۲۰±۰/۱۱^{ab}	۱/۳۶±۰/۰۹^{a}
آبان	۱/۸۹±۰/۱۰^{ab}	۵/۱۷±۰/۴۲^{b}	۱/۳۱±۰/۱۶^{ab}	۱/۹۶±۰/۱۵^{bc}
آذر	۱/۶۹±۰/۱۴^{ab}	۷/۹۳±۰/۸۵^{b}	۱/۷۰±۰/۱۵^{bc}	۲/۵۴±۰/۱۴^{d}
دی	۲/۸۲±۰/۲۷^{bc}	۱۶/۵۳±۰/۹۸^{c}	۲/۳۶±۰/۰۴^{c}	۲/۹۶±۰/۱۲^{d}
بهمن	۴/۲۴±۱/۷۱^{c}	۱۷/۹۷±۱/۲۳^{c}	۲/۱۴±۰/۳۳^{c}	۲/۰۷±۰/۱۰^{d}
اسفند	–	۰/۴۹±۰/۰۵^{a}	–	۱/۲۴±۰/۰۹^{a}

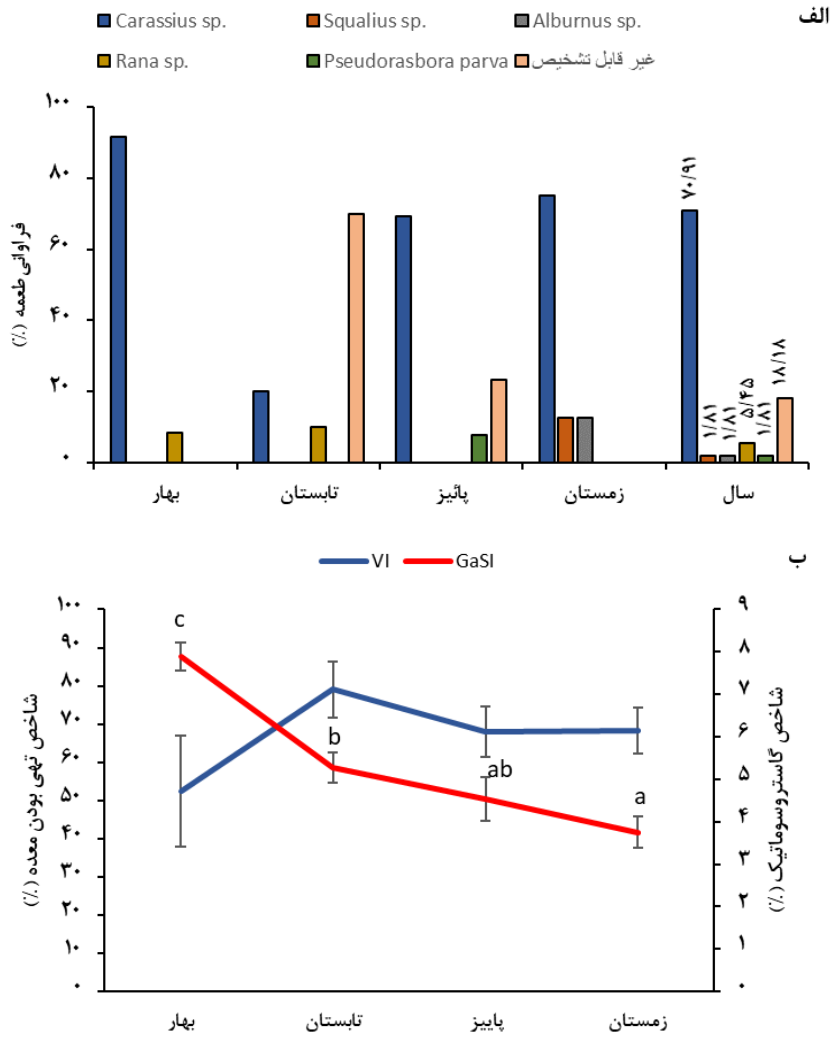


شکل ۲- توزیع فراوانی مراحل رسیدگی جنسی اردک ماهیان نر (الف) و ماده (ب) در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری در دریاچهٔ زریبار

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین‌های (±خطای استاندارد) تغییرات مقادیر هم‌آوری مطلق و نسبی در گروه‌های سنی اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد. حروف متفاوت در هر شاخص نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های سنی می‌باشد.

