20.1001.1.20080026.1401.16.2.2.1

# اثرات کودهای شیمیایی و میکروبی بر شاخص‌های تنوع زیستی رده‌های فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی و تراکم تولیدات اولیه استخرهای خاکی بچه ماهیان کپور معمولی

مرضیه قربانی[۱]، سیدپژمان حسینی شکرابی[۱]، مهدی شمسایی مهرجان[۱،*]، امداد دادور[۱]

۱ گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۲

## چکیده

در این مطالعه اثر کودهای شیمیایی و میکروبی بر تراکم تولیدات اولیه و بررسی شاخص‌های تنوع زیستی رده‌های فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی استخرهای ماهیان کپور ماهیان در یک دوره زمانی سه ماهه در مزرعه پرورش ماهیان گرمابی واقع در شهرستان آبادان مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی، شامل دو تیمار که هر کدام واجد سه تکرار شامل: تیمار اول: نمونه‌های آب مربوط به استخرهای بارور شده توسط کود شیمیایی و کود گاوی و تیمار دوم: نمونه‌های آب مربوط به استخرهای بارور شده توسط کودهای میکروبی و کود گاوی بودند. کود شیمیایی بکار گرفته شده در این پژوهش از انواع کودهای فسفاته (سوپر فسفات، ۳۸ تا ۴۰ درصد ماده فعال) به میزان ۷۵ کیلوگرم در هر هکتار و باکتری‌های تشکیل دهنده کود میکروبی مورد آزمایش در این پژوهش شامل دو باکتری *ازتو باکتر کروکوکوم* و *باسیلوس کواگولانس* بودند. نتایج این بررسی نشان دادند که میانگین فیتوپلانکتون‌های شمارش شده در تیمار اول (کود شیمیایی) به شکل معنی‌داری بیش‌تر از تعداد آنها در تیمار دوم (کود میکروبی) بود (P<۰/۰۵). در این میان بیش‌ترین فیتوپلانکتون شمارش شده متعلق به رده باسیلاریوفیسه در تیمار کود شیمیایی بود. با اینحال میانگین زئوپلانکتون‌های شمارش شده در تیمار دوم (کود میکروبی) حاکی از تعداد بیشتر زئوپلانکتون‌ها در مقایسه با تیمار اول (کود شیمیایی) بود (P<۰/۰۵). در این میان بیش‌ترین زئوپلانکتون شمارش شده متعلق به رده روتیفورا در تیمار میکروبی بود. مجموعاً با توجه به زئوپلانکتون‌خوار بودن اکثر بچه ماهی‌های کپور پرورشی موجود در استخرهای گرمابی در سال اول دوره پرورش و افزایش چشمگیر جمعیت زئوپلانکتون‌ها در تیمار کود میکروبی نسبت به کود شیمیایی، می‌توان نتیجه گرفت که کودهای میکروبی قادرند تأثیر مثبتی بر تعداد زئوپلانکتون‌های استخرهای گرمابی بگذارند.

***واژه‌های کلیدی:*** کود فسفاته، کود میکروبی، تولیدات اولیه، جمعیت فیتوپلانکتونی، جمعیت زئوپلانکتونی

## مقدمه

مهم‌ترین گونه‌های پرورشی در استخرهای گرمابی ایران شامل کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، ماهی فیتوفاگ یا کپور نقره‌ای (*Hypophthalmicthys molitrix*)، ماهی علفخوار یا آمور سفید (*Ctenopharyndodon idella*) و ماهی کپور سرگنده (*Hypophthalmichthys nobilis*) هستند (فرید پاک، ۱۳۷۴). اگرچه چهار گونه ماهی مذکور در مراحل بچه ماهی نورس و انگشت قد از پلانکتون‌های جانوری تغذیه می‌کنند و رقیب یکدیگر می‌باشند، ولی پس از رسیدن به طول تقریبی ۳ سانتی‌متر، غذای آنها به تدریج تفکیک گردیده و از تمام گروه‌های غذایی مانند جانوران کف‌زی، پلانکتون، پلانکتون جانوری و جلبک‌های ریسه‌ای، گیاهان آلی و جلبک‌های پرسلولی استفاده نموده و حداکثر بازده ممکنه را از امکانات غذایی سطوح مختلف استخر حاصل می‌نمایند (Boyd و همکاران،۲۰۰۲).

*نویسنده مسئول: m.shamsaie@srbiau.ac.ir

در کشور ایران پرورش متراکم ماهیان گرمابی با غذا دهی دستی و کاربرد کودهای شیمیایی و آلی همراه با استفاده از منابع طبیعی غذایی در استخرهای گرمابی صورت می‌گیرد. افزودن کودهای شیمیایی و آلی به آب، سبب جبران کمبود مواد بیوژن شده و افزایش سریع جمعیت فیتوپلانکتون‌ها و باکتری‌ها در استخر می‌گردد. جلبک‌های تک سلولی آبزی در حقیقت فیتوپلانکتون‌ها هستند که اولین حلقه در زنجیره غذایی منابع آبی استخرهای گرمابی محسوب می‌شوند و توسط زئوپلانکتون‌ها مورد تغذیه قرار می‌گیرند. فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها به نوبه خود مورد تغذیه حلقه‌های بالاتر زنجیره غذایی (که در استخرهای پرورش ماهیان گرمابی انواع کپور ماهیان محسوب می‌شوند)، قرار می‌گیرند (Boyd و همکاران،۲۰۰۲). پلانکتون‌های گیاهی و جانوران و کف زیان، غذای اصلی ماهی‌ها بوده و مجموع آنها، بازده طبیعی ماهی‌ها را در استخرها تعیین می‌نماید.

کودهای معمول مورد استفاده در پرورش ماهی به دو دسته کودهای شیمیایی و کودهای آلی تقسیم می‌گردند. پرورش دهنگدگان به طور معمول کود شیمیایی و آلی را طی دو یا سه مرتبه در طول مدت پرورش و در تمام مدت تابستان به استخرهای گرمابی اضافه می‌کنند. امروزه کودهای شیمیایی برای افزایش باروری محصولات مختلف کشاورزی از قبیل غلات، سبزی و صیفی‌جات و گیاهان صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند (راستین،۱۳۸۰). بر هم خوردن تعادل دینامیک خاک و ایجاد بیماری در انسان‌ها و آبزیان بعلت آلوده شدن منابع آب آشامیدنی و خاک توسط این کودها از مضرات استفاده از کودهای شیمیایی محسوب می‌شوند. کودهای معدنی بارور کننده‌هایی بسیار کارآمد هستند اما مشکلاتی همچون خارج شدن از دسترس گیاهان در کوتاه مدت، عدم کارایی در حالت غیرمحلول و آلوده سازی منابع خاکی و آبی، به شدت امتیاز اصلی آنها را تحت‌الشعاع قرار داده است (Biari و همکاران، ۲۰۰۸). به‌علاوه تولید چنین کودهایی در کشور علاوه بر مشکلات زیاد در بخش تولید و نیازمندی به حجم بالای سرمایه‌گذاری، پاسخگوی نیازهای کشاورزی داخلی نیست، به همین دلیل حدود ۵۵ درصد از کود شیمیایی مورد نیاز کشور توسط واردات تأمین می‌شود که حجم بالای واردات کودهای شیمیایی به کشور سبب تحمیل هزینه‌های هنگفتی به اقتصاد کشور و خروج ارز از کشور شده است (Dauda و همکاران، ۲۰۱۹).

