نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره ویژه: پژوهش‌های فیزیولوژی گیاهی، سال نهم، شماره ویژه بهار ۱۳۹۳ / صفحات: ۹۷-۸۹

بررسی بقا، رشد و وضعیت رنگیزه‌ای سیانوباکتر *Anabaena sp.* FS76 در محیط‌های مختلف نیتروژن معدنی و آلی

بهاره عباسی*[1]، شادمان شکروی[2]

[1]کارشناس‌ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

[2]دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۰

چکیده

در این تحقیق سیانوباکتر *Anabaena* sp. FS 76، از نظر خوگیری به شرایط مختلف نیتروژن معدنی و آلی، در شرایط توام نور محدود افراطی و محدودیت دی‌اکسیدکربن نشان‌ویژه‌سازی شد. نمونه از شالیزارهای استان گلستان جمع آوری وخالص سازی گردید. بعد از شناسایی در محیط کشت $BG11_0$، تحت تاثیر تیمار توام محدودیت افراطی نور ($2\ \mu E.m^{-2}.s^{-1}$) و غلظت‌های ۲ و ۵ و۱۰ میلی‌مولار نیتروژن معدنی (نیترات و آمونیوم) و آلی (اوره) و شرایط بدون نیتروژن قرار گرفت. رشد بر اساس کدورت سنجی، رنگیزه‌های کلروفیل، کاروتنویید و فیکوبیلی- پروتئین‌ها به‌صورت درزیوه و درشیشه سنجش گردیدند. نیتروژناز با تست احیای استیلن و گازکروماتوگراف و فتوسنتز با اندازه‌گیری اکسیژن آزاد شده انجام گرفت. نتایج نشان داد رشد در شرایط متفاوت نیترات تفاوت معنی‌دار نداشت. این سیانوباکتری تمایل قابل توجهی به آمونیوم داشت و غلظت‌های بالای آمونیوم بر خلاف دیگر سیانوباکتری‌های استیگونماتال رشد آن را مختل نکرد. فعالیت فتوسنتزی و فعالیت نیتروژنازی در اوره با غلظت‌های ۲ و ۱۰ میلی مولار با ۵ میلی‌مولار متفاوت بود. این جلبک تمایل به اوره نداشت، تاثیر pH بر رفتارهای نیتروژنی در حضور منابع معدنی معنی‌دار نبود و محدودیت دی اکسید کربن برآن تاثیر نگذاشت.

واژگان کلیدی: آنابنا، شالیزار، گلستان، نیتروژن

مقدمه

سیانوفیتا و پروکلروفیتا، تنها دی‌آزوتروف‌های دارای قابلیت فتوسنتز اکسیژنیک می‌باشند. توانایی دی آزوتروفی به طورعمده دراشکال ریسه‌ای دارای هتروسیست مشاهده می‌گردد. البته این بدان معنی نیست که سایرسیانوباکتری‌ها توانایی دی‌آزوتروفی نداشته باشند. سایر سیانوباکتری‌ها از این نظر در کمیت و جایگاه دی‌آزوتروفی متفاوتند. سیانوباکتری‌ها به دلیل داشتن ساختار پروکاریوتی در بین جلبک‌ها وضعیتی خاص دارند. این وضعیت خاص بخصوص وجود تیغه‌های فتوسنتزی به صورت آزاد، دستجات فیکوبیلی‌زوم و برخی ساختارهای منحصر بفرد درون سلولی نظیر فیکوسیانین‌ها و دانه‌های فیکوسیانین، در ظاهر ویژگی‌های عمده متابولیسم نیتروژن را در آنها با سایر جلبک‌ها متفاوت نشان می‌دهد، اما در واقع سوای تغییراتی خاص، اساس مسئله مشابه است. به عنوان نمونه از این جزئیات می‌توان به استفاده از ذخایر سیانوفیسین، در هنگام محدودیت نیتروژن، به

*نویسنده مسئول: bahareh.abbasi22@yahoo.com

عنوان منبع فوری نیتروژن، و نیز استفاده از فیکوسیانین در فاز ایستایی رشد به عنوان منبع دراز مدت اشاره کرد (Whiton and Potts, 1999). وجود هتروسیست به سیانوباکتری‌های هوازی امکان تثبیت N_2 را در شرایط روشنایی و اکسیژن بالای جوی می‌دهد و آنها را قادر به استقرار در سطوح فوقانی پشته‌های میکروبی و دیگر جوامع می‌سازد (شکروی و ساطعی، ۱۳۸۲).

