# بررسی رژیم غذایی بچه ماهیان کلمه (*Rutilus caspicus*) در استخرهای خاکی مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال

**احمدرضا جبله[1*]، رسول قربانی[1]، غلامعلی بندانی[2]، سجاد پورمظفر[3*]، امیراقبال خواجه رحیمی[4]، سعید تمدنی جهرمی[5]، محسن گذری[5]**

۱- گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲ - مرکز تحقیقات آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی گرگان، ایران

۳- ایستگاه تحقیقات نرمتنان خلیج فارس، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرلنگه، ایران

٤- گروه شیلات، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۵- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

[*]مسئول مکاتبات: J.ahmadreza89@yahoo.com و Sajjad5550@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱٤

## چکیده

این تحقیق با هدف تعیین رژیم غذایی بچه ماهیان کلمه ذخیره شده در استخرهای خاکی و بهبود شرایط حاکم بر استخر جهت افزایش نوع ارگانیسم غذایی غالب صورت گرفت. بدین منظور، چهار استخر با خصوصیات هیدروبیولوژیکی یکسان در مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال استفاده شد. نمونه‌برداری از ارگانیسم‌های موجود در استخر، اندازه‌گیری طول و وزن بچه ماهیان کلمه و بررسی محتویات روده و معده آن‌ها طی ٤ ماه از اول فروردین تا اواسط تیرماه صورت گرفت. نتایج حاکی از آن بود که بیشترین و کمترین مقدار ضریب چاقی به ترتیب ۱/۱۹٦ و ۰/٦۳۳ بوده در حالی که بیشترین میزان شاخص غالبیت (Ip) ٤۲/۱٤ برای گاستروپودا و کمترین مقدار آن ۲/٤ برای حشرات آبزی محاسبه گردید. نتایج حاصل از آنالیز $F_p$ نشان داد که گاستروپودا و خرچنگ در بیشتر مواقع به عنوان طعمه‌های اصلی و ارگانیسم‌هایی نظیر حشرات آبزی و دوکفه‌ای‌ها بو زئوپلانکتون به عنوان طعمه‌های فرعی برای بچه ماهیان کلمه در استخرهای خاکی مرکز سیجوال شناخته شدند. بررسی ارجحیت غذایی ($F_P$) و محتویات معده و روده بچه ماهیان کلمه در مراحل مختلف گویای آن است که در هنگام تغذیه وافر از گاستروپودا ارجحیت غذایی و شدت تغذیه عدد بالاتری را نسبت به سایر غذاها نشان می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** رژیم غذایی، ماهی کلمه، گاستروپود، استخر خاکی، سیجوال.

## مقدمه

تغذیه نقش مهمی در تأمین انرژی و نیازهای ماهیان دارد. معمولاً ماهیان از لحاظ رفتار تغذیه‌ای موجودات فرصت‌طلبی بوده و تنوع بسیار زیادی در روش‌های تغذیه و در نوع غذای مورد استفاده دارند. با تجزیه و تحلیل رژیم غذایی ماهیان اطلاعات زیادی در خصوص احتیاجات غذایی و تعاملات با سایر گونه‌ها

(همچون رقابت و شکار) مشخص می‌شود. ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) از مهم‌ترین ماهیان استخوانی دریای خزر می‌باشد که به جهت تولید گوشت از لحاظ اقتصادی ارزش بالایی داشته ولی امروزه مسائلی نظیر آلودگی‌های صنعتی و شهری و صید بی‌رویه، نسل این ماهی را در معرض خطر انقراض قرار داده است. این ماهی یکی از مهم‌ترین گونه‌های خانواده کپور ماهیان بوده که به همراه سایر گونه‌ها از ارزش بالایی برخوردار است و در ابتدای زنجیره غذایی قرار داشته و از پلانکتون‌ها، گیاهان آبزی و جانوران کفزی تغذیه می‌کند و خود طعمه خوبی برای ماهیان با ارزشی چون سوف و اردک‌ماهی است. همچنین ارزش اکولوژیکی بسیاری داشته و در پرورش ماهیان خاویاری به‌عنوان غذای مناسب برای فیل‌ماهی (*Huso hoso*) استفاده می‌شود. این گونه یک ماهی مهاجر و نیمه مهاجر است که هر سال برای تخم‌ریزی به رودخانه‌های گرگانرود و اترک، تالاب گمیشان و خلیج گرگان مهاجرت می‌کند. اما اخیراً به دلایلی چون تخریب رودخانه‌ها، ایجاد سد بر مسیر مهاجرت، آلودگی‌ها و تخریب مناطق تخم‌ریزی طبیعی این ماهیان و در نهایت جلوگیری از تجدید حیات آن‌ها (تکثیر طبیعی)، مهاجرت و تولیدمثل این ماهیان کاهش یافته و به دنبال این عوامل، صید قاچاق و خارج از حد مجاز، میزان ذخایر آن‌ها را به‌شدت کاهش داده است (۱۲).

حفاظت از ماهی کلمه در ایران از طریق تکثیر و رهاسازی این گونه در آب‌های طبیعی صورت می‌گیرد. انتخاب ماهی کلمه در این بررسی به دلیل اهمیت آن در بحث بازسازی ذخایر و انتخاب مولدین می‌باشد. به علت تغییرات اکولوژیک محیط‌زیست و از بین رفتن محل‌های تخم‌ریزی، تکثیر طبیعی آن به‌کلی متوقف یا به‌ندرت صورت می‌گیرد. لذا به‌منظور جبران و رفع این مشکل شیلات ایران هر ساله میلیون‌ها بچه ماهی در استخرهای خاکی پرورش داده و پس از رسیدن به وزن متوسط ۲ تا ۳ گرم (وزن رهاسازی) جهت بازسازی ذخایر به رودخانه‌های منتهی به دریای خزر رهاسازی می‌کند. ماهی کلمه براساس طبقه‌بندی IUCN (۱۹۹٤) از گونه‌های در معرض تهدید محسوب شده است (۱۲).

با توجه به قدرت تکثیر بالای این گونه برای بازسازی ذخایر بسیار مناسب است. تکثیر و رهاسازی، بازسازی محل‌های طبیعی تخم‌ریزی این ماهی، جلوگیری و کنترل صید قاچاق، در نتیجه جلوگیری از صید بی‌رویه، بازسازی محیط و محل‌های زیست و استفاده از روش‌های صید اختصاصی برای این گونه می‌تواند در افزایش و بازسازی ذخایر آن نقش اساسی را ایفا نمایند. تکثیر و پرورش مصنوعی بچه‌ماهیان کلمه در استخرهای خاکی و متعاقباً رهاسازی آن‌ها به دریای خزر و همچنین کنترل و نظارت بر صید آن‌ها توسط شرکت سهامی شیلات ایران می‌تواند کمک شایانی در جهت حفظ و بقای نسل این گونه با ارزش بنماید.

