نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره ویژه: پژوهش‌های فیزیولوژی گیاهی، سال نهم، شماره ویژه بهار ۱۳۹۳ / صفحات: ۱۱۷-۱۰۹

بررسی بقا، رشد، وضعیت رنگیزه‌ای و قابلیت تعدیل شوری در جلبک *Nostoc* sp. FS77 جمع‌آوری شده از شالیزارهای استان گلستان تحت شوری‌های مختلف

زینب بادلی*[۱]، شادمان شکروی[۲]، جلال الدین درخشان‌پور[۳]، رقیه بادلی[۴]

[۱]کارشناس‌ارشد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان

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

[۳]مربی، گروه میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن

[۴]دانشجو داروسازی، دانشکده داروسازی، دانشگاه ازاد اسلامی، تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/٤/۲۸

چکیده

سیانوباکتری خاکزی *Nostoc* sp.FS77 از نظر توان تعدیل شوری در شرایط آزمایشگاهی نمونه ای توانمند به نظر می‌رسد. با توجه به بعد کاربردی این نمونه، در این تحقیق قابلیت بقا، رشد، توان تعدیل شوری و وضعیت رنگیزه ای تحت شوری‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه خاک کشت گردیده، پس از تخلیص و شناسایی سیانوباکتریوم *Nostoc* sp.FS77 گزینش شد و در محیط کشت BG110 تحت روشنایی سفید (لامپ فلورسنت) مداوم با شدت نور $2\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ و در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و دامنه وسیعی از شوری‌ها با سدیم کلرید (۳۰٪-۲۵٪-۲۰٪-۱۵٪-۱۰٪-۵٪-۰٪) اعمال گردید. در این تحقیق فاکتورهایی مانند: بقا، رشد، کلروفیل، فیکواریترین، فیکوسیانین، آلوفیکوسیانین سنجش شد. نتایج نشان داد که میزان رشد در شوری (۱۵٪-۰) به بالاترین حد خود رسید. اگرچه در دیگر شوری‌ها در سطح پایین تری از حالت طبیعی خود می‌تواند بقا داشته باشد. مقدار EC در طی روزهای مختلف کاهش قابل ملاحظه ای را در شوری‌های فوق نشان داد. هم چنین وضعیت رنگیزه ای در این شوری‌ها بیشتر بود.در نهایت نتایج بدست آمده این سویه را از نظر بکارگیری به عنوان کود زیستی مستعد نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تعدیل شوری، رشد، شالیزار، نوستوک، وضعیت رنگیزه‌ای

مقدمه

شوری خاک که به طور جهانی در حال افزایش است نقش اساسی در جلوگیری از افزایش عملکرد محصولات گیاهی دارد. فرم‌های معدنی مواد نیتروژن دار در سلول‌های گیاهی از طریق سیستم‌های نقل و انتقال غشایی همراه با اسید آمینه و پروتئین منتقل می‌شوند (Masclaux-Daubresse et al., 2006). در ارتباط با جذب مواد نیتروژن دار این نکته یافت شده است که حامل‌های غشایی خاصی درگیرند که اجازه عبور مواد مغزی را از طریق همین سیستم انتقالی نمی‌دهند (Li et al., 2007; Loque et al., 2007).

سیانوباکتری‌های جزء اصلی محیط‌های شور، از جمله اراضی زراعی مجاور دریا، دریاچه‌های شور، چشمه‌های گوگردی فوق شور و شوره زارها را تشکیل می‌دهند (Oren and Brines, 2000). اشکال