سیانوباکتری‌ها می‌توانند گستره‌ای از ترکیبات نیتروژن دار آلی و معدنی را مورد استفاده قرار دهند. نیتریت، آمونیوم، نیترات، اوره اسیدهای آمینه وحتی ترکیبات پورینی، به همراه نیتروژن اتمسفری برای گونه‌های مختلف سیانوباکتری قابل استفاده است. بدیهی است استفاده از نیتروژن به فرم N_2 نیاز به توانایی تولید انرژی بالا دارد که سیانوباکتری‌ها با دارا بودن دستگاه فتوسنتزی و امکان تولید ATP به خوبی برای این کارمجهز شده‌اند. سوای ATP برای دی‌آزوتروفی نیاز به مواد خاص احیا کننده می‌باشد. که به نوبه خود از طریق واکنش‌های فتوسنتزی قابل دسترسی هستند. عمده‌ترین مسئله‌ای که پس از انرژی و ترکیبات احیایی از نظر دی‌آزوتروفی حائز اهمیت است وجود اکسیژن است (Becker, 1994).

بررسی نیتروژن سیانوباکتری‌ها نشان می‌دهد که این موجودات قادر به جذب وهمگون‌سازی گستره‌ای از ترکیبات نیتروژنی آلی و معدنی می‌باشند. البته استفاده از نیترات، نیتریت و آمونیوم در میان سایر ریز جلبک‌ها نیز عمومیت دارد. بیشینه نرخ رشد هنگامی حاصل می‌شود که نیترات وآمونیوم به عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار گیرد. مصرف آمونیوم در حد ۱ میکرومولار یا بالاتر می‌تواند تهدید کننده باشد که البته دلیل این امر روشن نیست اما احتمال دارد تغییرات سریع pH ناشی از افزایش pH داخلی (در رابطه با نفوذ مولکول‌های تجزیه نشده هیدروکسید آمونیوم) باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸٤).

نیازهای نیتروژنی در جلبک‌های سبز-آبی اجتناب‌ناپذیر است. در جلبک‌های سبز-آبی شکل عمده نیتروژن مورد نیاز نیتروژن معدنی است. البته استفاده از نیتروژن آلی در بسیاری از جلبک‌های سبز-آبی گزارش شده است (Becker, 1994). در این گروه از ریزجلبک‌ها، میان جذب و انتقال ترکیبات نیتروژنه و شرایط محیطی ارتباط قابل توجه وجود دارد (شکروی و ساطعی، ۱۳۸۲).

با توجه به اینکه شناخت کامل ابعاد کاربردی هر ریزجلبک جدید به زمان طولانی و طی مراحل متعدد غربالگری نیاز دارد، استفاده از جلبک‌هایی که از نظر اقتصادی جنبه کاربردی به خود گرفته‌اند، نوعی تفکر معقول علمی- اقتصادی است که موجب بهره‌وری قابل توجه خواهد گردید (شکروی و همکاران، ۱۳۸۱). در ایران تا زمان حاضر استفاده از ریزجلبک‌ها جنبه عمومی به خود نگرفته است ولی با توجه به رشد جمعیت و لزوم تحول در کشاورزی وصنایع غذایی، در آینده رویکرد دانش کشور به سمت ریزجلبک‌های کاربردی اجتناب ناپذیر خواهد بود (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۱). با توجه به این بررسی ابعاد متفاوت زیست شناختی *Anabaea* sp. FS 76 از جمله نشان‌ویژه‌سازی اکوفیزیولوژیک گونه‌های متفاوت آن در کشور از اهمیت برخوردار است. متاسفانه تا زمان حاضر پژوهشی که با این هدف طراحی شده باشد انجام نگرفته است.

در این بررسی، بقا، رشد و وضعیت رنگیزه‌ای گونه‌ای از *Anabaea* sp. FS 76 در غلظت‌های مختلف نیتروژن آلی و معدنی، درشرایط نور محدود و عدم تلقیح دی‌اکسیدکربن، مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به کمبود اطلاعات در مورد ریزجلبک‌های بومی استان گلستان، این بررسی