با توجه به اینکه نوع ارگانیسم‌های زنده مورد تغذیه با مقبولیت بالا و تأثیر آن‌ها در رشد و پرورش بچه ماهیان از مرحله نورس تا انگشت قد در استخرهای خاکی از اهمیت بسزایی برخوردار است. لذا با مطالعه و بررسی رژیم غذایی غالب و میزان رشد این بچه ماهیان، می‌توان در جهت بهینه‌سازی استخر نسبت به آن گونه غالب غذایی تأکید بیشتری داشته به نحوی که بتوان بچه‌ماهیان بزرگ‌تری را که از لحاظ فیزیولوژیکی نیز در وضعیت مطلوبی قرار داشته باشند، در مدت زمان کوتاه‌تری پرورش و جهت رهاسازی آماده نمود.

بدون شک این‌گونه بچه ماهیان هنگام رهاسازی به دریا، توانایی بیشتری در سازگار شدن با شرایط جدید محیطی خواهند داشت.

از مطالعات کارگاه‌های تکثیر و پرورش شمال کشور در زمینه بررسی سن، رشد و تولیدمثل ماهی کلمه در تالاب گمیشان، ندافی و همکاران در سال ۲۰۰۲، بعضی ویژگی‌های بوم‌شناسی و زیست‌شناسی ماهی کلمه در تالاب انزلی اشاره داشت (۱۷).

جامت و دسمولس در سال ۱۹۹٤ در دریاچه پر تولید Aydat فرانسه، که بر روی فعالیت تغذیه ماهی کلمه انجام داد و نشان داد که غذای اصلی این گونه را بی‌مهرگان بزرگ (۳۹/۷ درصد)، رسوب (۲۹ درصد)، ماکروفیت (۱۵/٤ درصد) تشکیل داده است (۱۱). از زئوپلانکتون‌های کوچک به مقدار ۲/٤ درصد مصرف کرده بودند. معمولاً رژیم غذایی ماهیان بر اساس فراوانی طعمه‌های غذایی مختلف در معده اندازه‌گیری می‌کنند (۱).

رابطه موفقیت ریکرویت‌های ماهی کلمه با شرایط محیطی، فراوانی غذا و هم‌پوشانی سفره غذایی مولدین تا ۲ سال با بچه‌ماهیان زیر یک سال در سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۵ در دریاچه کم‌عمق Alderfen انگلستان گزارش شده است (۱٦).

در سال ۱۹۹۷، میزان مرگ‌ومیر ماهی کلمه (با طول کل ۲ ± ۳۸ میلی‌متر) در دریاچه پرتولید ایزوجاروی (Isojarvi)، ۵۰ درصد و در دریاچه بزرگ Paijanne (طول کل ماهی ۲ ± ۳۸ میلی‌متر) ٤۲ درصد گزارش شد. ارتباط اندازه‌ی طولی بچه‌ماهیان کلمه با مرگ‌ومیر مربوط به زمستان‌گذرانی نشان داد که اگر اندازه بچه‌ماهی‌ها در دومین فصل رشد کمتر از ٤۰ میلی‌متر باشد مرگ‌ومیر زیادی را در پی خواهد داشت و قوی‌ترین کلاسه‌های سنی مربوط به بچه ماهیانی می‌باشد که اندازه طول آن‌ها در دومین فصل رشد بزرگ‌تر از ٤۰ میلی‌متراست (۱۳).

آیتم‌های غذایی ماهی کلمه در هر دو منطقه ساحلی و پلاژیک دریاچه Vesijarvi در خرداد، شهریور و مهر ترکیبی از هر دو منطقه بود. به طوری که اهمیت زئوپلانکتون‌ها با رشد ماهی کاهش یافت و اهمیت بنتوزها و گیاهان افزایش پیدا کرد (۹).

با توجه به اهمیت ماهی کلمه که نقش مهمی در سبد غذایی خانوار صیادان شمال کشور دارد هدف از این مطالعه، بررسی اجمالی رژیم غذایی و میزان رشد این گونه طی ۱۲۰ روز پرورش از مرحله لاروی (نورس) تا انگشت قد (آماده رهاسازی) در استخرهای خاکی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مجموعه تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال واقع در ۵ کیلومتری شرق بندر ترکمن در پایین‌دست جاده بندر ترکمن- گرگان، انجام شد. مجموعه مذکور دارای ۳۷ واحد استخر خاکی ۲- ۱/۵ هکتاری، ۷۰ هکتار استخر و یک آب‌بندان ۳۰ هکتاری می‌باشد. آب مورد نیاز مرکز که حداقل ۲ میلیون مترمکعب می‌باشد و توسط ایستگاه پمپاژ از رودخانه‌های شصت‌کلا، قره‌سو و میاندره به آب‌بندان مرکز انتقال داده می‌شود. ۳ دینام، حجم آب موردنظر استخرها را از آب‌بندان به کانال آب‌رسان و سپس به طرف استخرها هدایت می‌کنند.

نمونه‌برداری از ۳۰ عدد بچه ماهی از ٤ استخر پرورشی با خصوصیات هیدرو بیولوژیکی یکسان و هر یک به مساحت ۲ هکتار و عمق متوسط ۱/۷ متر، طی ٤۵ روز و در پنج نوبت انجام گرفت. جهت نمونه‌برداری از بچه ماهیان از ترال دستی با دهانه ۳۰×۳۰ سانتی‌متر و تور با چشمه ۳ میلی‌متر استفاده گردید. نمونه‌برداری از عرض استخر در مکان خروجی استخر انجام شده و پس از فیکس کردن نمونه‌ها با فرمالین ٤ درصد به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور نمونه‌برداری از میکروارگانیسم‌های موجود در استخرهای خاکی مرکز و همچنین تعیین بیومس زئوپلانکتون‌ها از ساچوک با دهانه ۲۰ سانتی‌متر و تور

با چشمه ٦٥ میکرون استفاده شد. بدین منظور ۲ نقطه به‌طور تصادفی در هر استخر انتخاب و ۱۰ متر آب استخر از سطح تا بستر فیلتر گردید. نمونه‌برداری در ساعت ۱۰ الی ۱۱ صبح انجام و نمونه‌های فیکس شده در فرمالین ۲/۵ درصد توسط کلیدهای شناسایی (٤ و ۷) مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تعیین بیوماس شیرونومید، از بنتوزگیر اکمن وگرب با سطح دهانه ۲۲۵ سانتی‌متر مربع استفاده گردید. عملیات نمونه‌برداری در ۳ منطقه تصادفی از هر استخر و در ساعات ۹ تا ۱۰ صبح انجام گرفت. بیوماس زئوپلانکتون و کفزیان استخر در زمان نمونه‌برداری بچه‌ماهیان توسط آزمایشگاه مرکز تعیین شد.

محتویات معده و روده ۱۵۰ قطعه نمونه‌برداری شده مورد بررسی قرار گرفت و تعداد و درصد ارگانیسم‌های موجود در آن ثبت گردید. به‌منظور مطالعه پارامترهای ریخت‌سنجی، شمارشی و رشد بچه‌ماهیان نمونه‌ها به آزمایشگاه ماهی‌شناسی گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شدند. جهت اندازه‌گیری پارامترهای مورد مطالعه از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده گردید.