گروه سنی (سال)	تعداد	هم‌آوری مطلق	هم‌آوری نسبی
۲	۸	۱۲۳۹۶±۲۴۷۸	۲۴/۸۲±۴/۳۴^{b}
۳	۲۹	۱۴۰۶۷±۱۴۶۵	۲۲/۲۱±۱/۸۶^{b}
۴	۸	۱۰۵۰۴±۳۰۰۹	۹/۲۵±۲/۵۷^{a}

درصد فراوانی طعمهٔ مصرفی، شاخص‌های گاستروسوماتیک و شاخص تهی بودن معده با بررسی اقلام غذایی مصرفی در دستگاه گوارش ماهیان تعیین شد. ماهی کاراس (*Carassius sp.*)، یک گونه قورباغه (*Rana sp.*)، ماهی عروس (*Squalius sp.*)، ماهی کولی (*Alburnus sp.*) و ماهی آمورچه (*Pseudorasbora parva*) بیشترین درصد اقلام غذای مصرفی در دستگاه گوارش اردک‌ماهیان صید شده بود (شکل ۳ الف). همچنین در کل نمونه‌های مورد بررسی در طول سال ۱۸/۱۸ درصد ترکیبات غذایی مصرفی بویژه در دو فصل تابستان و پاییز به‌علت شدت هضم غیر قابل شناسایی بود. از طرف دیگر بیشترین مقدار شاخص گاستروسوماتیک و کمترین مقدار شاخص تهی بودن معده در فصل بهار مشاهده شد (شکل ۳ ب).



شکل ۳- تغییرات مقادیر میانگین فراوانی طعمه‌های مصرفی (الف) و میانگین‌های (±خطای استاندارد) شاخص گاستروسوماتیک و شاخص تهی بودن معده (ب) اردک ماهی در دریاچهٔ زریبار در فصول مختلف سال. مقایسه در خصوص شاخص‌های GaSI و VI با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. حروف متفاوت در هر شاخص نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار شاخص بین فصول سال می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