با توجه به اینکه میزان آب مصرفی در آبزی‌پروری بسیار بیشتر از کشاورزی بوده، بنابراین اگر آلودگی آب و خاک توسط بارورکننده‌های شیمیایی معضلی جدی در کشاورزی تلقی گردد، می‌بایست این معضل را در آبزی پروری دو چندان جدی در نظر گرفت. لذا بررسی امکان جایگزینی بارورکننده‌های شیمیایی متداول با کودهای میکروبی در آبزی پروری موجب جلوگیری از آلودگی منابع آبهای جاری و زیر زمینی و همین طور خاک‌های در تماس با آب‌های آلوده به کودهای شیمیایی و همچنین کاهش احتمالی هزینه-های خواهد شد (Ponce-Palafox و همکاران، ۲۰۱۰). لازم به ذکر است که تحقیقاتی که در زمینه کاربرد کودهای میکروبی صورت گرفته بیشتر بر روی زمین‌های کشاورزی و تأثیر باکتری‌های موجود در کودهای میکروبی بر روی محصولات کشاورزی متمرکز بوده است و تاکنون مطالعات محدودی در مورد بررسی عملکرد این کودها در زمینه آبزی‌پروری به خصوص در استخرهای پرورشی ماهیان گرمابی پرداخته شده است. جلالی و همکاران (۱۴۰۰) نشان دادند که استفاده از ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات به همراه باکتری حل کننده فسفات (*Pseudomonas deceptionensis*) برای باروری استخرهای پرورش ماهی گرمابی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی

توصیه می‌شود. در مطالعه Vovk و همکاران (۲۰۱۳) نیز استفاده از باکتری *Paenibacillus polymyxa* در استخرهای پرورش ماهیان کپور به منظور بهینه‌سازی میزان فسفر محلول در آب، موجب توسعه تولیدات اولیه و افزایش بیومس ماهیان گردید.

کودهای بیولوژیک، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید از قبیل ازتوباکتر، باسیلوس و آزوسپریلیوم می باشند که همراه با مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند و نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آنها می‌شوند (Ahmed و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه تاکنون اثر بکارگیری کودهای میکروبی حاوی دو باکتری ازتو باکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) و باسیلوس کواگولانس (*Bacillus coagulans*) در پرورش ماهیان گرمابی بررسی نشده است. در این پژوهش تصمیم گرفته شد تا اثر جایگزینی کود میکروبی با کود شیمیایی در استخرهای پرورشی ماهیان گرمابی پرداخته شود و میزان تولیدات اولیه (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون‌ها) در استخرهای بارور شده با کودهای شیمیایی با استخرهای غنی شده توسط کودهای میکروبی مورد مقایسه گردد و به بیان اثر کودهای شیمیایی و میکروبی بر افزایش و یا حذف جمعیتی خاص از جمعیت فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی منابع آبی استخرهای خاکی پرورش نیز پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۸ به مدت سه ماه در مزرعه پرورش ماهیان گرمابی واقع در شهرستان آبادان صورت گرفت و در آن به مقایسه اثر کودهای شیمیایی و میکروبی بر تراکم تولیدات اولیه و شاخص‌های تنوع زیستی رده‌های فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی استخرهای خاکی ماهیان گرمابی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی، شامل سه تیمار که هر کدام واجد سه تکرار شامل: تیمار اول: نمونه‌های آب مربوط به استخرهای بارور شده توسط کود شیمیایی و کود گاوی و تیمار دوم: نمونه‌های آب مربوط به استخرهای بارور شده توسط کودهای میکروبی و کود گاوی بودند. باکتری-های تشکیل دهنده کود میکروبی مورد آزمایش در این پژوهش شامل دو باکتری *ازتو باکتر کروکوکوم* و *باسیلوس کواگولانس* (محصول شرکت صنایع زیست فناوری کارا، تهران، ایران) بودند. تکرارهای هر یک از تیمارهای آزمایش را ۳ استخر خاکی بارور شده توسط کودهای شیمیایی و میکروبی تشکیل دادند. بنابراین از هر استخر مجموعاً ۳ بار (در سه ماه مختلف) نمونه برداری صورت گرفت.

استخرهای مورد بررسی از انواع استخرهای خاکی (خاک رس-ماسه) تقریباً یک هکتاری با سه سال سابقه فعالیت پرورشی بودند که شیب کف این استخرها از ورودی به سمت خروجی ۲ تا ۳ در هزار و از کناره‌ها به زهکش وسط ۳ در هزار بود. شیب دیواره‌ها ۱:۴ تا ۱:۸ و جاده روی خاکریز حدود ۲ متر و بین زهکش و پایه دیوار حدود ۲ متر فاصله بود.

منبع تأمین آب استخرهای مورد بررسی یکی از شاخه‌های فرعی رود کارون بود که توسط کانال انتقال آب به کارگاه پرورشی هدایت می‌شد. عمق آبگیری استخرها حدود ۳۰ سانتی متر پایین‌تر از لبه بالایی استخرها و تقریباً معادل ۷۰ الی ۱/۷۰ سانتی متر از دریچه ورودی به سمت دریچه خروجی بود. آب خروجی از طریق یک کانال از کارگاه پرورشی خارج شده و به رودخانه بهمن شیر واقع در قسمت جنوبی کارگاه وارد می‌شد.

قبل از معرفی بچه ماهی‌های کپور معمولی ۱۰۰ گرمی، استخرهای خاکی را خشک کرده و به منظور تهویه خاک بستر به عمق ۸ سانتی‌متر شخم زدند.

سپس جهت ضدعفونی بستر استخرها آهک پاشی انجام شد. به این منظور از آهک زنده به مقدار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد (Bhakta، ۲۰۰۳) که به صورت یک لایه بسیار نازک پودری در بستر استخرها پاشیده شد. آهک پاشی در هوای آفتابی و به صورت یکنواخت در سراسر بستر استخرها انجام گرفت. قبل از آبگیری استخرها کوددهی صورت گرفت.

پیش از آبگیری استخرها، کود شیمیایی به صورت کپه‌هایی با فاصله ۵ متر از یکدیگر در کف استخر قرار گرفت و کود گاوی نیز به مقدار ۱۲ تن در هکتار به کف استخرها اضافه شد. سپس استخرها تا نیمه آبگیری شدند. در روزهای دوم و چهارم مجدداً کود گاوی به استخرها معرفی شد و در روز هفتم کود شیمیایی به آب اضافه گشت. کود شیمیایی بکار گرفته شده در این پژوهش از انواع کودهای فسفاته (سوپر فسفات) بود که با در نظر گرفتن ۳۸ تا ۴۰ درصد ماده فعال ($P_2O_5$) موجود در آن به میزان ۷۵ کیلوگرم در هر هکتار از استخر بکار گرفته شد (Godara و همکاران، ۲۰۱۵). پس از گذشت یک هفته آبگیری به صورت کامل انجام گرفت. البته پس از آبگیری استخرها هر ۱۵ روز یکبار طی سه ماه (ماه‌های تیر، مرداد و شهریور ماه) کود شیمیایی به استخرها وارد می‌شد.