به منظور تعیین ارتباط بین طول کل و وزن بدن، نسبت شاخص طول- وزن با استفاده از رابطه نمایی $W= aL^b$ محاسبه شد که در این فرمول W معادل وزن کل بچه‌ماهیان (گرم)، L معادل طول کل بچه‌ماهی (میلی‌متر)، a عرض از مبدأ و مقدار ثابت که به شکل بدن ماهی بستگی دارد، و b شیب خط فرض شد که مقدار آن نوع رشد بدن ماهی یعنی همگون یا ناهمگون بودن را نشان می‌دهد.

برای محاسبه ضریب چاقی از فرمول $CF=(W/(TL^3))\times100$ استفاده شد که در آن وزن کل (W) به گرم و طول کل (TL) به سانتی‌متر محاسبه شد. به منظور محاسبه رشد لحظه‌ای بین سنین مختلف سه جمعیت طی دوره نمونه‌برداری از فرمول $G=(\log W_{t+1}-\log W_t)/\Delta t$ استفاده شد.

فاکتور وضعیت: طول و وزن کلیه بچه ماهیان اندازه‌گیری و میانگین طول و وزن هر مرحله محاسبه و با استفاده از فرمول فاکتور وضعیت، ضریب ارتباط بین وزن و طول مشخص شد.

$$K = \frac{w.100}{L^3}$$ (فاکتور وضعیت)

K: ضریب رشد، W: وزن متوسط به گرم، L: طول کل به سانتی‌متر.

ارجحیت غذایی ($F_P$): بررسی ارجحیت غذایی و تنظیم رژیم غذایی اصلی، فرعی و اتفاقی بچه ماهیان با استفاده از فرمول زیر تعیین شد.

$$F_p = \frac{N_p.100}{N}$$

$F_p$: درصد فراوانی طعمه، $N_p$: تعداد معده‌های دارای طعمه خاص، N: تعداد معده‌های پر مورد بررسی. جهت بررسی رژیم غذایی محتویات معده توزین شد و سپس محتویات دستگاه گوارش با ایجاد برش به کمک قیچی در ظروف پتری دیش با کمک آب رقیق شد. نمونه‌هایی که دستگاه گوارش آن‌ها محتوی موکوس بود خالی در نظر گرفته شد و محتویات دستگاه گوارش با استفاده از روش شمارشی (numbric)، (۵) و با کمک اطلس بی‌مهرگان مورد بررسی قرار گرفت.

درصد احتمالی (Fi) نوع طعمه i از رابطه $\%Fi = (Ni/N)\times100$ بدست آمد که Ni تعداد معده‌ای که دارای طعمه (i) بودند و N تعداد معده پر مورد بررسی می‌باشد (۳). درصد فراوانی (Ai) نوع طعمه (i) از معادله $St = \Sigma Si/\Sigma \%Ai$ محاسبه گردید که Si محتویات معده ماهیانی که به‌وسیله صید (i) تشکیل شده و St تعداد کل انواع طعمه مورد تغذیه در معده است (۳). یک روش نمونه‌برداری برای تجزیه‌وتحلیل استراتژی تغذیه‌ای ماهیان براساس درصد احتمالی و

درصد فراوانی پیشنهاد شده که در این روش درصد احتمالی ($F_i$) در مقابل درصد شمارشی یا درصد فراوانی ($A_i$) رسم و سپس هر نقطه با توجه به موقعیت درون نمودار تفسیر گردید. (٦). شاخص خالی بودن معده از فرمول $CV = (Es/Ts) \times 100$ تعیین گردید. که در این فرمول CV= شاخص خالی بودن معده، Es= تعداد معده خالی و Ts= تعداد کل معده‌های مورد بررسی می‌باشد. شاخص غالبیت Ip (اهمیت طعمه‌های غذایی) از رابطه $Ip = \sum (Vi \times Oi)$ Vi×Oi/ بدست آمد (۱۵) که Vi همان درصد شمارشی غذاهای مصرف‌شده و Oi درصد احتمالی غذای مصرف‌شده می‌باشد.

به‌منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری بخش بیومتری نمونه‌ها در تمام مراحل از نرم‌افزارهای SPSS۲۰ و Excel استفاده گردید.

## نتایج

در این مطالعه از ۱۲۰ قطعه بچه ماهی کلمه بررسی شده در استخرهای خاکی مرکز سیجوال، تعداد ۲۲ عدد از ماهیان دارای لوله گوارش خالی و تعداد ۹۸ عدد ماهی دارای لوله گوارش محتوی غذا بودند. به عبارت دیگر شاخص تهی بودن لوله گوارش یا تهی بودن روده در این ماهی در طی این بررسی ۱۸/۳۳ درصد بود. این شاخص در دوره مورد بررسی دارای تغییراتی بود و حدود یک‌پنجم نمونه‌ها فاقد غذا بودند. بیشترین این شاخص مربوط به اواخر دوره و کمترین آن مربوط به اوایل آن بود.

شاخص‌های تغذیه‌ای شامل، درصد احتمالی (Fi)، درصد فراوانی (Ai) و شاخص غالبیت (Ip) هر یک از طعمه‌های غذایی موجود در دستگاه گوارش ماهی در دوره پرورش تغییراتی را نشان دادند و در مجموع شاخص غالبیت، لارو خرچنگ بالاترین میزان را به خود اختصاص داده بود. در دوره پرورش در استخرهای خاکی (فصل بهار) بعد از خرچنگ گرد، گیاهان و گاستروپودا بیشترین مقدار شاخص غالبیت را داشتند.

مطابق نمودارهای فوق غالبیت تغذیه با لارو خرچنگ بود. حشرات آبزی، زئوپلانکتون از طعمه‌های نادر بودند و گاستروپودا و بقایای گیاهی به عنوان غذایی عمومی برای بچه‌ماهیان کلمه در استخرهای خاکی مرکز سیجوال شناخته شدند.

شاخص‌های تغذیه‌ای شامل درصد احتمالی (Fi)، درصد فراوانی (Ai) و شاخص غالبیت (Ip) هر یک از طعمه‌های غذایی موجود در دستگاه گوارش ماهی در طی دوره مورد بررسی قرار گرفت که تغییراتی را نشان دادند و در مجموع شاخص غالبیت خرچنگ و گاستروپودا بالاترین میزان را به خود اختصاص داده بودند. در فصل بهار و همزمان با دوره آماده‌سازی بچه ماهیان کلمه جهت رهاسازی به دریا بعد از لارو خرچنگ، شکم پایان و بقایای گیاهی بیشترین مقدار شاخص غالبیت را دارا بودند.

