16(3) 99-110, Autumn 2024

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Ecology of the fish food web in Dorudzan Reservoir, Fars Province

Mehrdad Zamanpoore* *, *Fatemeh Abbaspour, Pegah Bahredar, Seyyed Kazem Bordbar

Fars Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran

Key Words

Aquatic ecosystems
Reservoir
Food web
Limnology
Freshwater fish

Abstract

Introduction: Describing the structure of the fish community food web and evaluating fish feeding interactions is crucial to understanding their impact on shaping the fish community and achieving sustainable fish production in the lake's biological management.

Materials & Methods: Samplings of phytoplankton, zooplankton, aquatic plants, and fish were performed at three stations near the dam crown, the middle of the lake, and the west of the lake for four seasons from October 2017 to September 2016. The fish caught were counted and bioassayed. Fish stomach contents and composition were assessed.

Results: A total of 43 genera from 30 families of phytoplankton of the lake were identified, from 11 classes and 8 phyla. Cyanophyta in autumn, Chrysophyta and Chlorophytain winter, and Chrysophyta in spring and summer were predominant. Eight species from eight families and three classes of zooplankton were identified. Benthic invertebrates were identified in five taxa (Chironomidae, Heptageniidae, Cyrenidae, Haplotaxida, and Nematoda). The identified species of aquatic plants were *Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton nodosus*. Eleven species of fish (*Cyprinus carpio*, *Carasobarbus luteus*, *Alburnus mossulensis*, *Capoeta aculeata*, *Capoeta saadi*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Hypophthalmichthys nobilis*, *Caressius gibelio*, *Ctenopharyngodon idella*, *Planiliza abu*, and *Oncorhynchus mykiss*) were identified in the lake. The maximum population size was recorded in *P. abu* (20,000 no/ha/12h). The most common fish food was detritus. Most fish showed omnivory and holistic approach and overlapped in food type. The diversity and complexity of the food web were maximum in autumn (33 communication chains), with maximum fish diversity and density, and the number of lake food communication chains was 40 throughout the whole year. The main chains of matter circulation to fish were detritus, zooplankton, and filamentous algae in autumn, detritus in winter, fresh plants and detritus in spring, and detritus, fresh plants, insect, and zooplankton in summer.

Conclusion: This food web having short chains will result in lower fish biodiversity, which is already recognizable by the prevalence of the invasive species *Planiliza abu* and the drastic reduction in endemic species. For returning the lake ecosystem to equilibrium and the best production, it is recommended that fishing methods be constrained to the use of smaller mesh size nets so that the fishing pressure is conducted toward *P. abu*, and makes it possible for the endemic species to rebuild their population.

* Corresponding Author's email: mzamanpoore@gmail.com
Received: 26 January 2023; Reviewed: 28 February 2023; Revised: 5 May 2023; Accepted: 8 June 2023
(DOI):10.70102/AEJ.2025.16.3.13

مقاله پژوهشی

اکولوژی شبکه غذایی ماهیان در دریاچه سد درودزن، استان فارس

مهرداد زمان‌پور، فاطمه عباس‌پور، پگاه بهره‌دار، سیدکاظم بردبار*

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

کلمات کلیدی

اکوسیستم‌های آبی
دریاچه سد
شبکه غذایی
لیمنولوژی
ماهیان آب شیرین

چکیده

مقدمه: توصیف ساختار شبکه خوراکی اجتماع ماهیان و ارزیابی میان‌کنش‌های خوراکی ماهیان برای درک توان تاثیرگزاری آن‌ها در شکل‌دادن به اجتماع ماهیان و رسیدن به تولید پایدار ماهی در مدیریت زیستی دریاچه بسیار مهم است.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون‌ها، زئوپلانکتون‌ها، گیاهان آب‌زی و ماهیان دریاچه سد درودزن در ۳ ایستگاه در نزدیک تاج سد، میانه دریاچه و غرب دریاچه در چهار فصل از مهر ۱۳۹۸ تا شهریور ۱۳۹۹ انجام شد. ماهیان شمارده و زیست‌سنجی شدند. داشته‌های معده ماهیان و ترکیب خوراک آنان بررسی شد.

نتایج: در مجموع ۴۳ سرده از ۳۰ خانواده از فیتوپلانکتون دریاچه شناسایی شد که در ۱۱ رده و ۸ شاخه جا دارند. در پاییز Cyanophyceae، در زمستان Chrysophyceae و Chlorophyceae و در بهار و تابستان Chrysophyceae غالب بود. هشت گونه از هشت خانواده در سه رده از زوپلانکتون شناسایی شد. بی‌مهرگان کف‌زی در پنج تاکسون (Chironomidae، Heptageniidae، Cyrenidae، Haplotaxida، Nematoda) شناسایی‌شد. گونه‌های‌شناسایی‌شده گیاهان آبزی از دو گونه *Myriophyllum spicatum* و *Potamogeton nodosus* بود. یازده گونه ماهی (کپورمعمولی، حِمری، شاه‌کولی، سیاه‌ماهی فلس‌درشت، سیاه‌ماهی‌سعدی، کپور نقره‌ای، کپور سرگُنده، کپورچه، آمور، بیاح، و قزل‌آلا) در دریاچه شناسایی شد. بیش‌ترین اندازه جمعیت در ماهی بیاح (no/ha/12h ۲۰۰۰۰) بود. بیش‌ترین خوراک ماهیان از دتریتوس بود. بیش‌تر ماهیان همه‌چیزخواری (omnivory) و همه‌گرایی (holistic) نشان دادند و در نوع خوراک هم‌پوشانی زیادی داشتند. در پاییز (بیش‌ترین تنوع و تراکم ماهیان) گوناگونی و پیچیدگی شبکه غذایی بیشینه بود (۳۳ زنجیر ارتباط)، و تعداد زنجیرهای ارتباط غذایی دریاچه در کل سال ۴۰ بود. زنجیرهای اصلی گردش مواد به سوی ماهیان در پاییز مواد خاشاکی (دتریتوس)، زوپلانکتون و جلبک‌های رشته‌ای، در زمستان دتریتوس، در بهار گیاه زنده و دتریتوس و در تابستان دتریتوس، گیاه زنده، حشره و زوپلانکتون بود.

بحث و نتیجه‌گیری: این شبکه غذایی با زنجیرهای کوتاه موجب کاهش تنوع زیستی ماهیان دریاچه خواهد شد، که از اکنون با غالب شدن گونه مهاجم بیاح و کاهش شدید گونه‌های بومی کاملاً آشکار شده است. برای رساندن اکوسیستم دریاچه به شرایط تعادل و بهترین تولید در آن، پیشنهاد می‌شود شیوه ماهیگیری با کاربرد چشمه تور با اندازه کوچک محدود کرده شود، تا با بردن فشار ماهیگیری به سوی بیاح، جمعیت آن کاهش داده شود و این امکان را برای ماهیان بومی فراهم آورد که جمعیت خود را افزایش دهند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mzamanpoore@gmail.com

تاریخ دریافت: ٦ بهمن ۱۴۰۱؛ تاریخ داوری: ۹ اسفند ۱۴۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۸ خرداد ۱۴۰۲
(DOI): 10.70102/AEJ.2025.16.3.13

