

## بررسی میزان تولید اکسین و برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی در سویه‌های سیانوباکتری هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای شرق استان مازندران

علی شمس<sup>۱\*</sup>، قربانعلی نعمت‌زاده<sup>۲</sup>، ندا سلطانی<sup>۳</sup>، شادمان شکروی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>گروه فیزیولوژی مولکولی، پژوهشکده ژنتیک و زیست فن آوری طبرستان، ساری، ایران

<sup>۲</sup>گروه اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران

<sup>۳</sup>گروه میکروبیولوژی نفت، پژوهشکده علوم کاربردی جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۴</sup>گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۹/۱۴

### چکیده

سیانوباکتری‌ها از جمله میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده گرم منفی می‌باشند. به دلیل تنوع بالای ترکیبات شیمیایی از جمله رنگیزه‌ها، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها، در این گروه از ریز موجودات، در صنعت دارای کاربرد زیادی می‌باشند. مطالعات مختلف نشان داده است که سیانوباکتری‌ها می‌توانند سبب بهبود رشد گیاه از طریق اصلاح ساختار خاک، با آزادسازی پلی ساکاریدهای برون سلولی انسجام خاکدانه و نگهداشت آب گردند. تعداد بیشماری از باکتری‌های همزیست گیاهی، اکسین و ترکیبات وابسته به ایندولیک اسید را تولید می‌نمایند. نقش میکروارگانیسم‌های خاکزی به عنوان تحریک کننده رشد گیاهی به ویژه از طریق تولید هورمون‌های گیاهی ارتقاء دهنده رشد گیاهی در طبیعت بسیار گسترده است. گروه فیتوهورمون اکسینی از جمله گروهی از هورمون‌های گیاهی هستند که در تنظیم پروسه‌های متنوع بیولوژیکی نقش مهمی ایفا می‌نمایند. هدف از این تحقیق بررسی توان تولید اکسین و برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی در سویه‌های هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای شرق استان مازندران می‌باشد. بعد از جمع آوری نمونه خاک و کشت سویه در محیط کشت BG11<sub>0</sub>، به منظور انجام پروسه خالص سازی کشت مجدد در محیط کشت جامد و مایع انجام گرفت سپس سویه‌ها از لحاظ مورفولوژی شناسایی شدند. نتایج نشان داد که طیف وسیعی از باکتری‌های جدا شده دارای توانایی تولید اکسین به عنوان یک فاکتور موثر در بهبود رشد گیاه را دارا می‌باشند و غلظت رنگیزه کلروفیل و کاروتنوئیدها در اکثر سویه‌های جداسازی شده، با میزان متفاوت مشاهده گردید. هر چند پتانسیل هر سویه با توجه به نوع جنس و تنوع اکولوژیکی آن متفاوت می‌باشد. بالاترین میزان تولید کلروفیل، کاروتنوئیدها و اکسین به ترتیب در سویه‌های *Anabaena* MGCY358 و *(Nostoc ellipsosporum)* MGCY497، *(Lyngbya diguetii)* MGCY277 (*variabilis*) مشاهده گردید.

**واژه‌های کلیدی:** اکسین، سیانوباکتری، فیتوهورمون، کاروتنوئید، کلروفیل

### مقدمه

و سرخس آزولا می‌باشند. از جمله رنگیزه‌های موجود در این باکتری‌ها می‌توان به کلروفیل a، کاروتنوئیدها و فیکوبیلی پروتین‌ها اشاره نمود (Gallon., 1992; Bergman et al., 1997; Berman et al., 2004).

سیانوباکتری‌ها یا جلبک‌های سبز آبی گروهی از باکتری‌های فتوسنتز کننده پروکاریوتی با قابلیت همزیستی با سایر موجودات از جمله خزه، گل‌سنگ

\*نویسنده مسئول: ali.shams11@gmail.com

Vaishampayan et al., 2001; Sinha et al., 2002; )  
(Rai, 2006.

اکسین به گروهی از هورمون‌های گیاهی تعلق دارد که می‌تواند توسط گیاهان ( Arshad and frankenbetger., 1991; Okamoto et al., 1976 Barea ) میکروارگانیسم‌های متعددی مثل باکتری‌ها ( Barea et al., 1976 ) و قارچ‌ها ( Dvornikova et al., 1970 ) تولید گردند. بسیاری از باکتری‌های حقیقی می‌توانند در حضور ال-تریپتوفان پیش ماده اکسین به‌عنوان تولید کننده بالقوه اکسین تلقی گردند ( Loper and Schroth., 1986 ). بر طبق نظر De Vay و همکاران ( ۱۹۶۸ ) و همچنین Loper و Schroth ( ۱۹۸۶ ) اندازه‌گیری میزان اکسین تولید شده توسط گیاه و باکتری می‌تواند با استفاده از روش‌های Colorimetric انجام پذیرد. تعیین توانایی تولید اکسین توسط میکروارگانیسم به‌عنوان یک شاخص با ارزش و کارکرد فیزیولوژیکی مهم در محیط بسیار با اهمیت می‌باشد ( Surico et al., 1984 ). از این رو انتخاب باکتری‌های تولید کننده اکسین می‌تواند در جهت تقویت رشد گیاهان زراعی ( Arshad and Frankenberger., 1991 ) و یا غلبه این گیاهان در رقابت با علف هرز به کار گرفته شود ( Kremer and Kennedy., 1995 ). بسیاری از محققین توانایی تولید اکسین توسط سایر میکروارگانیسم مثل قارچ‌ها، باکتریها، جلبک‌های سبز و سیانوباکتری‌ها را گزارش نموده اند، به عنوان مثال وجود ماده محرک رشد اکسین در ریز جلبک سبز *Chlorellavulgaris* ( Tang Williams, ) *Lminaria agardhii*, (et al., 1947 ) و ( 1949 ) *Aectabulari* sp. (Tandler, 1962). به‌طورکلی بسیاری از باکتری‌های همزیست و همیار با گیاه توانایی تولید اکسین و ترکیبات ایندولیک را دارا هستند. ارزیابی توان تولید اکسین مورد علاقه بسیاری از پاتولوژیست‌های گیاهی و میکروبیولوژی

