بررسی اثر نانوذرات آهن در میزان برخی از محصولات جلبک دونالیلا سالینا (*Dunalliela salina*)

- **حمید رمضانی***: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
- **علی گنجیان‌خناری**: گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آبی خزر (کاسپین)، وزارت علوم تحقیقات و فن آوری، ساری، ایران
- **محمد قدیری‌ابیانه**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نانو ذرات آهن بر روی جلبک دونالیلا سالینا به‌عنوان یکی از گونه‌های با ارزش آبزی در برخی از دریاچه‌های آب شور ایران، با هدف تغییر در تولید برخی از محصولات فتوسنتزی (تحت شرایط ثابت نور، دما و pH) این تحقیق انجام شد. تهیه نمونه از مرکز تحقیقات تولید و پرورش آرتمیا در استان کرمان، انجام شد و تحت شرایط استاندارد به گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آبی خزر (کاسپین) انتقال داده شد و پس از جداسازی، خالص‌سازی و کشت در محیط جانسون پیشرفته برای سایر بررسی‌ها آماده شد. ۳ تیمار برای مدت ۱۲ روز و هر کدام با سه تکرار تحت تاثیر دزهای مختلف نانوذرات آهن (۰/۰۷۵، ۰/۷۵ و ۷/۵ میلی‌گرم بر لیتر) قرار داده شد و با نمونه شاهد با استفاده از نرم‌افزار SPSS-V18 مقایسه شد. نتایج حاصل نشان از تاثیر نانوذرات بر روی مقادیر کلروفیل a و b می‌باشد و نشان داد که نسبت به نمونه شاهد تغییرات معنی‌دار است (P≤۰/۰۵). میزان بتا کاروتن و گلیسرول (هر سه تیمار) نیز تغییرات معنی‌دار است (P≤۰/۰۵). به‌نظر می‌رسد که غلظت‌های مختلف نانوذرات می‌تواند باعث تغییر در میزان برخی تولیدات فتوسنتزی جلبک دونالیلا و افزایش برخی محصولات با ارزش مانند گلیسرول و بتاکاروتن شود.