مقدمه

برای مدیریت درست و پایدار دریاچه‌ها، آگاهی از تنوع گونه‌ای ماهیان، اطلاعات جمعیتی، اندازه ذخیره، بارگیری مواد مغذی، خوراک خوری و جابه‌جایی انرژی مواد آلی و اندازه مناسب برداشت آبزیان ضروری است. دیدگاه‌های متفاوتی درباره بارگیری مواد مغذی، جابه‌جایی انرژی مواد آلی و شکارگری در دریاچه‌ها پیدا شده که هر یک به پرسش‌های مهمی پاسخ داده است. این فرآیندها موجب برپا شدن توان و احتمال تولید در دریاچه می‌شود و فرآیندهای شبکه غذایی آن را عملی می‌کند (۱). به همین دلیل بخش زیادی از پژوهش‌های دریاچه‌ها بر آگاهی از این فرآیندها تمرکز یافته است. پیوندهای گوناگون بخش‌های جامعه‌های آبزی (مانند چرخه‌های زیستی، زمین، شیمیایی و شبکه‌های خوراکی) و اثرهای گوناگون هر پیوند در زنجیره غذایی میان‌کنش‌های پیچیده‌ای برای اکولوژیست‌ها بوده است (۲). جانوران ممکن است از دیدگاه عادت‌های تغذیه‌ای از گروه همه‌گرا (generalist)، ویژه‌گرا (specialist) یا فرصت‌طلب (opportunist) باشند. هنگامی که غذا فراوان است ویژه‌گراها بیش‌تر خود را نشان می‌دهند، و هنگامی که غذا کم‌یاب باشد همه‌گراها مشخص‌ترند. هنگامی که فراوانی غذا کاهش شدید می‌یابد ممکن است گونه‌های ماهی ویژه‌گرا جای خود را به همه‌گراها بدهند، یا خود در فرآیند سازگاری تغذیه‌ای (trophic adaptability) بیش‌تر همه‌گرا شوند. یکی از تازه‌ترین پژوهش‌ها در این زمینه در دریاچه لیامبِزی در آفریقا انجام شده است (۳). داشته‌های معده ماهیان دریاچه و کربن موجود در خوراک گروه‌های گوناگون زیندگان دریاچه به روش ایزوتوپ پایدار بررسی شد. پژوهشگران دریافتند که زنجیرهای غذایی دریاچه کوتاه است، زیرا بیش‌تر فون ماهیان دتریتوس‌خوار گیاه‌خوارند، و خودِ آن‌ها را ماهیان شکارچی رده بالا می‌خورند و ساختار خوراکی اجتماع ماهیان میان سال‌ها یکسان است. نتیجه این پژوهش نشان داد که با این زنجیرهای خوراکی کوتاه، و تصادفی بودن دسترسی به غذا، در آینده رقابت تغذیه‌ای میان ماهیان افزایش خواهد یافت. سه زنجیر اصلی خوراک در دریاچه تشخیص داده شد. زنجیر غذایی فیتوپلانکتون‌های پلاژیک در این دریاچه با چهار جابه‌جایی تغذیه‌ای درازترین زنجیر بود. زنجیر خوراکی کفزی عمدتاً بر دتریتوس با منشا پلانکتون استوار بود، در آن دتریتوس‌های گیاهان عالی هم بود. در این زنجیر مقدار زیادی همه‌چیزخواری با سه تراز جابه‌جایی خوراکی دیده شد. زنجیر خوراکی دتریتوسی با منشا گیاهان عالی کوتاه‌ترین زنجیر بود و در آن تنها دو جابه‌جایی خوراکی دیده شد. تاکنون پژوهشی بر شبکه‌های غذایی اکوسیستم‌های آبی ایران انجام نشده است. بیش‌تر کارهای انجام شده بر ماهیان سدهای ایران بر ارزیابی ذخایر ماهیان خاص تمرکز داشته و کم‌تر به تنوع گونه‌یی آن‌ها پرداخته شده است. یکی از پژوهش‌های دقیق در این زمینه را Abbasi و Sarpanah، انجام دادند. در این پژوهش که بر ماهیان سد ارس انجام شد ۲۷ گونه و زیرگونه از ۶ خانواده و ۴ راسته از ماهیان استخوانی شناسایی شد که شامل خانواده‌های کپورماهیان، گاوماهیان (Gobiidae)، رفتگرماهیان (Balitoridae)، اسبله‌ماهیان (Siluridae)، گامبوزیاماهیان (Poeciliidae) و سوف‌ماهیان (Percidae) می‌شد (۴). در سد دز ۱۲ گونه از ۳ خانواده شناسایی شد که ۱۰ گونه آن از کپورماهیان بود و از میان آنان گونه‌های کپورچه، حمری، کپور نقره‌ای و شاه‌کولی با سد درودزن مشترک بود (۵). در سد گلابر ایجرد (زنجان) و رودخانه‌های ورودی و خروجی آن ۲۶ گونه ماهی از خانواده‌های کپورماهیان و تاس‌ماهیان یافت شد (۶). بیش‌ترین انتشار در خیاطه‌ماهی، مرواریدماهی کورا، سیاه‌ماهی و ماهی‌سفید رودخانه‌ای دیده شد. ماهیان حوزه دریاچه سد قلعه‌چای را ۹ گونه از کپورماهیان و رفتگرماهیان (Nemacheilidae) تشکیل می‌داد. ماهیان بومی این دریاچه *Alburnus atropatenae*، *Barbus cf. lacerta*، *Capoeta capoeta* و *Oxynoemacheilus brandti* بودند و *Hypophthalmichthys molitrix*، *H. nobilis*، *Carassius auratus*، *C. gibelio* و *Cyprinus carpio* غیر بومی بودند (۶). در دریاچه سد درودزن گونه‌های ماهی‌ها، بی‌مهرگان کف‌زی، پلانکتون‌های جانوری و پلانکتون‌های گیاهی شناسایی شد (۷). بی‌مهرگان کف‌زی از انواع نماتودها و کم‌تاران، شکم‌پایان، دوکفه‌یی‌ها و لارو حشرات بودند. گروه‌های غالب زوپلانکتون‌ها Bosmina، Daphnia و Cyclops از سخت‌پوستان بودند. از روتیفرهای دریاچه سرده Trichocerca تراکم بیش‌تری از Lecanae داشت. اجتماع ماهیان این دریاچه شامل شاه‌کولی جنوبی *Alburnus mossulensis*، سیاه‌ماهی فلس‌درشت *Capoeta aculeate*، سیاه‌ماهی سعدی *Capoeta saadi*، حِمری *Carasobarbus luteus*، کپورچه *Carassius gibelio*، کپور معمولی *Cyprinus carpio* و کپور نقره‌ای *Hypophthalmichthys molitrix* بود (۸). هدف از این پژوهش آگاهی از رفتار تغذیه ماهیان مختلف و ترکیب موادی که از آن می‌خورند، در کنار وضعیت تراکم زیای دیگر دریاچه (جلبک‌ها، زوپلانکتون‌ها و بنتوزها) بود تا به کمک آن نمایی از شبکه غذایی دریاچه ساخته شود. با توصیف ساختار تغذیه‌ای اجتماع ماهیان و ارزیابی میان‌کنش‌های آنان و این که کدام منبع تولید اولیه از توده زنده مصرف‌کنندگان پشتیبانی می‌کند، توان تاثیرگزاری شبکه غذایی بر شکل اجتماع ماهیان و تولید پایدار ماهی دانسته می‌شود.

مواد و روش‌ها

سد مخزنی دُرودزَن (خاکی با هسته رسی) با حجم ۹۶۰ میلیون مترمکعب، در ۱۰۰ کیلومتری شمال‌غرب شیراز بر رودخانه کُر ساخته شده است. مساحت دریاچه در زمان بیش‌ترین آبگیری ۵۵ کیلومتر مربع است (۹). نمونه‌برداری‌ها در چهار نوبت در فصل‌های سال انجام شد. نه ایستگاه در بخش‌های مختلف دریاچه برگزیده شد (شکل ۱). در هر ایستگاه از پنج عمق (صفر تا ۴ متر) نمونه برداشته شد. دوره برداشت نمونه‌ها از پاییز ۱۳۹۸ تا تابستان ۱۳۹۹ بود.

شکل ۱: نمایش ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه سد درودزن

جدول ۱: طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های برگزیده برای نمونه‌برداری زیستی در دریاچه سد درودزن

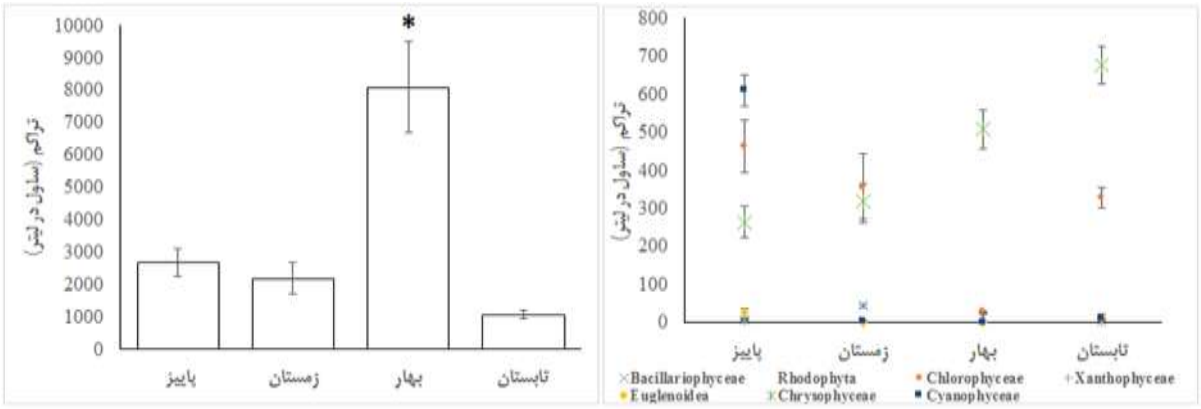
ایستگاه	طول و عرض جغرافیایی	
۱	N ۳۳۴۲۶۵۰	E ۶۳۶۱۴۱
۲	N ۳۳۴۲۲۵۵	E ۶۳۴۴۲۵
۳	N ۳۳۴۴۳۹۰	E ۶۳۳۵۱۴
۴	N ۳۳۴۴۸۳۹	E ۶۳۰۴۵۰
۵	N ۳۳۴۳۲۷۵	E ۶۳۱۶۶۶
۶	N ۳۳۴۱۹۰۹	E ۶۳۱۹۴۹
۷	N ۳۳۴۱۹۴۸	E ۶۲۹۴۳۰
۸	N ۳۳۴۳۱۲۶	E ۶۲۸۹۰۳
۹	N ۳۳۴۴۸۸۲	E ۶۲۸۴۰۹

