پناتسیل استفاده از نانوتکنولوژی در تصفیه آب سیستم‌های پرورش آبزیان زینتی

سید حسین حسینی‌فر[۱]، نیلوفر نیک دهقان[۲*]

* niloufar.nikdehghan2018@gmail.com

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- گروه بوم شناسی آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

در حال حاضر تولید آبزی‌پروری تجاری و تزیینی رو به افزایش است و این امر مستلزم مصرف میزان بالایی آب در سیستم‌ها تکثیر و پرورش این گروه از آبزیان است. با توجه به محدودیت‌های موجود در منابع آبی، توسعه پایدار آبزی‌پروری آبزیان زینتی مستلزم صرفه جویی و به حداقل رساندن مصرف آب است. یکی از راهبردهای موثر در کاهش مصرف آب و به‌کارگیری مجدد، تصفیه آب می‌باشد. نانوتکنولوژی در طی سالیان اخیر رشد و گسترده‌ای در همه جنبه‌های علوم و صنایع داشته است. با توجه به کارایی نانوتکنولوژی و تنوع موجود در روش‌های استفاده از آن، می‌تواند بطور گسترده‌ای در تصفیه آب سیستم‌ها تکثیر و پرورش آبزیان زینتی مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله روش‌های مختلف به‌کارگیری نانوتکنولوژی در تصفیه پسآب، با تاکید بر نانولوله‌های کربنی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نانوتکنولوژی، فیلتراسیون، پسآب، آبزی‌پروری، ماهیان تزئینی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.4.5.4]

مقدمه

نانوتکنولوژی در طی سالیان اخیر رشد و گسترده‌ای در همه جنبه‌های علوم و صنایع داشته است (Singh *et al.*, 2017). ازینرو به عنوان یک اولویت و راهبرد در توسعه کشورها محسوب می‌شود. امروزه فناوری نانو به دلیل گستردگی حوزه‌های کاربرد، تأثیرگذاری مستقیمی بر اغلب صنایع و علوم داشته و به عنوان یک فناوری اولویت‌دار و راهبردی برای تمام کشورها محسوب می‌شود (Bhattacharyya *et al.*, 2017). یک نانومتر معادل متر یا به عبارتی یک میلیاردم متر است. براساس تعریف ارائه شده توسط مؤسسه‌ی ملی پیشگامی فناوری نانو در آمریکا، نانوتکنولوژی شامل توسعه تحقیقات و فناوری در سطوح اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی با طول تقریبی از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، می‌باشد.

در حال حاضر تولید آبزی‌پروری تجاری و تزیینی رو به افزایش است و این امر مستلزم مصرف میزان بالایی آب در سیستم ها تکثیر و پرورش این گروه از آبزیان است (FAO, 2016). با توجه به محدودیت‌های موجود در منابع آبی، توسعه پایدار آبزی‌پروری آبزیان زینتی مستلزم صرفه جویی و به حداقل رساندن مصرف آب است(Little *et al.*, 2016). یکی از راهبردهای موثر در کاهش مصرف آب و به‌کارگیری مجدد، تصفیه آب می‌باشد. با توجه به کارایی نانوتکنولوژی و تنوع موجود در روش‌های استفاده از آن، می‌تواند به‌طور گسترده ای در تصفیه آب سیستم‌ها تکثیر و پرورش آبزیان زینتی مورد استفاده قرار گیرد. انواع فن آوری های نانو که در آبزی‌پروری قابلیت استفاده دارند شامل استفاده از نانوفیلتر، نانوکاتالیست، نانوکامپوزیت، نانوذرات، نانو سنسورها می‌باشد (Bhattacharyya *et al.*, 2017). در این مقاله روش‌های مختلف بکارگیری نانوتکنولوژی در تصفیه پسآب، با تاکید بر نانولوله‌های کربنی مورد بررسی قرار گرفته است.