کلمات کلیدی: میکرو جلبک دونالیلا، نانوذرات آهن، بتاکاروتن، گلیسرول و کلروفیل

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Hamid_ramezani@yahoo.com

(DOI): 10.22034/aej.2020.121663

مقدمه

میکروجلبک‌های آب شور و شیرین از گونه‌های با ارزش در زمینه تولیدات بیولوژیک محسوب شده و به‌دلیل توانایی بالا در میزان تولید، سرعت تکثیر و رشد، در دانش بیوتکنولوژی برای دستیابی به محصولات ارزشمند دارویی و غذایی و منابع نوین انرژی مورد توجه قرار دارند. تاثیر فاکتورهای محیطی بر روی میزان رشد و تولید محصولات این منابع آبزی موردبررسی قرار گرفته است (پورافراسیابی و همکاران، ۲۰۱۳؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳ و گنجیان‌خناری، ۱۳۸۹). در مجموع میکروجلبک‌های مورد بررسی گونه‌های آب شور دارای اهمیت خاصی هستند. جلبک *Dunalliela* به شاخه (جلبک سبز) تعلق دارد. جلبک دونالیلا سالینا (*Dunalliela salina*) جلبکی تک‌سلولی، فاقد دیواره سلولی و دارای توانایی فتوسنتز و مقاومت بالا در شرایط متفاوت محیطی است. جلبک دونالیلا از جمله میکروجلبک‌های آب‌های شور دریاچه‌های ایران و حاشیه خلیج فارس و دریای عمان است. تولید این جلبک و قابلیت کشت آن به‌طور طبیعی و مصنوعی در دریاچه‌های ارومیه و مهارلو، نمکدان قشم در تولید محصولات بیولوژیکی ارزشمند، تغذیه دام و طیور و هم‌چنین پرورش آرتمیا و تولید ماهی نشان داده شده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۷۹). تحقیقات روی خواص دارویی کاروتنوئیدها نشان داده شده که این ترکیب‌ها منجر به مهار رشد سلول‌های نوروبلاستوما و کاهش خطر سرطان کبد و شش، پوست، معده، پروستات در بدن موش شده است، هم‌چنین باعث تغییر و کاهش در تعداد و سایز تومورها و کاهش تخریب ماکولار و کوری در فرد، باعث افزایش سلول‌های کمکی T4 و افزایش ایمنی در بدن می‌شوند (Reja و همکاران، ۲۰۰۷؛ مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰). امروزه رنگ ماهی به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم در بازار پسندی است که در تعیین قیمت ماهی، پذیرش مشتری و میزان فروش نقش به‌سزایی دارا است، به گونه‌ای که رنگ ماهی را براساس درخواست بازار با انواع کاروتنوئیدهای طبیعی یا سنتزی تنظیم می‌نمایند (Kop و Durmaz، ۲۰۰۸). تنها منبع رنگی موجودات آبزی مواد غذایی موجود در محیط زیست طبیعی آن‌ها می‌باشد (Kop و Durmaz، ۲۰۰۸؛ Miki، ۱۹۹۱). مطالعات نشان داده است که این جلبک تحت تاثیر استرس شوری و افزایش نور خورشید توانایی قابل توجهی در میزان تولید محصولاتی چون کاروتن، پروتئین و گلیسرول، لیپید دارد. تجمع کاروتنوئید در کلروپلاست جلبک و تحت شرایط استرس صورت می‌گیرد. نانوذرات به‌عنوان یکی از عوامل مهم در بهبود رشد سلول و یا رنگدانه‌ها، القای توده‌های لیپیدی بین سلولی با استفاده از تغذیه رقابتی و ایجاد محیط تحت تنش، به‌صورت مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی بر روی محصولات بیولوژیک میکروجلبک‌ها تاثیر می‌گذارند (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به ارزش و اهمیت جلبک دونالیلا به‌عنوان اولین گروه‌هایی که از میکروجلبک‌های مورد استفاده برای تولید بیودیزل قرار گرفتند و با توجه به بحث استفاده از نانوذرات در فرایندهای کشت و برداشت میکروجلبک‌ها برای تولید بیودیزل (شرفی و غیاثوند، ۱۳۷۸؛ مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بهشتی‌فر، ۱۳۹۰)، این بررسی با استفاده از افزودن نانوذرات آهن به محیط کشت این جلبک انجام شد تا میزان تغییرات محصولات حاصل از فتوسنتز در این جلبک تحت تاثیر نانوذرات آهن مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از نمونه‌های آماده برای کشت و پرورش آرتمیا از شرکت ایران آرتمیا در استان کرمان انجام شد و برای افزایش دقت در عمل و انجام مراحل رقت‌سازی، خالص‌سازی و جداسازی گونه جلبک دونالیلا سالینا به آزمایشگاه جلبک‌شناسی و کشت جلبک گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آبی خزر (کاسپین)، منتقل شد. به این منظور کشت جلبک درمحیط کشت جانسون پیشرفته (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۳) در حجم‌های یک لیتری انجام شد. به هر تیمار و نمونه شاهد ۲۰ سی‌سی از نمونه استوک اولیه خالص شده، جلبک اضافه شد. نمونه‌ها درسه تیمار با سه تکرار به غلظت (۰/۰۷۵، ۰/۷۵ و ۷/۵ میلی‌گرم در لیتر) از نانوذرات آهن اضافه شد و هر نمونه شاهد تحت شرایط مشابه از نظر (دمایی در۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد، pH = ۷ و در پریود زمانی۱۲ ساعته تاریکی و روشنایی و تحت تاثیر نور۳۵۰±۳۵۰۰ لوکس با استفاده از لامپ فلورسنت در ارلن‌هایی با حجم ۲۵۰ سی‌سی قرار داده شدند. تحت شرایط استریل برای جلوگیری از نشست جلبک در ته ظروف و توزیع یکنواخت مواد مغذی با استفاده از پمپ هوا تحت شرایط استریل هوادهی انجام شد. برای تهیه نانو ذرات آهن مقدار ۰/۱ میلی‌گرم را در یک لیتر آب معقطر حل شد و با مقادیر ذکر شده به تیمارها اضافه شد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). شمارش سلولی در هر دو روز یک‌بار با استفاده از لام نئوبار انجام شد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). مقادیر رشد ویژه و ضریب رشد ویژه اندازه‌گیری شد (آیت ا... زاده‌شیرازی و همکاران، ۱۳۹۲). برای اندازه‌گیری مقادیر کاروتنوئیدهای کل و کلروفیل‌های a و b با استفاده از روش اسپکتروفتومتری، سانتریفیوژ در ۵۰۰۰ rpm به‌مدت ۱۰ دقیقه، حذف مایع رویی و اضافه کردن استون ۸۵٪ به رسوب جلبکی و قراردادن تحت شرایط تاریکی به‌مدت ۵ دقیقه و سانتریفیوژ مجدد جداسازی شد. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر (PerkinElmer، Lambda 650) مقادیر کاروتنوئید و میزان کلروفیل a و b تولید شده از روش اسپکتروفتومتری درطول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۴ و ۴۲۲ نانومتر بر حسب نانوگرم بر هر سلول اندازه‌گیری شد (قاسمی، ۱۳۹۳). برای اندازه‌گیری گلیسرول تولید شده نیز