نمونه‌برداری زوپلانکتون‌ها با تور پلانکتون ۶۰ میکرونی انجام شد. در زیستگاه‌های عمقی مکنده برقی (مکنده کشاورزی از نوع شناور با توان ۲ لیتر بر ثانیه) به کار گرفته شد. چهل لیتر آب از عمق کشیده می‌شد، از توری رد کرده می‌شد و محتوای برجامانده در شیشه‌های نمونه‌برداری ریخته و با چند قطره محلول تثبیت‌کننده (لوگل) تثبیت می‌شد (۱۰). برای به‌دست‌آوردن تراکم فیتوپلانکتون‌ها و زوپلانکتون‌ها مواد ته‌نشین‌شده درون ظرف‌های نگه‌داری به‌هم زده می‌شد تا مخلوط یک‌نواخت شود. با پیپت از آن سه زیرنمونه تهیه می‌شد. زیرنمونه‌های زوپلانکتون درون لام بوگاروف و فیتوپلانکتون روی اسلاید هیموسایتومتری گذاشته می‌شد و در زیر میکروسکوپ استریو شناسایی و شمارده می‌شد (۱۰). پس از شمارش ضریب‌های تبدیل برای زیرنمونه‌ها اعمال (۱۰، ۱۱) و میانگین سه زیرنمونه ثبت کرده می‌شد. برای شناسایی گروه‌های گوناگون فیتوپلانکتون‌ها کلید شناسایی Bellinger و Sigee به‌کاربرده شد (۱۲). برای نمونه‌برداری از جانوران کفزی در بخش لیمنتیک از نمونه‌بردار عمقی (گرب اکمن ۳۰×۳۰س‌م) استفاده می‌شد تا نمونه رسوب‌های کف برداشته شود (۱۱). مواد به‌دست‌آمده با برس نرم شست‌وشو داده می‌شد و رسوب‌ها به‌هم زده می‌شد تا همه زیندگان درون آن جدا شود. برای شست‌وشو و جداسازی نمونه‌ها الک چشمه ۵۰۰ میکرونی به‌کاربرده شد. پس از جداسازی زیندگان جداشده در ظرف‌های نگه‌داری خالی کرده می‌شد. محلول تثبیت‌کننده و رنگ‌دهنده (رز بنگال و فرمالین ۱۰٪) اضافه می‌شد (۱۰). گروه‌های زیندگان در آزمایشگاه از هم جدا کرده شد و با کلیدهای شناسایی بررسی و شناسایی شد. فراوانی هر گونه شماره و محاسبه شد (۱۳، ۱۴). برداشت نمونه ماهی با کمک صیادان محلی انجام شد و گروه پژوهشی زیست‌سنجی‌ها را در ساحل بر ماهیان صید شده انجام داد. به‌دلیل شکل گسترش دریاچه درودزن، و برای آن‌که نمونه‌برداری بیش‌ترین سطح از دریاچه را پوشش دهد، در مجموع سه ایستگاه در نزدیک تاج سد، میانه دریاچه و غرب دریاچه (در سوی ورود آب رود به دریاچه) برای نمونه‌برداری برگزیده شد. نمونه‌برداری در چهار فصل در میانه هر فصل هر بار به‌مدت سه روز اجرا شد. صید تجاری ماهی در این دریاچه با دام گوشگیر با تور نایلونی انجام می‌شود. تورها به‌مدت تقریبی ۱۲ ساعت از ساعت ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ روز قبل نهاده، و از ساعت ۰۶۰۰ تا ۰۸۰۰ روز بعد برداشته می‌شد. تورهای به‌کاررفته در این نمونه‌برداری با چشمه ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر (برای بیاح، سیاه‌ماهی سعدی، سیاه‌ماهی فلس‌درشت، شاه‌کولی، حمری)، ۵۵ و ۶۰ میلی‌متر (برای کپور معمولی)، و ۱۰۰ میلی‌متر (برای کپور معمولی، کپور نقره‌ای (فیتوفاگ)، کپور سرگُنده) بود. ماهیان گرفته‌شده پس از آورده‌شدن به ساحل ابتدا براساس گونه جدا کرده و سپس شماره می‌شد. برای آگاهی از زنجیره غذایی دریاچه لازم بود ترکیب غذایی ماهیان بررسی شود. داشته‌های معده ماهیان و ترکیب غذایی آنان به این روش شناسایی شد. در طول خط میانی شکم ماهی از چند میلی متری مخرج تا ناحیه زیرین بین سرپوش آبششی برش زده و دستگاه گوارش از محل پیوند مری به حلق جدا کرده‌شد. روده جدا و پیچ وخم‌های آن باز کرده شد و یک سوم بالایی آن با داشته‌های روده در اتانول ۷۰٪ تثبیت کرده شد. از هر نمونه ۳ زیرنمونه ۱ میلی‌لیتری برداشته و روی لام سِجویک‌رَفتِر

در زیر میکروسکوپ (بزرگ‌نمایی X ۴۰) گسترانده شد (۱۵). نوع غذای خورده شده شناسایی و درصد آن‌ها به‌روش برآورد چشمی تخمین زده شد (۱۶). شبکه غذایی دریاچه به‌شکل نمودار شبکه‌ای کشیده شد (۱۷، ۱۸). برای بررسی تفاوت میان فصل‌ها، ایستگاه‌ها و ژرفاها تحلیل پراش (ANOVA) در نرم‌افزار SPSS 21 به‌کار برده شد.

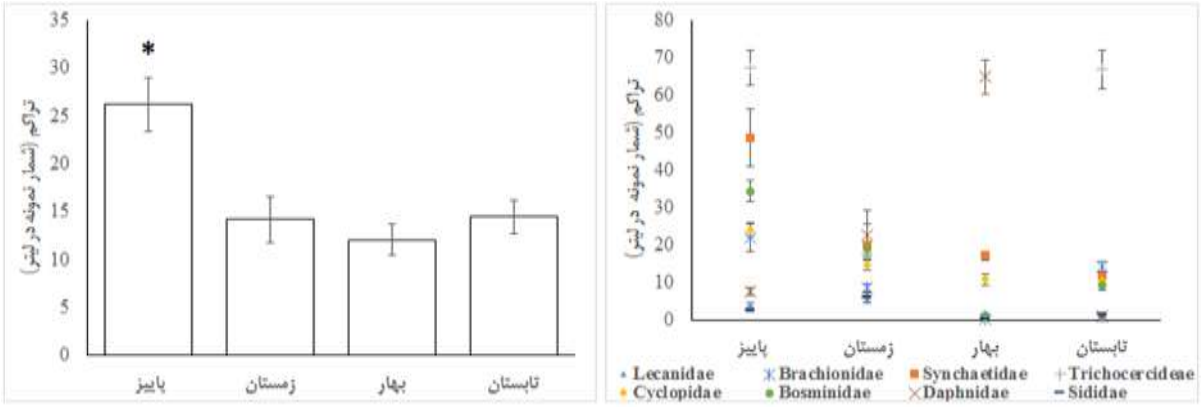
نتایج

در مجموع ۴۳ سرده از ۳۰ خانواده از گروه‌های فیتوپلانکتون دریاچه شناسایی شد که در ۶ شاخه و ۱۱ رده جا دارند. تراکم کل فیتوپلانکتون‌ها در پاییز و زمستان کم بود (میانگین و خطای معیار ۴۱۵±۲۷۶۳ و ۴۵۸±۲۱۸۱ در لیتر)، اما در بهار به چندین برابر رشد کرد (۱۴۰۷±۸۱۰۱ در لیتر) و در تابستان دوباره به حد پیشین (۱۴۶±۱۰۷۳ در لیتر) بازگشت (شکل ۲، چپ). تفاوت در بهار در تراز P<۰/۰۵ معنی‌دار بود. تراکم هر یک از این هشت شاخه و غالب بودن آن‌ها در فصل‌های سال تفاوت گوناگون بود (شکل ۲، راست). در پاییز بیش‌ترین تراکم در Cyanophyceae دیده شد و Chlorophyceae و Chrysophyceae در رتبه‌های بعدی بودند. هشت گونه از هشت خانواده و سه رده از گروه‌های زوپلانکتون دریاچه شناسایی شد. تراکم کل زوپلانکتون‌ها در پاییز بیشینه (۳±۲۸ سلول در لیتر) بود و تا بهار (۲±۱۲) کاهش داشت، اما در تابستان دوباره افزایش یافت (۲±۱۴ سلول در لیتر) بازگشت. در پاییز به‌ترتیب گروه Trichocercidae (۴/۷ ± ۶۷/۲ سلول در لیتر)، Synchaetidae (۷/۸ ± ۴۸/۵) و Bosminidae (۲/۸±۳۴/۳) غالب بودند. تراکم همه آن‌ها جز Sididae و Lecanidae در زمستان کاهش یافت. در بهار تراکم خانواده Daphniidae با تفاوت زیاد افزایش یافت و غالب شد (۴/۴ ± ۶۴/۷). در تابستان تعداد Daphniidae نیز به شدت کم شد (۰/۲ ± ۱/۱) اما جمعیت Trichocercidae دوباره به بیشینه (۵/۲ ± ۶۶/۷) رسید (شکل ۳)



شکل ۲: میانگین تراکم کل فیتوپلانکتون‌ها (چپ) و میانگین تراکم شاخه‌های آن در در چهار فصل سال (راست)

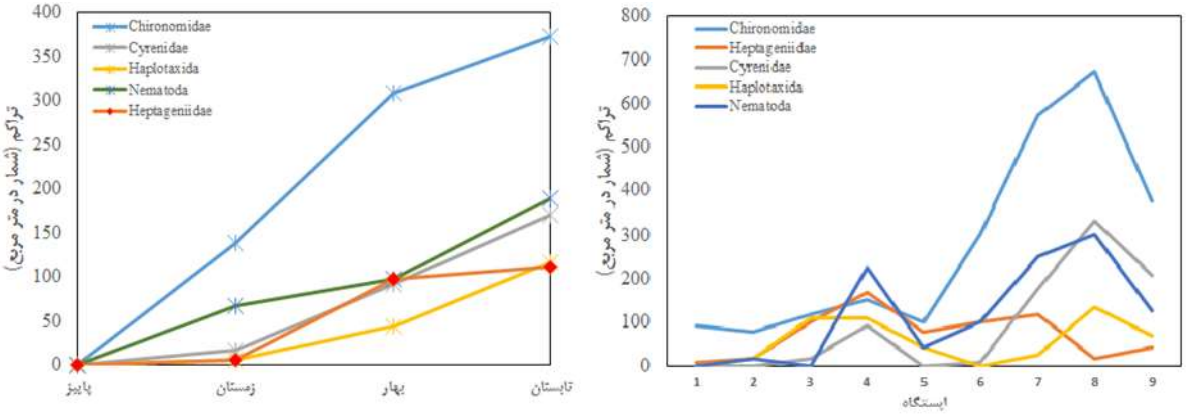
*: تفاوت معنی‌دار با فصل‌های دیگر، P<۰/۰۵. Dynophyceae به‌دلیل اختلاف با ضریب ۱۰ تا ۱۰۰ با دیگر گروه‌ها در نمودار آورده نشد.



شکل ۲: میانگین تراکم کل زئوپلانکتون‌ها (چپ) و میانگین تراکم شاخه‌های آن در چهار فصل سال (راست)

*: تفاوت معنی‌دار با فصل‌های دیگر، P<۰/۰۵

بی‌مهرگان کف‌زی در پنج تاکسون جای داشتند (شکل ۴). در پاییز هیچ نمونه‌ای از کف‌زیان دیده نشد. در هر سه فصل دیگر خانواده Chironomidae بیش‌ترین تراکم را داشت، و همه گروه‌ها در تابستان به بیشینه تراکم خود رسیدند (شکل ۴، چپ). بیشینه تراکم در Chironomidae در تابستان بود (۳۷۲±۹۷). تاکسون بعدی با فاصله زیاد شاخه Nematoda بود که میانگین تراکم آن‌ها ۱۸۹±۵۹ نمونه در مترمربع بود. گروه‌های دیگر در تراکم‌های کم‌تر دیده شد. خانواده Cyrenidae(۱۶۹±۷۸) در جایگاه بعدی بود و Haplotaxida(۱۱۷±۳۶) و Heptageniidae (۱۱۱±۲۹) کم‌ترین تراکم را داشتند (شکل ۴، راست).



