نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دهم، شماره ۳۷، بهار ۱۳۹۴ / صفحات: ۴۲-۳۱

بررسی میزان تولید اکسین و برخی رنگدانه‌های فتوسنتزی در سویه‌های سیانوباکتری هتروسیست‌دار جدا شده از شالیزارهای غرب استان مازندران

امیرعلی کلیایی*[۱]، قربانعلی نعمت‌زاده[۲]، ندا سلطانی[۳]، شادمان شکروی[٤]

[۱]دانشجوی دکتری پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان

[۲]استاد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

[۳]دانشیار، گروه میکروبیولوژی نفت، پژوهشکده علوم کاربردی جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی ، تهران

[٤]دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاداسلامی واحد گرگان، گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۹٤/۲/۱

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی توان تولید اکسین و برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی در سویه‌های هتروسیست دار جداشده از شالیزارهای غرب استان مازندران بود. بعد از جمع‌آوری نمونه خاک و کشت سویه در محیط کشت $BG11_0$، به منظور انجام پروسه خالص‌سازی 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 به‌عنوان یک فاکتور موثر در بهبود رشد گیاه را دارا می باشند و رنگدانه کلروفیل و کاروتنوئید در اکثر سویه‌ها با نسبتی متفاوت مشاهده گردید. هر چند پتانسیل هر سویه با توجه به نوع جنس و تنوع اکولوژیکی آن متفاوت بود. بالاترین میزان تولید کلروفیل، کاروتنوئید و اکسین به‌ترتیب در سویه‌های MGCY520 *(Nostoc muscorum)*، MGCY506 و MGCY379 (*Microchaete tenera*) مشاهده گردید.

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

مقدمه

اکسین به گروهی از هورمون‌های گیاهی تعلق دارد که می‌تواند توسط گیاهان (Okamoto et al., 1976; Arshad and Frankenberger, 1991)، میکروارگانیسم‌های متعددی مثل باکتری‌ها (Barea et al., 1976) و قارچ‌ها (Devornikova 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 Devay و همکاران (۱۹٦۸) و Loper و Schroth (۱۹۸٦) تعیین توانایی تولید اکسین توسط میکروارگانیسم‌ها به عنوان 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) 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 میکروارگانیسم‌ها مثل قارچ‌ها، باکتری‌ها، جلبک‌های سبز و

*نویسنده مسئول: amiralik6@gmail.com

سیانوباکتری‌ها را گزارش نموده‌اند. وجود ماده محرک رشد اکسین در ریز جلبک سبز *Chlorella vulgaris* (Williams, 1949) *Lminaria agardhii*، و *Acetabulari* sp. (Tandler, 1969) در بسیاری از پژوهش‌ها مد نظر قرار گرفته است. به‌طورکلی بسیاری از باکتری‌های همزیست و همیار با گیاه توانایی تولید اکسین و ترکیبات ایندولیک را دارا هستند. روش‌های بسیاری بر پایه تاثیرات بیولوژیکی اکسین بر گیاه مانند تغییرات ریشه مویین یا طویل شدن کولئوپتیل غلات و ذرت (Libbert et al., 1968) و یا بررسی فیزیکوشیمیایی این ترکیبات بعد از استخراج و جدا سازی از سوپرناتانت باکتریایی و استفاده از HPLC و GC به کار گرفته می‌شود (Morris, 1986; Fett et al., 1987). به‌دلیل زمان مصرفی بالا 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 سالکووسکی در تعیین میزان اکسین در میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شود (Salkowski, 1885; Tang et al., 1947; Gordon and Weber, 1951).

سیانوباکتری‌ها یا جلبک‌های سبز آبی گروهی از باکتری‌های فتوسنتز کننده پروکاریوتی با قابلیت همزیستی با سایر موجودات از جمله خزه، گلسنگ و سرخس آزولا می باشند. دلیل نامگذاری سیانوباکتری‌ها وجود رنگدانه آبی فیکوسیانین در آن می‌باشد که مسئول به دام انداختن نور در فرایند فتوسنتز می‌باشد. از جمله رنگدانه‌های موجود در این باکتری‌ها می توان به کلروفیل a، کاروتنوئید و فیکوبیلی پروتئین‌ها اشاره نمود (Gallon, 1992; Bergman et al., 1997; Berman-frank et al., 2004). 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 آنزیم‌های مثل بتالاکتاز، پروتئاز و لیپاز در مقیاس وسیع استفاده گردد. به دلیل فعالیت آلکالین فسفاتازها در سیانوباکتری‌ها این میکروارگانیسم‌ها توانایی حل کنندگی فسفر اورگانیک را دارا هستند و آنزیم‌هایی مثل کیتیناز، آمیلاز، پروتئاز، سلولاز، لیپاز، ال-گلوتامیناز وال-آسپاراژیناز 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 داشتن قابلیت‌هایی چون حل کنندگی فسفات و تثبیت ازت شرایط بهینه برای رشد گیاه را در محیط فراهم می‌نماید (Sharma et al., 2005; Zhuang et al., 2007; Dell'Amico et al., 2008; Rau et al., 2009).