نانوذرات آهن صفر ظرفیتی

تحقیقات صورت پذیرفته نشان داده است که نانوذرات آهن قابلیت تغییر شکل و سمیت‌زدایی طلف وسیعی از آلاینده‌های رایج محیطی نظیر آفت کش‌های ارگانوکلره را دارد. نانوذرات آهن دارای سطح مقطع ویژه بالایی بوده و در اثر تغییر شکل آلاینده‌ها محصولات جانبی کم خطری تولید می‌کنند (Tuček *et al.*, 2017). با توجه به اینکه سموم کشاورزی به‌طور گسترده ای در ایران استفاده می‌شوند و این آلاینده‌ها می‌تواند از طریق آب ورودی به مزارع تکثیر و پرورش آبزیان زینتی راه پیدا کنند. به‌نظر می‌رسد استفاده از این نوع نانو تکنولوژی می‌تواند بعنوان یک راهبرد موثر مطرح باشد.

زئولیت‌ها

جاذب‌ها به‌طور وسیعی برای تصفیه آب و فاضلاب و حذف آلاینده‌های آلی و معدنی استفاده می‌شوند. زئولیت‌ها، جامدات کریستالی با فضاهای متخلخل بسیار ریز و با ساختار مشخص هستند (Bogdanov *et al.*, 2008). زئولیت‌ها به‌عنوان جاذب‌ها و بسترهای تعویض یونی با کارایی بالا برای یون‌های فلزی هستند. این مواد ظرفیت پایداری گرمایی بالایی داشته و قابلیت تعویض یونی بالایی دارند. مطالعه صورت پذیرفته نشان داده است که زئولیت‌ها می‌توانند سبب جذب فلزات سنگین شده و مسمومیت‌های احتمالی ناشی از آن‌ها را کاهش دهد(Bogdanov *et al.*, 2008). همچنین این مواد به دلیل ظرفیت تبادل یونی بالا، حفرات فراوان و قابلیت تشکیل ژل ضعیف قابلیت جذب سموم قارچی و به خصوص آفلاتوکسین‌ها را دارند. با توجه قابلیت‌های فوق، می‌توان ازین دسته از مواد به عنوان راهبرد موثر در تصفیه آب محیط‌های پرورش استفاده نمود.

نانو فتو کاتالیست‌ها

یک دسته دیگر از راهبردهای نانوتکنولوژیک در تصفیه پسآب محیط‌های پرورش آبزیان زینتی استفاده از نانو فتو کاتالیست‌ها است. این مواد سبب تجزیه آلاینده‌ها در آب و فاضلاب و تبدیل آن‌ها به مواد بی خطر نظیر آب و دی‌اکسید کربن می‌شوند (Mahmoodi and Arami, 2009). از انواع فتو کاتالیست می‌توان به اکسید روی، دی اکسید تیتانیم، اکسید تنگستن، اکسید آهن اشاره کرد. در بین موارد ذکر شده دی اکسید تیتانیم به علت قیمت پایین، عدم نیاز به انرژی بالا، بازدهی بالا و عدم ایجاد آلودگی قابلیت استفاده بیشتری دارد (Mahmoodi and Arami, 2009).

نانو سنسورها

استفاده از نانوسنسورها یکی از راهبردهای جدید نانوتکنولوژیک در تصفیه پسآب آبزی پروری است. امروز از

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.4.5.4]

فناوری نـانو رد کابردهـای حـس‌گـری یـا شناسـایی اسـتفاده می‌شود. از نانوسنسورها می‌توان جهت تشخیص آلاینـده‌هـا و عوامل بیماری‌زا استفاده کرد. این حسـگرها حساسـیت بسـیار بالایی داشته و می‌توانند دارای عملکرد انتخابی باشـند و بـرای یک آلاینده خاص طراحی شوند (Qu *et al.*, 2013).