شکل ۳: روند تغییر تراکم بی‌مهرگان کف‌زی در چهار فصل (چپ) و نه ایستگاه (راست) نمونه‌برداری

گیاهان آبزی در پاییز ۱۳۹۸ و تابستان ۱۳۹۹ از حاشیه‌های کم‌عمق بخش‌های شمالی و غربی دریاچه جمع‌آوری شد (شکل ۳)، و در جاهای عمیق‌تر چیزی دیده نشد. گونه‌های گیاهی شناسایی شده‌ازدو گونه *Myriophyllum spicatum* و *Potamogeton nodosus* بود. در پایان پاییز با افزایش تراز آب جمعیت گیاهان به زیر آب رفت و بر اثر آن گیاهان از میان رفتند. بنابراین در زمستان هیچ جمعیتی دیده نشد. در بهار نیز تنها اثر دیده شده چند تکه جداشده و پراکنده در برخی حاشیه‌ها بود. در تابستان دوباره جمعیت گیاهی در حاشیه‌ها جاگیر شده بود. میانگین (± خطای معیار) وزن تر توده زنده گیاهی از ۴۵۱±۷۰ gr/m2 درایستگاه ۱ تا ۱۴۵۰±۴۹۲ gr/m2 در ایستگاه ۳، و وزن خشک آن به‌ترتیب از ۱۴ ± ۹۲ gr/m2 تا ۹۱ ± ۲۸۲ gr/m2 متغیر بود. تفاوت توده زنده جمعیت گیاهان در ایستگاه‌ها نشان داد که بیش‌ترین تراکم در بخش شمال‌غربی شکل گرفته بود، نزدیک‌ترین بخش به ورودی رود و جاهایی با کم‌ترین ژرفا. از ایستگاه ۱ و ۲ تراکم افزایش یافت و در ایستگاه ۳ و ۴ به بیشینه رسید، و در ایستگاه ۵ و ۶ باز کم‌تر شد، اگرچه این مقدار از ایستگاه‌های ۱ و ۲ بیش‌تر بود. میانگین فصلی توده زنده گیاهی دریاچه در تابستان ۱۳۹۹ (وزن تر M=۱۳۰۰±۱۹۰ gr/m2، وزن خشک M=۲۵۳±۳۷ gr/m2) بسیار بیش‌تر از پاییز ۱۳۹۸ (وزن تر M=۶۲۸±۹۳ gr/m2، وزن خشک M=۱۲۰±۲۰ gr/m2) بود. تعداد کل نمونه ماهیانِ شمارده و زیست‌سنجیده برای هر سنجه در چهار بار نمونه‌برداری در جدول ۲ آورده شده است. در دوره نمونه‌برداری یک‌ساله ۱۱ گونه ماهی در همه دریاچه نمونه‌برداری و شناسایی شد (جدول ۳).

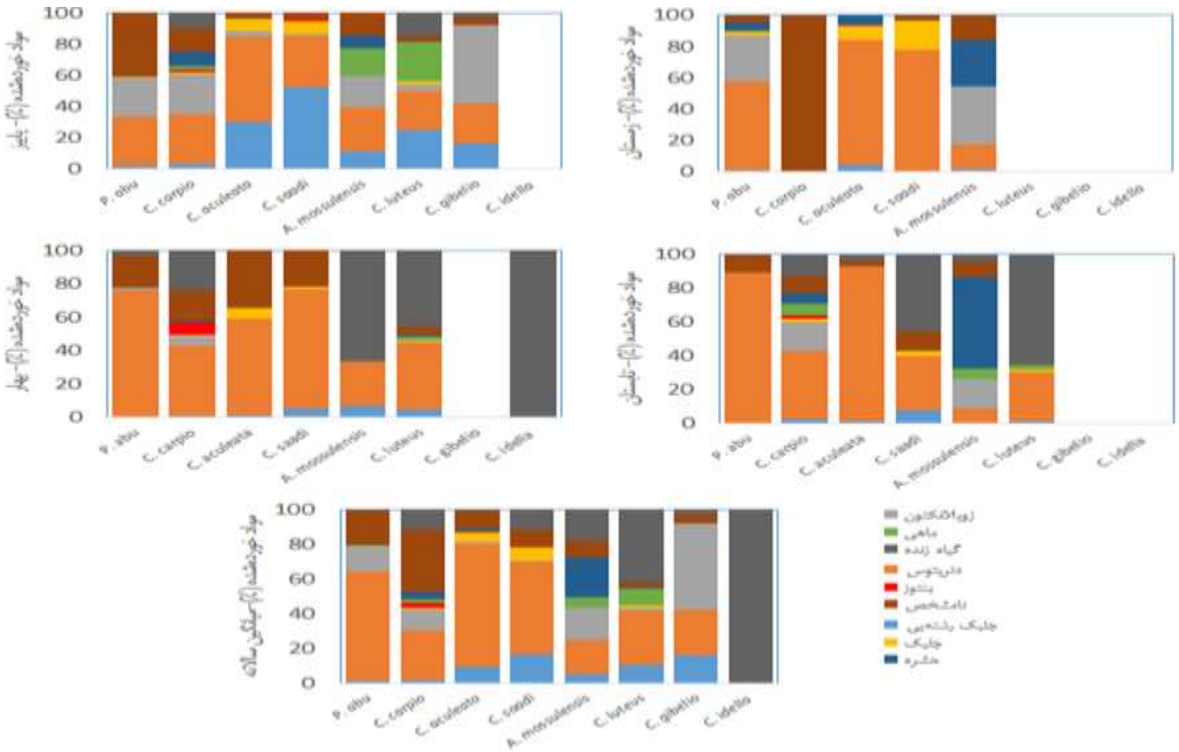
جدول ۲: فهرست ماهیان جمع‌آوری شده از دریاچه سد درودزن در کل دوره نمونه‌برداری ۱۳۹۹-۱۳۹۸

	کل ماهیان شمارده	شمار ماهیان وزن‌شده	شمار ماهیان زیست‌سنجیده با طول کل	شمار ماهیان زیست‌سنجیده با طول استاندارد	شمار ماهیان سن‌سنجیده
بیاح	۶۰۴۷	۱۰۶۲	۸۹۳	۸۹۳	۳۲۳
کولی	۸۲۴	۶۷۵	۵۸۳	۵۸۳	۲۹۱
کپور معمولی	۴۸۵	۴۳۳	۴۱۰	۴۰۹	۳۷۶
حمری	۷۵	۶۶	۶۵	۶۵	۵۵
سیاه‌ماهی فلس‌درشت	۳۰۹	۳۱۱	۳۰۷	۳۰۷	۱۵۷
سیاه‌ماهی سعدی	۶۲	۶۲	۵۹	۵۹	۵۳
کپورچه	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
بیگ‌هد	۶	۶	۶	۶	۵
فیتوفاگ	۱	۱	۱	۱	۱
آمور	۳	۳	۳	۳	۳
قزل‌آلا	۸	۸	۸	۸	۵

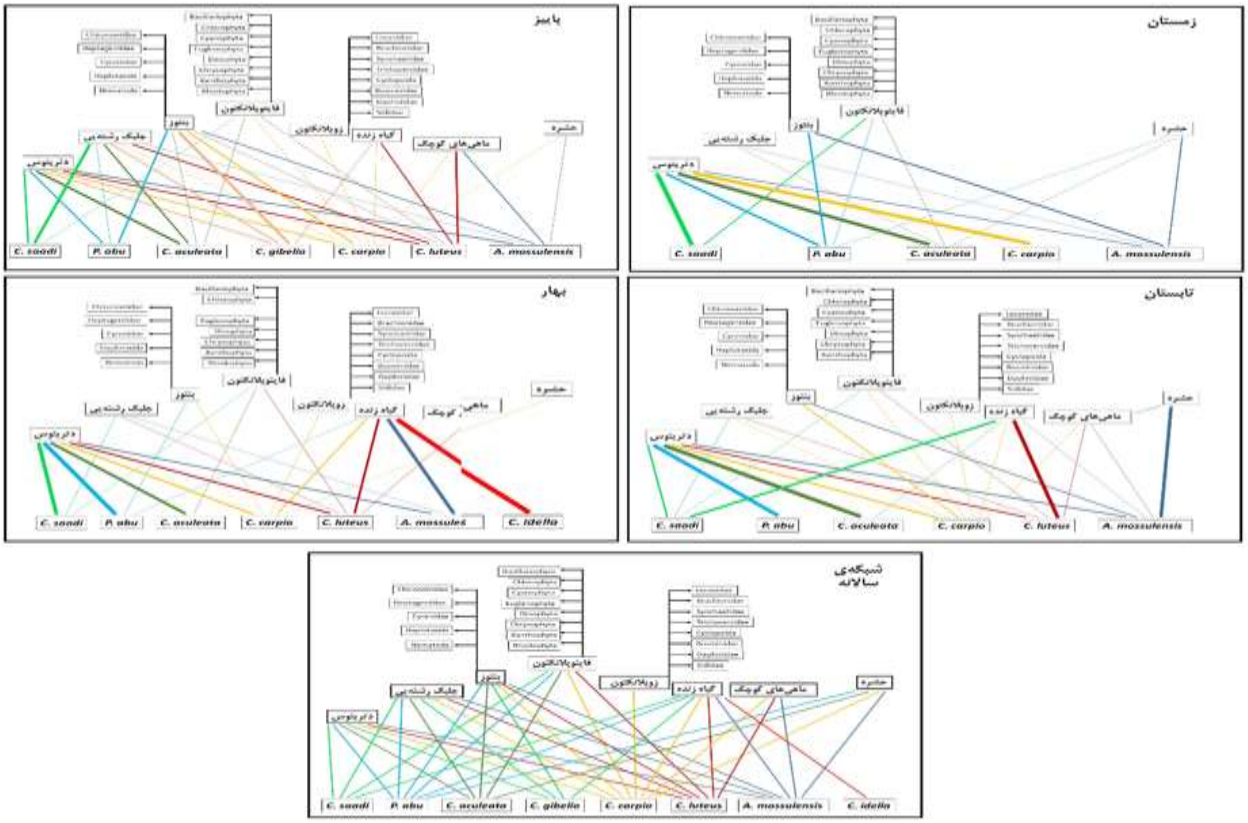
جدول ۳: گونه‌های ماهی نمونه‌برداری و شناسایی‌شده در دریاچه سد درودزن، ۱۳۹۹-۱۳۹۸