جهت اضافه کردن کود شیمیایی به استخرها، ابتدا بررسی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل میزان اکسیژن محلول، دما، سختی و pH آب صورت می‌گرفت. کود شیمیایی در آب با درجه حرارت ۲۷– ۲۲ درجه سانتی گراد، اکسیژن محلول ۸–۷ میلی گرم در لیتر و pH خنثی (۷) اضافه شد. لازم به ذکر است که این کود قبل از ریخته شدن در استخر در آب حل می‌شد (۱ واحد حجمی فسفات در ۲۰ واحد حجمی آب) و سپس محلول حاصل به وسیله تانکر و پمپ به صورت باران به استخر وارد می‌گردید و در زمان کوددهی، هوادهی به منظور تأمین اکسیژن آب و ایجاد جریان در آب برای پخش شدن کود در آب صورت گرفت. برای آبگیری، آب ورودی به استخرها توسط سه فیلتر که اندازه چشمه فیلتر اول ۱ سانتی متر، فیلتر دوم ۰/۴ سانتی‌متر و فیلتر سوم ۱ میلی‌متر بود، عبور داده می‌شد. فاصله بین آبگیری و معرفی بچه ماهیان به استخرها ۱۰ روز در نظر گرفته شد، به این دلیل‌که در این مدت نوزاد انگل‌هایی مانند انگل لرنهآ به علت نبود میزبان (بچه ماهی‌ها) از بین برونـد (Bhakta، ۲۰۰۳).

پیش از آبگیری استخرها، کود گاوی به مقدار ۱۲ تن در هکتار به کف استخرها اضافه شد (Bhakta، ۲۰۰۳). سپس استخرها تا نیمه آبگیری شدند. در این زمان دو نوع کود میکروبی مایع که در برگیرنده دو باکتری *ازتو باکتر کروکوکوم* و *باسیلوس کواگولانس* بودند، هریک به میزان ۴ لیتر به آب استخرهای مورد نظر وارد شدند. البته پیش از وارد کردن این دو کود به استخرها رقیق‌سازی هر یک به نسبت ۱:۴ توسط آب صورت گرفت و سپس محلول‌های تهیه شده به وسیله تانکر و پمپ به صورت افشانه‌ای به استخر وارد شدند. در روزهای دوم و چهارم مجدداً کود گاوی به استخرها معرفی شد و در روز هفتم کودهای میکروبی به آب اضافه شده و پس از گذشت یک هفته آبگیری استخرها به صورت کامل انجام گرفت. البته پس از آبگیری استخرها هر ۳۰ روز یکبار طی سه ماه (تیر، مرداد و شهریور) کودهای میکروبی به استخرها وارد می‌شدند. جهت اضافه کردن کود میکروبی به استخرها، همانند روش ذکر شده برای کود شیمیایی، ابتدا اندازه گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل میزان اکسیژن محلول، دما و pH آب صورت می‌گرفت.

جهت تعین گونه‌های فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی و شاخص‌های تنوع زیستی (شانون، غالبیت سیمپسون) نمونه برداری از استخرها با استفاده از تور پلانکتون گیر صورت گرفت. نمونه برداری با حرکت دادن تور پلانکتون گیر (مدل کششی باندازه چشمه ۱۱۰ میکرون) در قسمت پشتی قایق به صورت مارپیچی و در سه قسمت از هر استخر و با فاصله تقریباً ۱ متر از دیواره کناری استخر صورت گرفت. نمونه برداری از هر یک از استخرها ۳ مرتبه به صورت ماهانه در تاریخ‌های ۱ تیر، ۱ مرداد و ۱ شهریور ماه حدود ساعت‌های ۱۲:۰۰ الی ۱۳:۰۰ بعد از ظهر انجام گرفت.

نمونه‌های گرفته شده بلافاصله در ظروف ۵۰ سی‌سی مخصوص نمونه برداری ریخته شد و با فرمالین بافر ۵ درصد فیکس شدند. سپس به منظور حفاظت از تابش نور مستقیم در جعبه‌ای با روکش تیره رنگ قرار داده شده و به آزمایشگاه لیمنولوژی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل شدند تا از لحاظ فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی و شاخص‌های تنوع زیستی (شانون، غالبیت سیمپسون) مورد ارزیابی قرار گیرند. بعلاوه عمق رویت استخرها نیز در ابتدای دوره توسط سشی دیسک اندازه گیری شد که برابر با ۴۵-۳۵ سانتی متر بودند. سایر فاکتورهای آب شامل دما (۱±۳۲ درجه ساتی‌گراد)، میزان اکسیژن محلول (۰/۵±۷/۲ میلی‌گرم بر لیتر) و میزان pH (۰/۱± ۷/۸) توسط دستگاه اکسی‌متر پرتابل اندازه‌گیری شدند.

شمارش نمونه‌ها با استفاده از لام سدویک و به کمک میکروسکوپ اینورت صورت گرفت. شناسایی گونه‌ها از طریق مطابقت دادن شکل ظاهری گونه‌های مشاهده شده زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی‌های ۴۰ و ۱۰۰ و با استفاده از کلیدهای شناسایی صورت گرفت (Bellinger و Sigee، ۲۰۱۰).

تنوع زیستی نیز با استفاده از شاخص‌های تنوع شانون ($H'$)، شاخص غالبیت سیمپسون ($\lambda$) محاسبه شد:

شاخص تنوع شانون ($H'$): نشان دهنده متوسط درجه عدم اطمینان در برآورد و پیش بینی یک به یک گونه‌های تشکیل دهنده نمونه‌ای که دارای تعداد S گونه و تعداد کل افراد n باشد، است. بنابراین هرچقدر تعداد کل گونه‌های تشکیل دهنده یک نمونه بیشتر باشد و هر قدر توزیع فراوانی در این گونه‌ها یکسان‌تر باشد، میزان این درجه عدم اطمینان بیشتر خواهد بود که تفسیر آن وجود تنوع بیشتر است. بنابراین H در صورتی صفر است که تنها یک گونه در نمونه باشد و زمانی به حداکثر مقدار خواهد رسید که تعداد گونه‌ها بیشتر باشد و افراد تشکیل دهنده هریک از گونه‌ها نیز در نمونه تقریباً یکسان باشند. این شاخص از طریق معادله زیر محاسبه گردید:

$$H'=\sum_{i=1}^{s}[(\frac{hi}{n})Ln(\frac{hi}{n})]$$

در این فرمول $h_i$ تعداد افراد متعلق به گونه i ام و n تعداد کل افراد در نمونه و ($H'$) نشان دهنده شاخص شانون می‌باشد.

شاخص غالبیت سیمپسون ($\lambda$): که نشان دهنده این احتمال است که اگر از یک نمونه دو فرد را به صورت تصادفی انتخاب نماییم، شانس این که هر دو از یک گونه باشند چقدر است. این شاخص از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Simpson، ۱۹۴۹).

$$\lambda=1-D\sum_{i=1}^{s}Pi^{2}$$

در این فرمول $P_i$ عبارت است از نسبت فراوانی هر یک از گونه‌ها در نمونه که با فرمول زیر برآورد می‌شود، و ($\lambda$) نشان دهنده شاخص سیمپسون می‌باشد (Simpson ,1949):

$$P_i=\frac{h_i}{N}$$

در این فرمول $h_i$ تعداد افراد گونه i و N تعداد کل افراد تشکیل‌دهنده گونه می‌باشد. مقدار (λ) بین ۱ و صفر متغیر است و در نتیجه غالبیت را نشان می‌دهد؛ در نتیجه مقدار آن با افزایش تنوع (H´) کاهش می‌یابد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (one-way analysis of varianc) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Multiple- range test Duncans) در سطح احتمال ۵ درصد تعیین گردید (P<۰/۰۵).