سیانوباکتری‌ها همچنین به‌عنوان یک کود زیستی با ارزش در کشت گیاه برنج به کار گرفته می‌شوند. از آنجایی که تثبیت نیتروژن در حضور اکسیژن متوقف می‌شود این عمل در سلول‌های ویژه‌ای از سیانوباکتری‌ها به نام هتروسیست انجام می‌پذیرد که محیطی غیر هوازی برای فعالیت آنزیم نیتروژناز را فراهم می‌نماید ( Min and Sherman., 2010 ). همچنین توانایی تولید بسیاری از آنزیم‌های زیستی توسط سیانوباکتری‌ها سبب شده تا از این باکتری‌های مفید در جهت تولید آنزیم‌هایی مثل بنالاکتاز، پروتئاز و لیپاز در مقیاس وسیع استفاده گردد. به‌دلیل فعالیت آکالین فسفاتازها در سیانوباکتری‌ها این میکروارگانیسم توانایی حل‌کنندگی فسفر ارگانیک را دارا هستند و آنزیم‌هایی مثل کیتیناز، آمیلاز، پروتئاز، سلولاز، لیپاز، ال-گلوتامیناز وال-آسپاراجیناز توسط این باکتری‌ها گزارش شده است ( Wikstrom et al., 1982 ).

بسیاری از باکتری‌های تقویت کننده رشد گیاهی مثل سیانوباکتری‌ها و غیره توانایی بهبود و تقویت رشد گیاه را در پاسخ به فاکتورهای تنش زای محیطی مثل خشکی و تنش‌های اسمزی دارا هستند. این باکتری‌ها از طریق ترشح فیتوهورمون‌هایی مثل اکسین و با دارا بودن قابلیت‌هایی چون حل‌کنندگی فسفات و تثبیت ازت شرایط بهینه برای رشد گیاه را در محیط فراهم می‌نماید ( Dell-Amico et al., 2008; Zhuang et al., 2007; Rau et al., 2009 ). به‌دلیل افزایش تقاضا به منظور تولید غذا و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی اثرات مخربی بر روی خاک و محیط زیست ایجاد گردیده است در این میان تمایل به استفاده از کودهای بیولوژیک در بهبود و کاهش آلودگی محیط زیست به عنوان راهکاری مطلوب در جایگزینی با کودهای شیمیایی و حصول عملکرد بالا توسط بسیاری از محققین پیشنهاد گردیده است

ساکاریدی را نیز دارا هستند ( Hill et al., 1994; ) هدف از این پژوهش بررسی میزان تولید اکسین و برخی رنگیزه‌های فتوستزی در سویه‌های سیانوباکتری هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای شرق استان مازندران می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

ابتدا نمونه برداری خاک با استفاده از روش‌های متداول از مناطق مختلف شالیزارهای شرق استان مازندران انجام گردید. سپس با استفاده از محیط کشت اختصاصی BG11<sub>0</sub> رشد سیانوباکتری‌های هتروسیست دار از سطح خاک صورت گرفته و پس از کشت‌های متوالی در محیط جامد، ۱۸ سویه خالص از سیانوباکتری‌ها انتخاب گردیدند. بعد از اطمینان از خلوص، انتقال سویه‌ها به محیط کشت مایع جهت افزایش تولید بیوماس صورت پذیرفت. شرایط بهینه برای رشد هر سویه با در نظر گرفتن نیازهای دمایی، نوری و شرایط هوادهی مناسب فراهم گردید. هوادهی با شدت جریان ۲۰۰ میلی لیتر در دقیقه در ارلن‌های ۵۰۰ میلی لیتری و در شرایط نوری ۸۰ میکرومول فوتون در متر مربع بر ثانیه با ۴ لامپ فلورسانس و ایجاد دمای بهینه رشد در دامنه ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد فراهم گردید.

به منظور بررسی میزان اکسین موجود در هر سویه، بعد از رسیدن به حداکثر رشد از هر استوک ۱ میلی‌لیتر بیوماس تهیه و با اضافه نمودن معرف سالکوسکی و با استفاده از روش Glickman و Dessaux (۱۹۹۵) بدون استفاده از تریپتفان میزان قرائت جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر انجام پذیرفت. به منظور برآورد کمی میزان اکسین تولید شده توسط هر سویه با استفاده از منحنی کالیبراسیون اکسین میزان اکسین

می‌باشد. روش‌های بسیاری بر پایه تاثیرات بیولوژیکی اکسین بر گیاه مانند تغییرات ریشه موین یا طویل شدن کولتوپتیل غلات و ذرت ( Libbert et al., 1968 ) و یا بررسی فیزیوکوشیمیایی این ترکیبات بعد از استخراج و جدا سازی از سوپرنات باکتریایی و استفاده از HPLC و GC به کار گرفته می‌شود (Morris, 1986 ; Fett et al., 1987). به دلیل صرف زمان زیاد در استفاده از HPLC و GC و مشکلات آن در تحقیقات روزمره از روش‌های مختلف دیگری بر مبنای تکنیک‌های Colorimetric با استفاده از معرف‌های ویژه مثل Salkowski در تعیین میزان اکسین در میکروارگانسیم استفاده می‌شود ( Salkowski, 1885; Tang et al., 1947; Gordon et al., 1951).

سیانوباکتری‌ها در دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگاری پیدا نموده و گسترش یافته‌اند ( Karthikeyan et al., 2007; Kirlwood et al., 2008; ) (Paerl et al., 2000). این باکتری‌ها تقویت کننده رشد گیاه به شکل مستقیم و غیر مستقیم می‌باشند. اثر مستقیم آنها از طریق تولید دامنه وسیعی از ترکیبات فعال زیستی محرک رشد مانند فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین ( Prasanna et al., 2010; Sergeeva et al., 2002 ) جیبرلین (Rodriguez et al., 2006) و سیتوکینین ( Stirk et al., 2002; Hussain and Hasnain, 2009 ) می‌باشد. اثر غیر مستقیم این ریزموجودات از طریق اثرگذاری مثبت بر رشد و توسعه گیاهان و کنترل دامنه سرعت و تکثیر میکروارگانسیم‌های بیماری زای گیاهی اشاره کرد ( Moussa and Shanab, 2001; Kim and Kim, 2008; Rizk., 2006; Tassara et al., 2008). همچنین گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد که سیانوباکتری‌ها توانایی بهبود رشد گیاه از طریق بهبود ساختار خاک دانه و نگهداری آب را از طریق ترشحات پلی

۴۶۱ و ۶۶۵ نانومتر صورت پذیرفت و به‌منظور برآورد کمی میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها بر حسب میکروگرم بر میلی‌لیتر از معادلات زیر استفاده گردید:

1- Chlorophyll = 3.14 \*OD<sub>665</sub>

2- Carotenoid = (OD<sub>461</sub> - (0.046 \* OD<sub>665</sub>)) \* 4/1

جهت شناسایی مورفولوژی سویه‌ها از کلیدهای معتبر شناسایی بر مبنای (Desikachary, 1959) استفاده گردید.