نام فارسی	نام علمی	خانواده
کپور معمولی	*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758	Family Cyprinidae
حمری (نام محلی زرده‌پریشونی)	*Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843)	
شاه‌کولی	*Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843)	
سیاه‌ماهی فلس‌درشت	*Capoeta aculeata* (Valenciennes, 1844)	
سیاه‌ماهی سعدی	*Capoeta saadi* (Heckel, 1847)	
کپور نقره‌یی (فیتوفاگ)	*Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)	
کپور سرگُنده	*Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845)	
کپورچه	*Carassius gibelio* (Linnaeus, 1758)	
آمور	*Ctenopharyngodon idella* (Valencinennes, 1844)	
بیاح	*Planiliza abu* (Heckel, 1843)	Family Mugilidae
قزل‌آلای رنگین کمان	*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)	Family Salmonidae

نتیجه بررسی تغذیه ماهیان نشان‌داد که بیش‌ترین درصد غذای ماهی خورده‌شده بیاح در پاییز از مواد نامشخص، دتریتوس و زوپلانکتون، در زمستان از دتریتوس و زوپلانکتون و اندکی حشره (۶٪) و جلبک (۳٪) و در بهار از دتریتوس بود. در تابستان داشته‌های لوله گوارش عمدتا از دتریتوس و مقداری مواد نامشخص بود. در کپور معمولی در پاییز بیش‌ترین غذا از دتریتوس و زوپلانکتون بود، و مقداری گیاه زنده (۱۰٪) و حشره (۹٪) هم دیده شد. در زمستان همه روده پر از مواد نامشخص بود. در بهار نیز عمده مواد خورده‌شده دتریتوس و مواد نامشخص، گیاه تازه (۲۴٪) به همراه اندکی ماکروبنتوز (۸٪) و زوپلانکتون (۶٪) بیش‌ترین غذا بود، و در تابستان از گیاه و مواد نامشخص کاسته شد اما اندکی ماهی (۷٪) به آن افزوده شد. بیش‌ترین گوناگونی غذایی در این ماهی دیده شد. بیش‌ترین درصد خوراک برای سیاه‌ماهی فلس‌درشت در پاییز دتریتوس و پس از آن جلبک‌های رشته‌یی بود، که همراه آن مقداری جلبک (۸٪) و زوپلانکتون (۴٪) دیده شد. در زمستان درصد عمده از دتریتوس بود به‌همراه مقداری جلبک (۱۰٪) و حشره (۶٪) و در بهار دتریتوس و مواد نامشخص همه روده را پر کرده بود و تنها اندکی جلبک (۷٪) در آن بود. در تابستان مواد نامشخص و دتریتوس بیش‌ترین بود و اندکی گیاه زنده (۴٪) نیز در روده بود. سیاه‌ماهی سعدی (*C. saadi*) عمدتا از جلبک رشته‌ای و دتریتوس تغذیه کرده بود و اندکی جلبک (۸٪) نیز دیده شد، در حالی که بیش‌ترین درصد غذای آن در زمستان دتریتوس به همراه مقداری جلبک (۱۹٪) بود. درصد دتریتوس در بهار باز هم بیش‌تر شد و غذای غالب آن بود. غذای غالب این گونه در تابستان گیاه زنده بود (۴۵٪)، و پس از آن از دتریتوس، جلبک رشته‌ای (۸٪) و جلبک (۳٪) خورده بود. درصد غذای کولی در پاییز دتریتوس، زوپلانکتون، ماهی و مقدارهای کم‌تری جلبک رشته‌ای (۱۱٪) و حشره (۸٪) بود. در زمستان بر درصد زوپلانکتون و حشره (۲۹٪) افزوده شد. در بهار غذای آن گیاه تنها تازه (۶۷٪)، دتریتوس و جلبک رشته‌ای (۷٪) بود. در تابستان درصد حشره افزایش زیاد داشت (۵۴٪) و زوپلانکتون (۱۸٪)، ماهی (۷٪) و گیاه تازه (۴٪) دوباره دیده شد. بیش‌ترین غذای حمری (*C. luteus*) در پاییز دتریتوس، جلبک رشته‌ای ماهی، گیاه تازه (۱۵٪) و اندکی زوپلانکتون (۴٪) و جلبک (۳٪) بود. در زمستان نمونه‌ای از این ماهی گرفته نشد. در بهار غذای عمده مقدار زیادی گیاه زنده (۴۶٪) و دتریتوس بود، و در تابستان بر حجم گیاهان زنده افزوده شد (۶۵٪). در کپورچه (*C. gibelio*) بیش‌ترین غذا در پاییز از زوپلانکتون (۵۰٪)، دتریتوس (۲۶)، و جلبک رشته‌ای (۱۶) بود. در فصل‌های دیگر نمونه‌ای از این ماهی گرفته نشد. از ماهی آمور تنها در بهار نمونه سالم گرفته شد. همه ۱۰۰٪ روده آن از گیاهان زنده پر بود. ترکیب غذایی ماهیان مختلف نمونه‌برداری شده در دریاچه در چهار فصل سال در شکل ۵ آورده شده است. بررسی تغذیه ماهیان دریاچه در چهار فصل بررسی، ترکیب گزینش شده هر یک از آنان را از میان منبع‌های گوناگون نشان داد. با درنظر گرفتن تنها گروه‌های اصلی زیندگان، در پاییز ۱۳۹۹ که بیش‌ترین تنوع و تراکم ماهیان ثبت شد گوناگونی و پیچیدگی شبکه غذایی نیز بیشینه بود (تعداد زنجیرهای ارتباط: ۳۳، شکل ۶). در زمستان این تنوع به شدت کاهش یافت (۱۵)، اما از بهار (۲۲) تا تابستان (۲۴) بر آن افزوده شد. تعداد زنجیرهای ارتباط غذایی دریاچه در کل سال (با درنظر گرفتن تنها گروه‌های اصلی) ۴۰ زنجیره بود (شکل ۶). نمودار شبکه غذایی برای پاییز نشان می‌دهد که در این فصل مواد خاشاکی (دتریتوس)، زوپلانکتون و جلبک‌های رشته‌ای زنجیر اصلی گردش مواد به سوی ماهیان بود. در زمستان تمرکز کامل بر دتریتوس بود و زوپلانکتون در رده دوم بود، اما در بهار گیاه زنده و دتریتوس تنها منبع اصلی تغذیه ماهیان بود و خوردنی‌های دیگر تنها به‌شکل حاشیه‌ای دیده شد. در تابستان باز دتریتوس منبع اصلی تغذیه بود، اما نقش گیاه زنده، حشره و زوپلانکتون نیز مهم بود (شکل ۶). از میان ماهیان آمور (یک نمونه، بالغ) تنها از گیاه زنده خورده است، و دیگر ماهیان ترکیبی از غذای جانوری و گیاهی خورده‌اند (گوشت‌خواری و گیاه‌خواری. کپورمعمولی از همه منبع‌های غذایی خورده است (شکل ۵ و ۶).



شکل ۴: ترکیب مواد غذایی در دستگاه گوارش گونه‌های ماهیان دریاچه درودزن در طی چهار فصل



شکل۶: ترکیب مواد غذایی در دستگاه گوارش گونه‌های ماهیان دریاچه درودزن و تعداد زنجیرهای ارتباط