## نتایج

باتوجه به جدول ۱، نتایج مقایسه میانگین جمعیت فیتوپلانکتونی تیمار کود شیمیایی نشان داد که میانگین تعداد رده فیتوپلانکتونی باسیلاریوفیسه (Bacillariophycea) در مرداد ماه نسبت به ماه‌های تیر و شهریور اختلاف معنی داری دارد (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین تعداد این فیتوپلانکتون در مرداد ماه گزارش شد. با این‌حال میانگین تعداد اگلنافیسه (Euglenophycea) در ۳ ماه مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان نداد (P>۰/۰۵) هر چند که بیش‌ترین تعداد این فیتوپلانکتون مربوط به شهریور ماه بود و این فیتوپلانکتون در مرداد ماه مشاهده نشد. از سوی دیگر میانگین تعداد سیانوفیسه (Cyanophycea) در هر ۳ ماه مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند (P<۰/۰۵). بیش‌ترین تعداد این فیتوپلانکتون در مرداد ماه شمارش شد. اما در تیر ماه این فیتوپلانکتون در نمونه‌ها دیده نشد. به‌علاوه هیچ اختلاف معنی‌داری در میانگین تعداد رده فیتوپلانکتونی کلروفیسه (Chlorophycea) ۳ ماه تیر، مرداد و شهریور مشاهده نشد (P>۰/۰۵). با این حال تعداد این فیتوپلانکتون در ماه‌های تیر و شهریور برابر با ۰ گزارش شد و بیش‌ترین تعداد نیز (۶/۰۰±۰/۹۳) مربوط به مرداد ماه بود. میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌های تیمارهای کود شیمیایی در سه ماه نمونه‌برداری به تفکیک جنس‌های شناسایی شده امده است. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی مربوط به جنس‌های *Nitzshia*، *Chroccoccus* و *Osillatoria* بوده است.

**جدول ۱- مقایسه میانگین جمعیت فیتوپلانکتونی تیمار کود شیمیایی در سه ماه مورد بررسی**

| رده فیتوپلانکتون‌ها (تعداد در لیتر) | تیر | مرداد | شهریور |
|---|---|---|---|
| Bacillariophycea | ۹/۳۳±۱/۱$^{c}$ | ۲۳۶۶۷۰/۶۷±۱۲۱/۴$^{a}$ | ۱۴۶۳۷/۶۷±۲۱/۹$^{b}$ |
| Euglaenophycea | ۱/۰۰±۰/۷۳$^{a}$ | - | ۱/۳۳±۱/۳۰$^{a}$ |
| Cyanophycea | - | ۲۳۶۸۱۵/۳۳±۱۵۱/۱$^{a}$ | ۱۷۰۳۳/۳۳±۴۹/۲$^{b}$ |
| Chlorophycea | - | ۶/۰۰±۰/۹۳$^{a}$ | - |

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

-: شناسایی نشده است.

مقایسه میانگین جمعیت زئوپلانکتونی تیمار کود شیمیایی در سه ماه در جدول ۳ نشان داد که تعداد زئوپلانکتون روتیفرا (Rotifora) اختلاف معنی‌داری را در بین ۳ ماه مورد بررسی دارد (P<۰/۰۵). به‌طوری که بیش‌ترین تعداد این زئوپلانکتون در شهریورماه شمارش شد و کمترین مقدار شمارش شده مربوط به مرداد ماه بود. همچنین بررسی تعداد گونه‌های حشرات اختلاف معنی‌داری را بین ۳ ماه مورد مطالعه

نشان داد (P<۰/۰۵)، هرچند که تعداد این زئوپلانکتون در ۲ ماه مرداد و شهریور برابر با صفر گزارش شد. از سوی دیگر بررسی عددی زئوپلانکتون کوپه پودا (Copepoda) بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در تعداد این زئوپلانکتون بین ۳ ماه مورد بررسی بود (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین تعداد شمارش شده کوپه پودا مربوط به تیر ماه بود (جدول ۳). میانگین فراوانی زئوپلانکتون های تیمارهای کود شیمیایی در سه ماه نمونه‌برداری به تفکیک جنس‌های شناسایی شده در جدول ۴ نشان داد که بیشترین فراوانی مربوط به رده روتیفرا در هر سه ماه بررسی بوده است.

**جدول ۲- میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌های تیمارهای کود شیمیایی در سه ماه نمونه‌برداری به تفکیک جنس‌های شناسایی شده**

| رده فیتوپلانکتون‌ها | جنس | تیر-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | مرداد-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | شهریور-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ |
| Bacillariophycea | *Gyrosigma* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Nitzshia* sp | ۲۵ | ۴ | ۶ | ۲۴۰۰ | ۱۸۵۰ | ۲۱۴۰۰ | – | – | ۸ |
| | *Navicula* sp | ۸ | – | ۲۸ | – | – | – | – | – | – |
| | *Synedra* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Euglaenophycea | *Euglena* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Cyanophycea | *Chroccoccus* sp | – | – | – | ۲۶۰۰ | – | ۱۱۲۰۰ | – | – | ۳۱۲۰۰ |
| | *Osillatoria* sp | – | – | – | ۳۱۰۰ | ۱۱۰۰ | ۱۸۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۱۸۰۰۰ | ۴۸۰۰۰ |
| | *Anebena* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Sprilina* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Merismopedia* sp | – | – | ۱ | – | – | – | – | – | – |
| Chorophycea | *Cosmarium* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Sprilina* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Scenedesmus* sp | ۳ | – | – | ۳ | – | – | – | – | – |

-: شناسایی نشده است.

**جدول ۳- مقایسه میانگین جمعیت زئوپلانکتونی تیمار کود شیمیایی در سه ماه مورد بررسی**

| رده فیتوپلانکتون‌ها (تعداد در لیتر) | تیر | مرداد | شهریور |
|---|---|---|---|
| Rotifora | ۶۰/۶۷±۸/۹۰[b] | ۱۳/۳۳±۶/۱۱[c] | ۹۸/۳۳±۹/۴۵[a] |
| Insecta | ۵/۰۰±۱/۷۳ | – | - |
| Copepoda | ۲/۰۰±۰/۱۰ | - | - |

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

-: شناسایی نشده است.

**جدول ۴- میانگین فراوانی زئوپلانکتون‌های تیمارهای کود شیمیایی در سه ماه نمونه‌برداری به تفکیک جنس‌های شناسایی شده**

| رده فیتوپلانکتون‌ها | تیر-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | مرداد-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | شهریور-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ |
| Rotifora | ۸۲ | ۵۴ | ۴۶ | ۲۰ | ۱۲ | ۸ | ۸۰ | ۱۵۰ | ۶۵ |
| Insecta | ۳ | ۶ | ۶ | – | – | – | – | – | – |
| Copepoda | ۲ | – | ۴ | – | – | – | – | – | – |

-: شناسایی نشده است.