(DOI): 10.22034/aej.2020.121663

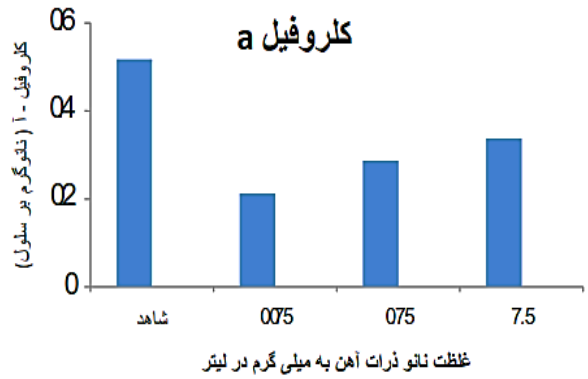
پس از۵ دقیقه سانتریفیوژ در ۵۰۰۰ rpm و جداسازی مایع رویی، پس از افزودن محیط کشت جانسون، ۲۰۰ میکرولیتر نمونه جلبکی جداسازی شده و به آن ۱ میلی‌لیتر پریودات و ۲/۲ میلی‌لیتر استیل استن افزوده شده و به‌آرامی تکان داده شد،۲۰ دقیقه در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری و پس از آن برای استخراج گلیسرول دوباره مانند قبل سانتریفیوژ شد و مقدار غلظت آن در ۴۱۰ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر باتوجه به‌منحنی‌استاندارد برحسب پیکوگرم بر هر سلول اندازه‌گیری شد. در نهایت مقادیر میانگین، انحراف معیار به‌دست آمده از نتایج هر تیمار و نمونه شاهد با استفاده از نرم‌افزارهای Excel -2007 و SPSS-18 مورد آنالیز آماری قرار گرفت. برای تجزیه وتحلیل داده‌هاازروش One way ANOVA و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد استفاده گردید (p≤۰/۰۵).

نتایج

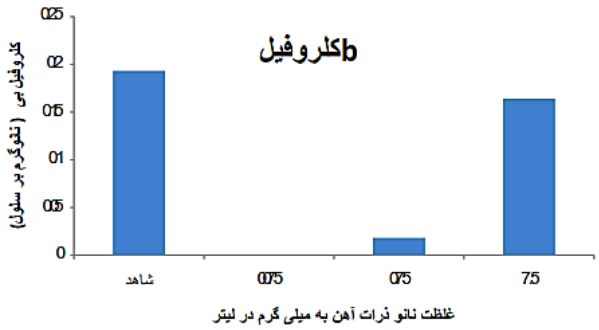
بررسی نتایج حاصل از تاثیر نانوذرات آهن بر روی جلبک دونالیلا نشان داد که این نانوذرات بر روی مقادیر ضریب رشد ویژه و نرخ رشد (d/µ)، کلروفیل a و b، میزان گلیسرول، بتاکاروتن و کارتنوئید تولید شده دارای اثر بوده و باعث تغییر در میزان آن در تیمارهای مختلف شده است (شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵).