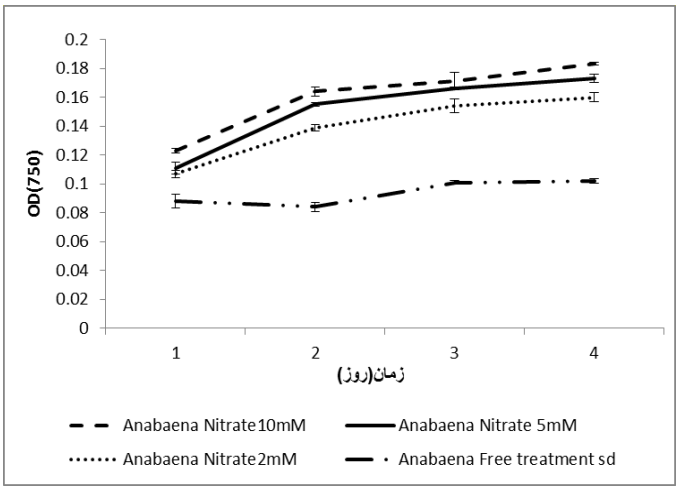
می‌تواند راه را برای دیگر پژوهش‌های مربوط به نشان ویژه سازی اکوفیزیولوژیک این جنس هموار نماید. تاکنون در استان گلستان، بررسی تخصصی در رابطه با این جنس انجام نگرفته است. بنابراین نتایج این بررسی در محدوده استان گلستان، برای اولین بار گزارش می‌شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های خاک در طول سال ۱۳۸۹ از استان گلستان جمع آوری شدند. کشت نمونه‌های خاک مطابق روش کشت سیانوباکتری‌های خاکزی انجام گرفت (Kaushik, 1987). پس از تشکیل کلنی، جدا سازی و کشت‌های بعدی، سیانوباکتری *Anabaena* sp. به صورت خالص تهیه گردید (Kaushik, 1987). شناسایی مقدماتی و شناسایی در حد جنس با استفاده از John و همکاران (۲۰۰۳)، Anagnostidis و Komarek (۱۹۹۰)، Prescott (۱۹۶۲)، Geitler (۱۹۳۲)، Desikachary (۱۹۵۹) انجام گرفت. نمونه پس از شناسایی با عنوان *Anabaena* sp. FS76 کدگذاری گردید و در موزه جلبکی پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی ثبت گردید. کشت در محیط مایع $BG11_0$ متناسب با pH خاک و در شرایط نوری ۲ میکرومول کوانتا بر متر مربع بر ثانیه (که توسط لامپ فلورسانت تأمین می‌گشت)، دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و pH ۷/۲ انجام گرفت (Soltani et al., 2006). نمونه‌ها در این شرایط کشت داده شده و جذب آنها در فواصل معین توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۵۰nm (روش کدورت سنجی) خوانده شد تا قبل از انتقال به محیط‌های تیماری، رشد آنها به حد مطلوب برسد. بررسی‌های تغییرات فیزیولوژیک در رابطه با تنش‌های اکوفیزیولوژیک، در ارلن‌های با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر محتوی ۷۵ میلی‌لیتر سوسپانسیون انجام شد. کشت‌ها به‌مدت ۱ ساعت هم زده شده و سپس به محفظه روشنایی منتقل گردیدند. پیش از تلقیح نمونه به مدت ٤٨ ساعت جهت ایجاد سازگاری وارد محیط کشت مایع شد. و پس از آن تلقیح استوک مورد نظر در محیط‌های مختلف دارای غلظت‌های مختلف نیتروژن معدنی(نیترات وآمونیوم) و آلی (اوره) وارد شد. رشد بر اساس کدورت‌سنجی، با استفاده از اسپکتوفتومتر (OD_{750}) سنجش گردید. سنجش کلروفیل پس از استخراج با متانول با روش Marker (۱۹۷۲) انجام گرفت. فیکوبیلی‌پروتئین‌ها برگرفته از سلطانی و همکاران (۱۳۸٤)، و کاروتنویدها بر اساس Jensen (۱۹۷۸) به صورت درشیشه سنجش گردیدند. فعالیت نیتروژنازی بر اساس تست احیای استیلن بوسیله دستگاه GC و فعالیت فتوسنتزی با Clark Type-Oxygen, Electrode و Oxygen view (Hanzateek) صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت فتوسنتزی، از دستگاه اکسیژن الکترود استفاده گردید. به این منظور ابتدا بن ماری را روشن کرده تا دمای آب اطرف الکترود به دمای مطلوب برسد (۳۰ درجه سانتی‌گراد). بعد از این مرحله الکترود، منبع روشنای و کامپیوتر متصل به دستگاه روشن گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به محفظه دستگاه اضافه شد. دستگاه با کمک آب اشباع و نیز آب فاقد اکسیژن (با کمک تزریق گاز آرگون به درون این محفظه الکترود) کالیبره گردید. سپس آب مقطر از درون محفظه خارج گشته و ۲ میلی‌لیتر از سوسپانسیون سیانوباکتری جایگزین آن گشت. پس از بستن درب محفظه، برای مشاهده میزان تغییرات تصاعد اکسیژن از نرم‌افزار Oxygraph Measurement System استفاده گردید. میزان تصاعد اکسیژن بر اساس محاسبه شیب منحنی بر اساس نانومول در دقیقه بیان می‌گردد. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS Ver 16، Office ver2007 انجام شد.