*نویسنده مسئول: z.badeli@yahoo.com

آزاد سیانوباکتری‌ها، اغلب در مکان‌هایی هستند که نوسان در دامنه شرایط محیطی و از جمله شوری بالا است. نوسان‌های شوری در مناطق جزر و مدی، سواحل صخره‌ای، استروماتولیت‌ها، مصب‌ها، شالیزارها و به خصوص شالیزارهایی که در نزدیکی محیط‌های دریایی قرار دارند مشاهده می گردند. علاوه بر رفتارهای فیزیولوژیک،به نظر می‌رسد که مورفولوژی سلول‌ها نیز در پاسخ به شوری تغییر می‌کند. سلول‌های کوچک به صورت منفرد یا جفت در شوری‌های پائین و سلول‌های بزرگ واجد واکوئل و گرد در شوری‌های زیاد هستند (شکروی و همکاران، ۱۳۸٦). سیانوباکتری‌ها برای آنکه بتوانند فشار اسمزی حاصل از محیط‌های پرشور را تحمل کنند، دارای مکانیسم‌هایی هستند که تعادل اسمزی و فشار تورمی سلول را حفظ کنند. اسمولیت‌های آلی متفاوت در سیانوباکتری‌ها وجود دارد که منجر به این عمل می‌شود که عبارتند از: سوکروز و ترهالوز، گلیکوزیل گلیسرول (۲-o-α-D-گلوکوپیرانوزیل-(۱-۲)-گلیسرول)، گلیسین بتائین و محلول اسمزی دیگر مانند L-گلوتامات-بتائین (N-تری متیل-L-گلوتامات) همراه با سوکروز و ترهالوز در سویه‌هالوفیل Calothrix نشان داده شده‌اند. سیستم تنظیم دو جزئی، پاسخ‌های فیزیولوژیک را به محیط در بسیاری از پروکاریوت‌ها تعدیل می‌کنند. در سیانوباکتری‌ها اعمال چندی شامل تنظیم نموی، پاسخ به تغییرات طیف نوری،پاسخ به محرومیت فسفات، پاسخ به استرس شوری به سیستم‌های تنظیم دو جزئی نسبت داده می‌شود (شکروی و همکارن، ۱۳۸٦).

سیانوباکتری‌ها سدیم را انباشته نمی‌کنند و با کمک پمپ Na^+ آن را به درون سیتوپلاسم خود می‌فرستند، که علت اصلی حساسیت به شوری می‌باشد (Paschinger, 1997). فشار تورمی در طی این شرایط سبب جذب و انباشته شدن یون مثبت پتاسیم می‌شود (Reed and Stewart, 1997). پتاسیم یک یون ضروری برای سیانوباکتری‌ها می‌باشد و کمبود آن سبب اختلال در عملکرد فعالیت‌های متابولیکی حیاتی می‌شود (Alaher and Apte, 1998). در ادامه وقتی سیانوباکتری در معرض استرس شوری قرار می‌گیرد Na^+ به سطوح خارجی می‌رود و با خروج سدیم، سطح درون سلولی آن کم می‌شود (Reed et al., 1985a). بنابراین خروج سدیم عمدتاً با قطع نفوذ آن و پمپ شدن یون مثبت سبب تحمل به شوری می‌شود (Apte et al., 1987). یک همبستگی منفی بین نفوذ سدیم و تحمل به شوری مشاهده شده است. در تمام شرایطی که نفوذ سدیم کم می‌شود و تحمل به شوری افزایش می‌یابد (Reed et al., 1989). یکسری سیانوباکتری‌ها نشان دادند که می‌توانند با آنتی پورت Na^+/H^+، سدیم اضافی را خارج کنند (Paschinger, 1997). این عمل نیاز به صرف انرژی زیادی دارد و باید نگهداشت انرژی افزایش یابد که منجر به فتواتوتروفی اجباری در سیانوباکتری‌ها می‌شود (Nitschman and Peschek, 1985). فشار تورمی در طی استرس شوری به سرعت بالا می‌رود و پتاسیم به واسطه مبادله K^+/K^+ منتقل شده و در سیانوباکتری‌ها انباشته می‌شود، مبادله K^+/Na^+ کاتالیز نمی شود (Reed et al., 1989). فرض‌هایی وجود دارد که سیانوباکتری یک بار دیگر می‌تواند سدیم را جذب و انباشته کند و دیگر به خاک برنگرداند (Singh, 1950; Singh, 1961).

در فرآیند تثبیت ازت برای این سیانوباکتری‌ها این مسئله قابل ذکر است که تثبیت ازت به وسیله انرژی حاصل از فتوسنتز انجام می‌شود. همچنین در صورت وجود نیتروژن آلی حل شده تمایز به سمت تولید