تولید شده توسط هر سویه برحسب میکروگرم بر میلی‌لیتر تعیین گردید.

تعیین میزان کلروفیل با استفاده از متانول و از روش Marker (۱۹۷۲) انجام پذیرفت و میزان قرائت جذب در طول ۶۶۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری میزان کاروتنوئیدها با استفاده از استون و طبق روش Jensen (۱۹۷۸) ابتدا قرائت جذب در دو طول موج

جدول ۱: نام سویه‌های مورد بررسی

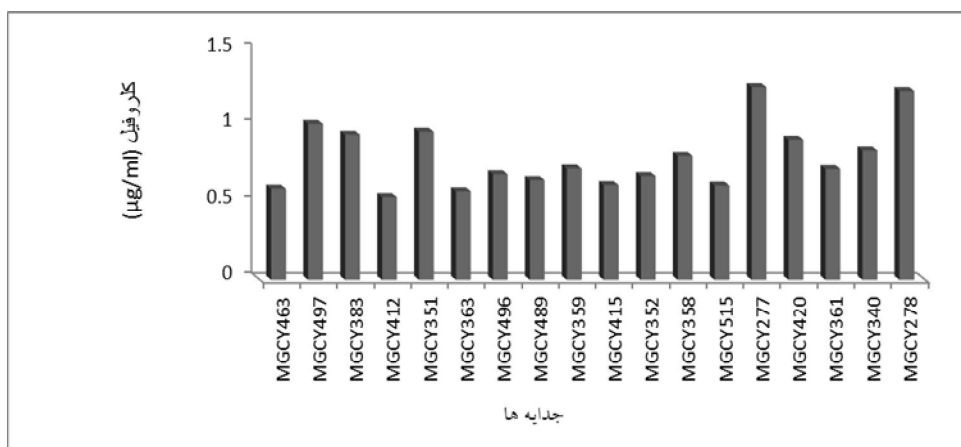
کد سویه	نام سویه
MGCY463	<i>Hapalosiphon flexuosus</i>
MGCY497	<i>Nostoc ellipsosporum</i>
MGCY383	<i>Stigonema ocellatum</i>
MGCY412	<i>Microchaete geopretiana</i>
MGCY351	<i>Stigonema turfatum</i>
MGCY363	<i>Chroococcus sp.</i>
MGCY496	<i>Chroococcus minor</i>
MGCY489	<i>Phormidium tenue</i>
MGCY359	<i>Phormidium tenue</i>
MGCY415	<i>Nostoc muscorum</i>
MGCY352	<i>Microchaete geopertiana</i>
MGCY358	<i>Anabaena variabilis</i>
MGCY515	Unknown
MGCY277	<i>Lyngbya diguetii</i>
MGCY420	<i>Phormidium tenue</i>
MGCY361	<i>Phormidium minnesotense</i>
MGCY340	<i>Anabaena cylindrica</i>
MGCY278	Unknown

## نتایج

(*Stigonema turfatum*) به‌ترتیب از مناطق بهشهر، میانکاله و میانرود با میزان ۱/۲۳۶، ۱/۰۱۹ و ۰/۹۶۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر از میزان کلروفیل بالاتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند. کمترین میزان کلروفیل در سویه MGCY412 (*Microchaete geopretiana*) از منطقه بهشهر با میزان ۰/۵۴۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر مشاهده گردید و دوسویه MGCY363 (*Chroococcus sp.*) و MGCY515 از مناطق میانکاله و بابل به‌ترتیب با میزان ۰/۵۸۰ و

بررسی میزان کلروفیل در سویه‌های هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای شرق استان مازندران: بررسی میزان کلروفیل در ۱۸ سویه مورد بررسی در شکل (۱) مویده آن است که بالاترین میزان کلروفیل در سویه MGCY277 (*Lyngbya diguetii*) از منطقه بهشهر با مقدار ۱/۲۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر مشاهده شد و سه جدایه (Unknown، MGCY278، *Nostoc*) MGCY497 و *ellipsosporum*) و MGCY351

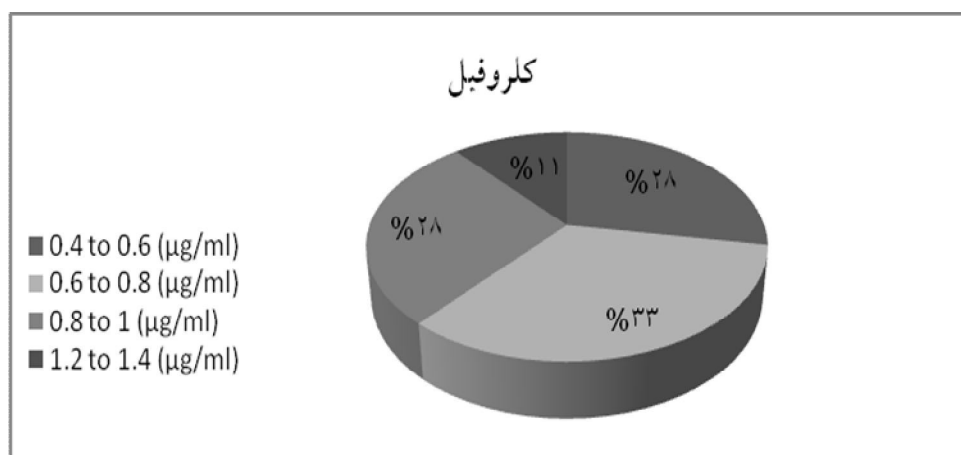
۰/۶۱۷ میکروگرم بر میلی لیتر از میزان کلروفیل کمتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار می‌باشند.