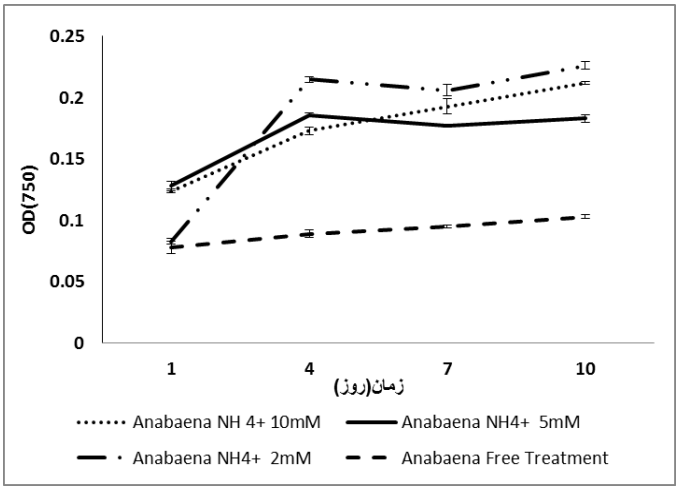
نتایج

مطابق با نتایج بدست آمده میان غلظت‌های متفاوت نیترات اختلاف معنی داری از نظر رشد مشاهده نشد (P<۰/۰۵) این نتیجه برآیندی ازسه عامل محدودیت نور و تفاوت محتوایی نیترات و محدودیت دی‌اکسید کربن بود و شاید از این نظر تعمیم دادن آن به شرایط دیگر منطقی نباشد. اما چون در این بررسی محدودیت نور و دی‌اکسیدکربن به عنوان عوامل مهم و با تعمد در نظر گرفته شده، می‌بایست به بررسی و تفسیر نتایج در همین محدوده پرداخت.نکته جالب توجه این است که نمونه فاقد تیمار نسبت به هر سه غلظت اعمال شده تفاوت معنی داری را نشان نداد (شکل ۱).



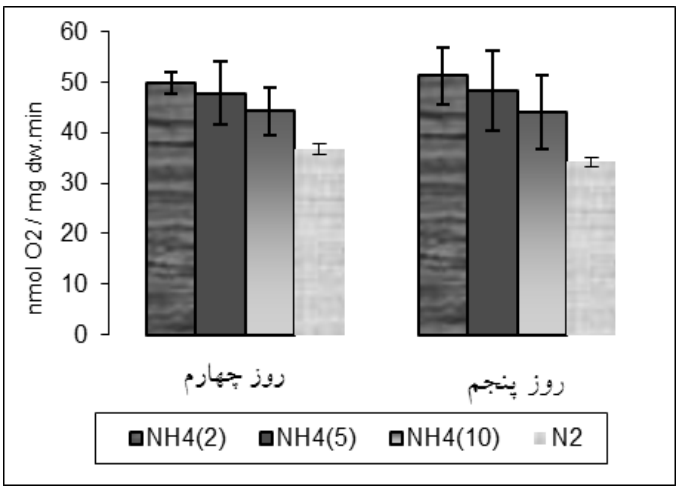
شکل ۱: مقایسه منحنی‌های رشد تیمار نیترات ۲، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار با یکدیگر و شاهد در *Anabaena* sp. FS76

در مقایسه ۳ غلظت اعمال شده تیمار آمونیوم مشخص شد که نمونه در هر ۳ تیمار یک روند رشد سازگار با محیط را نشان داد. رشد نمونه در غلظت ۱۰ میلی‌مولار آمونیوم قابل توجه بود (شکل ۲).



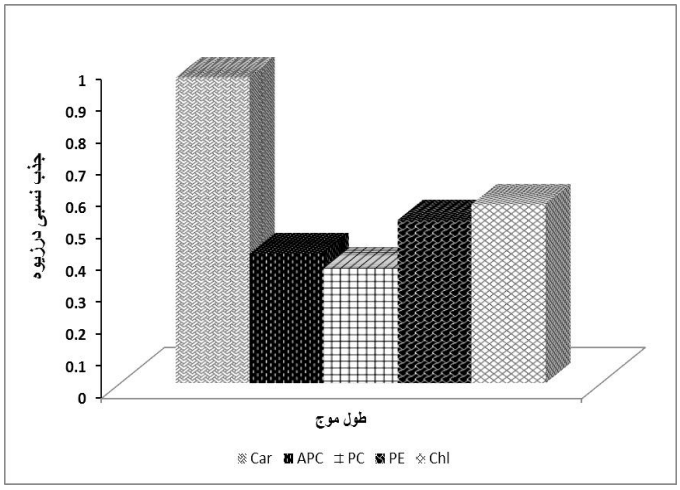
شکل ۲: مقایسه منحنی‌های رشد تیمار آمونیوم ۲، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار با یکدیگر و شاهد در *Anabaena* sp. FS76