سلولهای هتروسیست[۲] متوقف می‌شود ولیکن در صورت وجود سلول‌های هتروسیست جذب نیتروژن از آب متوقف می‌شود (Hense and Beckmann, 2006). سیانوباکتری‌های استیگونماتال، به دلیل داشتن هتروسیست و قابلیت تثبیت نیتروژن اتمسفری و نیز مورفولوژی خاص خود که سبب گسترش در خاک و حفظ بافت خاک می‌شود، به‌طور بالقوه، می‌توانند در بیوتکنولوژی کاربردی ریزجلبک‌ها مورد توجه جدی قرار گیرد. توانمندی این گروه از سیانوباکتری‌ها از نظر برون ریزش ترکیبات نیتروژنه، از جمله آمونیوم، در بررسی‌هایی که بر روی سیانوباکتری‌های استان گلستان انجام شده نشان داده شده است (شکروی و ساطعی، ۱۳۸۲). مجموع این ویژگی‌ها سبب شده است تا بررسی سیانوباکتری‌های استیگونماتال در استان گلستان، از نظر بیوتکنولوژی کشاورزی ارزشمند نشان دهند. سیانوباکتری‌ها به‌عنوان کودبیولوژیک، در بسیاری از کشورهایی که کشت برنج در آن‌ها انجام می‌شود، استفاده می‌شوند (Anand et al., 1991).

متاسفانه تا زمان حاضر پژوهش چندانی در کشور که به‌طور مطلق مسئله سیانوباکتری خاکزی، شوری و خوگیری را مورد توجه قرار داده باشد، انجام نگرفته است. در رابطه با مسئله شوری و سیانوباکتری‌های استیگونماتال، تا زمان حاضر می توان بررسی‌های انجام شده توسط صفایی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی *Fischerella* sp. و Soltani و همکاران (۲۰۰٦) بر روی *Fischerella* sp. FS18 و احمدی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی *Hapalosiphon* sp. اشاره کرد. شکروی و ساطعی (۱۳۸۲) نیز امکان تلقیح سیانوباکتری به شالیزارهای گرگان را مورد بررسی قرار دادند. سلطانی و همکاران (۱۳۸٤) نیز فعالیت نیتروژنازی، فتوسنتز، رشد و وضعیت رنگیزه‌ای سیانوباکتریوم خاکزی *Fischerella ambigua* FS18 تحت تیمارهای مختلف شوری مورد ارزیابی قرار دادند.

این در حالی است که به‌دلیل توانمندی اقتصادی ذاتی، سیانوباکتری‌ها، بخصوص در بیوتکنولوژی کشاورزی بررسی فیزیولوژیک این نمونه‌ها در محیط‌های شور از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در این مطالعه *Nostos* sp. FS77 از نظر بکارگیری در بیوتکنولوژی کشاورزی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

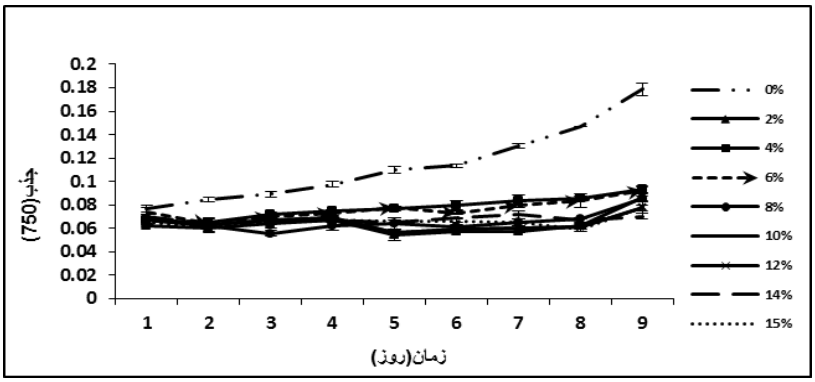
نمونه‌های خاک از شالیزار استان گلستان جمع آوری شد. کشت نمونه‌های خاک مطابق روش کشت سیانوباکتری‌های خاکزی انجام گرفت (Kaushik, 1987). پس از تشکیل کلنی، جدا سازی و کشت‌های بعدی،سیانوباکتری *Nostoc* sp. به صورت خالص تهیه گردید. شناسایی مقدماتی و شناسایی در حد گونه با استفاده از John و همکاران (۲۰۰۲)؛ Anagnostidis و Komarek (۱۹۹۰)؛ Prescott (۱۹٦۲)؛ Desikachary (۱۹۵۹) و Geilter (۱۹۳۲) انجام گرفت. نمونه پس از شناسایی با عنوان *Nostoc* sp. FS77 کدگذاری گردید و در موزه جلبکی پژوهشکده علوم پایه کاربردی دانشگاه شهید بهشتی ثبت گردید. کشت در محیط مایع BG110 و در شرایط نوری ۲ میکرو مول کوانتا بر مترمربع بر ثانیه (که توسط لامپ فلورسانت تأمین می‌گشت)، دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و pH 7.2 انجام گرفت (Soltani et al., 2006). برای بررسی‌های فیزیولوژیک سلول‌ها در فاز لگاریتمی رشد از محیط استوک برداشت شده و به‌عنوان ماده تلقیحی برای آزمایش‌ها استفاده گشت. شوری مورد استفاده برای تهیه تیمارها در مرحله اول ۰-۳۰ درصد و در مرحله غربال دوم ۰-۱۵ درصد

۱- سلول‌هایی که در آنها عمل تثبیت ازت انجام می‌شود.