نانوفیلتراسیون

یکـی دیگـر از راهبردهـای نانوتکنولوژیـک در تصـفیه پسـآب محیط‌های پرورش آبزیان می‌تواند اسـتفاده از نانوفیلتراسـیون باشد. در این روش از فیلترهایی با خصوصیاتی مـا بـین اسـمز معکـوس و التـرا اسـتفاده مـی‌گـردد (Qu *et al.*, 2013). از راهبـرد نانوفیلتراسـیون مـی‌توانـد جهـت حـذف کـدورت، میکرو ارگانیسم‌ها، حذف آلاینده‌های آلی محلول، کربن آلـی و فلزات سـنگین اسـتفاده نمـود. یکـی از انـواع نانوفیلتراسـیون استفاده از نانو جاذب‌هـایی ماننـد نانولولـه‌هـای کـربن(CNT) می‌باشد که برای حذف فلزات سنگین، مواد آلی و آلاینده‌هـای بیولوژیکی هـم اسـتفاده مـی‌شـوند (Qu *et al.*, 2013). نـانو لوله‌های کربن به دلیل قابلیت‌های ویـژه فـوق‌العـاده‌ای کـه در تصفیه آب دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند و ثابـت شـده است که به‌صورت موثری در حـذف آلاینـده‌هـای شـیمیایی و بیولوژیکی نقش خواهند داشت.

نانولوله‌های کربن قادرند گستره وسیعی از آلودگی‌ها نظیـر فلزات سنگین Cr^{+3}، Pb^{+2}، Zn^{+2}، شبه فلزاتی نظیر آرسـنیک، مواد آلی نظیر ترکیبـات حلقـوی آروماتیـک، علـف کـش‌هـا و گستره وسیعی از آلاینده‌هـای بیولـوژیکی شـامل بـاکتری‌هـا، ویروس‌ها و سموم سیانو باکتریایی را حـذف نماینـد. موفقیـت نانولوله‌های کربن در حذف آلاینده‌هـای بیولـوژیکی بخصـوص پاتوژن‌ها به خصوصیات فیزیکـی و خاصـیت عاملـدار شـدن و سمیت آن‌ها برای سلول‌ها نسبت داده مـی‌شـود(Liu *et al.*, 2013). جذب آلاینده‌های آلی و فلزی روی نانولوله‌های کـربن به‌صورت گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است ولـی جـذب آلاینـده‌هـای بیولـوژیکی نیـاز بـه مطالعـات و درک جزئیـات بیشتری دارد (Rao *et al.*, 2007).

توانایی نانولوله‌های کربن در جذب آلاینده‌هـای بیولـوژیکی عمدتا به‌دلیل عاملدار شدن و خواص و ساختار فیزیکـی آن‌هـا می‌باشد. صدها نانوتیوب کربن در نتیجه نیروی واندروالس بهم متصل شده و شبکه به‌هـم پیوسـته‌ای از حفـرات متراکمـی را بوجود می آورند(Yan *et al.*, 2008) این سوراخ‌ها و حفـرات دارای اندازه‌هایی بین ۵۰-۲ نانومتر می‌باشند و قادرند سـطح خارجی زیادی را بوجود آورده تـا میکـروب‌هـا و ویـروس‌هـا را جـذب نماینـد (Yan *et al.*, 2008). عمـل جـذب در چهـار ناحیه از نانولوله های کربن اتفاق می‌افتد که شامل فواصل بین نانولوله‌های درون یک دسته نانولولـه، در حفـرات درون یـک نانولوله که انتهای آن‌ها باز باشد، در شیار و مرز بین دسته‌های نانولوله، در سطح خارجی نانولولـه مـی‌باشـد (Agnihotri *et al.*, 2005).