بحث

نمونه‌برداری این پژوهش ۱۱ گونه ماهی را در دریاچه نشان داد، که چهار گونه حِمری، شاه‌کولی، سیاه‌ماهی فلس‌درشت و سیاه ماهی سعدی از ماهیان بومی ایران و ماهی‌های دیگر واردکرده یا مهاجمند. در پژوهش ۱۳۹۰ هفت گونه ماهی گزارش‌شده بود و بیاح، کپور سرگُنده، آمور و قزل‌آلای رنگین کمان در آن سال در دریاچه دیده نشد (۸). در پژوهش ۱۳۹۴ گونه بیاح نیز در دریاچه دیده شد و گمان زده شده که به همراه بچه‌ماهیان کپور از تکثیرگاه‌های بچه ماهی وارد دریاچه شده باشد (۱۹). قزل‌آلای رنگین‌کمانی تنها در بهار به شمار کم دیده شد و احتمال داده می‌شود نتیجه آورده شدن آن به همراه سیل‌آب رودخانه از کارگاه‌های پرورش ماهی در سرآب رود کر باشد. نتیجه صید بر واحد تلاش که نمایی از تراکم ماهیان است نشان داد که بیش‌ترین تراکم جمعیت ماهیان دریاچه در بیاح ۲۰۰۰۰ no/ha/12h ماهی در پاییز بود. رده دوم جمعیت ماهیان در کولی‌دیده‌شد که حدود یک‌دهم اندازه بیاح بود (۱۹۰۰ no/ha/12h)، و در رده سوم کپور معمولی (۲۱۷ no/ha/12h در پاییز)، زرده (۱۹۳ no/ha/12h در پاییز) و سپس سیاه‌ماهی فلس‌درشت (۱۵۶ no/ha/12h در تابستان) با تراکم حدود یک‌دهم شاه‌کولی بود. تراکم ماهیان دیگر در اندازه‌های بسیار کم‌تر بود. نکته درخور توجه پراکنش و فراوانی ماهی بیاح است، که در فاصله ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ از جمعیت صفر به جمعیت غالب دریاچه تبدیل شد (۱۹) و نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که تا ۱۳۹۸ نیز به همین وضعیت مانده است. بررسی رژیم غذایی ماهی آمور (یک نمونه گرفته‌شده در این پژوهش) تنها از گیاهان زنده بود، و دیگر ماهیان رژیم غذایی همه‌چیزخواری نشان دادند. آمور (کپور علف‌خوار) رفتار کاملا گیاه‌خواری دارد و از بخش‌های گیاهی گوناگونی می‌خورد (۲۰). Zolfinejad، تغذیه این گونه را از چهار گیاه آبزی، که دو گیاه آن زیرآبی (*Myriophyllum spicatum* و *Ceratophyllum demersum*) و دو گیاه شناور (*Azolla filiculoides* و *Lemna minor*) بود، نشان داد. کپور معمولی از همه مواد خوراکی موجود تغذیه کرده است. بیش‌ترین خوراک دتریتوس، زوپلانکتون، گیاه زنده، حشره و بچه‌ماهی بود. بیش‌ترین گوناگونی خوراک در این‌ماهی‌دیده شد (۲۱). شیوه‌خوراک این ماهی همه‌چیز خواری از کف زیستگاه‌است و معمولا از گستره‌ای از منبع‌ها می‌خورد (۲۲). حمری نیز رفتار همه‌چیزخواری نشان داد و خوراک آن در پاییز دتریتوس، جلبک رشته‌ای ماهی، گیاه تازه، زوپلانکتون، جلبک بود. اندازه و ویژگی‌های روده در این ماهی در رود کرخه همه‌چیز خواری آن را ثابت کرد (۲۳). Eskandary و همکاران، نیز نشان دادند که ماهی حمری در دریاچه سد دز شیوه همه‌چیزخواری دارد (۵). در رودخانه دالکی و هِلّه نیز مانده‌های روده ماهی‌های حِمری گوناگون بود. در پژوهش ما بیش‌ترین درصد خوراک ماهی بیاح مواد نامشخص‌دتریتوسی، زوپلانکتون، حشره‌و جلبک‌بود. دربخش عراقی اروندرود نیز بیش‌تر حجم روده ماهیان بیاح دتریتوس آلی بود، اگر چه فیتوپلانکتون و بخش‌های گیاهی نیز خورده شده بود (۲۴). در دریاچه سد رشیدیه در بغداد نیز تکه‌های گیاه، مواد پوسیده‌ی آلی، و فیتوپلانکتون خوراک ترجیحی آن بود، و اندازه اندکی زوپلانکتون و حشره‌آبزی نیز دیده شد (۲۵). این‌یافته‌ها نشان می‌دهدکه ممکن است شیوه تغذیه حمری در هر جا متفاوت از جاهای دیگر باشد و به‌نظر می‌رسد یافته‌های ما با Javaheri Baboli و همکاران (۲۳) و Eskandary و همکاران (۵) هم‌خوانی‌نداشته‌باشد. یک‌دلیل‌آن ممکن است تفاوت ساختارسنی باشد. در ازای نسبی روده ارتباط نزدیکی با اندازه مواد گیاهی و جانوری خورده‌شده در روده دارد؛ هرچه مواد گیاهی در داشته‌های روده بیش‌تر باشد، در ازای نسبی روده بیش‌تر، و هرچه مواد جانوری بیش‌تر باشد در ازای نسبی روده کم‌تر است (۲۶). از آن‌جاکه نشان‌داده‌شدکه میانگین‌درازای نسبی‌روده (RLG) با افزایش سن کاهش می‌یابد (۲۷) و این عامل تعیین‌کننده شیوه تغذیه است، رژیم غذایی آن ماهی نیز ممکن است در طول زندگی تغییر کند و مثلا با زیاد شدن سن، طول نسبی روده کم شود. پس اگر در جاهایی‌جمعیتی از حمری‌باشد که میانگین سن آن‌ها بیش‌تر است، رژیم غذایی آن ممکن است متفاوت باشد. بیش‌ترین درصد خوراک برای سیاه‌ماهی فلس‌درشت دتریتوس، جلبک‌های رشته‌ای، جلبک، زوپلانکتون، حشره و اندکی گیاه زنده بود. سیاه‌ماهی سعدی بیش‌تر از جلبک رشته‌ای و دتریتوس و اندکی جلبک خورده بود. خوراک غالب آن در تابستان گیاه زنده بود. کارهای چندانی بر شیوه‌های خوراک‌خوری سیاه‌ماهی فلس‌درشت و سیاه‌ماهی سعدی انجام نشده است. غذای اصلی سیاه‌ماهی سعدی جلبک‌های رشته‌ای و دیاتوم‌های کف‌زی (۲۸)، پریفایتون (۲۹)، و زوپلانکتون (۳۰) گزارش شده است. برخی پژوهش‌ها بر گونه‌های هم‌سرده این دو مانند *Capoeta barroisi* در رود آسی (ترکیه) نشان داد که بیش‌تر از فیتوپلانکتون (Chrysophyceae، Cyanophyceae و Chlorophyceae)، و اندکی از آغازیان مژک‌دار خورده است (۳۱). از سوی دیگر خوراک سیاه ماهی *C. capoeta* در دریاچه سد ماکو بیش‌تر از دتریتوس و مقداری هم از جلبک‌ها و کف‌زیان بود (۳۲). خوراک ماهی کولی در پاییز دتریتوس، زوپلانکتون، ماهی و مقدارهای کم‌تری جلبک رشته‌ای (۱۱٪) و حشره (۸٪) بود. در زمستان بر درصد زوپلانکتون و حشره (۲۹٪) افزوده‌شد. در بهارخوراک آن گیاه تنها تازه (۶۷٪)، دتریتوس و جلبک رشته‌ای (۷٪) بود. در تابستان درصد حشره افزایش زیاد داشت (۵۴٪) و زوپلانکتون (۱۸٪)، ماهی (۷٪) و گیاه تازه (۴٪)

دوباره دیده شد. در دریاچه سد آزاد (سنندج) ماهی کولی بیش‌تر از زوپلانکتون (درصد غالب: *Bosmina*، سپس *Daphnia*) خورده بود و گوناگونی خوراک در بهار بیش‌تر از فصل‌های دیگر بود (۳۳). در رودخانه آبگرمه (استان ایلام) از گروه‌های گوناگون بی‌مهرگان (مانند حشره‌های آبزی، کرم‌ها و سخت‌پوستان) خورده بودند، اگرچه شاخص نسبت طول روده را ۰/۲ تا ۳/۲ به‌دست آوردند که نشانه همه‌چیز خواری است (۳۴). بیش‌ترین خوراک کپورچه در دریاچه سد درودزن از زوپلانکتون، دتریتوس و جلبک رشته‌ای بود. برای این گونه از ماهی نیز خوراک‌های از زیندگان گوناگون گیاهی و جانوری گزارش شده است که برای نمونه در دریاچه‌ی سد مِلکاوِنا (اتیوپی) حشره‌ها، زوپلانکتون و فیتوپلانکتون مهم‌ترین آن‌ها بود (۳۵). بنابراین همه‌چیز خوار بودن این گونه ماهی نیز آشکار است. تفاوت میان فصل‌های گوناگون در شیوه تغذیه ماهیان ممکن است نتیجه تفاوت‌های فصلی در فراوانی و دسترس بودن منبع‌های گوناگون غذایی باشد. در دریاچه سد رشیدیه بغداد نیز طرح‌های فصلی نیز در شیوه خوراک‌خوری دیده شد (۲۵). از ویژگی‌های مهم خوراک‌خوری ماهیان دریاچه سد درودزن این است که گسترده‌ترین خوراک را کپور معمولی داشت و از همه خوراک‌های ممکن خورده بود. هیچ گونه‌ای تنها از فیتوپلانکتون، زوپلانکتون، دتریتوس یا بی‌مهرگان درشت نخورده بود و ماهی‌ها گستره‌ای از منبع‌های گوناگون را خورده بودند. تنها آمور بود که به شیوه ویژه‌خواری تنها از گیاهان سبز عالی خورده بود. این گونه گیاه‌خوار شناخته می‌شود، اما دوره‌های سنی آغازینی آن از بچه ماهی تا پیش از بلوغ از زوپلانکتون‌ها نیز خوراک می‌خورند. در این دوره پژوهشی تنها یک نمونه از این گونه گرفته شد که کاملا بالغ بود. بنابراین نتایج نشان داد که بیش‌تر ماهیان (جز آمور) رفتار همه‌گرا نشان داده‌اند و گوناگونی خوراکی آن‌ها گسترده بود. تنها ماهی ویژه‌گراها آمور بود. این که این ماهیان با داشتن عادت‌های خوراکیی که گاه ویژه است، همگی به همه‌گرایی رو آورده‌اند ممکن است نتیجه شرایط محیطی خاص دریاچه در این سال‌ها باشد. هنگامی که غذای گوناکون فراوان است ویژه‌گراها در محدوده تخصص یافتگی خود رفتار می‌کنند. از سوی دیگر هنگامی که غذا کم شود و از گوناگونی آن کاسته شود همه‌گراها موفق ترند. اما در این شرایط برخی گونه‌های ماهی ممکن است هنگامی که فراوانی غذا کاهش شدید می‌یابد از ویژه‌گرا به همه‌گرا جابه‌جا شوند (سازگاری خوراکی). کم بودن بسیار مشخص تراکم کف‌زیان، زوپلانکتون‌ها و حتی جلبک‌ها بیش‌تر ماهی‌ها را به سوی بهره‌گیری از دتریتوس فراوانی کشانده است که چه در دریاچه تولید شده و چه به همراه ورودی آب از محیط بیرون از دریاچه آورده شده است. ویژگی زنجیر غذایی کفزی بر پایه دتریتوس با منشا پلانکتونی اندازه زیاد همه‌چیزخواری در آن است (۳). در گذر چهار فصل، ترکیب گزینش‌شده خوراک ماهیان دریاچه از منبع‌های گوناگون نشان داد که گوناگونی و پیچیدگی شبکه غذایی در پاییز بیشینه و در زمستان کمینه بود. زنجیر اصلی گردش مواد به سوی ماهیان در پاییز دتریتوس، زوپلانکتون و جلبک‌های رشته‌ای بود، اما در زمستان تغییر کرد و دتریتوس اصلی‌ترین منبع بود. در بهار نیز گیاه زنده در کنار دتریتوس منبع مهم بود و در تابستان اگرچه دتریتوس هنوز منبع بزرگی برای خوراک بود، نقش گیاه زنده، حشره و زوپلانکتون نیز در خوراک ماهیان مهم بود. تنها آمور خوراک انحصاری از گیاهان آلی داشت و همه ماهیان دیگر شیوه همه‌چیزخواری داشتند. بیش‌تر ماهیان در شبکه خوراکی دریاچه در گذرگاه انرژی دتریتوسی جا داشتند و شبکه چَرا نقش کم‌تر داشته است. بیش‌تر زیندگان در شبکه غذایی دتریتوسی میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها، یا بی‌مهرگان کوچک مانند الیگوکِت‌هاند. ماهیان خوراکی غالب در بیش‌تر زیست‌گاه‌ها دتریتوس‌خوارند (۳۶). تغییر طرح زنجیرهای خوراکی هر گونه ماهی و اندازه و شکل شبکه خوراکی، نشان‌دهنده تغییر زمانی در رفتار تغذیه‌ای ماهیان و سازگاری آنان را به تغییر است که می‌تواند شیوه تغذیه در جانوران را در شرایط ویژه و دشوار تغییر دهد. از سوی دیگر، تاثیر فرآیندهای شبکه غذایی بر هم از عامل‌های مدیریت دریاچه و نشان‌دهنده امکان به‌کارگیری نظریه آبشار برای سنجش دگرگونی‌های زمانی تولید در دریاچه است (۳۷). برپایه این نظریه، کم و زیاد شدن ماهی‌خوری در دریاچه درون شبکه غذایی پیش می‌رود و بر همه شیوه‌های پلانکتون خوری، گیاه‌خوری و تولید اولیه آن اثر می‌کند. در دریاچه درودزن پس از چرخه دتریتوسی، چرخه چَرا از فیتوپلانکتون‌ها و از گیاهان عالی در مرتبه‌های بعدی بود. تولید فیتوپلانکتونی بخش بزرگی از توده زنده مصرف‌کنندگان را پشتیبانی می‌کند، اگرچه پری‌فایتون و گیاهان بن‌درآب نیز در این کار نقش دارند (۳). فیتوپلانکتون‌ها در شبکه غذایی پلاژیک مستقیمانه جذب زوپلانکتون‌های گیاه‌خوار مانند کوپه‌پودهای کالانوید (۳۸) یا کلادوسرای *Bosmina longirostris* (۳۹) می‌شوند که خود آن‌ها را زوپلانکتون‌های بزرگ‌تر مانند کوپه‌پودهای سایکلوپویید و لاروهای چاوبورید و ماهی‌های زوپلانکتون‌خوار شکار می‌کنند. بنابراین اهمیت کربن جلبکی (چه فیتوپلانکتون و چه پری فایتون) در شبکه خوراکی آبزی حتی هنگامی که گیاهان عالی تولید کنندگان اولیه اصلی‌اند بسیار است (۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳). در دریاچه درودزن به جز آمور، ماهیان دیگری نیز از گیاهان عالی خورده‌اند (شکل ۴ و ۵). به‌نظر می‌رسد که با کم‌بود مواد غذایی از منابع دیگر، ماهیان به بهره‌گیری از انرژی گیاهان عالی و بهره‌گیری از کربن گیاهی روی آورده‌اند. گزارش شده است که به‌ویژه هنگامی که رشد جلبک‌ها بر اثر کاهش نور محدود شده باشد، آبزیان بیش‌تر به