بود. سلول‌های کشت استوک در ۲۰ ml از محیط کشت BG110 در لوله‌های ۵۰ ml که توسط پنبه مسدود شده بودند، تلقیح گردیدند. کشت‌ها به مدت ۱ ساعت هم زده شده و سپس به محفظه روشنایی منتقل گردیدند. بررسی اولیه تیمار شوری در فواصل (۳۰-۰ درصد) کلرور سدیم انجام گرفت مرحله دوم سنجش شوری بر مبنای نتایج مرحله اول در محدوده (۰، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۰، ۱۲، ١٤، ۱۵ درصد) کلرور سدیم تنظیم گردید. مقدار EC برای بررسی میزان تعدیل شوری با استفاده از EC متر سنجیده شد. رشد بر اساس کدورت‌سنجی، با استفاده از اسپکتروفتومتر (OD750) سنجش گردید. به همین ترتیب وضعیت رنگیزه ای و ثابت جذب رنگیزه ای به صورت درزیوه مطابق با Vincent and Howard-Williams (۲۰۰۱) تعیین گردید. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS Ver. 16 و MSTATC و Excel 2010 انجام شد.

نتایج

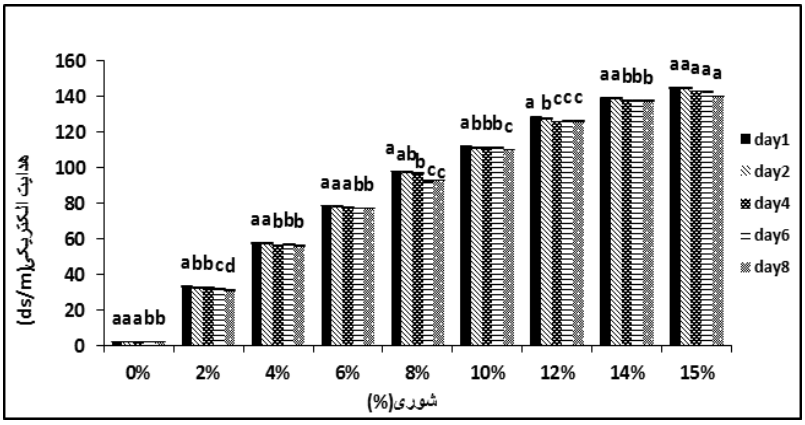
نتایج مربوط به رشد در شرایط شوری افراطی (۳۰-۰ درصد) نشان داد نمونه توانسته بقای خود را حفظ کند ولی بهینه رشد آن در شوری (۱۵-۰ درصد) می‌باشد. به صورتی که شوری‌های بالاتر از آن به‌طور محسوس رشد نمونه را کاهش می‌دهد. فاز رشد منفی در روزهای اول و دوم پس از تلقیح در *Nostoc* sp. FS77 در شرایط شوری صفر تا پانزده درصد شوری، در تمام تیمارها مشاهده می‌شود. از روز دوم شاهد بازیابی در رشد هستیم به نحوی‌که از روز هشتم به بعد در همه تیمارهای مورد بررسی، رشد تصاعدی صورت می‌گیرد. اعمال این مقدار شوری (۱۵-۰) سبب اختلاف معنی دار رشد گشت (P≤۰/۰۵) (شکل ۱).



شکل ۱: مقایسه منحنی رشد سیانوباکتری *Nostoc* sp. FS77 در شوری (۱۵-۰ درصد)

در سیانوباکتری *Nostoc* sp. FS77 خصوصاً در شوری‌های (١٤-۰ درصد) قابلیت تعدیل EC دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P≤۰/۰۵) در شوری ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین در چهار روز اول اختلاف معنی‌داری در شوری ۰ درصد از لحاظ EC با یکدیگر ندارند. در روز ششم و هشتم نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. کمترین میزان در روز ششم به بعد در میزان EC مشاهده شد. در شوری ۲ درصد در روزهای چهارم و ششم اختلاف معنی‌داری در مقدار EC مشاهده نشد و کمترین میزان EC در روز هشتم دیده شد. در شوری ٤ درصد اختلاف معنی‌داری در EC در روزهای اول و دوم مشاهده نشد و همچنین در روزهای چهارم تا هشتم نیز اختلاف معنی‌داری در EC وجود نداشت. کمترین میزان EC در روزهای چهارم تا هشتم دیده شد. در