شکل ۱: میزان کلروفیل در ۱۸ سویه مورد بررسی از شالیزارهای شرق استان مازندران (برحسب میکروگرم بر میلی لیتر).

سویه‌ها در دامنه ۰/۶ تا ۰/۸، ۲۸ درصد در دامنه ۰/۸ تا ۱ و ۱۱ درصد در دامنه ۱/۲ تا ۱/۴ میکروگرم بر میلی لیتر مشاهده شد.

با توجه به شکل (۲) بررسی میزان کلروفیل در ۱۸ سویه نشان داد که تنها در ۲۸ درصد از سویه‌ها میزان کلروفیل در دامنه ۰/۴ تا ۰/۶ میکروگرم بر میلی لیتر قرار گرفت. همچنین میزان کلروفیل در ۳۳ درصد از



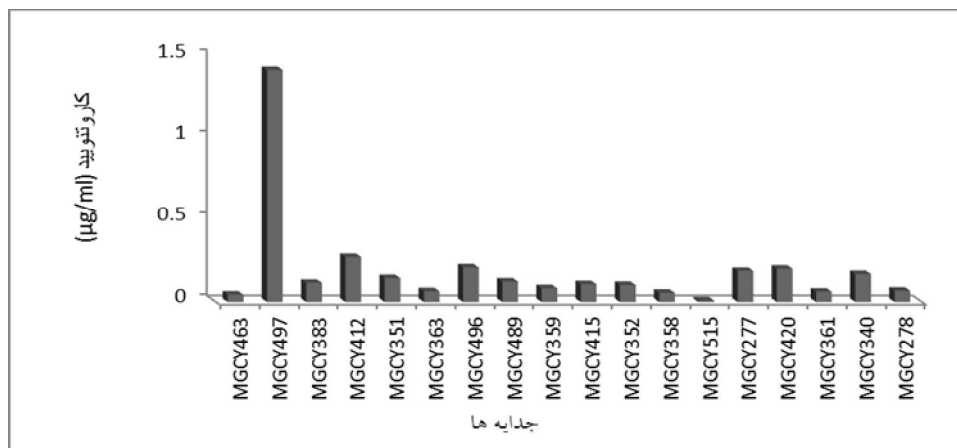
شکل ۲: تنوع میزان کلروفیل در ۱۸ سویه مورد بررسی از شالیزارهای شرق استان مازندران (برحسب درصد)

منطقه میانکاله مشاهده شد. همچنین سه سویه *(Microchaete geopretiana)* MGCY412 و *(Chroococcus minor)* MGCY420 از مناطق بهشهر، میانکاله و نکا با میزان ۰/۲۷۶، ۰/۲۰۶ و ۰/۱۹۹ میکروگرم بر لیتر از میزان کاروتنوئیدها بالاتری نسبت به سایر

بررسی میزان کاروتنوئیدها در سویه‌های هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای شرق استان مازندران: با توجه به شکل (۳) در بررسی میزان کاروتنوئیدها در ۱۸ سویه، بالاترین میزان کاروتنوئیدها با میزان ۱/۴۱۳ میکروگرم بر میلی لیتر در سویه *(Nostoc ellipsosporum)* MGCY497 از

نیز از *Phormidium minnesotense* MGCY361 مناطق نکا و گلوگاه با میزان ۰/۰۶۱ و ۰/۰۴۳۸ میکروگرم بر میلی لیتر از میزان کاروتنوئیدها کمتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند.

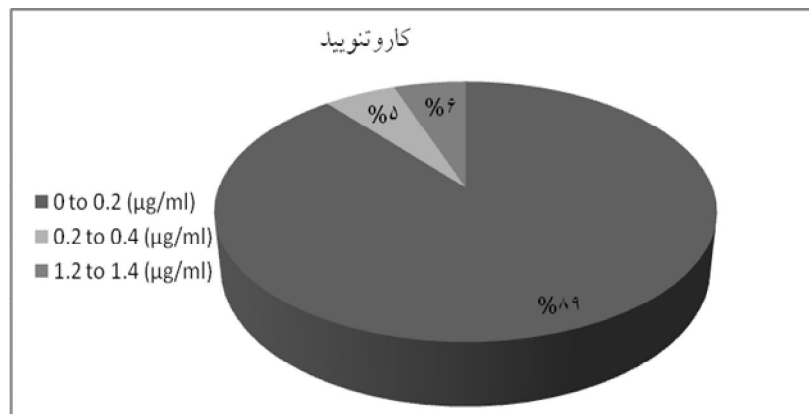
سویه‌ها برخوردارند. با توجه به بررسی صورت گرفته بر روی ۱۸ سویه کمترین میزان کاروتنوئیدها در سویه MGCY515 از منطقه بابل با میزان ۰/۰۰۹۳ میکروگرم بر میلی لیتر مشاهده شد. دو سویه *Hapalosiphon flexuosus* MGCY463 و



شکل ۳: میزان کاروتنوئیدها در ۱۸ سویه مورد بررسی از شالیزارهای شرق استان مازندران (برحسب میکروگرم بر میلی لیتر)

کاروتنوئیدها در ۵ درصد از سویه‌ها در دامنه ۰/۲ تا ۰/۴ و تنها در ۶ درصد در دامنه ۱/۲ تا ۱/۴ میکروگرم بر میلی لیتر قرار گرفت.