مطابق نمودارهای فوق حشرات، زئوپلانکتون و دوکفه‌ای‌ها از طعمه‌های نادر بودند و خرچنگ‌ها طعمه‌های غالب و گیاهان شکم پایان حالت بینابینی از نظر اختصاصی یا عمومی بودن طعمه‌ها را برای ماهی کلمه داشتند. در طی مدت ۱۲۰ روز بچه ماهیان از وزن اولیه ۰/۰٦۷ گرم به میانگین وزنی ۰/۵۰۰ ± ۲/۹٤۳ در انتهای دوره رسیدند.

همچنین از نظر طولی طول اولیه ۱۷/۸۹ میلی‌متر به میانگین ۰/۱۲۸ ± ۳۸/۳۷٦ در انتهای دوره رسیدند. رابطه همبستگی طول- وزن در بچه‌ماهیان کلمه در قالب تابع نمایی به‌دست آمد که در این رابطه شاخص b معادل ۲/٤۳٦ به‌دست آمد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس در خصوص رشد وزنی این ماهی در ۱۲۰ روز دوره پرورش حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در رشد ماهانه بچه‌ماهیان بوده به طوری که اختلاف در

رشد وزنی بچه‌ماهیان در ابتدای دوره پرورش در مقایسه با هفته‌های آخر کاملاً مشهود است. مقایسه رابطه وزن–سن و طول–سن در شکل‌های ٤ و ٥ آمده است.

جدول ١– درجه اهمیت هر یک از طعمه‌ها در دستگاه گوارش ماهی کلمه در دوره نمونه‌برداری

| دوره | نوع طعمه غذایی | شاخص مورد بررسی تغذیه‌ای | | |
|---|---|---|---|---|
| | | %F | %A | Ip |
| ١٢٠ روز (n=١٢٠) | لارو خرچنگ | ١٤ | ٢٢/٧ | ٣٣/٣٧ |
| | بقایای گیاهی | ٥/٧ | ٤/٦ | ٤/١٧ |
| | لارو شکم پایان | ٦ | ٣٩/٩ | ٤٢/١٤ |
| | حشرات آبزی | ١/٢ | ٠/٩ | ٢/٤ |
| | صدف دوکفه‌ای | ٤ | ١٣/٢ | ٥/١ |
| | آمفرتیده | ٦ | ٦/١ | ٢/٧٥ |
| | سیریپدیا | ٥/١ | ٧/٧٢ | ٨/٧ |
| | زئوپلانکتون | – | – | – |

جدول ٢. میانگین حاصل از زیست‌سنجی بچه‌ماهیان کلمه

| مشخصات زیستی | انحراف معیار± میانگین | بیشترین– کمترین |
|---|---|---|
| میانگین طول کل (میلی‌متر) | ٣٨/٣٧٦ ± ٠/١٢٨ | ١٧/٨٩–٥٧/٣٣ |
| میانگین وزن کل (گرم) | ٢/٩٤٣ ± ٠/٥٠٠ | ٠/٠٦٧–١/٣٨٧ |

جدول ٣. نتایج بررسی رابطه طول–وزن در بچه‌ماهیان کلمه

| ماهی | تعداد | طول (سانتی‌متر) | | وزن (گرم) | | b | a | $r^2$ | رشد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | | | | |
| کلمه | ١٢٠ | ١٧/٨٩ | ٥٧/٣٣ | ٠/٠٦٧ | ١/٣٨٧ | ٢/٤٣٦ | ٠/٠٠٠٧ | ٠/٩٥٩ | آلومتریک منفی |

جدول ٤. مقایسه زیست‌سنجی بچه‌ماهیان کلمه در سنین مختلف و ضریب چاقی

| سن ماهی (روز) | طول کل (میلی‌متر) | وزن بدن (گرم) | ضریب چاقی |
|---|---|---|---|
| ٤٠ | ٢٠/٦٥٨±٠/٠٣ | ١/٧٢٥±٠/١٠٥ | ١/١٩٦ |
| ٥٠ | ٣٣/٢٨٩±٠/١٣٢ | ٢/٩٥٧±٠/٣٨٨ | ١/٠٥١ |
| ٦٠ | ٣١/٣١٦±٠/٠٤٨ | ٢/٠٠٤±٠/٢٢٥ | ٠/٧٣٢ |
| ٧٠ | ٣٨/٢٤٧±٠/١٠٥ | ٢/٦٦٧±٠/٤٦٢ | ٠/٨٢١ |
| ٨٠ | ٤٠/٠٣١±٠/٠٨٩ | ٢/٠٨٠±٠/٤٦٢ | ٠/٧٢٠ |
| ٩٠ | ٤١/٣٨٤±٠/١٨١ | ٣/٣٣٦±٠/٥٦٩ | ٠/٨٦١ |
| ١٠٠ | ٤٤/٨٢٨±٠/٢٠١ | ٣/٥٠٨±٠/٧٨١ | ٠/٨٦٨ |
| ١١٠ | ٤٤/١٠٣±٠/١٥٢ | ٤/٧٣٢±٠/٥٦٤ | ٠/٦٣٣ |
| ١٢٠ | ٥١/٥٢٩±٠/٢١٠ | ٣/٣٤٥±٠/٩٨٤ | ٠/٦٩٣ |

جدول ۵- هیدروبیولوژی استخر پرورش بچه‌ماهیان کلمه، مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال، ۱۳۹٤ (تعداد نمونه در میلی‌متر)

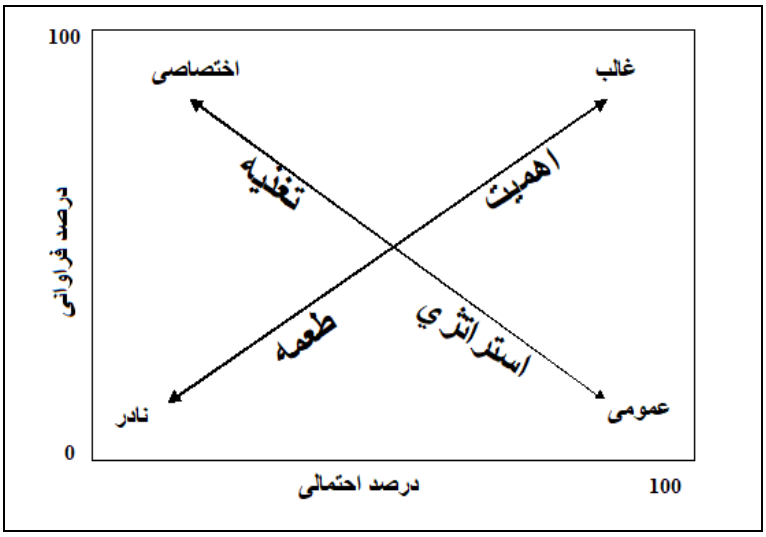
| زمان | خرچنگ | گاستروپودا | دوکفه‌ای | آمفرتیده | بیومس (گرم/ متر مکعب) | بنتوز (شیرونومید)(میلی‌گرم/متر مربع) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۹٤/۱/۲۰ | ۸ | ۸ | ۲۳ | ٦٥ | ۹/۲٥ | ۳٤ |
| ۹٤/۲/۲ | ۲۳ | ٥۲ | ۱٦٥ | ٤۰ | ۱٥/٥ | ٤۰ |
| ۹٤/۲/۱٥ | ٥ | ۲٥ | ۱٤ | ٥۳ | ۱۷ | ٤۲ |
| ۹٤/۲/۲٤ | ۸ | ۱۹ | ۱۱ | ٤٦ | ۱۲ | ۱٥ |
| ۹٤/۳/۱٥ | ۱۳ | ۲٦ | ٦ | ۱۹ | ۲/٥۳ | ۳۲ |