شوری ٦ درصد تا روز چهارم اختلاف معنی‌داری در EC مشاهده نشد و در روزهای ششم و هشتم نیز اختلاف معنی‌داری در EC وجود نداشت و کمترین میزان EC در روزهای ششم به بعد دیده شد. در شوری ۸ درصد و روزهای دوم و چهارم با هم و روزهای ششم و هشتم با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در EC مشاهده نگردید. کمترین میزان EC در روزهای ششم به بعد مشاهد شد. در شوری ۱۰درصد در روزهای دوم تا ششم اختلاف معنی‌داری در EC مشاهده نگردید. کمترین میزان EC در روز هشتم دیده شد. در شوری ۱۲ و١٤ درصد در روزهای چهارم تا هشتم اختلاف معنی‌داری در EC مشاهده نشد. کمترین میزان EC در روزهای چهارم به بعد دیده شد (شکل ۲).



شکل ۲: هیستوگرام مقایسه نوسانات EC در سیانوباکتریوم *Nostoc* sp. FS77 در شوری (۱۵-۰ درصد)

نرخ رشد در محیط کشت دارای ۸ درصد و سپس ۲ و ٤ درصد، NaCl در سیانوباکتریوم *Nostoc* sp. FS77 بیشتر می‌باشد. نکته قابل توجه این است که نرخ رشد در شوری برابر صفر (محیط کشت بدون اعمال شوری) کمترین مقدار را دارد. باقی ماندن نمونه در شرایط شوری افراطی نشان از گستره وسیع تحمل موجود و نیز وجود مکانیسم‌های سازگار کننده آن دارد (جدول ۱).

جدول ۱: میزان رشد و زمان مضاعف شدن در نمونه سیانوباکتریوم *Nostoc* sp. FS77 تحت شوری‌های متفاوت (۱۵-۰ درصد)

زمان مضاعف شدن (G)	ثابت ویژه رشد (μ)	شوری (درصد)
۳,۸	۰,۱۸	۰(شاهد)
۱,۱	۰,٦۲	%۲
۱,۰	۰,٦۹	%٤
۱,۱	۰,٦۲	%٦
٤,۸	۰,۱٤	%۸
۲,۵	۰,۲۸	%۱۰
۳,۳	۰,۲۱	%۱۲
۳,۳	۰,۲۱	%۱٤
۳,۳	۰,۲۱	%۱۵

محتوای رنگیزه ای شامل کلروفیل، کاروتنوئید، فیکوسیانین، آلوفیکوسیانین، فیکواریترین در سیانوباکتریوم *Nostoc* sp.FS77 و شوری(۱۵-۰ درصد) از روز نخست تا روز نهم روند افزایشی داشته در صورتی که مقادیر پروتئین و قند کاهش یافته است (جدول ۲).

جدول ۲: مقدار کاروتنوئید، فیکوسیانین، آلوفیکوسیانین، فیکواریترین و کلروفیل، پروتئین و قند در روز چهارم در سیانوباکتریوم *Nostoc* sp.FS77 در شوری (۱۵-۰ درصد).

قند (mg/g.dw)	پروتئین (mg/g.dw)	فیکوارتیرین (µg/g.dw)	آلوفیکوسیانین (µg/g.dw)	فیکوسیانین (µg/g.dw)	کاروتنوئید (µg/g.dw)	کلروفیل (µg/g.dw)	شوری (%)
٥,٦٥٩	٤,٢٩٥	١٤,٤٧٩	٢٣,٤٩٣	٢٥,٣٦٠	٥٢,٧٨٠	٤,٨٢٠	٠
٤,٣٤٥	٣,٢٨٠	١٤,٤٨٦	٢٣,٤٩٦	٢٥,٣٦٤	٥٢,٨٣٠	٤,٨٤٢	٤
٤,٠٧٠	٣,٠٦٧	١٤,٤٧٨	٢٣,٤٨٧	٢٥,٣٦٥	٥٢,٨٤١	٤,٨٤٧	١٢
٣,٨٧٤	٢,٩١٦	١٤,٤٨٩	٢٣,٤٩٨	٢٥,٣٦٦	٥٢,٨٤٨	٤,٨٥٠	١٥