گیاهان رو می‌آورند، و حتی گیاهان C3 خشکی‌زی نیز ممکن است منبع مهمی از کربن آورده شده به شبکه‌های خوراکی آبزی باشد (۴۴، ۴۵). بنابراین به‌دلیل کم‌بودن تراکم فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه (شکل ۲) روآوردن ماهیان دیگر به خوردن گیاه زنده توجیه می‌شود. در دریاچه سد درودزن هیچ ماهی صرفاً ماهی‌خور (piscivorous) نیست. این گروه از ماهیان در اکوسیستم با حذف‌کردن ماهی‌های دیگر موجب می‌شوند که زنجیرهای خوراکی کوتاه‌تر شود که به سود گروه‌های دیگر و در راستای تعادل شبکه غذایی نیست. از این دیدگاه، نبود ماهی‌های ماهی‌خور برای شبکه‌غذایی دریاچه سودمند است. برپایه نظریه آبشار (۳۷) ماهی‌های ماهی‌خور نقشی تعیین کننده در تنظیم شبکه غذایی دارند و هر دگرگونی در آن‌ها ممکن است بر گروه‌های دیگر خوراک‌خوری (پلانکتون‌خوری و گیاه‌خوری) تاثیر بگذارد. اگر این تاثیر مهارنشده باشد، پی‌آمدهای آن ممکن است فاجعه‌بار باشد. برای نمونه بررسی اثر ماهیان شکارچی نشان می‌دهد که شکل‌گیری پرورش درازمدت گونه بیگانه و مهاجم تیلاپیا در دریاچه لیامبِزی (نامیبیا) در ۲۰۱۴ منجر به نابودی ماهیگیری در این دریاچه شد (۳، ۴۶). بنابراین، مدیریت کردن دریاچه‌ها باید بر پایه اندازه و فراوانی گونه‌هایی از ماهی متمرکز شود که در زنجیرهای خوراکی درازتر پلاژیک برپایه فیتوپلانکتون جا گرفته‌اند، زیرا درازا و پیچیدگی آن به پایداری اکوسیستم کمک خواهد کرد. نتیجه پژوهش ما نشان داد که این وضعیت در دریاچه درودزن برقرار است. جز آمور همه ماهیان از فیتوپلانکتون‌ها و جلبه‌های رشته‌ای می‌خورند. از سوی دیگر تمرکز ماهیان دریاچه درودزن در دوره بررسی بیش‌تر بر دتریتوس‌خواری و جلبک‌خواری بود و شکارگری از زوپلانکتون در آن تنها در کپور دیده شد، بنابراین زنجیرهای غذایی کوتاه بود. انتظار می‌رود که در حالت زنجیرهای کوتاه خوراکی و غذایابی بختانه، رقابت برای خوراکی میان ماهیان زیاد باشد (۳). این ممکن است دلیل اصلی غالب شدن ماهی بیاح در دریاچه و کاهش تعداد گونه‌های دیگر به‌خصوص ماهیان بومی دریاچه باشد، زیرا در حالت کوتاه بودن زنجیر غذایی تنوع زیستی دریاچه آسیب می‌بیند (۳). ماهی‌های اصلی بومی دریاچه از سرده سیاه‌ماهی (*Capoeta*) هستند که پایه خوراکی آن‌ها جلبک‌خوری است (۴۷). وارد شدن گونه‌های بیگانه جلبک‌خوار دیگر مانند بیاح که در دریاچه به فراوانی بسیار زیادی رسیده است، نتیجه رقابت را به سود گونه‌های مهاجم کرده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد که نخستین گام در متعادل‌کردن شرایط اکوسیستمی دریاچه درودزن، تقویت تنوع زیستی بومی آن باشد که به شدت آسیب دیده است. این که توده زنده مصرف کنندگان در ترازهای مختلف زنجیر غذایی به کدام منبع تولید اولیه وابسته است و گونه‌های گوناگون تا چه اندازه در خوراک‌خوری هم‌پوشانی دارند در مدیریت کردن ترکیب آنان و وارد کردن بچه ماهی جدید بسیار ضرورت دارد. بررسی داشته‌های معده و تجزیه ایزوتوپ‌های پایدار هم‌پوشانی بسیار زیادی در خوراک میان ماهی‌های دریاچه لیامبِزی نشان داد (۳). Peel و همکاران، بر پایه نتیجه‌های شبکه غذایی این دریاچه توصیه کردند که سهمیه ماهیگیری مدیریت کرده شود و با تعیین کردن ابزارهای ماهیگیری پذیرفتنی از نابودی ماهی‌گیری جلوگیری شود. پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به شرایط تعادل اکوسیستمی و بهترین تولید در دریاچه ساختار خوراکی اجتماع ماهیان به سویی برده شود که از تراکم بیاح کاسته شود و بر جمعیت ماهیان بومی افزوده شود. این کار را می‌توان با محدود کردن شیوه ماهیگیری انجام داد. از آن‌جا که اندازه بیاح با تفاوت زیاد از سیاه ماهی کوچک‌تر است، با محدود کردن ماهیگیران به کاربرد چشمه تور با اندازه مناسب، و جهت دادن به فشار ماهیگیری به سوی این گونه می‌توان در زمان کوتاهی جمعیت آن را کاهش داد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از نتیجه طرح پژوهشی (۹۸۱۲۴۲-۰۳۶-۱۲-۲۴-۵۰) سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که با حمایت مالی شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس و شرکت مهندسی مشاور توس‌آب به اجرا رسید. از مجموعه شیلات استان فارس، به ویژه مدیر آن جناب آقای مهندس فلاحی و آقای مهندس یعقوب علی‌پور، جناب اقای دکتر سربی مدیر محیط‌زیست و کیفیت منابع آب و مجموعه سد درودزن برای همکاری مهربانانه‌شان در اجرای این طرح صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. **Carpenter, S.R., Kitchell, J.F. and Hodgson, J.R., 1985.** Cascading trophic interactions and lake productivity. BioScience. 35: 634-639.
2. **Diamond, J. and Case, T., 1986.** Ecological Communities. New York: Harper and Row.
3. **Peel, R.A., Hill, J.M., Taylor, G.C. and Weyl, O.L.F., 2019.** Food Web Structure and Trophic Dynamics of a Fish Community in an Ephemeral Floodplain Lake. Front. Environ. Sci. 7: 192. doi: 10.3389/fenvs.2019.00192
4. **Abbasi, K. and Sarpanah, A., 2001.** Fish Fauna investigation in Arass reservoir and its Iranian tributaries. Iranian Scientific Fisheries Journal. 10(2): 41-62. (In Persian)
5. **Eskandary, Gh., Sabzalizade, S., Dehghan Madise, S. and Mayahi, Y., 2007.** Fish populations structure in the Dez Dam Lake. Pajouhesh & Sazandegi. 74: 123-129. (In Persian)
6. **Abbasi, K., Babaei, H., Norouzi, H.A. and Sedaghatkish, A., 2013.** Study of the species composition of fish in the lake basin of the Golabar Dam,

24. **Javaheri Baboli, M., Sayahi, A. and Chelemal Dezfulnejad, M., 2013.** Condition factor, diet and gonadosomatic index of *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843) in Karkheh River, Iran. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 3(1): 83-87.