سیانوباکتری‌ها در دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگاری پیدا نموده و گسترش یافته‌اند (Paerl et al., 2000, Karthikeyan et al., 2008; Kirlwood et al., 2008). این باکتری‌ها تقویت کننده رشد گیاه به شکل مستقیم و غیر مستقیم می‌باشند. اثر مستقیم آن از طریق تولید دامنه وسیعی از ترکیبات فعال زیستی محرک رشد مثل فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین (Sergeeva et al., 2002; Prasanna et al., 2010)، جیبرلین (Rodriguez et al., 2006) و سیتوکینین

(Stirk et al., 2002; Hussain, 2009) می‌باشد. اثر غیرمستقیم بر رشد گیاه از طریق توانایی سیانوباکتری‌ها در کنترل میکروارگانیسم‌های بیماری زای گیاهی ایجاد می‌گردد (Moussa and Shanab, 2001; Rizk, 2006; Kim, 2007; Tassara et al., 2008).

همچنین گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد که سیانو باکتری‌ها توانایی بهبود رشد گیاه از طریق بهبود ساختار خاک دانه و نگهداری آب را از طریق ترشحات پلی ساکاریدی دارا هستند (Hill et al., 1994; Mazor et al., 1996; Maqubela et al., 2009).

به‌دلیل افزایش تقاضا به منظور تولید غذا، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی اثرات مخربی بر روی خاک و محیط زیست ایجاد کرده است. در این میان تمایل به استفاده از کودهای بیولوژیک در بهبود و کاهش آلودگی محیط زیست به‌عنوان راهکاری مطلوب در جایگزینی با کودهای شیمیایی و حصول عملکرد بالا توسط بسیاری از محققین پیشنهاد گردیده است (Vaishampayan et al., 2001; Sinha et al., 2002, Rai, 2006). هدف از این تحقیق بررسی میزان تولید اکسین و برخی رنگدانه‌های فتوسنتزی در سویه‌های سیانوباکتری هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای غرب استان مازندران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ابتدا نمونه‌برداری خاک با استفاده از روش‌های متداول از مناطق مختلف شالیزارهای غرب استان مازندران انجام گردید. سپس با استفاده از محیط کشت اختصاصی $BG11_0$ جداسازی سیانوباکتری‌های هتروسیست‌دار از سطح خاک صورت گرفته و پس از کشت‌های متوالی در محیط جامد، ۱۹ 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 هوا دهی مناسب فراهم گردید. هوادهی با شدت جریان ۲۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه در ارلن‌های ۵۰۰ میلی‌لیتری ودر شرایط نوری ۸۰ میکرومول فوتون در متر مربع بر ثانیه با ٤ 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 اندازه گیری کمی میزان اکسین تولید شده توسط هر سویه با استفاده از منحنی کالیبراسیون اکسین میزان اکسین تولید شده توسط هر سویه برحسب میکروگرم بر میلی لیتر تعیین گردید. تعیین میزان کلروفیل با استفاده از متانول و از روشMarker (۱۹۷۲) انجام پذیرفت ومیزان قرائت جذب در طول ٦٦٥ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر محاسبه گردید .جهت اندازه گیری میزان کاروتنوئید با استفاده از استون و طبق روش Jensen (۱۹۷۸) قرائت جذب در دو طول موج ٤٦١ و ٦٦٥ نانومتر صورت پذیرفت و به‌منظور برآورد کمی میزان کلروفیل و کاروتنوئید بر حسب میکروگرم بر میلی لیتر از معادلات زیر استفاده گردید:

1- chlorophyll $= 3.14 * OD_{665}$

2- carotenoid $= (OD_{461}-(0.046*OD_{665}))*4/1$

جهت شناسایی مورفولوژی سویه‌ها از کلیدهای رایج شناسایی استفاده گردید (جدول ۱).