با مقایسه نمودارهای هیستوگرام در شرایط متفاوت آمونیوم با غلظت‌های ۲، ۵ و ۱۰ مشاهده شد فعالیت فتوسنتزی آمونیوم ۲ میلی‌مولار بسیار بالا و کمترین میزان را در شرایط فاقد تیمار نشان داد (شکل ۳).



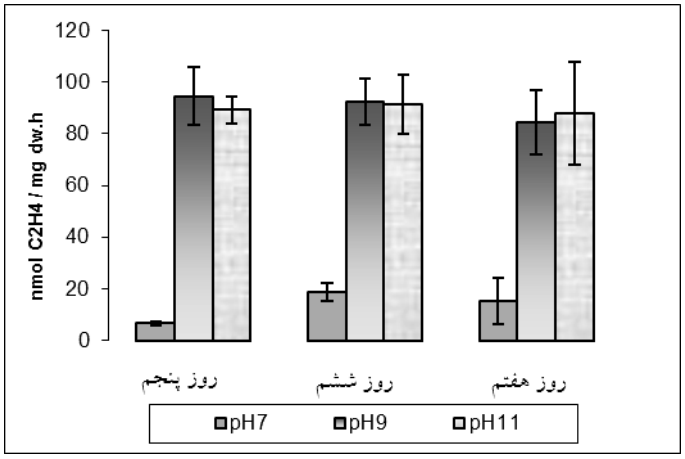
شکل ۳: هیستوگرام فعالیت فتوسنتزی در شرایط آمونیوم با غلظت‌های متفاوت با یکدیگر و شاهد *Anabaena* sp. FS76

وزن خشک (DW): در مورد مقایسه میزان رنگیزه‌ها در این تیمار بیشترین میزان کلروفیل و کاروتنویید مشاهده شد. رنگیزه‌های فیکوبیلی پروتئینی در شرایط آمونیوم (شکل ٤)، تولید بالایی از خود نشان دادند. محتوای بالای آلوفیکوسیانین بویژه قابل توجه بود. در بررسی حاضر این ادعا تایید شده است ضمن اینکه میان محتوای فیکوسیانین، آلوفیکوسیانین و فیکواریترین اختلاف معنی‌دار مشاهده نگشت ($P<۰/۰۵$).



شکل ٤: نمودار مقایسه میزان رنگیزه‌ها در شرایط آمونیوم *Anabaena* sp. FS76

در مورد فعالیت نیتروژنازی با مقایسه نمودارهـای هیستوگرام فوق در شرایط pHهـای متفـاوت (۷، ۹ و ۱۱) مشاهده شد که در شرایط خنثی کمترین فعالیـت نیتروژنازی را دارا مـی‌باشـد امـا هـر چـه شـرایط بـه قلیاییت روی آورد نیتروژناز فعالیت بیشـتری می‌یابـد (شکل ۵).



شکل ۵: نمودار هیستوگرام فعالیت نیتروژنازی در شرایط متفاوت pH در *Anabaena* sp. FS76