با توجه به شکل (۴) در ۸۹ درصد از سویه‌های مورد بررسی میزان کاروتنوئیدها در دامنه ۰ تا ۰/۲ میکروگرم بر میلی لیتر قرار گرفت. میزان



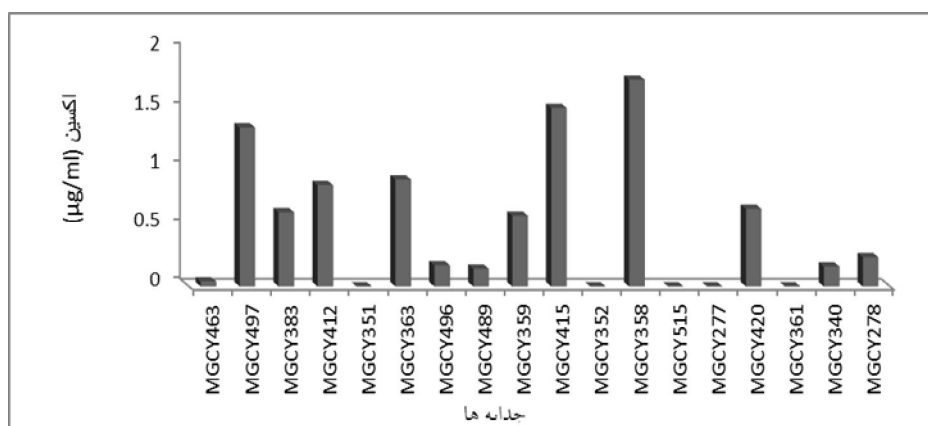
شکل ۴: تنوع میزان کاروتنوئیدها در ۱۸ سویه مورد بررسی از شالیزارهای شرق استان مازندران (برحسب درصد)

میکروگرم بر میلی لیتر در سویه MGCY358 *Anabaena variabilis* از منطقه رستم کلا مشاهده گردید. همچنین دو سویه *Nostoc* MGCY415 (*Nostoc muscorum*) MGCY497،

بررسی میزان اکسین در سویه‌های هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای شرق استان مازندران: بررسی میزان اکسین در ۱۸ سویه مورد بررسی شکل (۵) نشان داد که بالاترین میزان اکسین با میزان ۱/۷۴۸

میاندرود، میاندرود، بابل، بهشهر و گلوگاه قادر به تولید اکسین در میزان بالا نبوده و میزان تولید اکسین در آنها نزدیک به صفر مشاهده شد. همچنین دو سویه *Hapalosiphon flexuosus* MGCY463 و *Phormidium tenue* MGCY489 از منطقه نکا با میزان اکسین ۰/۰۴۱ و ۰/۱۵۵ میکروگرم بر میلی لیتر از میزان اکسین کمتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند

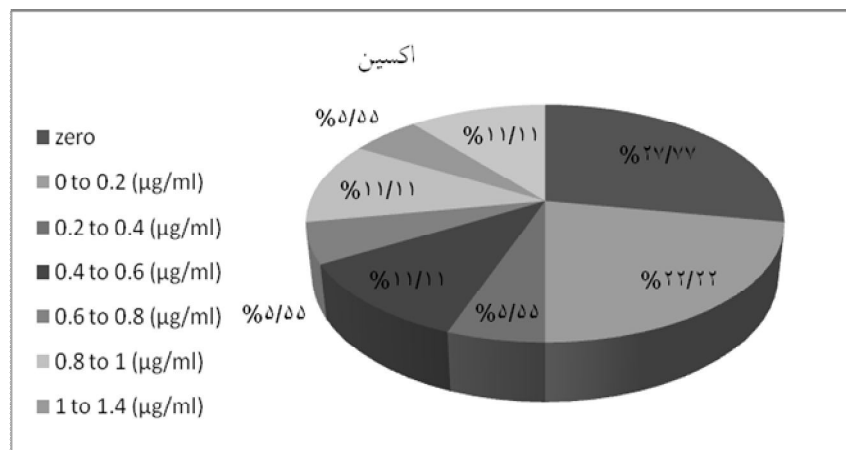
از مناطق رستم کلا و میانکاله به میزان ۱/۵۱۱ و ۱/۳۴۰ میکروگرم بر میلی لیتر از میزان اکسین بالاتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ۵ سویه MGCY351 *(Stigonema turfaceum)*، MGCY352، MGCY515 *(Microchaete geoppertiana)*، MGCY277 *(Lyngbya diguetii)* و MGCY361 *(Phormidium minnesotense)* به ترتیب از مناطق



شکل ۵: میزان اکسین در ۱۸ سویه مورد بررسی از شالیزارهای شرق استان مازندران (برحسب میکروگرم بر میلی لیتر)

در ۵/۵۵ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰/۶ تا ۰/۸ میکروگرم بر میلی لیتر، در ۱۱/۱۱ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰/۸ تا ۱ میکروگرم بر میلی لیتر، در ۵/۵۵ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۱ تا ۱/۴ میکروگرم بر میلی لیتر و در ۱۱/۱۱ درصد از سویه‌ها میزان اکسین در دامنه ۱/۴ تا ۱/۸ میکروگرم بر میلی لیتر مشاهده گردید.

با توجه به شکل (۶) بررسی صورت گرفته بر روی ۱۸ سویه جدا شده موید آن است که در ۲۷/۷۷ درصد از سویه‌های مورد بررسی میزان اکسین صفر، ۲۲/۲۲ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰ تا ۰/۲ میکروگرم بر میلی لیتر، در ۵/۵۵ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰/۲ تا ۰/۴ میکروگرم بر میلی لیتر، در ۱۱/۱۱ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰/۴ تا ۰/۶،



شکل ۶: تنوع میزان اکسین در ۱۸ سویه مورد بررسی از شالیزارهای شرق استان مازندران (بر حسب درصد)

### بحث

با توجه به نتایج این تحقیق استنباط می‌گردد که هر سویه از سیانوباکتری‌های جدا شده از هر منطقه به تنهایی پتانسیل قابل توجهی نسبت به نوع رنگدانه‌های موجود خود، دارا می‌باشد که متناسب با اهداف تجاری در جهت مصارف دارویی، صنعتی و خوراکی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (Priyadarshani and Biswajit., 2012). اگرچه قابلیت تولید فیتوهورمون‌های محرک رشد مثل اکسین در اکثر سویه‌ها مشاهده گردید اما این توان بالقوه با توجه به جنس و پراکنش اکولوژیکی در هر سویه متفاوت است و می‌تواند به‌عنوان یک فاکتور مهم در انتخاب سویه‌هایی با قابلیت و توان تولید اکسین بالا در جهت تولید کودهای بیولوژیکی موثر نقش مهمی را ایفا نماید. میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی متناسب با شرایط محیطی و نوع سویه متغیر می‌باشد. بررسی میزان قابلیت تقویت‌کنندگی رشد در برخی از میکروارگانیسم‌های خاکزی توسط Buggeln و Craigie (۱۹۷۱) نشان دادند، توان تولید اکسین در باکتری‌های مختلف و حتی در سطح گونه‌های یک جنس نیز متفاوت می‌باشد و در حضور دامنه‌های مختلف پیش ماده (تریپتوفان)، میزان تولید اکسین به شکل معنی داری تغییر می‌نماید. به‌دلیل مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و اثرات مخرب آن بر روی