جدول ٦ – جدول محتویات روده بچه ماهیان کلمه، مرکز تکثیر و پرورش ماهیانی استخوان سیجوال ۱۳۹٤

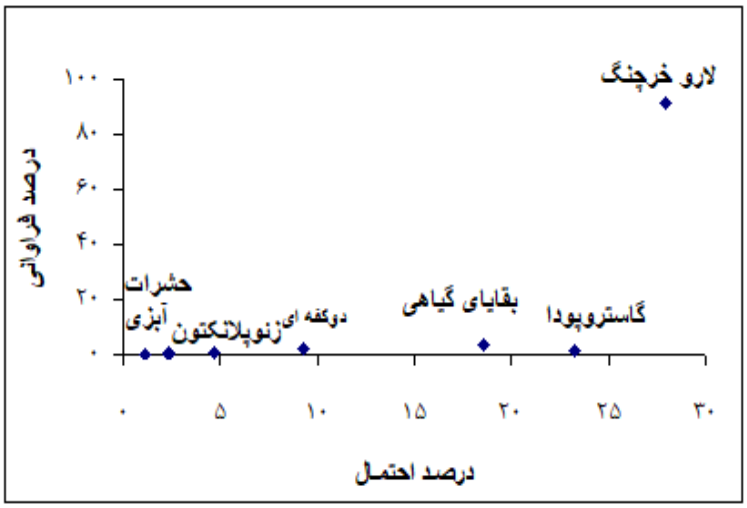
| زمان | ۹٤/۱/۲۰ | | ۹٤/۲/۲ | | ۹٤/۲/۱٥ | | ۹٤/۲/۲٤ | | ۹٤/۳/۱٥ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ارگانیسم | روده | درصد | روده | درصد | روده | درصد | روده | درصد | روده | درصد |
| لارو خرچنگ | ۷٦ | ۱/۰۹٤ | ۳٥ | ٦۹/٦٦ | ۲۰۸ | ۹٦/٥ | ۲۳ | ۱٤/٥۷ | ۲۱۷ | ٤٦/۲۹ |
| گاستروپودا | ۳۱ | ۹۷/۰۸ | ۱۳ | ۱۸/٤۸ | ٤٤ | ۲/۳۹ | ۱۰۱۱ | ۸۲/۱۲ | ۱۸٦ | ٤۱/٦ |
| دوکفه‌ای | ٤ | ۱/۸۲٤ | ۷ | ۱۱/٦۱ | ۹۸ | ۰/۷٥ | ۱٥ | ۰/٤۲ | ٤۹ | ۳/٥۸ |
| بقایای گیاه | ــ | ــ | ــ | ۰/۲۳ | ــ | ۰/۱۲ | ــ | ۰/۰٥٥ | ۱٤ | ۱/۰٦ |
| آمفرتیده | ــ | ــ | ــ | ــ | ــ | ۰/۱۲ | ٥ | ۰/٤٥۳ | ۸۷ | ۷/٤٤ |

جدول ۷– جدول شاخص ارجحیت غذایی ($F_p$) ماهی کلمه

| زمان | خرچنگ | گاستروپودا | دوکفه‌ای | گیاهی | آمفرتیده | سیریپدیا |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۹٤/۱/۲۰ | ۱۰۰ | ٥۱/۲۸ | ۳٥/۱٥ | – | – | – |
| ۹٤/۲/۲ | ٥۷ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱٦/٦ | ٥/۳ | ٥/٤۸ |
| ۹٤/۲/۱٥ | ۱۸/٦ | ۹۰ | ۱۹/۳ | ۱۰/۳ | – | ۲/۷ |
| ۹٤/۲/۲٤ | ۸۹ | ۹٦/۷٦ | ۱۲/٥ | ۱۱/٦٥ | ۱۹/٥ | ۲۲ |
| ۹٤/۳/۱٥ | ۸٦/۷۳ | ۹٤/٥٤ | ٤۹/٥٤ | ۳٤/٦۷ | ٤۸/٦۳ | ٥۳/۳ |

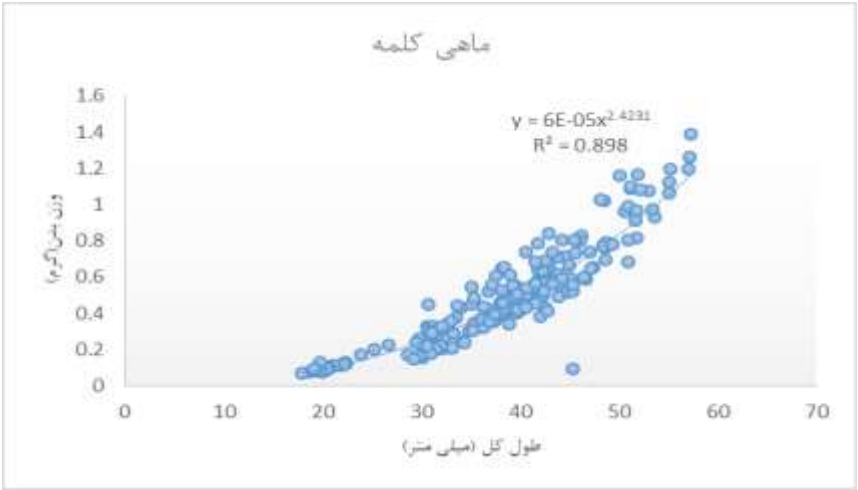



(الف)

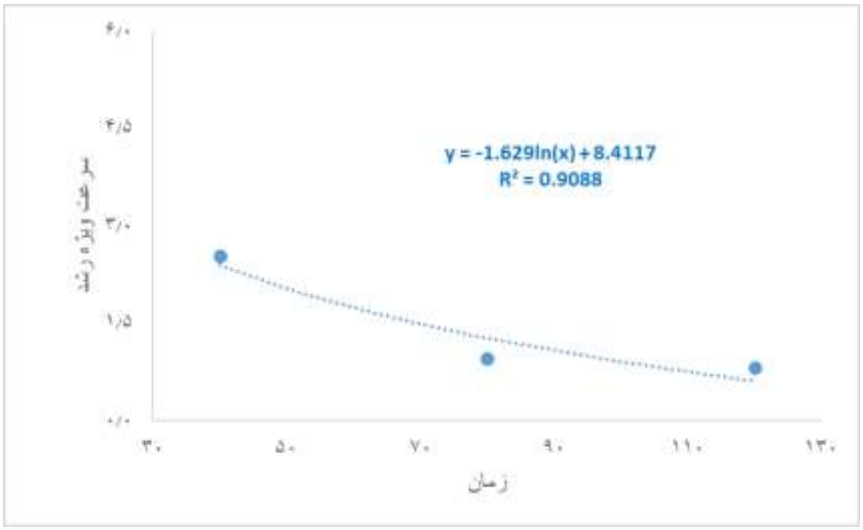



(ب)