حضور گونهٔ اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار مریوان اولین بار در سال ۱۳۹۸ گزارش شد (Mohammadi *et al*., 2020). زمان دقیق رهاسازی این گونه در دریاچهٔ زریبار مشخص نیست. با این وجود گزارش‌های غیررسمی نشان‌دهندهٔ رهاسازی آن طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ به‌منظور کنترل جمعیت سایر ماهیان غیر بومی دریاچه است. بنابراین در خصوص سابقهٔ جمعیت معرفی شده به دریاچهٔ زریبار از لحاظ سن، تعداد و منشاء آن اطلاعات کافی در دسترس نمی‌باشد. داده‌های اندازه و ساختار جمعیت، الگوی رشد و روابط طول–وزن نه‌تنها برای ارزیابی و مدیریت موفق گونه‌ها مهم است بلکه این اطلاعات می‌توانند در ارزیابی اثرات گونه‌های مهاجم بر روی گونه‌های بومی و اکوسیستم‌هایی که در آنها حیات دارند مورد استفاده قرار گیرد (Fogg *et al*., 2019). بنابراین از این داده‌ها می‌توان به‌عنوان شاخص‌های اکولوژیکی در ارزیابی تأثیر گونه‌های مهاجم بر روی گونه‌های محلی و زیستگاه آنها استفاده نمود (Fogg *et al*., 2019; Li *et al*., 2023). مقایسهٔ ساختار سنی جمعیت اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار با برخی از جمعیت‌های این گونه در تالاب انزلی و تالاب امیرکلایه (Valipour, 1998; Abbasi *et al*., 2013; Moradinasab *et al*., 2014) و همچنین دریاچهٔ کارامیک[7] ترکیه (Balik *et al*., 2006) نشان داد که جمعیت اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار دارای گروه‌های سنی محدودتری می‌باشد. همچنین مقدار برآورد شده پارامتر حداکثر طول احتمالی از معادله وون برتالانفی برای جمعیت اردک ماهی دریاچهٔ زریبار نسبت به مقادیر گزارش شده برای این گونه در تالاب انزلی (Abbasi *et al*., 2013; Moradinasab *et al*., 2014) و تالاب امیرکلایه (Abbasi *et al*., 2013) کمتر می‌باشد. این تفاوت اگرچه می‌تواند ناشی از تفاوت در تعداد گروه های سنی مورد استفاده در برآورد باشد، ولی تفاوت در شرایط محیطی (Corll and Kooten, 2022) و عرض جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه (Fogg *et al*., 2019) نیز ممکن است در ایجاد این تفاوت نقش داشته‌باشند. به‌طور معمول مقدار برآورد شدهٔ پارامتر حداکثر طول احتمالی در بسیاری از گونه‌های ماهیانی که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر زندگی می‌نمایند، کمتر است (Lindsey, 1966). با این وجود مقایسهٔ میانگین وزن و شاخص وضعیت جمعیت اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار با جمعیت‌های تالاب انزلی (Abbasi *et al*., 2013; Moradinasab *et al*., 2014) و تالاب امیرکلایه (Abbasi *et al*., 2013) و همچنین دریاچهٔ کارامیک ترکیه (Balik *et al*., 2006) نشان‌داد که در گروه‌های سنی متناظر، جمعیت زریبار میانگین وزنی و شاخص وضعیت بیشتری از سه جمعیت یاد شده دارد. همچنین در حالی‌که نتایج روابط طول–وزن جمعیت اردک‌ماهی دلالت بر الگوی رشد ایزومتریک این گونه در دریاچهٔ زریبار دارد، نتایج گزارش شده در تالاب امیرکلایه (Abbasi *et al*., 2013) نشان‌دهندهٔ الگوی رشد آلومتریک منفی و در تالاب انزلی (Moradinasab *et al*., 2014) ایزومتریک برای جنس نر و آلومتریک مثبت برای جنس ماده را دارد. این نتایج نشان داد که جمعیت اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار دارای شرایط رشد مناسب‌تری در مقایسه با چند جمعیت یاد شده می‌باشد. در ارزیابی کیفی رشد ماهیان و زیستگاهی که در آن پراکنش دارند می‌توان از شاخص وضعیت استفاده نمود (Anderson and Neuman, 1996; Mouludi-Saleh et al., 2023). با این وجود عوامل متعددی ازجمله شرایط اکولوژیک و محیط، دسترسی به منابع غذایی، وجود رقیب غذایی و چرخهٔ تولیدمثل در تغییرات شاخص وضعیت موثر می‌باشند (Anderson and Neuman, 1996; Datta *et al*., 2013). چنین به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل عدم وجود رقیب غذایی در محیط دریاچهٔ زریبار، این گونه دارای نرخ رشد بیشتری در گروه‌های سنی متناظر در مقایسه با سایر جمعیت‌های یاد شده باشد.

بررسی نتایج شاخص گنادوسوماتیک جمعیت اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار نشان داد که گناد ماهیان نر و ماده در دی و بهمن ماه دارای حداکثر مقدار می‌باشند. همچنین بررسی توزیع فراوانی مراحل رسیدگی جنسی ماهیان نر و ماده طی ماه‌های مختلف نشان داد که فراوانی گنادها در مرحلهٔ پنجم رسیدگی جنسی (در حال تخم‌ریزی) در آذر تا بهمن ماه بیشتر می‌باشد. براین اساس تخم‌ریزی این گونه در دریاچهٔ زریبار از آذر ماه آغاز و در بهمن ماه به اوج می‌رسد. نتایج حاضر با نتایج گزارش شده در خصوص جمعیت اردک‌ماهی تالاب انزلی مطابقت دارد (Moslemi-Aqdam *et al*., 2016; Imanpoor *et al*., 2018). از طرف دیگر، بررسی روند تغییرات شاخص هپاتوسوماتیک نشان داد که مقدار این شاخص از مهرماه دارای روند افزایشی بوده و حداکثر مقدار آن کمی زودتر از حداکثر مقدار شاخص گنادوسوماتیک، در دی ماه می‌باشد. در چرخهٔ تولیدمثل ماهیان ماده کبد مکان اصلی برای تولید