جدول ۱: میزان تاثیر نانوذرات آهن بر مقدار نرخ رشد و ضریب رشد ویژه جلبک دونالیلا سالینا

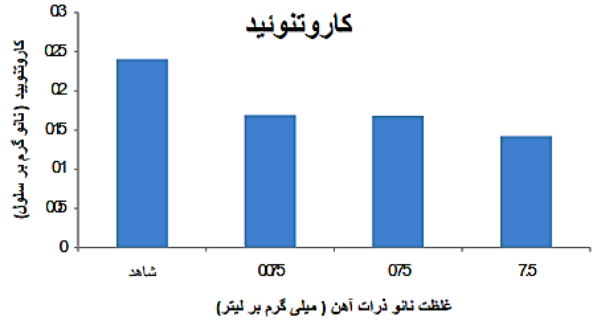
نمونه	نرخ رشد	ضریب رشد ویژه
شاهد	۰/۲۰	۰/۲۲
تیمار۱	۰/۲۳	۰/۲۵
تیمار۲	۰/۲۵	۰/۲۷
تیمار۳	۰/۲۷	۰/۲۹



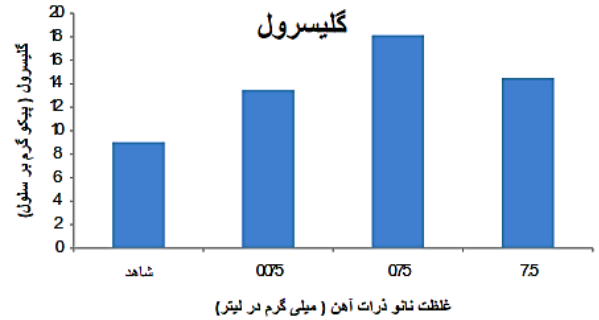
شکل ۱: نمودار تاثیر نانوذرات آهن بر روی تغییر میزان تولید کلروفیل a در تیمارهای مختلف (P≤۰/۰۵)



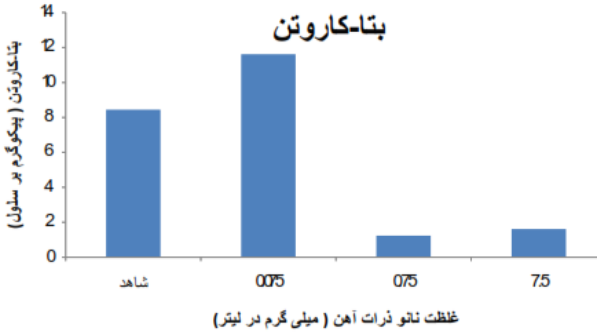
شکل ۲: نمودار تاثیر نانوذرات آهن بر روی تغییر میزان کلروفیل b در تیمارهای مختلف (P≤۰/۰۵)



شکل ۳: نمودار اثر نانوذرات آهن بر میزان کاروتنوئیدهای تولید شده در جلبک دونالیلا سالینا (P≤۰/۰۵)



شکل ۴: نمودار تاثیر نانوذرات آهن بر تغییر میزان گلیسرول در تیمارهای مختلف (P≤۰/۰۵)



نمودار :۵ میانگین بتاکاروتن میکرو جلبک دونالیلا سالینا در تیمارهای مختلف (P≤۰/۰۵)