بحث

در مورد گروه نوستوک و آنابنا، بررسی‌های انجـام شده در استان گلسـتان بـه نسـبت سـیانوباکتری‌هـای اسـیلاتوریال و اسـتیگونماتال بـه مراتـب محـدودتـر می‌باشد. در خصوص جنس آنابنـا، تـاکنون در اسـتان گلستان پژوهشی انجام نگرفته است. به همین ترتیـب بررسی مقایسه‌ای که به تاثیر توام نور محدود، اسیدیته و دی‌اکسـید کـربن بپـردازد در کشـور انجـام نگرفتـه است. به هرحال به نظـر مـی‌رسـد کـه در مقایسـه بـا سیانوباکتری‌های استیگونماتال و اسیلاتوریال بررسـی شده در استان گلستان، الگوهای رفتاری سیانوباکتریوم *Anabaena sp.* FS76، متفـاوت و تـا حـدی پیچیـده می‌باشد. کاهش شدید نـور در شـرایط رشـد گیاهـان زراعـی در شـالیزارها و دیگـر زمین‌هـای کشـاورزی اسـتان گلسـتان و مازنـدران ایجـاب می‌کنـد کـه سیانوباکتری بتواند تغذیه نیتروژنه خـود را در شـرایط کاهش نور تنظیم نماید. بنابراین می‌بایست به بررسـی منحنی رشد در همین شرایط نـوری پرداخـت. اینکـه نمونه ممکن است در شرایط دیگـر نـوری رفتارهـای متفاوت از خود نشان دهـد البتـه محتمـل اسـت ولـی توجه به آن در این رساله منطقی نیست. بنـابراین ایـن نتیجـه کـه غلظت‌هـای نیتـرات در حـد ۲، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار رشـد یکسـانی را در شـرایط تـنش نـوری محدود افراطی سبب می‌شود، دسـتاورد قابـل اهمیتـی اسـت. در بررسـی تغذیـه نیتروژنـه سـیانوباکتری‌های استیگونماتال، رشد در شرایط بدون نیتروژن بـه طـور معنی‌دار از رشد نیتراته بالاتر بوده است. بـا توجـه بـه اینکـــه در ســـیانوباکتری‌های دی‌آزوتـــروف دارای هتروسیست بویژه گروه نوسـتوک / آنابنـا گـرایش بـه تغذیه نیتروژنـه از نـوع نیتـرات بـالا می‌باشـد (Richmond, 1986. و با توجه بـه مسـئله اقتصـاد انـرژی در سـیانوباکتری‌های خـاکزی، تمایـل بـه غلظت‌هـای متفاوت نیترات در رشـد ایـن گونـه طبیعـی می‌باشـد (Whiton and Potts, 1999). البته در ایـن بررسـی‌هـا شدت نوری در حد ۲۰ میکرومول کوانتا بر متر مربـع در ثانیه در نظر گرفته شده است که ممکن است سبب تغییر رفتارهـا شـده باشـد (Soltani et al., 2010). بـا این‌حال چون در بررسی‌های نـوری سـیانوباکتری‌های

استیگونماتال نظیر فیشرلا وهاپالوسیفون در استان گلستان و مازندران، این نمونه‌ها در مجموع سایه پسندهای افراطی معرفی شده‌اند. بنابراین دلایل گرایش سیانوباکتری‌هایی نظیر فیشرلا به شرایط بدون نیتروژن و گونه مورد بررسی در این رساله و گرایش آن به نیترات را باید در تمایل ذاتی آن‌ها جستجو کرد (Nisha et al., 2007). عدم تفاوت معنی دار در رشد نمونه و بخصوص عدم فاز تاخیری در رشد که در هر سه غلظت نیترات قابل مشاهده است تاییدی بر این نظریه می‌باشد. حتی در روزهای نخست پس از تلقیح، نشانه‌ای از بروز تنش به نمونه مشاهده نمی‌شود و این در هرسه غلظت نیترات قابل تعمیم است. بنابراین بر خلاف استیگونماتال‌های بررسی شده در استان، به نظر می‌رسد که تمایل این سیانوباکتری به تغذیه نیتراته می‌بایست به‌عنوان یک صفت ثابت در تغذیه معدنی آن در نظر گرفته شود.

سمیت آمونیوم مسئله‌ای جدی است که بخصوص در سیانوباکتری‌های راسته استیگونماتال به وضوح مشاهده گردیده است. با توجه به اینکه برخی گونه‌های استیگونماتال از نظر توان نیتروژنازی و رشد آمونیومی بالا بوده‌اند و با توجه به اینکه در برابر تنش‌هایی مانند شوری ودما و اسیدیته وقلیاییت از خود بردباری نشان داده‌اند، روی هم رفته اگر نتوان آن‌ها را نمونه‌هایی افراطی پسند دانست، نمی‌توان نمونه‌هایی حساس معرفی کرد. اما همین نمونه‌ها نسبت به تغذیه آمونیومی از خود حساسیت نشان می‌دهند. منحنی رشد در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌مولارآمونیوم نشانی از ورود استرس و بعد بهبود آن نشان نمی‌دهد. نمونه از بدو ورود در فاز تصاعدی رفته و از این رو به نظر نمی‌رسد که آمونیوم سبب اختلال در رشد آن شده باشد. تا کنون سیانوباکتری ای که بتواند در این غلظت آمونیوم رشد کند از استان گلستان و مازندران گزارش نگردیده است. سیانوباکتری‌های گروه نوستوک/آنابنا که تغذیه آمونیومی داشته باشند البته کم نیستند (Becker, 1994). ولی شمار گونه‌هایی که بتوانند در غلظت بیش از ۵ میلی‌مولار آمونیوم رشد کنند بسیار اندک می‌باشد. هرچند در ترسیم و محاسبه منحنی‌های رشد دقت شد و تکرارهای لازم به عمل آمد، اما جهت احتیاط، فعالیت فتوسنتزی سیانوباکتری به‌صورت اندازه‌گیری اکسیژن آزاد شده و مقایسه وضعیت رنگیزه‌ای نیز بررسی گردید. نتایج موید آن است که هرچند میزان فتوسنتز در شرایط ۲ میلی‌مولار آمونیوم بالاتر می‌باشد اما اختلاف معنی‌دار میان غلظت‌های مختلف وجود ندارد و در مقابل اختلاف نسبت به شرایط عدم تلقیح نیتروژن معنی دار است. به نظر می‌رسد که کارایی سیستم فتوسنتزی نه تنها در حضور آمونیوم کاهش نیافته بلکه تحریک شده است.