بررسی تعداد فیتوپلانکتون باسیلاریوفیسه در تیمار کود میکروبی، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار تعداد این فیتوپلانکتون بین ۳ ماه مورد بررسی بود (P>۰/۰۵). بیش‌ترین تعداد شمارش شده باسیلاریوفیسه در مرداد ماه گزارش شد. از سوی مقابل، بررسی‌ها حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار تعداد فیتوپلانکتون اگلنافیسه در نمونه‌های مورد بررسی در ۳ ماه تیر، مرداد و شهریور ماه بود. همچنین، بررسی تعداد فیتوپلانکتون سیانوفیسه در تیمار کود میکروبی همانند تعداد باسیلاریوفیسه، حاکی از عدم اختلاف معنی دار تعداد این فیتوپلانکتون بین ۳ ماه مورد ارزیابی بود (P>۰/۰۵) و بیش‌ترین تعداد شمارش شده سیانوفیسه در شهریور ماه گزارش شد. در بررسی تعداد (میانگین در لیتر) فیتوپلانکتون کلروفیسه نیز هیچ اختلاف معنی داری را میان ۳ ماه مورد بررسی نشان نداد (P>۰/۰۵). این فیتوپلانکتون در شهریور ماه در نمونه‌های مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۵). در جدول ۶ میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌های تیمارهای کود میکروبی در سه ماه نمونه‌برداری به تفکیک جنس‌های شناسایی شده امده است. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی مربوط به جنس‌های *Nitzshia* و *Osillatoria* بوده است.

**جدول ۵- مقایسه میانگین جمعیت فیتوپلانکتونی تیمارهای کود میکروبی در سه ماه مورد بررسی**

| رده فیتوپلانکتون‌ها (تعداد در لیتر) | تیر | مرداد | شهریور |
|---|---|---|---|
| Bacillariophycea | ۲۳۶۷/۶۷±۲۱/۹$^{b}$ | ۸۵۵۰/۳۳±۱۲۱/۴$^{a}$ | ۲/۶۷±۱/۱$^{c}$ |
| Euglaenophycea | – | – | - |
| Cyanophycea | ۰/۳۳±۰/۵$^{c}$ | ۱۲۰۰۰/۳۳±۱۵۰/۷$^{b}$ | ۳۶۴۰۰/۰±۳۷۱/۸$^{a}$ |
| Chorophycea | ۱/۰۰±۰/۷$^{a}$ | ۱/۰۰±۰/۷$^{a}$ | – |

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

-: شناسایی نشده است.

مقایسه میانگین جمعیت زئوپلانکتونی تیمار کود میکروبی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵) و بالاترین تعداد شمارش شده مربوط به تیر ماه بود. رده حشرات در شهریور ماه در منبع آب دیده نشد اما میانگین تعداد آن در دو ماه مرداد و شهریور اختلاف معنی‌دار را با یکدیگر نشان دادند (P<۰/۰۵) و بالاترین تعداد شمارش شده در تیر ماه گزارش شد. کوپه پودا در

شهریور ماه در نمونه‌های شمارش شده مشاهده نشد و تعداد این زئوپلانکتون بین دو ماه مرداد و شهریور اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نشان ندادند (P>۰/۰۵) و بالاترین تعداد شمارش شده مربوط به تیر ماه بود (جدول ۷). همچنین میانگین فراوانی زئوپلانکتون‌های تیمارهای کود میکروبی به تفکیک جنس‌های شناسایی شده در جدول ۸ نشان داد که بیشترین فراوانی زئوپلانکتون های در سه ماه نمونه‌برداری مربوط به رده روتیفرا بوده است.

**جدول ۶- میانگین فراوانی فیتوپلانکتون های تیمارهای کود میکروبی در سه ماه نمونه‌برداری به تفکیک جنس‌های شناسایی شده**

| رده فیتوپلانکتون‌ها | جنس | تیر-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | مرداد-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | شهریور-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ |
| Bacillariophycea | *Gyrosigma* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Nitzshia* sp | ۲۵ | ۴ | ۶ | ۲۴۰۰ | ۱۸۵۰ | ۲۱۴۰۰ | – | – | ۸ |
| | *Navicula* sp | ۸ | – | ۲۸ | – | – | – | – | – | – |
| | *Synedra* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Euglaenophycea | *Euglena* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Cyanophycea | *Chroccoccus* sp | – | – | – | ۲۶۰۰ | – | ۱۱۲۰۰ | – | – | ۳۱۲۰۰ |
| | *Osillatoria* sp | – | – | – | ۳۱۰۰ | ۱۱۰۰ | ۱۸۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۱۸۰۰۰ | ۴۸۰۰۰ |
| | *Anebena* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Sprilina* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Merismopedia* sp | – | – | ۱ | – | – | – | – | – | – |
| Chorophycea | *Cosmarium* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Sprilina* sp | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | *Scenedesmus* sp | ۳ | – | – | ۳ | – | – | – | – | – |

-: شناسایی نشده است.

**جدول ۷- مقایسه میانگین جمعیت زئوپلانکتونی تیمار کود میکروبی در سه ماه مورد بررسی**

| رده زئوپلانکتون (تعداد در لیتر) | مرداد | تیر | شهریور |
|---|---|---|---|
| Rotifora | ۱۴۷/۳۳±۷/۰۲$^{b}$ | ۱۳۴/۳۳±۱۵/۳$^{b}$ | ۴۹۶۰/۶۷±۶۴/۷۹$^{a}$ |
| Insecta sp. | ۶۷/۴±۹/۰ $^{b}$ | ۳۳/۸±۵/۲$^{a}$ | ۰$^{c}$ |
| Copepoda | ۳۳/۱±۲/۲$^{a}$ | ۵/۰±۵/۵۲$^{b}$ | ۰$^{c}$ |

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

-: شناسایی نشده است.

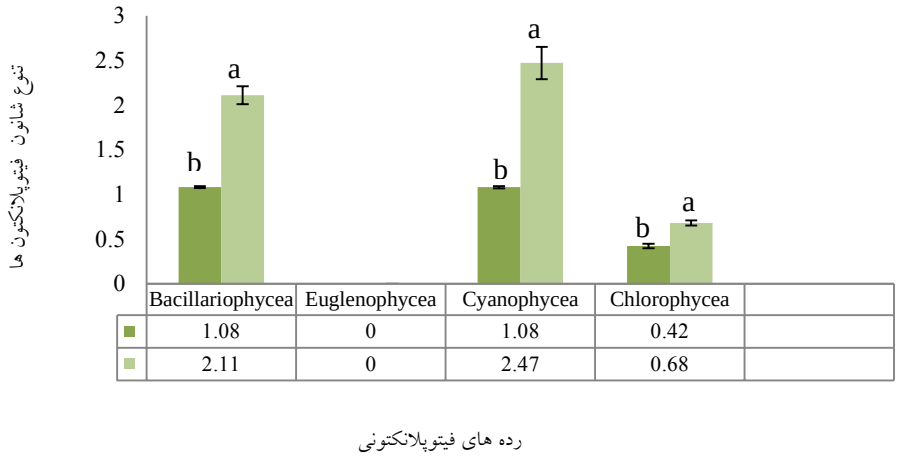
مقایسه شاخص تنوع زیستی شانون بین فیتوپلانکتون‌های تیمار کود میکروبی و شیمیایی در

شکل ۱ نشان داد که در تمامی رده‌های فیتوپلانکتونی تیمار کود شیمیایی تنوع زیستی بیشتری نسبت به تیمارهای کود میکروبی وجود داشت (P<۰/۰۵).