خواص سمی نانولوله های کربن

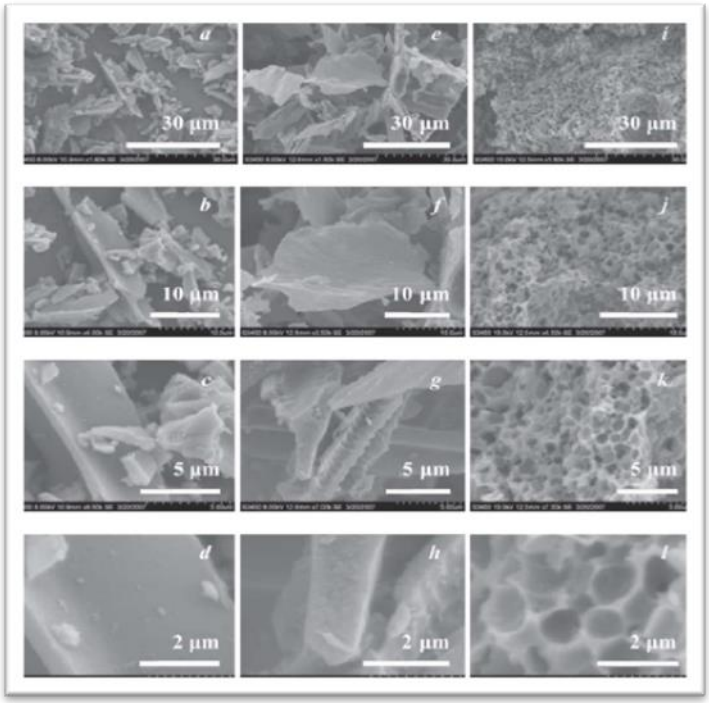
رشد و ماندگاری پاتوژن‌ها روی مواد کربندار توسـط محققـین بسیاری بیان شده است ولی خواص سمی نانولولـه‌هـای کـربن مانع از رشد پاتوژن‌ها بر روی سطح آن‌ها می‌شـود. در مقایسـه با فیلترهای دارای کربن فعال گرانولـه کـه میکروارگانیسـم‌هـا روی آن‌ها رشد کرده و بیو فیلم تشکیل می‌دهند در فیلترهای دارای نانولوله‌های کربن از رشد میکروارگانیسـم‌هـا جلـوگیری شده که این خاصیت به خود تمیز شوندگی فیلترهـای جـذبی CNT نام برده مـی شـود (Liu *et al.*, 2013). نانولولـه‌هـای کـربن بـرای گسـتره وسـیعی از میکروارگانیسـم هـا ماننـد باکتری‌های، گونه‌های از پروتوزواها و ویروس‌ها خاصیت آنتـی میکروبـی دارنـد (Brady-Estévez *et al.*, 2008). خاصـیت آنتی میکروبی نانولوله‌های کربن به‌دلیل حالـت رشـته‌ای آنهـا است. رشته‌های باریک درون سلول‌های باکتریایی نفوذ کرده و راه‌های متابولیسمی درون سلولی را مسـدود کـرده و محتـوای سلولی را متلاشی می‌کنند. در ابتدا تصور می‌شد ناخالصی‌هـا و فلزاتی که در سنتز این نانو مواد استفاده شـده اسـت خاصـیت سمیت برای سلول‌ها را دارد اما بعدها مشخص شد که خـواص فیزیوشیمیایی آن‌ها تاثیر زیادی بر خاصیت سـمی نانولولـه‌هـا دارد. اندازه و طول نانولوله‌ها، پراکندگی و ناخالصی‌هـای آن‌هـا (مانند کربن‌های بی شـکل از جملـه عـواملی هسـتند کـه بـر خـواص نانولولـه‌هـا تـاثیر دارنـد (Brady-Estévez *et al.*, 2008).

به‌علاوه نانو لوله‌های کربنی بدلیل رشته‌ای بودن نانولوله‌ها و بالا بودن نسـبت طـول بـه عـرض آن‌هـا (تقریبـاً بـا نسـبت ۲۰۰۰)، قابلیت جذب میکروارگانسیم‌ها را دارند (Liu *et al.*, 2013). خاصیت جذب نوعی میکروب روی نانولوله کربن تـک

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.4.5.4]

دیواره، پودر کربن فعال و نانو کربن (در حالت کرم) مورد آزمایش قرار گرفت و نتیجه این آزمایش نشان داد که جذب با استفاده از نانولوله کربن ۳۷-۲۷ برابر دو جاذب دیگر می‌باشد (Brady-Estévez *et al.*, 2008). زیرا دو ماده دیگر سطح خارجی قابل دسترس کمتر و نسبت طول به عرض کمتری داشتند.