(DOI): 10.22034/aej.2020.121663

بحث

از آن‌جایی‌که بخش‌های اصلی سلول مانند کربوهیدرات، پروتئین، لیپید و رنگدانه به‌طور مؤثر در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند،اصلاح زیستی آن‌ها بااستفاده ازمیکروجلبک‌ها،توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. از بین بخش‌های مختلف میکروجلبک‌ها، استفاده از لیپید(روغن)در تناژ بالا، در مقیاس صنعتی و در مقیاس پژوهشی، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. از مزیت‌های دیگر میکروجلبک‌ها می‌توان به توانایی استفاده از مواد مغذی موجود در آب‌های پسماند، تمایل به رشد بدون توجه به حاصلخیزی خاک و رشد با استفاده از آب غیرآشامیدنی اشاره کرد. به‌طور قطع، خواص یاد شده امکان استفاده از نواحی غیرقابل استفاده مانند مناطق ساحلی زمین‌های بایر و مناطق گیاهی به‌وجود آمده با آب‌های پسماند را برای میکروجلبک‌ها فراهم می‌کند و در نهایت این اطمینان را به‌وجود می‌آورد که رقابتی بین محصولات کشاورزی برای زمین‌های نایاب وجود ندارد (Young و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج حاصل از بررسی تاثیر نانوذرات آهن بر روی برخی از محصولات بیولوژیکی حاصل از عملکرد فتوسنتز در جلبک دونالیلا نشان داد که این جلبک تحت تاثیر نانوذرات آهن می‌تواند تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در میزان گلیسرول، کاروتنوئیدها و کلروفیل داشته باشد، این تغییرات معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بوده است. اثر نانوذرات آهن با اثر بر غشای پلاسمایی و اثر در تنظیم اسمزی سلول باعث افزایش گلیسرول در تیمار ۲ که با غلظت ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر استفاده شده است (شکل ۴)، که تغییرات معنی‌داری را نسبت به شاهد و حتی نسبت به دو تیمار دیگر نشان داده است. گزارشات نشان داده است که افزودن آهن به محیط کشت میکروجلبک‌های دریایی باعث انباشت لیپید می‌گردد (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰).درمطالعه‌ای‌که‌بر روی‌رفتارآهن متداول، محلول حاوی EDTA به‌عنوان کی‌لیت کننده استفاده شده و نانوذرات صفر ظرفیتی (nZVI) برای کشت سه نوع جلبک *Palva lutheri*، *Tetraselmis suecicia*، *Isochrysis galbana* انجام شده است، نشان داده که رشد طبیعی با سرعت رشد استاندارد در حضور نانوذرات آهن داشتند و مقدار لیپید در آن‌ها افزوده شده است(میری و خندان‌بارانی، ۱۳۹۵:مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بهشتی‌فر، ۱۳۹۰).افزودن نانوذرات آهن در محیط حاوی جلبک باعث افزایش جذب رقابتی بسیار شدید بین سلول‌ها شده و باعث تنش و افزایش لیپید در سلول‌ها می‌گردد (مقدسی‌وهمکاران، ۱۳۹۰؛بهشتی‌فر، ۱۳۹۰؛Kadarوهمکاران، ۲۰۱۲؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). هم‌چنین به نظر می‌رسد، گلیسرول به عنوان ماده مهم در تنظیم اسمزی جلبک دونالیلا در برابر استرس‌های محیطی و تغییرات ناگهانی در سلول افزایش می‌یابد. این افزایش ناشی از نقش حفاظتی سلول در برابر افزودن نانوذرات آهن