بحث

در ارتباط با نتایج حاصل از تحقیق حاضر Nagle و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند، در سیانوباکتری‌های *Synechococcus cedrorum* و *Synechocystis pevalekii* و *Phormidium tenue* رشد تا ۱۵ درصد شوری افزایش و سپس با افزایش غلظت شوری کاهش می‌یابد. نتیجه حاصل با آنچه در این تحقیق به دست آمد مطابقت می‌کند. *Microcystis aeruginosa* در معرض 0-20ppm، NaCl قرار گرفت و رشد تنها در 0 ppm اتفاق افتاد (Liu, 2006). نتایج کار فوق با آنچه در این تحقیق به دست آمد مغایرت دارد. این سازگاری می‌تواند با برون ریزش ترکیبات دیواره ساز بخصوص در روزهای نخست پس از تلقیح که به نوعی روزهای سازگاری سیستم‌های فیزیولوژیک و آنزیماتیک محسوب می‌شوند مرتبط باشد (شکروی و ساطعی، ۱۳۸۲). در مطالعات صورت گرفته توسط Rosales و همکاران (۲۰۰۵) بیشینه کلروفیل a، رنگدانه‌های بتاکاروتن و گزانتین در سیانوباکتریوم *Synechococcus* جدا شده از محیط‌های فوق شور در ۱۰۰ppt، NaCl است که با نتیجه این پژوهش البته در مقادیر بالاتری از شوری مطابقت دارد. سازگاری به استرس در نتیجه تولید یکسری تنظیمات متابولیکی و تجمع اسمولیت‌ها و محلول‌های معدنی از جمله پرولین، گلایسین بتائین، قند، پلی‌ال‌ها و اسید آمینه می‌باشد (Hasegawa et al., 2000 ; et Hoque al., 2007). در صفایی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی *Fischerella* sp. و احمدی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی سیانوباکتری *Hapalosiphon* sp. و خاوری نژاد و همکاران (۱۳۸۰) بر روی سیانوباکتریوم *Nostoc* sp. و در سلطانی و همکاران (۱۳۸٤) برروی سیانوباکتریوم *Fischerella* sp. FS18 نرخ رشد در شوری نیم در صد بالاترین میزان را داشته است، لذا افزایش نرخ رشد در شوری ۸ درصد می‌تواند قابل توجه باشد. در بررسی انجام شده توسط Battah (۲۰۰۹) وضعیت رنگیزه‌ای در سیانوباکتریوم *Anabaena constricta* و *Nostoc linkia* و ۰/۲-۰ مولار NaCl مورد بررسی قرار گرفت و کاهش شدید در مقدار رنگیزه در این شوری دیده شد که بانتیجه به‌دست آمده در این سویه مغایرت دارد. در Kirrolia و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر شوری (۱-۰ میلی مولار) *Scenedesmus quadricauda* سبب کاهش محتویات کلروفیلی در تمام غلظت‌های NaCl نسبت به کنترل (محیط بدون اعمال شوری) گردید ولی میزان کربوهیدرات و پروتئین افزایش یافته است که با نتیجه حاصل در این تحقیق مغایرت دارد. القای استرس شوری سبب تحریک آنزیم پروتئاز شده در نتیجه محتویات پروتئینی کاهش می‌یابد (Masclaux-Daubresse et al., 2006). Manchand و Kaushik (۲۰۰۰)، با بررسی ۹ گونه سیانوباکتری و ۸ گونه کلروفیسه و ۳ گونه باسیلاسه نتیجه گرفتند که

بیشترین تراکم در فصل بارانی و در EC=8 در روزهای ۲۲-۱۵ رشد اتفاق می افتد. سیانوباکتریوم *Anabaena* تا EC=8 در فصل بارانی و EC=12 در فصل خشک یافت شدند. از نظر کاهش EC نتایج حاصل با کار مذکور مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سیانوباکتریوم *Nostoc* sp.FS77 نسبت به شوری از خود مقاومت نشان می‌دهد، به‌طوری که رشد آن در شوری (۳۰-۰ درصد) متوقف نشد، ولی این میزان شوری باعث کاهش روند رشد در این سیانوباکتری شد. فعالیت فتوسنتزی قابل توجه و حفظ تمامیت سیستم فیکوبیلی زومی که شرایط شوری افراطی را تحمل‌پذیر می‌کند از جمله مهم ترین قابلیت‌های این سویه بود از بعد کشاورزی اصلاح خاک‌هایی که تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند، با کمک سیانوباکتری‌های مقاوم به شوری به‌عنوان عوامل اصلاح خاک می‌تواند مفید فایده باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از دانشگاه علوم پایه کاربردی شهید بهشتی تهران که در انجام این تحقیق همکاری لازم را داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند. تشکر از مسئولین محترم آزمایشگاه تحقیقات و ژنتیک و فیزیولوژی دانشگاه آزاد گرگان به ویژه الزامی است.