[7] Karamik

پیش‌ساز زرده و پوستهٔ تخمک است (Hara *et al*., 2016). همچنین کبد مکان اصلی برای تأمین انرژی در فرآیند تولیدمثل ماهیان نر و ماده است (Nunes *et al*., 2011). افزایش مقادیر شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان ماده در این دورهٔ زمانی همزمان است با تغییرات توزیع فراوانی مراحل رسیدگی جنسی تخمدان اردک‌ماهی زریبار، که در این بازهٔ زمانی بیشتر گنادها در مراحل ۳ و ۴ می‌باشند. از آنجا که مراحل رسیدگی ۳ و ۴ در اردک ماهی مطابق با مراحل تشکیل ویزیکول‌های زرده و دانه‌های زرده در تخمدان است (Khodadoust *et al*., 2015)، چنین به‌نظر می‌رسد که فرآیند زرده‌سازی در تخمدان اردک‌ماهی دریاچهٔ زریبار از مهرماه آغاز و در دی‌ماه تکمیل می‌شود. مانند سایر گونه‌های ماهیان، شاخص هپاتوسوماتیک در جمعیت اردک‌ماهی زریبار در مراحل ابتدایی‌تر چرخهٔ رسیدگی جنسی دارای روند افزایشی بوده و قبل از مرحلهٔ رسیدگی نهایی، مقدار این شاخص کاهش می‌یابد. با این وجود در جنس نر اردک‌ماهی تغییرات شاخص هپاتوسوماتیک دارای دامنهٔ کم‌تری از جنس ماده می‌باشد. پیش‌تر تفاوت در مقدار تخصیص انرژی بین دو جنس نر و ماده ماهیان در طی فرآیند تولیدمثل را دلیل تفاوت در مقدار شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان نر و ماده گزارش نموده‌اند (Nunes *et al*, 2011; Rizzo and Bazzoli, 2020). مقایسهٔ نتایج مقادیر میانگین‌های قطر تخمک، هم‌آوری مطلق و هم‌آوری نسبی در جمعیت اردک‌ماهی زریبار با نتایج گزارش شده برای جمعیت انزلی (Khodadoust *et al*., 2015; Moslem-Aqdam *et al*., 2016) و جمعیت دریاچهٔ کارامیک ترکیه (Balik *et al*., 2006) مشابه است. اگرچه عوامل متعددی مانند اندازه، سن و تراکم جمعیت ماهی، دسترسی به منابع غذایی و شرایط محیطی (May, 1967) می‌توانند بر تغییرپذیری این شاخص‌ها مؤثر باشند ولی چنین به‌نظر می‌رسد که تکامل مراحل رسیدگی جنسی و توانایی انجام تولیدمثل برای این گونه در دریاچهٔ زریبار تحت تأثیر قرار نگرفته است. به‌عبارتی این گونه امکان انجام تولیدمثل در دریاچهٔ زریبار را دارد.