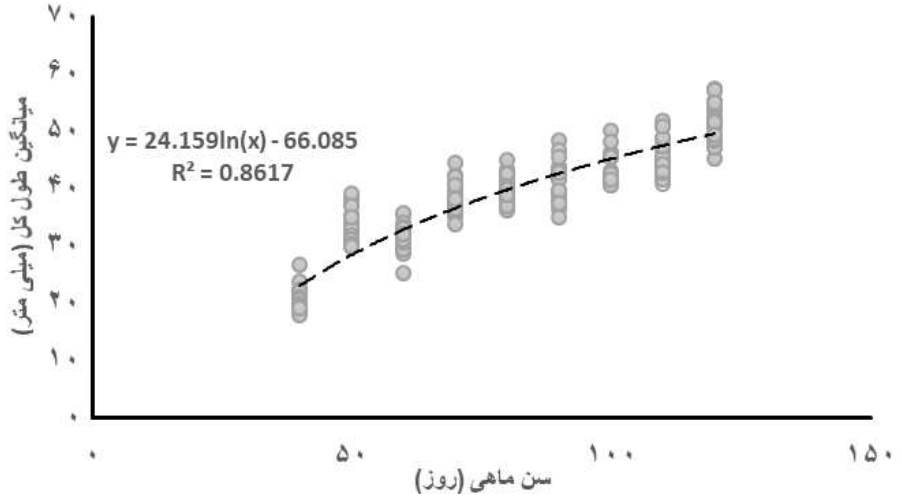
شکل ۱- الف- موقعیت طعمه‌های غذایی ماهی کلمه در نمودار کاستلو، ب- راهنما برای تفسیر روش نمونه‌برداری کاستلو- ماهی کلمه



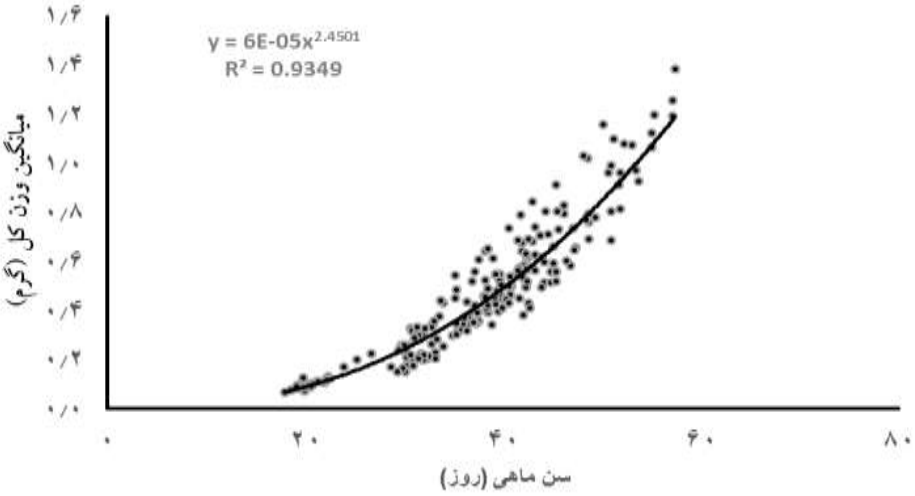

شکل ۲- مقایسه رابطه طول - وزن بچه‌ماهیان کلمه




شکل ۳- مقایسه ماهانه سرعت ویژه رشد بچه‌ماهیان کلمه




شکل ٤- مقایسه رابطه طول- سن در بچه‌ماهیان کلمه




شکل ۵- مقایسه رابطه وزن-سن در بچه‌ماهیان کلمه

**بحث**

پرورش بچه ماهیان کلمه در مرکز سیجوال به منظور رهاسازی آن‌ها به دریای خزر و با هدف حفظ و بازسازی ذخایر این ماهیان ارزشمند طی یک دوره ٤ ماهه از اول فروردین ماه الی اواسط تیرماه صورت می‌گیرد. به دلیل اهمیت مستمر این ماهی به ویژه در تغذیه ماهیان خاویاری و بقای نسل آن‌ها، انجام هرگونه تحقیق و بررسی در رابطه با بیولوژی این ماهی خالی از مشکل نبوده و لذا تاکنون مطالعات داخلی اندکی در رابطه با وضعیت تغذیه آن در استخرهای خاکی و یا پس از رهاسازی به دریا صورت گرفته است. فعالیت غذایی ماهیان تحت تأثیر عواملی نظیر امکانات زیستگاه، درجه حرارت و سن ماهی می‌باشد. در سنین ابتدایی ماهیان کلمه بیشتر کفزی خوار بوده و با افزایش سن از آیتم‌های غذایی متنوع‌تری استفاده کرده و همه‌چیزخوار می‌گردند. در مباحث مربوط به پرورش بچه ماهی در استخر خاکی فاکتورهای زیستی از جمله بیوماس و نوع گونه غذای زنده به صورت مستقیم و همچنین فاکتور غیر زیستی از جمله وضعیت فیزیکوشیمیایی آب به صورت مستقیم و غیرمستقیم در نحوه رشد و بازماندگی بچه ماهیان نقش مهمی دارند.

تعیین بیوماس و ترکیب گونه‌ای غذای زنده در پرورش آبزیان از چند جنبه مهم می‌باشد. یکی آنکه در مرحله لاروی برخی از گونه‌های آبزی به دلیل عدم تناسب اندازه دهان لارو و موجودات زئوپلانکتونی مثل دافنی که هم دارای اندازه بزرگ‌تر و هم دارای حرکتی سریع می‌باشند که برای لارو بچه ماهی مفید نمی‌باشند. دیگری اینکه استفاده از غذای کنسانتره حداقل در این مرحله از زندگی تأمین‌کننده نیازهای غذایی لاروها نیست و باعث کاهش رشد، سوءتغذیه و بروز مشکلات ناشی از کاهش قدرت دفاعی بدن در مقابل عوامل محیطی و پاتوژن می‌گردد. در حالی که استفاده از غذاهای زنده با مدیریت بهتر در پرورش لارو آبزیان مختلف نه تنها نیازهای غذایی جانور را تأمین می‌کند، بلکه به دلیل همخوانی این نوع غذاها با رژیم غذایی طبیعی ماهی، بیشتر قابل پذیرش و استفاده است (۲).

دانستن رژیم غذایی لارو و بچه ماهیان در مراحل ابتدایی می‌تواند کوددهی، غنی‌سازی استخر و مدیریت غذای زنده را بهبود دهد تا در شرایط تکثیر مصنوعی و پرورش در کارگاه بتوان نیازهای غذایی آن‌ها را تأمین کرد. در نتیجه لارو و بچه ماهیان با کیفیت جهت پرورش و یا بازسازی ذخایر تولید نمود (۲).