خاک و محیط‌زیست، استفاده از کودهای بیولوژیک به شکل ویژه‌ای در بهبود این آلودگی می‌تواند به‌عنوان راهکاری مطلوب مد نظر قرار گیرد. با توجه به گستردگی تاثیرات مثبت باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاهی مانند سیانوباکتری‌ها، این گروه از باکتری‌ها می‌توانند بصورتی مطلوب در قالب کودهای بیولوژیک مورد استفاده قرار گیرند. ترکیبات فعال زیستی محرک رشد مانند فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین که توسط این باکتری‌ها تولید می‌گردند توسط بسیاری از محققین مانند، (Sergeeva et al., 2002; Prasanna et al., 2010) مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند. بنابراین این ریزموجودات سبب ارتقاء رشد گیاه می‌شوند و غالباً در محیط اطراف ریشه مستقر می‌گردند و در جذب عناصر ضروری از خاک برای بقاء گیاه کمک می‌کنند، البته در برخی مواقع مانع از جذب عناصر سنگین و سمی توسط گیاه نیز می‌گردند. مهمترین مکانیسمی که می‌تواند اثر تحریک‌کنندگی رشد گیاه توسط ریزجلبک‌ها و برخی باکتری‌ها را تفسیر نماید، تولید فیتوهورمون ایندولی IAA است که نتیجه آن بهبود شاخص جوانه زنی و رشد بهتر ریشه و به دنبال آن افزایش عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه است (Sharma et al., 2005; Zhuang et al., 2007). نیز گزارش شده است. با توجه به نتایج این تحقیق این گونه استنباط می‌گردد



که هر سویه از سیانوباکتری‌های جدا شده از هر منطقه به تنهایی پتانسیل قابل توجه‌ای نسبت به نوع رنگیزه‌های موجود خود را دارا می‌باشد که متناسب با اهداف تجاری در جهت مصارف دارویی، صنعتی و خوراکی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. اگر چه قابلیت تولید فیتوهورمون‌های محرک رشد مثل اکسین در اکثر سویه‌ها مشاهده گردید اما این توان بالقوه باتوجه به جنس و پراکنش اکولوژیکی هر سویه متفاوت است و می‌تواند به‌عنوان یک فاکتور مهم در انتخاب سویه‌هایی با قابلیت و توان تولید اکسین بالا در جهت تولید کودهای بیولوژیکی موثر نقش مهمی را ایفا نماید. میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی متناسب با شرایط محیطی و نوع سویه متغیر می‌باشد بررسی میزان قابلیت تقویت کنندگی رشد گیاهان توسط برخی از میکروارگانیسم‌های خاکزی توسط Shanab (۲۰۰۱) نشان داد که توان تولید اکسین در باکتری‌های مختلف و حتی در سطح گونه‌ای متفاوت می‌باشد و با تغییر غلظت‌های مختلف پیش ماده، تریپتوفان میزان تولید اکسین به شکل معنی‌داری تغییر می‌نماید. طبق تحقیقاتی که بر فرکشن محلول آلكالین هیدرولیزتاز، ۱۰ گونه از ریزجلبک‌های آبی صورت گرفت، موید این نکته است که میزان غلظت IAA ترشح شده به‌صورت ترکیب برون‌زا در محیط کشت برخی از جدایه‌ها تا حدود  $0.1 \mu\text{g}$  از وزن تر بیوماس را تشکیل می‌دهد. این نکته بیانگر این مطلب است که سطح ایندول استیک اسید در جدایه‌ها و گونه‌های مختلف ریزجلبک‌های آبی برحسب شرایط محیطی و نوع گونه‌ها متغیر است (Buggeln et al., 1971). نتایجی دیگر نشان داد وقتی در غلظت صفر از تریپتوفان اکسین تولید می‌شود، می‌توان چنین نتیجه گرفت که سنتز اکسین از مسیرهای مستقل از تریپتوفان نیز وجود دارد و یا تغییر مسیر بیوسنتز اکسین می‌تواند امکان پذیر باشد (Varalakshmi and

Malliga, 2012). با توجه به موارد فوق با شناسایی نوع سویه و ارزیابی پتانسیل آن در ابعاد مختلف جهت استفاده در مصارف مختلف کشاورزی و صنعتی می‌توان با فراهم آوردن شرایط بهینه از این باکتری‌های ارزشمند به شکل موثر استفاده نمود. بر اساس بررسی‌های انجام شده چنین متصور است که اجتماعات سیانوباکتری بررسی شده در شرق استان مازندران از تنوع و تراکم بالایی برخوردار هستند و حتی برخی از آنها دارای اجتماعات غالب می‌باشند و دلیل عمده‌ای بر این نکته است که در خوگیری نسبت به تغییرات شرایط محیطی مشکلی نداشته‌اند. با توجه به این نکته می‌بایست احتمال داد که یا شرایط محیطی شرق استان مازندران جهت رشد و توسعه این جدایه‌ها، شرایطی خاص و متفاوت است و یا اینکه شرایط آزمایشگاهی و از جمله شدت نور و محتوای گازی برای تولید رنگیزه‌های اصلی و فرعی فتوسنتزی کافی نبوده است. به عبارت دیگر آنچه در مورد همه نمونه‌ها صدق می‌کند آن است که شرایط آزمایشگاهی اعمال شده احتمالاً به‌صورت یکسان محتوای رنگیزه‌ای را کاهش می‌دهد. در این تحقیق، فتوسنتز مستقیم اندازه‌گیری نشده اما می‌توان از غلظت ترکیبات اولیه و ثانویه رنگیزه‌های حدس زد که کارایی فتوسنتزی در شرایط آزمایشگاهی تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد.

#### نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور بدیهی نوع سویه و ارزیابی پتانسیل آن در ابعاد مختلف جهت استفاده در مصارف مختلف کشاورزی و صنعتی می‌تواند شرایط بهینه را برای استفاده از سیانوباکتری‌های هتروسیستوس و هموسیستوس ارزشمند تعیین نماید. بررسی و غربالگری اولیه منطقه شرق استان مازندران نشان می‌دهد که برون ریزش ترکیبات اکسینی با غلظت‌های

این منطقه، نشان می‌دهد که محتوای رنگیزه‌های آنها به مراتب از استان گلستان پایین‌تر می‌باشد. در مورد اکسین چون بررسی مشابه انجام نشده است، نمی‌توان اظهار نظر نمود.