بررسی مقادیر شاخص گاستروسوماتیک در جمعیت اردک‌ماهی زریبار نشان داد که این گونه در فصل بهار دارای بیش‌ترین شدت تغذیه بوده و به‌دنبال آن در فصول تابستان تا زمستان شدت تغذیهٔ آن با یک روند نزولی، کاهش و در زمستان به‌حداقل مقدار می‌رسد. همچنین براساس دسته‌بندی انجام شده برای شاخص تهی‌بودن معده (Euzen, 1987) جمعیت اردک‌ماهی زریبار در فصل بهار دارای تغذیهٔ متوسط و در سایر فصول سال کم‌خوراک محسوب می‌شود. نتایج گزارش شده در خصوص شدت تغذیهٔ این گونه در تالاب امیرکلایهٔ لاهیجان نشان داده که حداکثر شدت تغذیهٔ این گونه در فصل زمستان و حداقل آن در فصل بهار انجام می‌شود (Nezami Balochy *et al*., 2005a). همچنین در تالاب بوجاق کیاشهر حداکثر شدت تغذیهٔ این گونه در پاییز و حداقل آن در بهار گزارش شده است (Nezami Balochy *et al*., 2005b). عوامل متعددی از جمله منطقهٔ جغرافیایی (Nye *et al*., 2011; Beer and Wing, 2013)، اندازهٔ بدن (Werner and Gilliam, 1984; Xue *et al*., 2005)، رفتارهای رقابتی بین گونه‌ها، دسترسی به منابع غذایی، زمان تغذیه در طول شبانه‌روز و فاکتورهای محیطی به‌ویژه میزان دما (Moyle and Cesch, 2004) می‌توانند شدت تغذیهٔ ماهیان را تحت تاثیر قرار دهند. چنین به‌نظر می‌رسد که تفاوت در زمان حداکثر شدت تغذیهٔ جمعیت اردک‌ماهی زریبار و سایر جمعیت‌های گزارش شده می‌تواند ناشی از تأثیر تفاوت در شرایط دمایی آب و منطقهٔ جغرافیایی جمعیت های یاد شده باشد. از طرف دیگر، اگرچه این گونه در تالاب امیرکلایهٔ لاهیجان و تالاب بوجاق کیاشهر به‌عنوان گونه‌ای پرخور و حریص در تغذیه گزارش شده است (Nezami Balochy *et al*., 2005a, b) نتایج مطالعهٔ حاضر نشان‌داد که این گونه در دریاچهٔ زریبار دارای شدت تغذیهٔ کم تا متوسط می‌باشد. کم بودن تنوع و فراوانی منابع غذایی به‌ویژه گونه‌های ماهیان دریاچهٔ زریبار می تواند دلیل اصلی این تفاوت باشد. مقایسهٔ تنوع اقلام غذایی مصرفی با سایر گزارش‌های موجود (Nezami Balochy *et al*., 2005a, b) نشان‌دهندهٔ پایین بودن تنوع اقلام غذایی مصرفی توسط جمعیت اردک‌ماهی زریبار دارد. کاهش آمار رسمی صید ماهیان دریاچهٔ زریبار در سال‌های اخیر گواه کم بودن فراوانی ماهیان این دریاچه است. افزون بر این، وجود تنها پنج نوع مادهٔ غذایی در بررسی محتویات دستگاه گوارش جمعیت اردک‌ماهی زریبار می‌تواند نشان‌دهندهٔ این موضوع باشد. از طرف دیگر با توجه به ترکیب غذایی دستگاه گوارش اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار و با توجه به شناخت جوامع زیستی دریاچه، چنین به‌نظر می‌رسد که اردک‌ماهی در بالاترین سطح زنجیرهٔ غذایی این اکوسیستم قرار دارد و فاقد رقیب یا شکارچی در دریاچه می‌باشد.

گونه‌های غیر بومی از طریق یک فرآیند هجومی چند مرحله‌ای تبدیل به گونه‌ای مهاجم می‌شوند (Blackburn *et al*., 2011; Kiruba-Sankar *et al*., 2018). در چارچوب یکپارچه پیشنهادی برای تهاجم زیستی یک گونه مراحل مشخصی شامل انتقال، معرفی، استقرار و گسترش تعریف و برای عبور از هر مرحله موانع مشخصی ذکرشده است که گونهٔ غیر بومی برای تبدیل به گونهٔ

مهاجم باید از آنها عبور نماید (Blackburn *et al*., 2011). شناخت این مراحل و موانع مربوطهٔ آنها کمک می‌نمایند تا خطرات مرتبط با گونه‌های مهاجم درک و امکان مدیریت آنها فراهم شود. برای استقرار یافتن یک گونهٔ غیر بومی نه تنها رفع موانع مربوط به زنده‌مانی (تغذیه و رشد) و امکان تولیدمثل گونهٔ معرفی شده دارای اهمیت است، بلکه امکان تولیدمثل پایدار و دوام گونهٔ معرفی شده در آن اکوسیستم نیز اهمیت دارد (Blackburn *et al*., 2011). نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که جمعیت اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار امکان تغذیه، رشد و انجام تولیدمثل را مشابه با جمعیت‌های طبیعی این گونه در سایر مناطق جغرافیایی دارد. همچنین دوام و حضور این گونه در دریاچهٔ زریبار با مشاهدات اخیر (Karimian *et al*., 2024) و گزارش صیادان منطقه تأیید می‌شود. به‌علاوه گزارش حضور این گونه در بخش‌های پایین‌دست دریاچهٔ زریبار و در رودخانهٔ سیروان (Mouludi-Saleh *et al*., 2022) نشان‌دهندهٔ گسترش این گونه در حوضهٔ سیروان و دجله دارد. بنابراین جمعیت اردک‌ماهی در دریاچهٔ زریبار نه تنها استقرار یافته بلکه توانسته است از طریق خروجی دریاچه وارد رودخانهٔ سیروان و حوضهٔ دجله شده و وارد مرحلهٔ گسترش در تبدیل به گونه مهاجم شود. بنابراین انجام اقداماتی نظیر صدور مجوز صید و جمع‌آوری این گونه برای کنترل و حذف آن در منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این تحقیق از محل هزینه‌های مصوب انجام پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد نفر اول نویسندگان، توسط معاونت پژوهشی دانشگاه کردستان و همچنین گرانت پژوهشی شماره ۸ /۳۴۰۲۷/۹/۰۰ص دانشگاه کردستان تأمین شده است که بدینوسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز می‌دارند.