منابع

احمدی، ح.، شکروی، ش. و سلطانی، ن. (۱۳۸۹). بررسی بقا و رشد سیانوباکتری خاکزی در شرایط تنش‌های شوری، دی اکسید کربن و pH. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی گرگان. صفحات ۷۲-۶۷.

سلطانی، ن.، خاوری‌نژاد، ر.، شکروی، ش. و والینته، ا.ف. (۱۳۸٤). ارزیابی فعالیت نیتروژنازی، فتوسنتز، رشد و وضعیت رنگیزه ای سیانوباکتریوم خاکزی *Fischerella ambigua* FS 18. تحت تیمارهای مختلف شوری. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، جلد ۵. شماره ۱. صفحات ۵۳٦-۵۲۷.

خاوری‌نژاد، ر.، فلاحیان، ف. و شکروی، ش. (۱۳۸۰). بررسی پتانسیل *Nostoc* sp. به‌عنوان کاندیدای کود بیولوژیکی-نگرش اکوفیزیوولوژیکی. پایان‌نامه دکترا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران. صفحات ۹۰-۸۲.

شکروی، ش.، سلطانی، ن. و بافته‌چی، ل. (۱۳۸٦). سیانوباکتریولوژی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی گرگان. صفحات ٦۲-۳۸.

شکروی، ش. و ساطعی، آ. (۱۳۸۲). بررسی پتانسیل سیانوباکتری به‌منظور تلقیح در شالیزار، گزارش طرح پژوهشی، معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان. صفحات: ۷۸-٦۸.

صفایی کتولی، م.، شکروی، ش.، علمایی، م. و سلطانی، ن. (۱۳۸۵). بررسی رشد و وضعیت رنگیزه‌ای سیانوباکتریای خاکزی در رابطه با تنش‌های شوری در شرایط آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی گرگان. صفحات ۸۳-۷۲.

Alahari, A. and Apte, S.K. (1998). Pleiotropic effects of potassium deficiency in a heterocystous, nitrogen-fixing cyanobacteria *Anabaena torulosa*. Microbiology. 144: 1557-1563.

Anagnostidis, K. and Komarek, J. (1990). Modern approaches to the classification of cyanobacteria. Stigonematales. Archieves for Hydrobiology. Algological Studies. l4: 224-286.

Anand, N., Radha, L., Shanthakumar Hopper, R.S., Revathi, G. and Subramanian, T.D. (1991). Blue-green algae as biofertilizers: certain view points on the choice of suitable isolates. Perspective in

transporter gene cluster. Plant Physiology. 143: 425-433.

Loque, DS., Lalonde, S., Looger, LL., Von-Wiren, N. and Frommer, WB. (2007). A cytosolic trans-activation domain essential for ammonium uptake. Nature. 446: 195-198.

Manchand, H. and Kaushik, A. (2000). Algal flora of the aridisols of Rohtak and salt-tolerance of the indigenous cyanobacteria. Tropical Ecology. 41 (2): 217-223.

Masclaux-Daubress, C., Resisdorf-cren, M., Pageau, K., Lelandais, M., Grandjean, O., Kronberger, J., Valadier, MH., Feraud, M., Louglent, T. and Suzuki, A. (2006). Glutamine synthetaseglutamate synthetase pathway and glutamate dehydrogenase play distinct roles in the sink-source nitrogen cycle in tobacco. Plant Physiology. 140: 444-456.

Nagle, V.L., Mhalsekar, N.M., and Jagtap, T.G. (2010). Isolation, optimization and characterization of selected Cyanophycean members. Indian Journal of Marine Science. 39(2):212-218.

Nitschmann, W.H. and Peschek, G.A. (1985). Oxydative phosphprylation in intact cyanobacteria. FEBS Letters. 139:77-80.

Oren, S., and brines. (2000). In: The Ecology of Cyanobacteria. (eds) B.A. Whitton, and M. Potts. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp. 281-306.