م تفاوت در سیانوباکتری‌های این منطقه وجود دارد. همین امر در مورد میزان کلروفیل و کاروتنوئید به‌عنوان نمادهایی از فتوسنتز و آنتن‌های جمع‌آوری کننده نور، نیز صدق می‌کند. بررسی سیانوباکتری‌های

## References

- Arshad, M. and Frankenberger, W.T. (1991).** Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil*. 133: 1-8.
- Badeli, Z., Derakhshanpour, J. and Shokravi, Sh. (2012).** Studying the effect of salinity and limited irradiance in survival and growth of soil cyanobacterium *Anabaena* sp. FS 76 and *Nostoc* sp. FS 77. M.Sc Thesis On plant Physiology, Islamic Azad University of Tonekabon.
- Barea, J.M., Navarro, E. and Montoya, E. (1976).** Production of plant growth regulators by rhizosphere phosphate-solubilizing bacteria. *Journal of Applied Bacteriology*. 40: 129-134.
- Bergman, B., Gallon, J.R., Rai, A. N. and Stal, L.J. (1997).** Nitrogen fixation by non-heterocystous cyanobacteria. *FEMS Microbiology Reviews*. 19: 139-185.
- Berman-Frank, I., Bidle, K.L., Haramaty, L. and Falkowski, P.G. (2004).** The demise of the marine cyanobacterium, *Trichodesmium* sp., via an autocatalyzed cell death pathway. *Limnology and Oceanography*. 49: 997-1005.
- Buggeln, R.G. and Craigie, J.S. (1971).** Evaluation of evidence for the presence of Indole-3-acetic acid in marine algae. *Planta*. 97: 173-178.
- Chakigar, Sh., Shokravi, Sh. and Sateii, A. (2012).** Study acclimation of the soil cyanobacteria *Microchaete* sp. FS13 to salt stress and salinity ammelioration potentiality at the laboratory condition. MS.c Thesis On plant Physiology, Islamic Azad University of Gorgan.
- Dell'Amico, H., Cavalca, L. and Andreoni, V. (2008).** Improvement of *Brassica napus* growth under cadmium stress by cadmium resistant *rhizobacteria*. *Soil Biology and Biochemistry*. 40 (1): 74-84.
- Desikachary, T.V.(1959).** Cyanophyta. New Delhi, Indian council of agricultural research, New Delhi. pp.686.
- DeVay, J.E., Lukezic, F.L., English, H. and Coplin, D.L. (1968).** A biocide produced by pathogenic isolates of *Pseudomonas syringae* and its possible role in bacterial canker disease of peach trees. *Phytopatology*. 58: 95-101.
- Dvornikova, T.P., Skryabin, G.K. and Suvorov, N.N. (1970).** Enzymatic transformation of tryptamine by fungi. *Microbiology*. 39: 32-35.
- Fett, W.F., Osman, S.F. and Dunn, M.F. (1987).** Auxin production by plant-pathogenic *pseudomonads* and *xanthomonads*. *Applied and Environmental Microbiology*. 53:1839-1845.
- Gallon, J.R. (1992).** Reconciling the incompatible: Nitrogen fixation and oxygen. *New Phytologist*. 122: 571-609.
- Glickman, E. and Dessaux, Y. (1995).** A critical examination of the specificity of the salkowski's reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. 61: 793-796.
- Gordon, S.A. and Weber, R.P. (1951).** Colorimetric estimation of indoleacetic Acid. *Plant Physiology*. 26: 192-195.
- Hill, DR., Peat, A. and Potts, M. (1994).** Biochemistry and structure of the glycan secreted by desiccation-tolerant *Nostoc commune* (Cyanobacteria). *Protoplasma*. 182: 126-148.
- Hussain, A. and Hasnain, S. (2009).** Cytokinin production by some bacteria: Its impact on cell division in cucumber cotyledons. *African Journal of Microbiology Research*. 3(11): 704-712.
- Jensen, A. (1978).** Chlorophylls and carotenoids. In: Hellebust JA, Craige IS. (ed). *Hand book of Phycological Methods. Physiological and Biochemical Methods.*