References

Abbasi, M., Bani, A., Moradinasab, A., Mosavi-Sabet, S.H., 2013. The comparison some of growth characteristic in pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from Anzali and Amirkelayeh wetlands. Journal of Applied Ichthyology Research 1(3), 49-62. (In Persian)

Abdoli A., 1999. The inland water fishes of Iran. Iranian nature museum and wild life publication, 377 p.

Anderson, R.O., Neumann, R.M., 1996. Length, weight, and associated structural indices. In: Fisheries Techniques, American Fisheries Society, pp. 447-482.

Anderson, R.O., Neumann, R.M. 1996. Length, weight, and associated structural indices. In: Murphy, B.R., Willis, D.W. (Eds.), Fisheries techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, pp. 447-482.

Asar-ab consulting engineers. 2006. Environmental, limnological studies and maintaining the ecological balance of Zaribar-Marivan Lake (report on identifying the animal cover of the area and the lake). Kurdistan Governorate, 29 p. (In Persian)

Bahrami Kamangar, B., 2015. Fish DNA barcoding of Kurdistan province. University of Kurdistan, 65 p. (In Persian)

Balik, I., Çubuk, H., Özkök, R., Uysal, R., 2006. Reproduction properties of Pike (*Esox lucius* L., 1758) population in Lake Karamik (Afyonkarahisar/Turkey). Turkish Journal of Zoology 30(1), 27-34.

Beer N.A., Wing, S.R., 2013. Trophic ecology drives spatial variability in growth among subpopulations of an exploited temperate reef fish. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 47(1), 73-89.

Biswas, S.P., 1993. Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers. 95 p.

Blackburn, T.I., Pysˇek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarosˇı´k, V., Wilson, J.R.U., Richardson, D.M., 2011. A proposed unified framework for biological invasions. Trends in Ecology and Evolution 26(7), 333-339.

Brodeur, R.D., Smith, B.E., McBride, R.S., Heintz, R., Farley Jr, E., 2017. New perspectives on the feeding ecology and trophic dynamics of fishes. Environmental Biology of Fishes 100(4), 293-297.

Carvalho, D.R., de Castro, D.M.P., Callisto, M., Chaves, A.J.M., Moreira, M.Z., Pompeu, P.S., 2019. Stable isotopes and stomach content analyses indicate omnivorous habits and opportunistic feeding