رنگیزه‌های فیکوبیلی‌پروتیینی در شرایط آمونیوم، تولید بالایی از خود نشان می‌دهند. محتوای بالای آلوفیکوسیانین بویژه قابل توجه است. در بررسی‌های امیرلطیفی (منتشر نشده)، این گونه حتی در شرایط افراطی قلیایی آلوفیکوسیانین خود را حفظ می‌کند. درهمین بررسی‌ها نشان داده شده که این گونه واجد فیکواریترین می‌باشد (Santhos, 2011). در بررسی حاضر این ادعا تایید شده است ضمن اینکه میان محتوای فیکوسیانین، آلوفیکوسیانین و فیکواریترین اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌گردد ($P<۰/۰۵$). به‌هرحال محتوای بالای رنگیزه‌های فیکوبیلی‌پروتئینی، گواهی دیگر توان حفظ رشد و متابولیسم نمونه در شرایط تیمارهای آمونیوم می‌باشد (Ashokumar and Anand, 2010). سیانوباکتری مذکور تحت شرایط عدم تلقیح دی‌اکسیدکربن، فعالیت نیتروژنازی قابل توجهی از خود نشان می‌دهد که بخصوص در pH ۱۱ قابل توجه است. عدم اختلاف معنی‌دار در فعالیت نیتروژنازی در مقایسه pH ۱۱ و pH ۹، بویژه در

شـرایط محـدودیت افراطـی دی‌اکسـیدکربن (عـدم هـوادهی و عـدم تلقـیح) و عـدم محـدودیت (تلقـیح دی‌اکسیدکربن) جالب توجه می‌باشد

نتیجه‌گیری نهایی

سـیانوباکتری آنابنـا، تـوان تغذیـه بـا هـردو منبـع نیتـروژن معـدنی و آلـی را دارابـود. ضـمن اینکـه در شرایط بدون نیتروژن قابلیت دی‌آزوتروفـی بـالایی از خود نشان داد. هتروسیست‌ها در ایـن سـیانوباکتری از فرکانس بالایی برخوردار بودند و ثبات اندازه و شـکل آن‌ها–به‌طور نسبی شرایط را برای دی‌آزوتروفی فراهم کرد. از نظر تغذیه معدنی، فرم نیترات که فرم متـداول در تغذیه نیتروژنه است مـورد اسـتفاده موجـود قـرار گرفت و مقادیر پایین نیترات، توانست رشـد بـالاتر را سبب شود. حساسیت به آمونیوم در این سـیانوباکتری وجود نداشـت و بـر خـلاف دیگـر سـیانوباکتری‌های گزارش شده از ایـران، مقـادیر بـالای آمونیـوم تولیـد سمیت نکرد. بنابراین سیستم متابولیزه کـردن آمونیـوم در این نمونه فعال بود. این سیستم تحت تاثیر اسیدیته و قلیاییت و تنش‌های نور محدود افراطی قرار نگرفت و دی‌اکسـیدکربن بـر رونـد آن تـاثیر نمـی‌گذاشـت. مقاومت به تنش‌ها و حفظ رشد و فتوسـنتز در تمـامی تیمارهای نیتروژنی (به جز اوره) می‌تواند نمونه را بـه صورت یک نمونه با تنوع تغذیه‌ای قابل توجـه نشـان دهد که در سیستم آشوبناک خاک و شالیزار بقای خود را حفظ می‌کند و ترکیبات نیتروژنه به محیط می‌افزاید. ضمن اینکه در صـورت نبـود هـر منبـع نیتـروژن، بـا قابلیـت تغییـر اسـتراتژی بـه تغذیـه دی‌آزوتروفـی، می‌تواند با تنش‌های ناشـی از عـدم نیتـروژن چـه بـه صورت منفرد و چه همراه بـا تنش‌هـای گـازی (دی-اکسیدکربن)، نـور (نـور محـدود افراطـی) و اسـیدیته وقلیاییـت مقابلـه کنـد. در شـرایط افراطـی اسـیدی و قلیـایی نمونـه از ثبـات برخورداربـود و رفتارهـای نیتروژنی آن تغییر نکرد که نشان دیگری از توانمنـدی بیوتکنولوژیک آن است.