است. این جلبک به‌دلیل نداشتن دیواره‌سلولی مهم‌ترین واکنش برای حفاظت از آنزیم‌ها و پروتئین‌ها را با افزودن گلیسرول در سلول جبران می‌کند. در مطالعه بهشتی‌فر (۱۳۹۰) اثر تیتانیم بر رشد و تولید فتوسنتزی جلبک تک‌سلولی دونالیلا انجام گردید. نتایج نشان داد در غلظت‌های مختلف تیتانیم هیچ تغییری از نظر رشد سلولی، میزان کلروفیل و بتاکاروتن نسبت به شاهدنداشته اما در حضور EDTA منجر به افزایش تعداد سلول، میزان کلرفیل و بتاکاروتن تیمارها نسبت به شاهدشده است.در تحقیق حاضر آخرین روز بررسی بعد از دوازده روز شمارش سلولی نشان از افزایش تعداد سلول در میلی‌لیتر در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد بوده اما کلروفیل شاهد نسبت به تیمارهای دیگر دارای بیش‌ترین میزان بوده است درصورتی‌که بتاکاروتن در تیمار دو بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. به‌نظر می‌رسد با حضور نانوذرات آهن میزان کلروفیل a کاهش می‌یابد و حضور مناسب غلظت نانوذرات آهن باعث افزایش میزان بتاکاروتن شود.غلظت بالای نانوذرات درمحلول‌هایی که میکروجلبک در آن‌ها حضور دارند از انتقال مستقیم نور به‌داخل سلول جلوگیری می‌کند (بهشتی‌فر، ۱۳۹۰؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). ضمن این‌که مطالعات نشان داده است که استفاده از نانوذرات طلا و نقره بر روی جلبک کلرلا ولگاریس نشان از افزایش رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و کلروفیل گزارش کرده‌اند (بهشتی‌فر، ۱۳۹۰؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). در بررسی اثر نانوذرات بر میزان کاروتنوئیدها (شکل ۵)، اثر نانوذرات آهن با کاهش مقدار کاروتنوئیدها، در همه تیمارها همراه بوده است این تفاوت معنی‌دار بوده است (P≤۰/۰۵). درخصوص کلروفیل a و b نیز این تغییر در نتایج آزمایش اثر نانوذرات آهن بر روی سلول‌های جلبک کاملاً مشخص است. این تغییر با کاهش قابل توجه میزان کلروفیل a نشان از کاهش فتوسنتز در جلبک دارد. میزان کلروفیل به‌دست آمده در مقایسه با شاهد دارای اختلاف معنی‌داری است (P≤۰/۰۵)(شکل‌های ۴ و ۵). این کاهش نیز با توجه به اثر بازدارنده و تنش‌زای نانوذرات بر روی عملکرد فتوسنتزی قابل توجیه است. ضمن این‌که نانوذرات آهن می‌توانند در سلول با ایجاد نوعی اکسیژن فعال (ROS) باعث تخریب DNA و آسیب سلول‌ها از طریق پراکسیداسیون لیپیدی و اثر بر روی پروتئین‌ها شوند(قاسمی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Kardar و همکاران، ۲۰۱۲؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). سمیت آهن صفر ظرفیتی مربوط به عمل اکسید و احیاء آن است (Young و همکاران، ۲۰۱۵) اثر مثبت این ماده در غلظت مشخصی است ولی بیش از آن می‌تواند اثرات باز دارنده داشته باشد. از طرفی آهن به‌عنوان یک ریز مغذی برای فتوسنتز و تنفس سلولی در سطح عملکرد جهانی شناخته شده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ شرفی و غیاثوند، ۱۳۷۸). ضمن این‌که مطالعات نشان داده که آهن صفر ظرفیتی محلول در EDTA نه تنها مانع رشد نیست بلکه به رشد و