behavior of an invasive fish. Aquatic Ecology 53(3), 365-381.
Coad, B.W., 2020. Review of the East Asian minnows of Iran (Family Xenocyprididae). Iranian Journal of Ichthyology 7(1), 1-67.
Corll, J. C., Kooten, T.V., 2022. Accounting for temporal and individual variation in the estimation of Von Bertalanffy growth curves. Ecology and Evolution 12(12), e9619
da Silva, J. C., Soares, C. M., Bialetzki, A., 2024. Effect of an invasive fish species on nutrient cycling and on the community structure: an experimental approach. Aquatic Ecology, https://doi.org/10.1007/s10452-024-10129-y
Datta, S.N., Kaur, V.I., Dhawan, A., Jassal, G., 2013. Estimation of length-weight relationship and condition factor of spotted snakehead *Channa punctata* (Bloch) under different feeding regimes. Springerplus 2(1), 436.
Ebrahimpour, S., Mohammadzadeh, H., 2014. Water quality assessment/zonation of Zarivar Lake using NSFWQI, OWQI and CWQI Indexes. Environmental Researches 4(7), 137-146. (In Persian)
Esmaeili, H. R., Gholamifard, A., Freyhof, J., 2011. Ichthyofauna of Zarivar Lake (Iran) with the first records of *Hemiculter leucisculus* and *Alburnus hohenackeri* in the tigris drainage. Electronic Journal of Ichthyology 7(1), 1-6.
Euzen, O., 1987. Food habits and diet composition of some fishes of Kuwait. Kuwait Bulletin Science 9(1), 65-85.
Fogg, A.Q., Evans, J.T., Peterson, M.S., Brown-Peterson, N., Hoffmayer, E.R., Ingram, G., 2019. Comparison of age and growth parameters of invasive Red Lionfish (*Pterois volitans*) across the northern Gulf of Mexico. Fishery Bulletin 117(3), 1-15.
Gaupale, T.C., Sontakke, G.K., 2023. Impact of exotic fishes on ecosystem, economics and management. International Journal of Ecology and Environmental Sciences 50(1), 33-42.
Griffen, B. D., Bolander, M., Fletcher, L. S., Luckett, J., Repetto, M. F., Smith, N., Stancil, C., Toscano, B. J., 2024. Factors influencing variation in reproduction in invasive species: a case study of the Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus*. Biological Invasions 26(10), 3243-3255.
Hara, A., Hiramatsu, N., Fujita, T., 2016. Vitellogenesis and choriogenesis in fishes. Fisheries Science 82(2), 187-202.
Havel, J.E., Kovalenko, K.E., Thomaz, S.M., Amalfitano, S., Kate, L.B., 2015. Aquatic invasive species: challenges for the future. Hydrobiologia 750(1), 147-170.
Imanpoor, M. R., Taghizadeh, V., Khodadoust, A., Roohi, Z., 2018. Effect of fish size and seasonal changes on gonadal steroid hormones in Pike brood stocks (*Esox lucius*). Nova Biologica Reperta 5(1), 65-71. (In Persian)
Karimian, E. 2024. Refinement of pollutants and the quality of the water area of the lagoon. In: the study of the ecology and limnology of Zaribar International Wetland with the aim of providing solutions for wetland restoration. University of Kurdistan, Research project report, 250 p. (In press)
Kas-Khazar consulting engineers. 1994. Comprehensive limnological studies of Zarivar Lake. Iranian Fisheries Organization. (In Persian)
Kesteven, G. L., 1960. Manual of field methods in fisheries biology. FAO Manuals of Fisheries Sciences, 1; 152 p.
Khodadoust, A., Khara, H., Taghi Zadeh, V., Imanpoor, M. R., 2015. The histological study of ovarian development of Pike *Esox Luciusin* Anzali Marsh. Journal of Plasma and Biomarkers 8(2), 13-22. (In Persian)
King, M., 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management. Blckwell Scientific Publication. 382 p.
Kiruba-Sankar, R., Praveen Raj, J., Saravanan, K., Lohith Kumar, K., Raymond Jani Angel, J., Velmurugan, A., Dam Roy, S., 2018. Invasive species in freshwater ecosystems – Threats to ecosystem services. In: Sivaperuman, C., Velmurugan, A., Kumar Singh, A., Jaisankar, I. (Eds.), Biodiversity and climate change adaptation in tropical islands. Academic Press, Cambridge, USA, pp. 257-296.
Le Cren, E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in Gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). Journal of Animal Ecology 20(2), 201-219.
Li, Y., Feng, M., Huang, L., Zhang, P., Wang, H., Zhang, J., Tian, Y., Xu, J., 2023. Weight–length relationship analysis revealing the impacts of multiple factors on body shape of fish in China. Fishes 8(5), 269.

Lindsey, C.C., 1966. Body sizes of poikilotherm vertebrates at different latitudes. Evolution 20(4), 456-465.

May, A.W., 1967. Fecundity of Atlantic cod. Journal of the Fisheries Board of Canada 24(7), 1531-1551.

Mirzajani, A., Abbasi, K., Bagheri, S., Moradi, M., Kiabi, B., 2021. Investigation of the possible effect of Pike (*Esox lucius*) on the invasive fishes of the Persian Gulf Martyrs Lake, Tehran. Iranian Scientific Fisheries Journal 30(2), 35-48. (In Persian)

Mohammadi, M., Ghaderi, E., Molodi, F., Bahrami Kamangar, B., 2020. The first record of Northern pike *Esox lucius*, Linnaeus, 1758 in Zrebar Lake, Marivan, Kurdistan, Iran: morphology, feeding habit, reproductive biology, and assessment of invasive threats. Journal of Applied Ichthyology Research 8(1), 133-142. (In Persian)

Moradinasab, A., Ghorbani, R., Paighambari, S.Y., Noferesti, H., Mehdipour, N., 2014. Determination of growth parameters, Age structure and sex ratio of Pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) from Anzali wetland. Journal of Fisheries 66(4), 479-490. (In Persian)

Moslemi-Aqdam, M., Imanpour Namin, J., Sattari, M., Abdolmalaki, S., Bani, A., Rochowski, B., 2016. Reproductive characteristics of northern Pike, *Esox lucius* (Actinopterygii: Esociformes: Esocidae), in the Anzali Wetland, southwest Caspian Sea. Acta Ichthyologica et Piscatoria 46(4), 313-323.