**جدول ۸- میانگین فراوانی زئوپلانکتون های تیمارهای کود میکروبی در سه ماه نمونه‌برداری به تفکیک جنس‌های شناسایی شده**

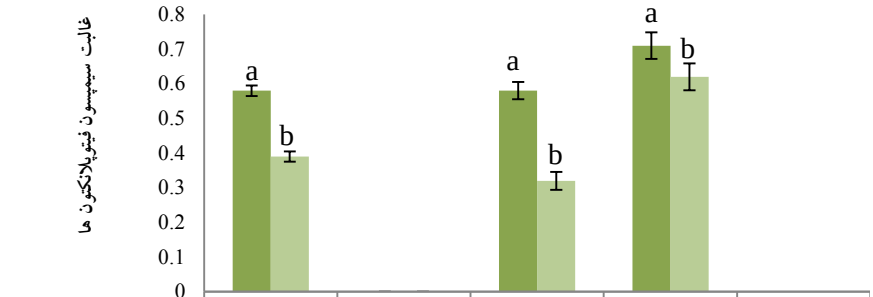
| رده فیتوپلانکتون‌ها | تیر-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | مرداد-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | | شهریور-میانگین تعداد (عدد در لیتر) در تیمارهای مختلف | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳ |
| Rotifora | ۱۲۴۰۰ | ۱۲۸۴ | ۱۱۹۸ | ۱۴۸ | ۴۰ | ۱۸۵ | ۱۴۰ | ۱۴۸ | ۶۱۵۴۵ |
| Insect sp. | ۸ | ۶ | ۱۱ | ۴ | ۶ | ۴ | – | – | – |
| Copepoda | ۴ | ۱۱ | – | ۴ | – | – | – | – | – |

-: شناسایی نشده است.




**شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص تنوع زیستی شانون بین فیتوپلانکتون‌های تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی.**

مقایسه شاخص غالبیت سیمپسون بین فیتوپلانکتون‌های تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی نشان داد (شکل ۲) که این شاخص در تمامی رده‌های فیتوپلانکتونی تیمار کود شیمیایی به شکل معنی‌داری نسبت به تیمار کود میکروبی غالبیت زیستی کمتری داشتند (P<۰/۰۵).




| | Bacillariophycea | Euglenophycea | Cyanophycea | Chlorophycea | |
|---|---|---|---|---|---|
| غالبیت سیمپسون میکروبی | 0.58 | 0 | 0.58 | 0.71 | |
| غالبیت سیمپسون شیمیایی | 0.39 | 0 | 0.32 | 0.62 | |

رده های فیتوپلانکتونی

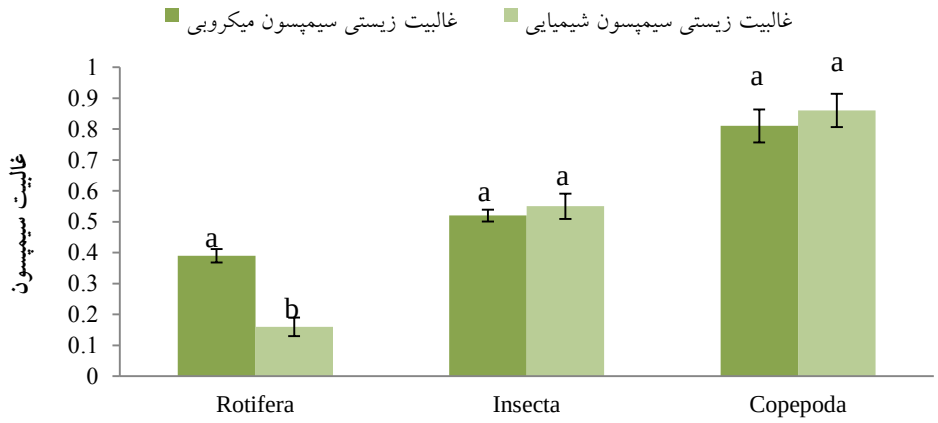
**شکل ۲- مقایسه میانگین شاخص غالبیت زیستی سیمپسون بین فیتوپلانکتون‌های تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی.**

در شکل ۳ مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی زئوپلانکتون‌های تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی نشان داده شده که بیش‌ترین شاخص تنوع شانون رده‌های زئوپلانکتونی مربوط به رده روتیفرا بود و در تیمار شیمیایی نسبت به تیمار کود میکروبی اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). در خصوص رده حشرات بیشترین تنوع زیستی شانون مربوط به تیمار کود میکروبی بود (P<۰/۰۵). رده کوپه پودا نیز در تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی اختلاف معنی داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (شکل ۳).

رده های زئوپلانکتونی

**شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص تنوع زیستی شانون بین رده‌های زئوپلانکتونی تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی.**

مقایسه شاخص غالبیت سیمپسون زئوپلانکتون‌ها نشان داد، بیشترین میزان غالبیت مربوط به تیمار کود شیمیایی و رده کوپه پودا بود اما اختلاف معنی‌داری را با تیمار کود میکروبی نشان نداد (P<۰/۰۵). در خصوص رده حشرات نیز غالبیت زیستی بیش‌تر، مربوط به تیمار کود شیمیایی بود (P<۰/۰۵). رده روتیفرا در تیمار کود میکروبی تنوع بیشتری را نسبت به تیمار کود شیمیایی نشان داد (P<۰/۰۵) (شکل ۴).




**شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص غالبیت زیستی سیمپسون بین رده‌های زئوپلانکتونی تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی.**

## بحث

در حال حاضر برای غنی کردن آب استخرهای کپورماهیان پرورشی و تولید غذا برای دو گونه ماهی فیتوفاگ و بیگ هد، علاوه بر کودهای آلی از کودهای شیمیایی در انواع مختلف اوره، نیترات، سولفات، فسفات آمونیوم و پتاس استفاده می‌کنند (Savci، ۲۰۱۲). کودهای شیمیایی به ویژه کودهای فسفاته آلودگیهای زیست محیطی را می‌تواند در پی داشته باشد لذا استفاده از مواد جایگزین مناسب خصوصاً کودهای میکروبی جهت کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از کودهای شیمیایی، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. مکانیسم عمل کودهای میکروبی در استخرهای خاکی پرورش ماهیان استفاده بیشتر از فرایندهای طبیعی مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن، استفاده کمتر از آب (تعویض آب کمتر) و مهمتر از همه حفظ سلامت آبزیان است (Ribaudo و همکاران، ۲۰۲۰).

نتایج تحقیق حاضر حاکی از کمتر بودن تعداد فیتوپلانکتون‌ها در تیمار کود میکروبی نسبت به کود شیمیایی و از سوی دیگر بیشتر شدن تعداد زئوپلانکتون‌ها در این تیمار بودند. می‌توان گفت که زئوپلانکتون‌های موجود در تیمارهای میکروبی به طور مستقیم از باکتری‌های موجود در کودهای میکروبی وارد شده به استخرها تغذیه کرده‌اند. به دلیل وارد کردن کود آلی در استخرهای حاوی هر دو تیمار کود شیمیایی و میکروبی باکتری‌ها قادر به تغذیه از مواد آلی موجود در آب و تکثیر بوده و سپس به عنوان منبع غذایی مورد تغذیه زئوپلانکتون‌ها قرار گرفته‌اند. البته با افزایش چشمگیر جمعیت زئوپلانکتون‌های رده روتیفرا نسبت به سایر رده‌های زئوپلانکتونی در تیمار کود میکروبی و با در نظر گرفتن رژیم غذایی فیتوپلانکتون‌خواری این زئوپلانکتون‌ها، این فرضیه تداعی می‌شود که فعالیت کود میکروبی در استخر منجر به حاصلخیزی آن و رشد سریع فیتوپلانکتون‌های منبع آبی گشته که سریعاً مورد تغذیه زئوپلانکتون‌ها قرار گرفته‌اند (Fallahi و همکاران، ۲۰۱۳). از سوی دیگر رقابت غذایی میان این باکتری‌ها با فیتوپلانکتون‌ها در تیمارهای میکروبی می‌تواند یکی از دلایل کم‌تر بودن تعداد فیتوپلانکتون-ها در تیمار میکروبی نسبت به تیمار شیمیایی باشد (Fallahi و همکاران، ۲۰۱۳). کودهای بیولوژیک، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم

مفید خاکزی (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) می‌باشند که همراه با مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند و نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان آبزی داشته و سبب بهبود شرایط رشد آن‌ها می‌شوند (Ahmed و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج نشان داده که باکتری‌های خانواده ازتوباکتر علاوه بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن ملکولی موجود در اتمسفر از طریق افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و به ویژه تولید فیتوهورمون‌های رشد گیاهی موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاه می‌شوند و از طریق کنترل عوامل بیماریزا، به‌طور غیرمستقیم به حفظ سلامت گیاه کمک نموده که تأثیر نهایی آن، بهبود رشد و عملکرد ماهیان می‌باشد (Naseri و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج پژوهش حاضر، ظاهراً بیانگر عدم تأثیر مثبت کودهای میکروبی بر افزایش رشد فیتوپلانکتون‌های موجود در استخرهای کود میکروبی بوده و رشد رده-های فیتوپلانکتونی مختلف در تیمار کود شیمیایی نسبت به تیمار کود میکروبی بیشتر بوده است. این امکان وجود دارد که کود شیمیایی مصرفی شرایط لازم برای تکثیر فیتوپلانکتون‌ها را ایجاد کرده باشد اما با ایجاد شرایط نامساعد برای زئوپلانکتون‌ها و بر هم زدن تعادل محیط آبی، مانع از افزایش تعداد زئوپلانکتون‌ها شده باشد (Kanwal و همکاران، ۲۰۰۳). از سوی دیگر با توجه به افزایش چشمگیر جمعیت زئوپلانکتون‌ها در تیمار کود میکروبی نسبت به کود شیمیایی، این امکان وجود دارد که کودهای میکروبی موجبات رشد سریع فیتوپلانکتون‌ها را در استخرها فراهم کرده باشند، اما فیتوپلانکتون‌های تکثیر یافته بلافاصله مورد تغذیه زئوپلانکتون‌ها قرار گرفته باشند و تأثیر نهایی کودهای میکروبی، در افزایش جمعیت زئوپلانکتون‌های منبع آبی نمایان شده باشد. البته همانطور که پیش‌تر گفته شد، شاید یک دلیل ضعیف‌تر کاهش جمعیت فیتوپلانکتون‌ها در تیمار کود میکروبی نسبت به تیمار شیمیایی رقابت غذایی میان این باکتری‌ها با فیتوپلانکتون‌های منبع آبی باشد که با مصرف منابع غذایی مورد نیاز فیتوپلانکتون‌ها، از بین رفتن و یا کاهش رشد این جلبک‌ها را به دنبال داشته‌اند.

با توجه به نتایج به دست آمده در مورد افزایش چشمگیر جمعیت زئوپلانکتون‌ها در تیمار کود میکروبی نسبت به شیمیایی، می‌توان نتیجه گرفت که کودهای میکروبی قادرند تأثیر مثبتی بر تعداد زئوپلانکتون‌های استخرهای گرمابی بگذارند. نکته قابل توجه دیگر، میزان نیاز کمتر به کود میکروبی مصرفی در این پژوهش در مقایسه به کود شیمیایی بود به طوریکه مجموعاً ۴۰ لیتر کود میکروبی (۲۰ لیتر ازتو باکتر کروکوکوم و ۲۰ لیتر باسیلوس کواگولانس) جهت کوددهی استخرهای میکروبی طی دوره سه ماهه بکارگرفته شد. میزان کم مورد نیاز این کوددها جهت بارورسازی استخرها، می‌تواند به نوعی هزینه بالاتر تهیه آن‌ها را نسبت به کودهای شیمیایی توجیه نماید. در بررسی همسو، جلالی و همکاران (۱۴۰۰) نیز استفاده از ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفات به همراه باکتری حل کننده فسفات برای باروری استخرهای پرورش ماهی گرمابی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی توصیه کردند. همچنین Sahu و Jana (۲۰۰۰) نیز استفاده از کودهای میکروبی حاوی باکتری‌های آزاد کننده فسفر را به منظور کاهش استفاده از کودهای شیمیایی در استخرهای گرمابی در هندوستان گزارش کردند.

در این تحقیق شاخص‌های تنوع سیمپسون و تنوع شانون بین فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتونها تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه شاخص غالبیت سیمپسون بین فیتوپلانکتون‌های تیمارهای کود میکروبی و شیمیایی

نشـان داد کـه ایـن شـاخص در تمـامی رده‌هـای فیتوپلانکتونی تیمار کود شیمیایی به شکل معنـی‌داری نسبت به تیمار کود میکروبی غالبیـت زیسـتی کمتـری داشتند (P<۰/۰۵). شاخص تنوع پایین سیمپسون نشان دهنـده قـرار گـرفتن گونـه‌ها درشرایط استرس‌زا می-باشد (Dagaonkar و Prakash، ۲۰۱۲). افزایش تنـوع رده‌های فیتوپلانکتونی در تیمار کود میکروبـی نسـبت به کود شیمیایی سبب تثبیت بیشتر اجتماعات و تولیـد شـده و ایـن سیسـتم کمتر در برابر اسـترس مسـتعد خواهـد بـود. بنـابراین استخر حاوی کود میکروبی که دارای تنـوع بـالاتری از نظـر فیتوپلانکتـونی بـوده، از پایداری بیشتری نیز در مقایسه با اسـتخر حـاوی کـود شیمیایی برخوردار می‌باشند. در ایـن بررسـی مقایسـه شاخص‌های تنوع زیستی زئوپلانکتون‌هـای تیمارهـای کود میکروبی و شیمیایی نشان داده شده که بیش‌تـرین شاخص تنوع شانون رده‌های زئوپلانکتونی مربوط بـه رده روتیفرا بود و در تیمار شیمیایی نسـبت بـه تیمـار کـود میکروبـی اخـتلاف معنـی‌داری را نشـان داد (P<۰/۰۵). در بررسی حاضـر، رده روتیفـرا در تیمـار کود میکروبی تنوع بیشـتری را نسـبت بـه تیمـار کـود شـیمیایی نشـان داد (P<۰/۰۵). Steiner (۲۰۰۴) بیـان کـرد کـه شـرایط مطلـوب دمـایی، قـدرت تکثیـر و بازسازی کوتاه مدت روتیفرها نسبت بـه گـروه¬هـای دیگر از قبیل کلادوسراها و کوپه پوداها، رقابـت درون گونه‌ای، منابع فیتوپلانکتونی، بهـره منـدی از فراوانـی سـطح حـداقلی منـابع مـورد نیـاز و تغذیـه ماهیـان پلانکتون خوار از گونه هـای زئوپلانکتـونی بـزرگ از دلایل احتمالی جمعیت پایین تر کوپه پوداها نسبت به روتیفرها دانست.