(DOI): 10.22034/aej.2020.121663

افزایش عملکرد سلول جلبک‌های تک‌سلولی کمک نیز می‌کند (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰). نرخ‌رشد مهم‌ترین‌راه برای بیان موفقیت اکولوژیک یا توانایی سازگاری یک گونه نسبت به تغییرشرایط محیط طبیعی یا آزمایشگاهی است. به‌همین دلیل اثر نانوذرات آهن به‌عنوان یک محرک در محیط کشت جلبک اندازه‌گیری شد. نرخ رشد و ضریب رشد ویژه در سلول‌های جلبک دونالیلا براساس جدول ۱ نشان داده است که دارای تغییرات قابل ملاحظه است. ولی این تغییرات خیلی نسبت به شاهد معنی‌دار نبوده است، غیر از تیمار ۳ که دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد است ($p\leq ۰/۰۵$). ضمن این‌که ذکر این نکته لازم است که ضریب رشد ویژه به معنی افزایش ترکیبات بیوشیمیایی سلول جلبک نیست.

در نتیجه‌گیری کلی تاثیر نانوذرات به‌عنوان یک عامل تنش در غلظت‌های متفاوت می‌تواند در میزان تولیدات جلبک دونالیلا سالینا تاثیرگذار باشد. نانوذرات آهن همانند سایر نانو ذرات استفاده شده در مطالعات‌قبلی به‌عنوان ماده‌ای که امروزه دارای اثرات قابل‌توجهی برای بهره‌برداری اقتصادی و افزایش بهره‌وری از ترکیباتی چون لیپید و گلیسرول به‌دست آمده دارند، می‌تواند به‌عنوان یک پارامتر قابل قبول در افزایش تولید گلیسرول مورد استفاده قرار بگیرد. گلیسرول به‌دلیل اهمیت در تولیدات دارویی و به‌عنوان منبع اولیه برای تولیدسوخت‌های زیستی دارای اهمیت اقتصادی است.

منابع

۱. **آیت‌الله‌زاده‌شیرازی، م.س.؛ شریعتی، ف.؛ کشاورز، ع. و رمضانپور، ز.؛ ۱۳۹۲.** اثر سمیت نانو ذره Al203 بر روی جلبک دونالیلا سالینا *Dunaliella salina*. شانزدهمین‌همایش ملی بهداشت محیط. تبریز، دانشگاه علوم پزشکی تبریز،دانشکده بهداشت.

۲. **بهشتی‌فر، س.، ۱۳۹۰.** اثر تیتانیوم و تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی جلبک تک‌سلولی *Dunaliella salina* پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زیست‌شناسی، علوم گیاهی گرایش فیزیولوژی گیاهی. دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان. ۱۱۰ صفحه.

۳. **پورافراسیابی، م.؛ ایمانپور، ج.؛ رمضانپور، ن. و صادقی‌راد، ح.، ۲۰۱۳.** تأثیر شدت و دوره نوری بر نرخ رشد و سنتز چربی در جلبک سبز *Dunaliella salina*. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان. دوره ۲، شماره ۳، صفحات ۶۳ تا ۷۵.

۴. **حسین‌زاده، خ.؛ گنجیان‌خناری، ع. و جعفری، س.، ۱۳۹۳.** بررسی تاثیر غنی‌سازی آب حوضه جنوبی دریای خزر بر پارامترهای رشد ریز جلبک *Spirulina platensis*. تغذیه و بیوشیمی آبزیان. دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۷۱ تا ۸۱.

۵. **شرفی، ش. و غیاثوند، ن.، ۱۳۷۸.** جلبک سوخت آینده .ترجمه از کتاب .Algae fuel for future مجله دانشمند. دوره ۳۶، شماره ۴، صفحات ۳۶ تا ۴۰.

۶. **قاسمی، ح.؛ مظاهراسدی، م. و کیانیراد، م.، ۱۳۷۹.** بررسی میزان گلیسرول در جلبک *Dunliella salin*. مجله پژوهش و سازندگی. دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۸۴ تا ۸۸..

۷. **قاسمی، ی.، ۱۳۹۳.** بررسی اثرات نانوذرات نقره بر رشد، متابولیسم و محتوای لیپیدی و رنگدان‌های ریزجلبک *Dunalliela salina*. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان. ۱۲۰صفحه.

۸. **گنجیان‌خناری،ع.، ۱۳۸۹.** کشت جلبک. گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آب خزر. ۲۴ صفحه.

۹. **میری، م. و خندان‌بارانی، ه.، ۱۳۹۵.** تاثیر نانوذره اکسید مس بر رشد،مقدار پروتئین، کلروفیل‌ها و کاروتن جلبک *Chlorella vulgaris*. مجله پژوهش‌های گیاهی. دوره ۲۹، شماره ۱، صفحات ۲۳۵ تا ۲۴۲.