در بررسی اثرات درجه حرارت بر رشد، بازماندگی، میزان غذاگیری، ترکیب لاشه و پارامترهای خون‌ناختی بچه ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum*) توسط عنایت غلامپور و سوداگر (۸) بالاترین میزان وزن اکتسابی، نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن در دمای ٢٤ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. بهترین میزان ضریب تبدیل غذایی بچه ماهیان در دمای ٢٤ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و بین دماهای ٢٤، ٢٨ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولیکن در دمای ٣٢ سانتی‌گراد میزان ضریب تبدیل غذایی به صورت معنی‌داری بالا رفت.

تعین رژیم غذایی لارو بچه ماهیان کپور دریایی (*Cyprinus carrpio*) در استخرهای خاکی مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال نشان داد محتویات روده در لارو و بچه ماهیان کپور دریایی شامل دافنی، سیکلوپس، روتیفر، دتریت، غذای کنسانتره، شیرونومیده، جلبک، سلول‌های مخاط روده و نمونه‌های مشکوک و نیمه هضم شده غیر قابل تشخیص بودند که روتیفرها در مرحله لاروی نقش اصلی را در تغذیه بچه ماهیان کپور داشتند. در مطالعه حاضر شرایط دمایی در فصل آماده‌سازی بچه ماهیان

تا مرحله رهاسازی به دریا رنج دمایی ٢٤ درجه سانتی‌گراد را داشته و از نظر رژیم غذایی بچه ماهیان ترکیب مشابه با مطالعات فوق داشت.

بررسی ارجحیت غذایی ($F_p$) و محتویات معده و روده بچه ماهیان کلمه در مراحل مختلف گویای آن است که در هنگام تغذیه وافر از گاستروپودا ارجحیت غذایی و شدت تغذیه عدد بالاتری را نشان می‌دهند (جداول ١). مطابق جدول ١، بیشترین مقدار $F_p$ طی دومین دوره نمونه‌برداری (١٣٩٤/٠٢/٠٢) بدست آمده است که این امر نشان‌دهنده وجود همبستگی مثبت میان وضعیت تغذیه و بیوماس استخرهای پرورشی می‌باشد. مطالعات مختلف که روی رفتار تغذیه‌ای ماهی کلمه انجام شده نشان می‌دهد که توانایی بچه ماهیان کلمه در صید ارگانیسم‌های پلانکتونی و بنتیک تفاوت معنی‌داری دارد و میزان مصرف غذا به مدت حضور غذا و ماهی در کنار هم در ستون آب و بستر، بستگی دارد. مطالعات گذشته نشان دادند که با افزایش سن بچه ماهیان کلمه گستره غذایی آن‌ها نیز افزایش یافته و در بستر و بخش میانی آب به صید می‌پردازند.

ماهی کلمه در بخش‌های عمیق آب تغذیه می‌کند آمار این ماهی را می‌توان در هر عمقی از آب، از بیشتر از ٢٠ سانتی‌متر با گستردگی حدود ١/٥ متر مشاهده کرد، این ماهی نسبت به مواد آلی آلوده‌کننده مقاوم می‌باشد، تحمل آب‌های لب‌شور را دارد، درجه حرارت کشنده این گونه ٣١ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در آب‌های با کدورت بالا و پوشش گیاهی انبوه به همراه گونه کپور و سیم دیده می‌شود، گله‌هایی تشکیل می‌دهد ولی خیلی مهاجر نبوده به غیر از زیر گونه‌های رود کوچ آن که در فصول سرد با تشکیل گله‌های انبوه به آب‌های عمیق مهاجرت می‌کنند (١٨). این گونه محیط‌های آبی با پوشش گیاهی را ترجیح می‌دهد زیرا لارو و بچه ماهی‌های جوان توسط این پوشش گیاهی حفاظت شده و ماهی بالغ می‌تواند از این گیاهان به‌عنوان غذا استفاده می‌کند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد ماهی کلمه معمولاً مواد گیاهی کف، موجودات نرم‌تن و پلانکتون‌ها را می‌خورد، ماهی جوان اساساً پلانکتون خوار هستند در حالی که نمونه‌های بالغ اساساً موجودات بنتوز خوارند. این کلمه از طریق اثرات غنی‌سازی مواد غذایی اثرات معناداری روی کیفیت آب دارد. فراوانی ماهی کلمه و عادت غذایی آن به معنی رقابت مستقیم و یا غیر مستقیم آن با دیگر ماهیان آب شیرین می‌باشد و این می‌تواند به سرعت جمعیتش را غالب کند. حضور این گونه در دریاچه‌ها می‌تواند سبب عواقب شدید زیست‌محیطی شود، بویژه زمانی که دریاچه‌ها در حال غنی شدن و تبدیل از حالت مزوتروفیک به یوتروفیک می‌باشد. این گونه توانایی برای رسیدن به بیوماس بالا را دارد و با چریدن زئوپلانکتون‌ها می‌تواند سبب شکوفایی مربوط به غنی‌سازی مواد غذایی گردد و ظاهراً می‌توانند تغییر آب‌های شفاف به کدر را تشدید کند و به‌طور مؤثری محیط‌زیست خود را برای رفع نیازهای خود تغییر دهد (١٤). همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، فراوانی مواد غذایی نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار در رشد می‌باشد. استخرهای خاکی به علت وسعت زیاد، عمق کم و نفوذ نور مناسب از توان تولید بهتری برخوردار است. براساس مطالعات وینفیلد در سال ١٩٩٢، ماهی کلمه اساساً از بی‌مهرگان کفزی، زئوپلانکتون‌ها، مواد گیاهی و دتریتوس‌ها تغذیه می‌کند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (١٨).

در دریاچه پر تولید آیدات فرانسه، غذای اصلی ماهی کلمه را بی‌مهرگان بزرگ (٣٩/٧ درصد)، رسوب (٢٩ درصد)، ماکروفیت (١٥/٤ درصد) تشکیل داده بود و از زئوپلانکتون‌های کوچک به مقدار ٢/٤ درصد

مصرف کرده بودند. این گونه یکی از کارآمدترین کف زی خواران نرم‌تن در بین کپور ماهیان اروپا می‌باشد. هورپیلا در سال ۱۹۹٤ نشان داد که آیتم‌های غذایی ماهی کلمه در هر دو منطقه ساحلی و پلاژیک دریاچه وسیجاروی ترکیبی از هر دو منطقه بود. به‌طوری که اهمیت زئوپلانکتون‌ها با رشد ماهی کاهش یافت و اهمیت بنتوزها و گیاهان افزایش پیدا کرد (۹).

ماهی کلمه معمولاً مواد گیاهی کف، موجودات نرم‌تن و پلانکتون‌ها را می‌خورد، ماهی جوان اساسا پلانکتون‌خوار هستند در حالی‌که نمونه‌های بالغ اساسا موجودات بنتوز خوارند که مطابق نتایج جدول ۱ با مطالعه حاضر همخوانی دارد (١٤).