در مجموع، با توجه بـه زئوپلانکتـون‌خـوار بـودن اکثـر بچـه مـاهی‌هـای کپـور پرورشـی موجـود در اسـتخرهای گرمـابی در سـال اول دوره پـرورش و افزایش چشمگیر جمعیـت زئوپلانکتـون‌هـا در تیمـار کود میکروبی نسبت به کود شیمیایی، مـی‌تـوان نتیجـه گرفت که کودهای میکروبـی قادرنـد تـأثیر مثبتـی بـر تعـداد زئوپلانکتـون‌هـای

استخرهای گرمابی بگذارند.

**تشکر و قدردانی**

نویسندگان مقاله از زحمات کارکنان شرکت زیست فناوری کارا (سهامی خاص) به جهت راهنمایی‌ها و در اختیار گذاشتن کودهای میکروبی مورد استفاده در تحقیق و هم‌چنین جناب آقای مهندس رضا شوریده و مدیریت کارگاه پرورش ماهیان گرمابی شهرک صنعتی آبادان به لحاظ در اختیار گذاشتن کلیه امکانات و تجهیزات نمونه‌برداری کمال تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## منابع

Ahmed, A.G., Orabi, S.A., Gaballah, M.S., 2010. Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. International Journal of Academic Research 2, 271-279.

Bellinger, E.G., Sigee, D.C., 2010. Freshwater Algae: Identification and Use as Bio indicators. John Wiley and Sons, Ltd. pp.1-40.

Bhakta, J.N., 2003. Fertilizer microbial interactions in waste water system ., influence of fertilizer dose and stocking density of Fish Ph.D thesis university of Kalyani , Kalyani , India, 188 p.

Biari, A., Gholami, A., Rahmani, H.A., 2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. Journal of Biological Sciences 8, 1015-1020.

Boyd, C.E., Wood, C.W., Thunjai, T., 2002. Aquaculture pond bottom soil quality management. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon State University.

Dagaonkar, A., Prakash, M.M., 2012. Study of diversity indices (zooplankton) at Munj Sagar Talab, Dhar Madhya Pradesh, India. International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences 2, 1-7.

Dauda, A.B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A.S., Akinwole, A.O., 2019. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. Aquaculture and Fisheries 4(3), 81-88.

Fallahi, M., Amiri, A., Arshad, N., Moradi, M., Daghigh Roohi, J., 2013. Culture of Chinese carps using anaerobic fermented cow manure (Slurry) and comparison of survival and growth factors versus traditional culture. Iranian Journal of Fisheries Sciences 12, 56-75.

Farid Pak, F., 1995. Implementation guidelines for artificial reproduction and breeding of warm water fish. Aquatic Scientific Publications. Tehran. 308 pages.

Godara, S., Sihag, R.C., Gupta, R.K., 2015. Effect of pond fertilization with vermicompost and some other manures on the hydro biological parameters of treated pond waters. Journal of Fisheries and Aquatic Science 10, 212-231.

Jalali, M., Mahmoudi, N., Fallah Nasratabad, A., 2021. Reducing the consumption of phosphate chemical fertilizers in tropical fish breeding ponds through the use of phosphate-dissolving bacteria in the form of biofertilizers. Journal of Fisheries Science and Techniques. No. 10, 423-436.

Kanwal, S., Ahmed, I., Afzal, M., Sughra, F., and Abbas, K. 2003. Comparison of Fresh and Dry Cowdung Manuring on Growth Performance of Major Carps, International Journal Agriculture Biology 5, 313-315.

Naseri, R., Moghadam, A., Darabi, F., Hatami, A., Tahmasebei, G.R., 2013. The Effect of deficit irrigation and Azotobacter Chroococcum and Azospirillum brasilense on grain yield, yield components of maize (SC704) as a second cropping in western Iran. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2, 104- 112.

Ponce-Palafox, J.T., Arredondo-Figueroa, J.L., Castillo-Vargasmachuca, S.G., Rodríguez Chávez, G., Benítez-Valle, A., Regalado de Dios, M.A., Medina-Carrillo, F., Navarro-Villalobos, R., Gómez-Gurrola, J.A., López- Lugo, P., 2010. The effect of chemical and organic fertilization on phytoplankton and fish production in carp (Cyprinidae) polyculture system. Revista Bio Ciencias 1, 44-50.

Ribaudo, C., Zaballa, J.I., and Golluscio, R. 2020. Effect of the phosphorus-solubilizing bacterium Enterobacter Ludwigii on barley growth promotion. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences 26, 144-157.

Right, N., 2001. Biological fertilizers and their role in achieving sustainable agriculture. Publications of Agricultural Education Publishing Center, 54 pages.

Sahu, S.N., Jana, B.B., 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. Ecological Engineering 15, 27-39.

Savci, S., 2012. An agricultural pollutant: chemical fertilizer. International Journal of Environmental Science and Development 3, 73.

Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163, 688.

Steiner, C.F. 2004. Daphnia dominance and zooplankton community structure in fishless ponds. Journal of Plankton Research 26, 799-810.

Vovk, N.I., Bazaeva, A.V., Didenko, A.V., 2013. Use of the phosphate-solubilizing bacterial preparation polymyxobacterin in pond aquaculture. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 13, 1-9.

*Journal of New Technologies in Aquaculture Development, Azadshahr Branch, Islamic Azad University*
*Vol. 16, No. 2, Summer 2022*

# Effects of chemical and microbial fertilizers on the biodiversity indices of phytoplankton and zooplankton orders and density of primary production of earthen ponds of common carp fry

**Marzieh Ghorbani[1], Seyed Pezhman Hosseini Shekarabi[1], Mehdi Shamsaie Mehrgan[1*], Emdad dadvar[1]**
[1]Department of Fisheries, Science and Research Brach, Islamic Azad University, Tehran, Iran

**Abstract**
In this study, the effect of chemical and microbial fertilizers on the density of primary products and biodiversity indices of phytoplankton and zooplankton biodiversity categories over a period of three months in a hydrothermal fish farm located in Abadan city were studied and compared. The experiment was completely randomized, consisting of two treatments, each with three replications, including the first treatment: water's pond fertilized by chemical fertilizers and cow manure, and the second treatment: water's pond fertilized by microbial fertilizers and cow manure. In this study, different types of phosphate fertilizers at the rate of 75 kg per hectare and microbial fertilizers including two nitrogen bacteria, *Azotobacter chroococcum*, and *Bacillus coagulans* were used. The results of this study showed that the mean of phytoplankton counted in the first treatment (chemical fertilizer) was significantly higher than their number in the second treatment (microbial fertilizer) ($P<0.05$). Among them, most of the counted phytoplankton belonged to the *Bacillariophyceae* class in chemical fertilizer treatment. However, the mean of zooplankton counted in the second treatment (microbial fertilizer) indicated a higher number of zooplankton compared to the first treatment (chemical fertilizer) ($P<0.05$). Among them, most of the counted zooplankton belonged to the Rotifer class in microbial treatment. In conclusion, due to the zooplankton being eaten by most carp juveniles in hydrothermal ponds in the first year of breeding and a significant increase in zooplankton population in microbial fertilizer treatment compared to chemical fertilizer, it can be concluded that microbial fertilizers have a positive effect on the number of zooplankton in hydrothermal pools.

***Keywords*:** Phosphate fertilizer, Microbial fertilizer, Primary production, Phytoplankton population, Zooplankton population.

*Corresponding authors; m.shamsaie@srbiauac.ir