۱۰. **مقدسی، ز.؛ امتیازجو، م.؛ ربانی، م.؛ لپبی، ف.؛ اذن‌اله، آ. و نریمان، م.، ۱۳۹۰.** مطالعه اثر ضدسرطانی عصاره اتانولی جلبک سبز *Dunaliella salina* جدا شده از دریاچه حوض سلطان بر رده سلولی Squamous cell carcinoma در شرایط آزمایشگاهی. فصلنامهٔ تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۷، شماره ۲، صفحات ۳۰۶ تا ۳۱۵.

۱۱. **Borowitzka, L.J.; Borowitzka, M.A. and Moulton, T.P., 1984**. The mass culture of Dunaliellasalina for fine chemicals: from laboratory to pilot plant. Hydrobiologia. Vol. 116, No. 1, pp: 115-121.

۱۲. **Kadar, E.; Rooks, P.; Lakey, C. and White, D.A., 2012**. The effect of engineered iron nanoparticles on growth and metabolic status of marine microalgae cultures. Science of the Total Environment. Vol. 439, pp: 8-17.

۱۳. **Kop, A. and Durmaz, Y., 2008**. The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp. Aquaculture. Vol. 16, pp: 117-122.

(DOI): 10.22034/aej.2020.121663

۱۴. **Miki, W., 1991**. Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure & Applied Chemisrty. Vol. 63, No. 1, pp: 141-146.

۱۵. **Pádrová, K.; Lukavský, J.; Nedbalová, L.; Čejková, A.; Cajthaml, T.; Sigler, K.; Vítová, M. and Řezanka, T., 2015**. Trace concentrations of iron nanoparticles cause overproduction of biomass and lipids during cultivation of cyanobacteria and microalgae. Journal of Applied Phycology. Vol. 27, No. 4, pp: 1443-1451.

۱۶. **Raja, R.; Hemaiswarya, S. and Rengasamy, R., 2007.** Exploitation of Dunaliella for β carotene production. Appl. Microbial Biotechnal. Vol. 74, pp: 517-523.

۱۷. **Young-Chul, L.; Kyubock, L. and You-Kwan, O., 2015.** Recent nanoparticleengineering advances in microalgal cultivation andharvesting processes of biodiesel production: A review**.** Bioresource technology. Vol. 184, pp: 63-72.

(DOI): 10.22034/aej.2020.121663

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 3, Autumn 2020

Evaluation of the effect of iron nanoparticles on the amount of some products of algae *Dunaliella Salina*

- **Hamid Ramezai*:** Ecological Academy of Caspian Sea, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricutural Research Education and Extension Organization, Sari, Iran
- **Ali Ganjian Khonari:** Caspian Research Group of Fisheries and Water Pollutants, Ministry of Science, Research and Technology of Iran, Sari, Iran
- **Mohammad Ghadiri Abyaneh:** Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricutural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Received: September 2019 Accepted: December 2019

Key words: Micro-algae *Dunaliella Salina*, Iron nanoparticles, Bet-carotene, Glycerol and Chlorophyll

Abstract

This research was conducted to evaluate the effect of iron nanoparticles on algae *Dunaliella Salina* as one of the valuable aquatic species in some saline lakes of Iran, aiming at changing the production of some photosynthetic products (under constant conditions of light, temperature and pH).Samples were taken from Artemia Production Research Center in Kerman province, and transferred under standard conditions to Caspian Research Group of Fisheries & Water Pollutants, and prepared after separation, purification, and cultivation in an modify Johnson medium for further studies. Three treatments were exposed to different doses of iron nanoparticles (0.075, 0.75, and 7.5 mg/l) for 12 days, each with three replications, and compared with control sample using SPSS-V20 software. Significant changes were observed in the amounts of chlorophyll a and b affected by nanoparticles compared to control sample ($P\leq0.05$). Significant changes were also observed in the amounts Beta-carotene and glycerol (all three treatments) (($P\leq0.05$). It seems that different concentrations of nanoparticles can alter the amounts of some of the photosynthetic products of algae *Dunaliella Salina* and increase some valuable products such as glycerol and beta-carotene.

* Corresponding Author's email: Hamid_ramezani@yahoo.com