25. **Al-Nasiri, S.K., Sarker, A.L. and Hoda, S.M.S., 1977.** Feeding ecology of a mugilid fish, *Liza abu* (Heckel) in Basrah, Iraq. Bulletin of the Basrah Natural History Museum 4: 27-40.

26. **Islam, A.K.M.S., Khalaf, A.N., Jafery, A.R. and Sadek, S.E., 1981.** Seasonal patterns of feeding of khishni, *Liza abu* (Heckel) in Rashdiyah Reservoir, Baghdad, Iraq. Bangladesh Journal of Zoology. 9(2): 151-158.

27. **Dasgupta, M., 2004.** Relative length of the gut of some freshwater fishes of West Bengal in relation to food and feeding habits. Indian Journal of Fisheries. 51(3): 381-384.

28. **Pazira, A.R. and Vatandost, S., 2008.** A study on the diet of *Barbus luteus* in the Dalaki and Helle Rivers. Journal of Fisheries. 2(2): 23-28. (In Persian)

29. **Coad, B.W., 2014.** Freshwater Fishes of Iran. <http//:www.briancoad.com>, Accessed: 25.8.2021.

30. **Gholizade, M., Ghorbani, R., Salman Mahini, A.R., Hajimoradloo, A.M., Rahmani, H., Mollaei, M. and Nemati, M., 2009.** Food habits of *Capoeta capoeta gracilis* in Zarrin-Gol Stream, Golestan Province. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 16(2): 70-76. (In Persian)

31. **Afraei Bandpei, M.A. and Tahami, F., 2019.** Diet study of ten fish species in the Sanandaj open dam lake for fishery activities. Final report. Agricultural Education and Extension Research Organization. Iranian Fisheries Science Research Institute. Registration number 55825. (In Persian)

32. **Demirci, S. and Yalçın Özdilek, S., 2015.** Feeding Habits of *Capoeta barroisi* (Cyprinidae) in the Asi Basin (Orontes) Turkey. https://www.fisheriessciences.com/ fisheries-aqua. Accessed 2021/11/01.

33. **Valipor, A., 2004.** Nutritional study of blackfish Capoeta capoeta in the lake of Mako Reservoir. Iranian Journal of Fisheries. 13(2): 163-176. (In Persian)

34. **Afraei Bandpei, M.A., Naderi, M., Nasrolahzadeh, H., Khodaparast, N., Hoseinpour, H. and Fazli, H., 2017.** Food and feeding habits of the Mossul bleak, *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 (Cyprinidae) in the Azad dam of Sanandaj, Iran International Journal of Farming and Allied Sciences. 6 (5): 126-134.

35. **Mohammadzadeh, E., Javaheri Baboli, M. and Velayatzadeh, M., 2016.** Investigating the diet of Mossul bleak *Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843) in the Abgarmeh River, Saleh Abad, Ilam Province. Journal of Applied Ichthyological Research. 4(1): 29-41. (In Persian)

36. **Hirpo, L.A., 2012.** Food and feeding habits of crucian carp (*Carassius carassius*) in Melkawakena reservoir, Ethiopia. Livestock Research for Rural Development. 24(6). Article #99. Retrieved November 1, 2021, from http://www.lrrd.org/lrrd24/6/hirp24099.htm

37. **Gerking, S.D., 1994.** Feeding ecology of fish. Academic Press, Inc. doi.org/10.1016/C2009-0-03283-8

38. **Carpenter, S.R. and Kitchell, J.F., 1987.** The temporal scale of variance in limnetic primary productivity. Am. Nat. 129: 417-433.

39. **Grosbois, G., Del Giorgio, P.A. and Rautio, M., 2017.** Zooplankton allochthony is spatially heterogeneous in a Ejroud (Zanjan Province). First Iranian Ichthyology Conference. 173-177. (In Persian)

7. **Zamanpoore, M., 2015.** Studying the effect of drought on the ecological characteristics and water quality of the lake of Dorudzan Dam. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 90028-12-50-4. 85 p. (In Persian)

8. **Zamanpoore, M. and Yaripour, S., 2017.** Species composition and spatial distribution of fishes in Dorudzan Reservoir, Fars Province, Iran. Iranian Scientific Fisheries Journal. 25 (4) :145-153. (In Persian)

9. **Fars Regional Water Joint Stock Company. 2021.** Dorudzan Dam. Company website, retrieved from: https://www.frrw.ir/cs/ProjectsMgmt/229/144. (In Persian)

10. **Southwood, R. and Henderson, P.A., 2000.** Ecological Methods. Blackwell Publishing Ltd.807 p.

11. **Sturges, H.A., 1926.** The Choice of a Class Interval. Journal of the American Statistical Association. 21(153): 65-66.

12. **Henderson, P.A., 2003.** Practical Methods in Ecology. Blackwell Science Ltd. USA. 174 p.

13. **Bellinger, E.G. and Sigee, D.C., 2010.** Freshwater Algae: Identification and use as bioindicators. John Wiley & Sons. 285 p.

14. **Kriska, G., 2014.** Freshwater Invertebrates in Central Europe: A Field Guide. Springer, Wien. ISBN 978-3. 7091-1546-6, ISBN 978-3-7091-1547-3.

15. **Thorp, J.H. and Rogers, D.C., 2015.** Thorp & Covich's Freshwater Invertebrates, 4th edition, Vol. I.: Ecology and General Biology. Academic Press.

16. **Redden, A.M., Sanderson, B.G. and Rissik, D., 2002.** Extending the analysis of the dilution method to obtain the phytoplankton concentration at which microzooplankton grazing becomes saturated. Mar. Ecol. Prog. Ser. 226: 27-33.

17. **Gido, K.B., 2001.** Feeding Ecology of Three Omnivorous Fishes in Lake Texoma (Oklahoma-Texas). The Southwestern Naturalist. 46(1): 23-33.

18. **Ruiter, P.C., Wolters, V. and Moore, J.C., 2005.** Dynamic Food Webs: Multispecies Assemblages, Ecosystem Development, and Environmental Change. Academic Press, USA. 616 p.

19. **Carpenter, S.R. and Kitchell, J.F., 1993.** The trophic Cascade in lakes. Cambridge University Press. 397 p.

20. **Zamanpoore, M., Ebrahimi, M., Zare, P., Yaripour, S. and Rahimi, M., 2020.** Growth Aspects, CPUE and Stock Size Estimation for Fish Populations of Dorudzan Reservoir, Fars Province, Iran. Journal of Applied Ichthyological Research. 8(3): 63-72. (In Persian)

21. **De Silva, S.S. and Weerakoon, D.E.M., 1981.** Growth food intake and evacuation rates of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) fry. Aquaculture. 25: 67-76.

22. **Zolfinejad, K., Khara, H. and Filizadeh, Y., 2017.** Food preference and growth of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1844) fed some aquatic and terrestrial plants. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 16(4): 1278-1286.

23. **Dadebo, E., Eyayu, A., Sorsa, S. and Tilahun, G., 2015.** Food and Feeding Habits of the Common Carp (*Cyprinus carpio* L. 1758) (Pisces: Cyprinidae) in Lake Koka, Ethiopia. Momona Ethiopian Journal of Science. 7(1): 16-31.

boreal lake. Freshw. Biol. 62: 474-490. doi: 10.1111/fwb.12879

40. **Seaman, M.T., Scott, W.E., Walmsley, R.D., van derWaal, B.C.W. and Toerien, D.F., 1978.** A limnological investigation of Lake Liambezi, Caprivi. J. Limnol. Soc. Southern Africa. 4: 129-144. doi: 10.1080/03779688.1978.9633164

41. **Herwig, B.R., Soluk, D.A., Dettmers, J.M. and Wahl, D.H., 2004.** Trophic structure and energy flow in backwater lakes of two large floodplain rivers assessed using stable isotopes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 12-22. doi: 10.1139/f03-139.

42. **Araujo-Lima, C.A., Forsberg, B.R., Victoria, R. and Martinelli, L., 1986.** Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. Science. 234: 1256-1258. doi: 10.1126/science.234.4781.1256

43. **Lewis, W.M.J., Hamilton, S.K., Rodríguez, M.A., Saunders, J.F. and Lasi, M.A., 2001.** Foodweb analysis of the Orinoco Floodplain based on production estimates and stable isotope data. J. North Am. Benthol. Soc. 20: 241. doi: 10.2307/1468319

44. **Forsberg, B.R., Araujo-Lima, C.A.R.M., Martinelli, L.A., Victoria, R.L. and Bonassi, J.A., 1993.** Autotrophic carbon sources for fish of the central Amazon. Ecology. 74: 643-652. doi: 10.2307/1940793

45. **Zeug, S.C. and Winemiller, K.O., 2008.** Evidence Supporting the Importance of Terrestrial Carbon in a Large-River Food Web. Ecology. 89(6): 1733-1743.

46. **Roach, K.A. and Winemiller, K.O., 2015.** Hydrologic regime and turbidity influence entrance of terrestrial material into river food webs. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 7(2): 1099-1112. doi.org/10.1139/cjfas-2014-0459

47. **Peel, R.A., Tweddle, D., Simasiku, E.K., Martin, G.D., Lubanda, J. and Hay, C.J., 2015.** Ecology, fish and fishery of Lake Liambezi, a recently refilled floodplain lake in the Zambezi Region, Namibia. African Journal of Aquatic Science. 40: 417-424. doi:10.2989/16085914.2015.1105779

48. **Marammazi, M., Zakeri, M., Ronagh, M., Kochanian, P. and Haghi, M., 2014.** Diet and feeding indices of small scale sardeh fish (*Capoeta damascina*) in Sezar River (Lorestan province). Journal of Animal Research. 27(3): 405-416. (In Persian)