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2022. Ichthyofauna of the Iranian part of the Sirvan River drainage with the first record of *Cobitis avicenna* and *Oxynoemacheilus euphraticus*. International Journal of Aquatic Biology 10(3), 242-253.

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Çiçek, E., Ghaderi, E., 2023. Condition factor and length-weight relationships evaluation of 15 *Oxynoemacheilus* species (Cypriniformes: Nemacheilidae) from Iran. Turkish Journal of Zoology 47(2), 130-134.

Moyle, P.B., Cech, J.J., 2004. Fishes: An introduction to ichthyology. United Kingdom: Pearson Prentice Hall. 726 p.

Nezami Balochy, S. A., Khara, H., Bakhtazma, N., Furozan, M., 2005a. Diet study of pike (*Esox lucius*) in Lahijan Amirkelayeh Lagoon. Pajouhesh and Sazandegi 18(3), 46-55. (In Persian)

Nezami Balochy, S.A., Khara, H., Nikokerdar, L., Mirmosavy, M., 2005b. The diet survey Zibakenar-Kiashar Bojagh lagoon Pike (*Esox lucius*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(4), 175-186. (In Persian)

Nunes, C., Silva, A., Soares, E., Ganias, K. 2011. The use of hepatic and somatic indices and histological information to characterize the reproductive dynamics of Atlantic sardine *Sardina pilchardus* from the Portuguese Coast. Marine and Coastal Fisheries 3(1), 127-144.

Nye, J.A., Loewensteiner, D.L., Miller, T.J., 2011. Annual, seasonal and regional variability in diet of Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*) in Chesapeake Bay. Estuaries and Coasts 34(4), 691–700.

Pauly, D., 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries Technical Paper. 52 p.

Rahmani, T., Poorbagher, H., Javanshir, A., Bahrami Kamangar, B., 2013. Effects of agriculture, tourism and the dam on eutrophic status of the Zerebar Lake, Iran. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 1(4), 403-420.

Ramsar Convention, 2023. List of wetlands of international importance. Available from https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf. (Accessed 5th November 2024).

Reyahi-Khoram, M., Hoshmand, K., 2012. Assessment of biodiversities and spatial structure of Zarivar Wetland in Kurdistan Province, Iran. Biodiversitas 13(3), 130-134.

Rizzo, E., Bazzoli, N., 2020. Reproduction and embryogenesis, (Chapter 13), In: Baldisserotto, B., Urbinati, E. C., Cyrino, J. E. P. (Eds.), Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish. Academic Press, pp. 287-313.

Shanazi, K., Aazami, M., 2023. Rapid assessment approach of Zarivar international wetland ecosystem services in Marivan County. Physical Geography Research Quarterly 55(3), 111-130.

Sorensen, P.W., 2021. Introduction to the biology and control of invasive fishes and a special issue on this topic. Fishes 6(4), 69.

Sparre, P., Venema, S., 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 - Manual. FAO

Fisheries Technical Paper 306/1, FAO Rome, 407 p.
Valipour, A., 1998. An investigation on feeding habits of northern Pike of Anzali Lagoon. Iranian Journal of Fisheries Sciences 7(3), 75-90. (In Persian)
Werner, E.E., Gilliam, J.F., 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 15(1), 393-425.
Xue, Y., Jin, X., Zhang, B., Liang, Z., 2005. Seasonal, diel and ontogenetic variation in feeding patterns of small yellow croaker in the central Yellow Sea. Journal of Fish Biology 67(1), 33-50.
Zar, J. H., 2010. Biostatistical Analysis (5th ed.). Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, xiii, 944 p.
Zarei, F., Hosseini, S.N., Amini, S.S., Pezeshk, J., Maleki, L., Rajabi-Maham, H., 2017. Proposing Zarivar wildlife refuge (Western Iran) as a Ramsar site based on avian diversity and conservation criteria. Podoces 12(2), 27-42.