Paschinger, H. (1977). DCCD induced sodium uptake by Anacystis nidulans. Archives of Microbiology. 113: 285-291.

Prescott, G.W. (1962). Algae of western Great Lakes area. Cranbrook Institute. Science Publish. pp. 521-550.

Reed, B.R., Borowitzka, L.J., Mackay, M.A., Chudek, J.A., Foster, R., Warr, S.R.C., Moore, D.J. and Stewart, W.D.P. (1989). Organic solute accumulation in osmotically stressed cyanobacterium. FEMS Microbiology Reviews. 39: 51-56.

Reed, R.H., Chudek, J.A., Richardson, D.L., and Warr, S.R.C. (1985a). Na+ uptake and extrusion in the cyanobacterium *Synechocystis* PCC 6714 in response to hypersaline treatment. Evidence for transient changes in plasmalemma Na+ permeability. Biochimica et Biophysica Acta. 814:347-355.

Reed, R.H. and Stewart, W.D.P. (1997). Evidence for turgor-sensetive K+ influx in the cyanobacteria *Anabaena variabilis* ATCC 29413 and *Synechocystis* PCC 6714. Biochimica et Biophysica Acta. 812:155-162.

phycology, International symposium of phycology at university of madras, Today and Tomorrows Publishers. New Delhi, India. Pp. 383-391.

Apte, S.K., Reddy B.R. and Thomas, J. (1987). Relationship between Na+ influx and salt tolerance of nitrogen-fixing cyanobacteria. Applied and Environmental Microbiology. 53: 1934-1939.

Battah, M. (2009). Alleviation of salinity stress on growth and some metabolites of *Anabaena constricta* and *Nostoc Linckia* using L- proline or D L-B phenylalanine. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3(3): 1903-1909.

Desikhachary, T.V. (1959). Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research Publishers. pp. 185-565.

Geitler, L. (1932). Cyanophyceae. In Rabenhorst, L. (ed.) Kryptogamenflora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. 14. (Akad. Verlagsges.: Leipzig).

Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. (2000). Plant cellular and molecular response to high salinity. Annual Review of Plant Physiology. 51:463-499.

Hense, I. and Beckmann, A. (2006). Towards a model of cyanobacteria life cycle effects of growing and resting stages on bloom formation of N2-fixing species. Ecological Modeling. 195: 205-218.

Hoque, MA., Okuma, E., Banu, M.N.A., Nakamura, Y., Murata, Y. (2007). Exogenus prolin mitigates the detrimental effects of salt stress more than the betaine by increasing antioxidant enzyme activities. Plant Physiology. 164:553-561.

John, D.M., Whitton, B.W. and Brook, A.J. (2002). The Freshwater Algal Flora of the British Isles -Cambridge University Press.

Kaushik, B.D. (1987). Laboratory methods for blue-green Algea. Associated publishing company. New Delhi, India. pp: 17-63.

Kirroliaa, A., Bishnoia, N.R. and Singh, N. (2011). Salinity as a factor affecting the physiological and biochemical traits of *Scenedesmus quadricauda*. Algal Biomass Utilization. 2(4): 28–34.

Liu, Y. (2006). Effect of salinity on the Growth and Toxin Production of a Harmful Algal Species, *Microcystis aeroginosa*. Water Environmental Federation. Pp: 91-111.

Li, W., Wang, Y., Okamoto, M., Olive, F., Crawford, N.M., Siddiqi, MY. and Glass, ADM. (2007). Dissection of the *AtNTR2.1: AtNTR2.2* inducible high affinity nitrate

Council of Agricultural Research, New Delhi. pp. 83–98.

Soltani, N., Khavari-Nejad, R., Tabatabaie, M., Shokravi, Sh. and Valiente, E.F. (2006). Variation of Nitrogenase Activity, photosynthesis and pigmentation of cyanobacterium *Lyngbya* sp. FS33 Agardh strain FS18 under different irradiance and pH. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 22(6): 571-576.

Rosales, N., Ortega, J., Mora, R., and Morales, E. (2005). Influence of salinity on growth and biochemical composition of the Cyanobacterium *Synechococcus* sp. Ciencias Marinas. pp. 349-355.

Singh, R.N. (1950). Reclamation of "usar" lands in India through bluegreen algae. Nature (London). 165: 325–326.

Singh, R.N. (1961). Reclamation of usar lands. In Role of Blue Green Algae in Nitrogen Economy of Indian Agriculture. Indian