شکل ۱: سه ماده نانو لوله کربنی(i-l)، نانو کربن متخلخل(e-h) و کربن فعال(a-d)

ملاحظات عملی در استفاده از نانولوله های کربنی در تصفیه پسآب آبزی پروری

نانولوله‌های کربنی (CNTs) به عنوان جاذب‌های بسیار خوبی برای تغلیظ و حذف آلاینده‌های بیولوژیک از سیستم‌های آبی درنظر گرفته می‌شوند. با این‌ها بسیاری از جنبه‌های عملی به‌کارگیری آن‌ها شامل هزینه به‌کارگیری، عملی بودن، قابلیت جداسازی می‌باشد. بسیاری از محققین هنوز بر این نظر هستند که از CNTs به‌دلیل هزینه بالا نمی‌توان در مقیاس وسیع استفاده کرد. اگرچه مطالعات صورت پذیرفته ثابت کرده است که تولید انبوه CNTs با کیفیت بالا و هزینه کم ممکن می باشد (Agboola *et al.*, 2007). CNTs ها را می‌توان از طریق تجزیه هیدروکربن‌ها در رآکتور ترسیب شیمیایی (CCVD) تولید نمود (Agboola *et al.*, 2007).

درخصوص قابلیت کاربرد این مواد در تصفیه پسآب آبزی پروری مطالعه‌ای صورت نپذیرفته است. با این حال مشخص شده است مزیت استفاده از فیلترهای CNT این است که نرخ بالای جریان با کاهش فشار معقولانه به‌دست می‌آید (Mostafavi *et al.*, 2009). به‌علاوه، خاصیت کاتالیزوری CNT مانع تجمع بیوفیلم بیماریزا بر روی سطح آن می‌شود که نظافت آن را آسان می‌کند. این دو مزیت فیلترهای CNT تا حد زیادی هزینه بالای آن‌ها را جبران می‌کند. همچنین نفوذپذیری آب از بین غشاءهای نانولوله‌های کربنی چندین برابر بیشتر از غشاءهای پلی کربناته سنتی است (Li *et al.*, 2008). آب از بین کانال داخلی CNT ها عبور می‌کند درحالیکه آلاینده‌های بزرگ مانند میکروارگانیزم‌ها پس زده می‌شوند. ثابت شده است که فیلترهای CNT در حذف باکتری ها و ویروس ها کارایی دارند. باکتری های با تراکم 10^{-6} ml CFU توسط فیلترهای نانو لوله‌های کربنی به طور کامل نگه داشته و غیرفعال می شوند (Mostafavi *et al.*, 2009). با توجه به اهمیت بیماری‌های باکتریایی در آبزیان

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.4.5.4]

زینتی، استفاده از این مواد در تصفیه پساب سیستم‌ها پرورش آبزیان زینتی و یا در فیلتر اکواریوم‌ها، می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مهم در پیشگیری از بروز بیماری مطرح باشد. به‌علاوه مصطفوی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که می‌توان از نانوفیلترهای CNT برای حذف ویروس‌ها در آب استفاده نمود. با عنایب به مشکلات درمان بیماری های ویروسی، استفاده از این تکنولوژی می‌تواند به پیشگیری از بروز بیماری‌های ویروسی در ماهیان آکواریومی و زینتی بیانجامد.

استفاده از نانوتکنولوژی می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد موثر در کاهش مصرف آب و نیز پیشگیری از بروز بیماری‌ها در آبزیان زینتی بیانجامد. با این حال این تکنولوژی تاکنون بطور گسترده‌ای در تصفیه پساب آبزی‌پروری و یا در فیلتراسیون آب آکواریوم‌ها استفاده نشده است. بنابراین، نیازمند انجام مطالعات بیشتری در این خصوص است. یکی از ملاحظاتی که می‌بایست حتما مدنظر باشد، اثرات زیست محیطی نانوتکنولوژی در صورت رهایش نانو مواد در آب است.

منابع

Agboola, A.E., Pike, R.W., Hertwig, T. and Lou, H.H., 2007. Conceptual design of carbon nanotube processes. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 9, 289-311.