منابع

سلطانی ن.، شـکروی، ش.، فتـوت احمـدی، ع.ر. (۱۳۸۱). جمـع‌آوری، شناسـایی و بررسـی اکولوژیک جلبـک سـبز دانلـیلا. گـزارش پایـانی طـرح پژوهشـکده علـوم پایـه کـاربردی جهـاد دانشگاهی شهید بهشتی.

سلطانی، ن.، خاوری نـژاد، ر.، طباطبـایی یـزدی، م.، شـکروی، ش.، و فرنانـدز والنتینـه، ا. (۱۳۸٤). بررسـی خـواص آنتـی میکروبیـال و فیزیولـوژی سـیانوباکتری‌ها در محیط‌هـای افراطـی. پایـان نامـه دکترای تخصصی فیزیولوژی گیاهی. دانشگاه تربیت معلم تهران. دانشکده علوم.گروه زیست شناسی.

شکروی، ش.، سلطانی، ن.، و بافته چـی، ل. (۱۳۸۱). تدوین تکنولوژی استفاده از سیانوباکتری‌ها به‌عنـوان کود بیولوژیک در شالیزارها، شورای عالی تحقیقـات نهـاد ریاسـت جمهـوری (طـرح ملـی). مجـری پژوهشکده علوم پایه کـاربردی، جهـاد دانشـگاهی، دانشگاه شهید بهشتی.

شـکروی، ش.، و سـاطعی، آ. (۱۳۸۲). بررسـی پتانسیل سیانوباکتری به منظور تلقیح در شـالیزار. گـزارش طـرح پژوهشـی، معاونـت پژوهشـی دانشگاه آزاداسلامی واحد گرگان.

Anagnostidis, K. and Komarek, J. (1990). Modern approaches to the classification of cyanobacteria. Stigonematales. Archieves for Hydrobiology. 14: 224-286.

Ashokumar, P. and Ananad, N. (2010). Studis on growth and phicobiln pigment of the cyanobacterium *Westiellopsis iyengarii*. Journl of Biotechnolgy and Biochemistery. 5:315-323

Becker, E.V. (1994). Microalgae: biotechnology and microbiology. Journal of Biotechnology and Cambridge University. Perss.

Prescott, G.W. (1962). Algae of the western great lake area. W.M.C. Brown Company Publishing.

Richmond, A, (1986). The response of cyanobacteria to salt stress. Clarendon press. Oxford. 217-2B1.

Santhos. I. (2011). Enhanced Carotenoid Synthesis of *Phormidium* sp.in stressed Conditions. Journal of Experimental Sciences. 2(3):38-44.

Soltani, N., Siahbalaie, R., and Shokravi, Sh. (2010). Taxonomical characterization of cyanobacterium *Fischerella* sp. FS 18-Amultidisciplinary approach. International Journal on Algae .1(9): 48-55.

Soltani. N., Khavarinejad, R.A., and Shokravi, Sh. (2006). The effect of ammonium on growth and metabolism of soil cyanobacterium *Fischerella* sp.FS18. Quarterly Journal on Plant Science Researches. 1(1): 48-53.

Whitton, B.A. and Potts, M. (eds). (1999). The ecology of cyanobacteria. Kluwer Academic publishers. Dordecht, Netherlands. 233-255.

Desikachary, T.V. (1959). Cyanophyta. Indian council of agricultural research, Monographs on Algae New Delhi, India.

Geitler, L. (1932). Cyanophyceae von Europa Kryptogamen flora Akademiche Verlagsgesellschaft. Leipzig.

Jensen, A. (1978). Chlorophylls and carotenoides. In: Handbook of Phycological Methods, Physiological and Biochemical Methods, eds. J.A. Hellebust and J.S. Craigie, Cambridge University Press.

John, D.M., Whitton, B.W., Brook, A.J. (2003). The freshwater algal flora of the british Isles-Cambridge University Press.

Kaushik, B.D. (1987). Laboratory methods for blue-green. Associated publishing company. New Delhi, India.

Marker, A, (1972). The use of acetone and metanol in estimation of phaeophtin freshwater. Biology. 2:361-385.

Nisha R., Kaushik, A., Kaushik, C.P. (2007). Effect of indigenous cyanobacterial application on structural stability and productivity of and organically poor semi-arid soil. Geoderma. 138:49-56.