طی مطالعه حاضر غالبیت تغذیه با شکم پایان (گاستروپودا) کرم‌های پرتار و نرمتنان بود که بالاترین میزان را به خود اختصاص داده بودند. کرم‌ها، حشرات، زئوپلانکتون و دوکفه‌ای‌ها از طعمه‌های نادر بودند و لارو خرچنگ‌های گرد و گیاهان به عنوان غذایی عمومی برای ماهی کلمه شناخته شدند. چون تمام نمونه‌های مورد بررسی در سنین کمتر از یک سال قرار داشتند و از ماهیان بالغ به حساب نمی‌آیند لذا بیشتر طعمه‌های شناسایی شده از جوامع موجودات بنتیک بودند. رابطه طول–وزن در جمعیت‌های مختلف می‌تواند بیانگر استراتژی مصرف انرژی به وسیله ماهی می‌باشد و در ارزیابی‌های شیلاتی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. در این تحقیق با توجه به یکسان بودن فصل نمونه‌برداری، به‌نظر می‌رسد که عوامل زیستگاهی مؤثر همچون شرایط استخر، اکسیژن محلول و غیره بر میزان شیب رابطه طول–وزن و قابلیت دسترسی به غذا، رشد و سلامت ماهی‌ها مؤثر بوده‌اند. ولی به‌نظر می‌رسد که فاکتورهای توارثی نقش مهمتری در میزان رشد دارند. در رابطه طول–وزن، مقادیر a و b نه تنها در گونه‌های متفاوت، بلکه در گونه‌های یکسان نیز با یکدیگر تفاوت دارند. علت این اختلاف را می‌توان به نوسانات فصلی، تغییرات ویژگی‌های زیست‌محیطی (مثل درجه حرارت و شوری)، شرایط فیزیولوژیکی ماهی در زمان جمع‌آوری، جنسیت، شرایط تغذیه‌ای و مراحل باروری ماهی نسبت داد (۵).

شاخص وضعیت یا ضریب چاقی برای مقایسه کیفیت ماهی از نظر تناسب ماهی و در کل تعیین وضعیت سلامت جمعیت کاربرد دارد. ماهیانی که شاخص وضعیت یا ضریب چاقی در آن‌ها بالاست نسبت به طولشان ماهیان سنگینی هستند و بالعکس (۱۹). در مورد ضریب چاقی به نظر می‌رسد که در سن ٤۰ تا ابتدای ٦۰ روزگی شرایط اکولوژیکی استخرهای خاکی مناسب بوده و بچه‌ماهیان تغذیه خوبی انجام داده و این شاخص روند افزایشی داشته است. از سن ۷۰ روز میزان شاخص وضعیت روند نزولی داشته و این کاهش تا انتهای دوره ادامه داشته است. دوره کاهش میزان شاخص وضعیت همزمان با افزایش شدید درجه حرارت حدوداً در اواسط خردادماه به بعد می‌باشد. به‌نظر می‌رسد کاهش میزان شاخص وضعیت با توجه به افزایش درجه حرارت در زمان رشد احتمالاً به خاطر افزایش متابولیسم بدن بچه‌ماهیان باشد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه گاستروپودا و بقایای گیاهی بخش اصلی غذای بچه ماهیان کلمه را تشکیل می‌دهند، انجام به موقع کلیه مراحل درآماده سازی استخرها نظیر شخم، دیسک و کوددهی پایه که بطور قابل توجهی در ایجاد بستری مناسب جهت زیست ارگانیسم‌ها مؤثر می‌باشند و همچنین استفاده از شیرابه و کودهای شیمیایی در بلوم فیتوپلانکتونی می‌تواند کمک شایانی در بدست آوردن بیومس مطلوب ارگانیسم‌های مغذی در استخرها کند.

## منابع


1. Abdoli L., Abdoli A., Kamrani E., Kiaie B. 2012. Feeding habitat of *Scartelaos tenuis* in Hormozgan province. *Journal of Biology*, 1(4): 43-53

2. Aghaei Moghadam A., Aslan Parviz H. 2003. The study on the nutrition of the juvenile sturgeon (Acipenser Persicus) in fish ponds of Shahid Rajaie's centre (1999). *Pajouhesh and Sazandegi*, 60: 77-83.

3. Ammundsen P.A., Gabler H.M., Staldvik F.J. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach content data–modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, 48: 607-614.

4. Barenes D.R. 1987. Invertebrate Zoology. Dryden Press, Orlando, Florida, pp: 561-564.

5. Biswas S.P. 1993. Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers Pvt Ltd., New Delhi, 157p.

6. Costello M.J., 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology*, 36: 261-263.

7. Edmondson W.T. 1985. Freshwater Biology, 2nd Ed., Wiley, New York, pp: 586.

8. Enayat Gholampoor T., Sodagar M. 2014. A review on feed and feeding of goldfish (*Carassius auratus*) at different life stages. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, 2 (1): 21-37.

9. Horppila, J. 1998. Effects of mass removal and variable recruitment on nutrient excretion by a planktivorous roach stock. *Journal of Fish Biology* 52: 951-961.

10. IUCN. 1994. WRI, World Business Council for Sustainable Development, Earthwatch Inst. Business and Ecosystems: Ecosystem Challenges and Business Implications.

11. Jamet J.L., Desmolles F. 1994. Growth, reproduction and condition of roach (*Rutilus rutilus* L.), Perch (*Perca fluviatilis* L.) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus* L.) in eutrophic lake Aydat (France). *International Revue der gesamten Hydrobiologie*, 79: 305-322.

12. Kiabi B.H., Abdoli A., Naderi M. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian basin of Iran. *Zoology in the Middle East*, 18: 57-65.

13. irjasnient M., Valtonen T. 1997. Size-dependent over-winter mortality of young-of-year roach, *Rutilus rutilus*. *Envrionmental Biology of Fishes*, 50: 451-456.

14. Kottelat M., Freyohf J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, M. Cornol, Witzerland and Freyhof, Journal of Berlin, pp: 646.

15. Marshall S., Elliott M., 1997. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and itraspecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology*, 51: 526-545.

16. Martin R., Perrow H., Grame Peirson P., Townsend C.R. 1990. The dynamics of a population of roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in a shallow Lake: is there a 2- years cycle in recruitment? *Hydrobiologia*, 191: 67-73.

17. Naddafi R., Majazi A., Hassanzadeh Kiabi B., Abdoli A. 2002. A comparative study of morphometric and meristic characters of the Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) in Gorgan-Rud estuary and Anzali lagoon. *Iranian Journal of Natural Research*, 54(4): 383-399.

18. Winfield DK., Winfield I.J. 1992. Possible competitive interactions between overwintering tufted duck (*Aythya fuligula* (L.)) and fish populations in Lough Neagh. *Hydrobiologia*, 279/280: 377-392.

19. Wooton R.J. 1990. Ecology of Teleost fishes. Chapman and Hall Ltd. London. pp: 415.