- Cambridge: Cambridge University Press. p. 59-70.
- Karthikeyan, N., Prasanna, R., Nain, L. and Kaushik, B.D. (2007).** Evaluating the potential of plant growth promoting cyanobacteria as inoculants for wheat. *European Journal of Soil Biology*. 43: 23-30.
- Kim, J. and Kim, J. (2008).** Inhibitory effect of algal extracts on mycelial growth of the tomato-wilt pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. *Microbiology*. 36(4): 242-248.
- Kirlwood, A.E., Buchheim, J.A., Buchheim, M.A. and Henley, W.J. (2008).** Cyanobacterial diversity and halotolerance in a variable hypersaline environment. *Microbial Ecology*. 55: 453-465.
- Kremer, R.J. and Kennedy, A.C. (1995).** Rhizobacteria in weed management. *Weed Technology* 9. (In press).
- Libbert, E., Wichner, E., Duerst, W., Kunert, A., Manicki, R., Manteuffel, E., Riecke, H. and Schroder, R. (1968).** Auxin content and auxin synthesis in sterile and nonsterile plants, with special regard to the influence of epiphytic bacteria, p. 213-230. *In* F. Wightman and G. Setterfield (ed.), *Proceedings of the 6th International Conference on Plant Growth Substances*, Carleton University, Ottawa: biochemistry and physiology of plant growth substances. The Runge Press Ltd., Ottawa, Ontario, Canada.
- Loper, J.E. and Schroth, M.N. (1986).** Influence of bacterial source of indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet. *Phytopathology*. 76: 386-389.
- Maqubela, M.P., Mkeni, P.N.S., Issa, M.O., Pardo, M.T., and D'Acqui, L.P. (2009).** *Nostoc* cyanobacterial inoculation in South African agricultural soils enhances soil structure, fertility and maize growth. *Plant Soil*. 315: 79-92.
- Marker, A.F.H. (1972).** The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophytin. *Freshwater Biology*. 2: 361-385.
- Mazor, G., Kidron G.J., Vonshak, A. and Abeliovich, A. (1996).** The role of cyanobacterial exopolysaccharides in structuring desert microbial crusts. *FEMS Microbiology Ecology*. 21: 121-130.
- Min, H. and Sherman, L.A. (2010).** Hydrogen production by the unicellular, diazotrophic cyanobacterium *Cyanothece* sp. strain ATCC 51142 under conditions of continuous light. *Applied Environmental Microbiology*. 76: 4293-4301.
- Morris, R.O. (1986).** Genes specifying auxin and cytokinin biosynthesis in phytopathogens. *Annual review. Plant Physiology*. 37: 509-538.
- Moussa, T.A.A. and Shanab, S.M.M. (2001).** Impact of cyanobacterial toxicity stress on the growth activities of some phytopathogenic *Fusarium* sp. *Arizona Journal Microbiology*. 53: 267-281.
- Okamoto, T., Isogai, Y. and Koizumi, T. (1976).** Studies on plant growth regulators. Isolation of indole-3-acetic acid, phenylacetic acid and several plant growth inhibitors from etiolated seedling of *Phaseolus*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 15: 159-163.
- Paerl, H.W., Pinckney, J.L. and Steppe, T.F. (2000).** Cyanobacterial-bacterial mat consortia: examining the functional unit of microbial survival and growth in extreme environments. *Environmental Microbiology*. 2(1): 11-26.
- Prasanna, R., Joshi, M., Rana, A. and Nain, L. (2010).** Modulation of IAA production in cyanobacteria by tryptophan and light. *Polish Journal of Microbiology*. 59(2): 99-105.
- Priyadarshani, I. and Biswajit, R. (2012).** Commercial and industrial applications of micro algae. *Journal of Algal Biomass Utilization*. 3 (4): 89-100.
- Rai, M.K. (2006).** *Handbook of Microbial Biofertilizers*. Haworth Press, New York.
- Rau, N., Mishra, V., Sharma, M., Das, M., Ahluwalia, K. and Sharma, R.S. (2009).** Evaluation of functional diversity in rhizobacterial taxa of a wild grass (*Saccharum ravennae*) colonizing abandoned fly ash dumps in Delhi urban ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*. 41(4): 813-821.
- Rizk, M.A. (2006).** Growth activities of the Sugarbeet Pathogen *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Rhizoctonia solani* Khun and *Fusarium verticilloides* Sacc under

- cyanobacterial filtrate stress. *Plant Pathology Journal*. 5(2): 212-215.
- Rodriguez, A.A., Stella, A.A., Storni, M.M., Zulpa, G. and Zaccaro, M.C. (2006).** Effects of cyanobacterial extracellular products and gibberellic acid on salinity tolerance in *Oryza sativa* L. *Saline System*. 2: 7.
- Salkowski, E. (1885).** Ueber das Verhalten der Skatolcarbonsäure im Organismus. *Zeitschr . Physiology and Chemistry*. 9: 23-33.
- Sergeeva, E., Liaimer, A. and Bergman, B. (2002).** Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta*. 215: 229-238.
- Shanab, S. (2001).** Effect of fresh water cyanobacterial extracts on alkaloid production of the in vitro *Solanum elaeagnifolium* tissue culture. *Arabic Journal of Biotechnology*. 4 (1): 129-140.
- Sharma, M., Rau, N., Mishra, V. and Sharma, R. S., (2005).** Unexplored ecological significance of *Saccharum munja*. *Species*. 43: 22.
- Shokravi, Sh., Soltani, N. and Baftehchi, L. (2008).** Cyanobacteriology. Islamic Azad University. First express.p. 87.
- Sinha, S.K., Verma, D.C. and Dwivedi, C.P. (2002).** Role of green manure (*Sesbania rostrata*) and biofertilizers (Blue-green algae and Azotobacter) in rice-wheat cropping system in state of Uttar Pradesh. *Indian Physiology and Molecular Biology of Plant*. 8: 105-110.
- 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.
- Stirk, W.A., Ordog, V., Staden, J.V. and Jager, K. (2002).** Cytokinin- and auxinlike activity in Cyanophyta and microalgae. *Journal of Applied Phycology*. 14: 215-221.
- Surico, G., Comai, L. and Kosuge, T. (1984).** Pathogenicity of strains of *Pseudomonas syringae* pv. *Savastanoi* and their indole acetic acid-deficient mutant on olive and oleander. *Physiological Plant Pathology*. 74: 490-493.
- Tandler, C.J. (1962).** A naturally occurring crystalline indolyl derivative in *Acetabularia*. *Naturwissenschaftler*. 40: 213-214.
- Tang, Y.W. and Bonner, J. (1947).** The enzymatic inactivation of indoleacetic acid. I. Some characteristics of the enzyme contained in pea seedlings. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 13: 11-25.
- Tarko, T., Duda-Chodak, A. and Tuszyński, T. (2009).** Simulation of phenolic compounds transformations and interactions in an *in vitro* model of the human alimentary tract. *Food Science and Technology International*. 15: 235-241.
- Tassara, C., Zaccaro, M.C., Storni, M.M., Palma, M. and Zulpa, G. (2008).** Biological control of lettuce white mold with cyanobacteria. *International Journal of Agriculture and Biology*. 10: 487-492.
- Vaishampayan, A., Sinha, R.P., Hader, D.P., Dey, T., Gupta, A.K., Bhan, U. and Rao, A.L. (2001).** Cyanobacterial biofertilizers in rice agriculture. *Botany Review*. 67: 453-516.
- Varalakshmi, P. and Malliga, P. (2012).** Evidence for production of indole-3-acetic acid from a fresh water cyanobacteria (*Oscillatoria annae*) on the growth of *H. annuus*. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 3:1-15.
- Wikstrom, P., Szwajcer, E., Brodelius, P., Nilsson, K. and Mosbach, K. (1982).** Formation of keto acids from amino acids using immobilized bacteria and algae. *Biotechnology Letters*. 4: 153-158.
- Williams, L.G. (1949).** Growth regulating substances in *Laminaria agardhii*. *Science*. 110:169.
- Zhuang, X., Chen, J., Shim, H. and Bai, Z. (2007).** New advances in plant growth promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environment International*. 33(3): 406-413.