Agnihotri, S., Mota, J.P., Rostam-Abadi, M. and Rood, M.J., 2005. Structural characterization of single-walled carbon nanotube bundles by experiment and molecular simulation. *Langmuir*, 21, 896-904.

Bhattacharyya, S., Bennett, J., Short, L.C., Theisen, TS, Wichman, M.D., White, J.C. and Wright, S., 2017. Nanotechnology in the water industry, part 1: Occurrence and risks. *Journal-American Water Works Association*, 109, 30-37.

Bogdanov, B., Georgiev, D., Angelova, K. and Hristov, Y., 2008. Synthetic zeolit and their industrial and environmental application review. *Natural and Mathematical Science*, vol 19. no 7. 1-5.

Brady-Estévez, A.S., Kang, S. and Elimelech, M., 2008., A single-walled-carbon-nanotube filter for removal of viral and bacterial pathogens. *Small*, 4, 481-484.

FAO, 2016. Aquaculture department (2016) the state of world fisheries and aquaculture 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 243 P.

Li, Q., Mahendra, S., Lyon, D.Y., Brunet, L., Liga, M.V., Li, D. and Alvarez, P.J., 2008. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. *Water research*, 42, 4591-4602.

Little, D.C., Newton, R. and Beveridge, M., 2016. Aquaculture: a rapidly growing and significant source of sustainable food? Status, transitions and potential. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75, 274-286.

Liu, X., Wang, M., Zhang, S. and Pan, B., 2013. Application potential of carbon nanotubes in water treatment: a review. *Journal of Environmental Sciences*, 25, 1263-1280.

Mahmoodi, N.M. and Arami, M., 2009. Degradation and toxicity reduction of textile wastewater using immobilized titania nanophotocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 94, 20-24.

Mostafavi, S., Mehrnia, M. and Rashidi, A., 2009. Preparation of nanofilter from carbon nanotubes for application in virus removal from water. *Desalination*, 238, 271-280.

Qu, X., Alvarez, P.J. and Li, Q., 2013. Applications of nanotechnology in water and

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.4.5.4]

wastewater treatment. *Water Research,* 47, 3931-3946.

Rao, G.P., Lu, C. and Su, F., 2007. Sorption of divalent metal ions from aqueous solution by carbon nanotubes: a review. *Separation and Purification Technology*, 58, 224-231.

Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V.K. and Rather, I.A., 2017. Application of nanotechnology in food science: perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1501.

Tuček, Jí., Prucek, R., Kolařík, J., Zoppellaro, G., Petr, M., Filip, J., Sharma, V.K. and Zbořil, R., 2017. Zero-valent iron nanoparticles reduce arsenites and arsenates to As (0) firmly embedded in core–shell superstructure: challenging strategy of arsenic treatment under anoxic conditions. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering,* 5, 3027-3038.

Yan, X., Shi, B., Lu, J., Feng, C., Wang, D. and Tang, H., 2008. Adsorption and desorption of atrazine on carbon nanotubes. *Journal of Colloid and Interface Science*, 321, 30-38.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.4.5.4]

Potential application of nanotechnology for water treatment in ornamental aquatics culture systems

Hoseinifar S.H.[1]; Nikdehghan N.[1]

[*] niloufar.nikdehghan2018@gmail.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Abstract

At present, the ornamental fish aquaculture and edible fish aquaculture are growing, and this requires the high consumption of water in culture systems aimed at breeding and cultivation of this group of aquatic animals. Considering, the limitations of water resources, sustainable development of ornamental fish aquaculture requires saving and minimizing water consumption. One of the effective strategies to reduce water consumption and reuse, is water treatment. Nanotechnology has grown over the past years in all aspects of science and industry. Due to the efficiency of nanotechnology and the diversity of its methods of use, it can be widely used in treatment of water in culture systems. In this paper, various methods of using nanotechnology in wastewater treatment, with emphasis on carbon nanotubes, have been investigated.

Keywords: Nanotechnology, Filtration, Wastewater, Aquaculture, Ornamental fish

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.4.5.4]