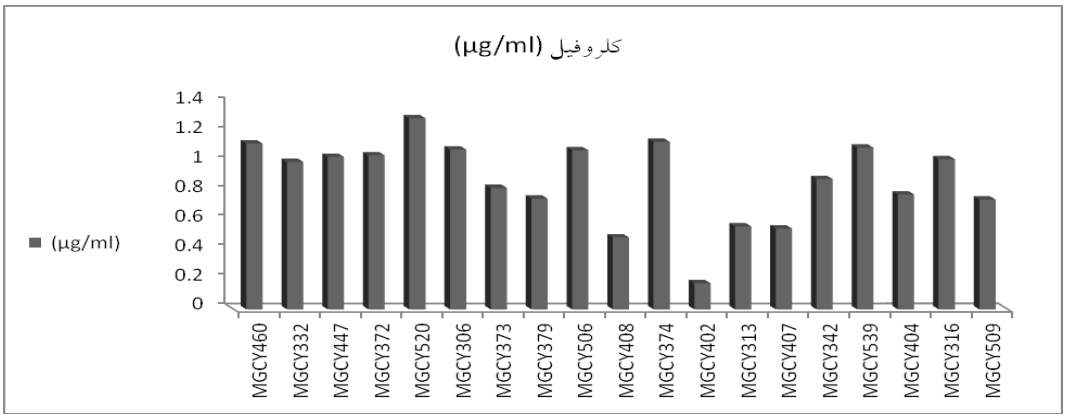
جدول ۱: نام علمی سویه‌های جداشده از شالیزارهای غرب استان مازندران

نام سویه	کد سویه
unknown	MGCY460
Nostoc microscopicum	MGCY332
unknown	MGCY447
Plectonema boryanum	MGCY372
Nostoc moscorum	MGCY520
Anabaena cylindrica	MGCY306
Calothrix stagnalis	MGCY373
Microchaete tenera	MGCY379
unknown	MGCY506
Aphanocapsa grevielli	MGCY408
Phormidium sp.	MGCY374
Chrococcus pallidus	MGCY402
Phormidium sp.	MGCY313
unknown	MGCY407
Anabaena cylindrica	MGCY342
Phormidium angustissimum	MGCY539
Calothrix stellaris	MGCY404
Calothrix atricha	MGCY316
Anabaena variabilis	*MGCY509*

نتایج

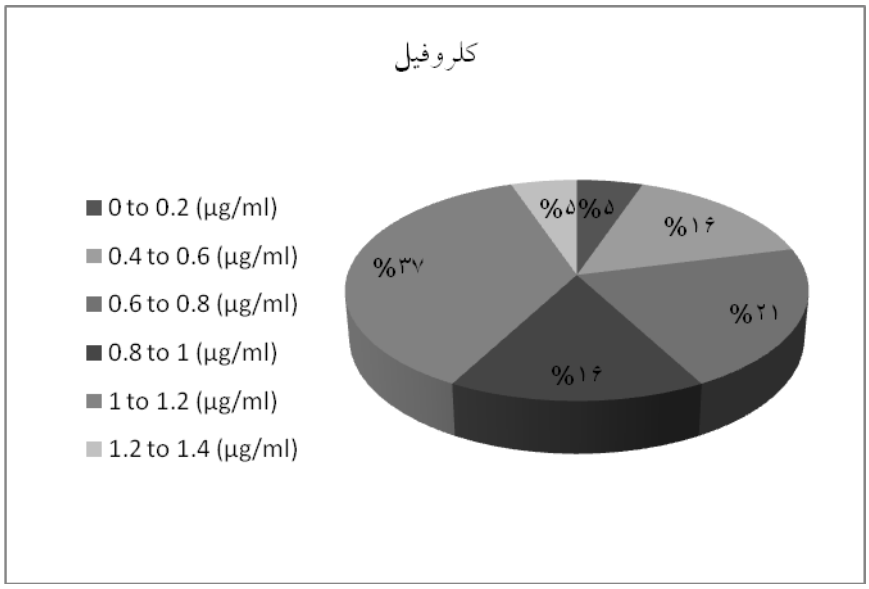
بررسی میزان کلروفیل در سویه‌های هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای غرب استان مازندران:

بررسی میزان کلروفیل در ۱۹ سویه مورد بررسی در شکل (۱) موید آن است که بالاترین میزان کلروفیل در سویه MGCY520 (*Nostoc muscorum*) ازمنطقه آمل با میزان ۱/۲۹۸ میکروگرم بر میلی لیتر مشاهده شد و سه سویه MGCY374 (*Phormidiums* sp.)، MGCY460 و MGCY539 *Phormidium angustissimum)* به ترتیب از مناطق بابلسر، رامسر و نشتارود با میزان ۱/۱۳۸، ۱/۱۲۷ و ۱/۰۹۹ میکروگرم بر میلی لیتر از میزان کلروفیل بالاتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند. کمترین میزان کلروفیل در سویه MGCY402 (*Chrococcus pallidus*) از منطقه نشتارود با میزان ۰/۱۷۷ میکروگرم بر میلی لیتر مشاهده گردید و دوسویه MGCY408 *(Aphanocapsa grevielli)* و MGCY407 از مناطق کلارآباد و نشتارود به ترتیب با میزان ۰/٤۸۸ و ۰/٥٤۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر از میزان کلروفیل کمتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند (شکل ۱).



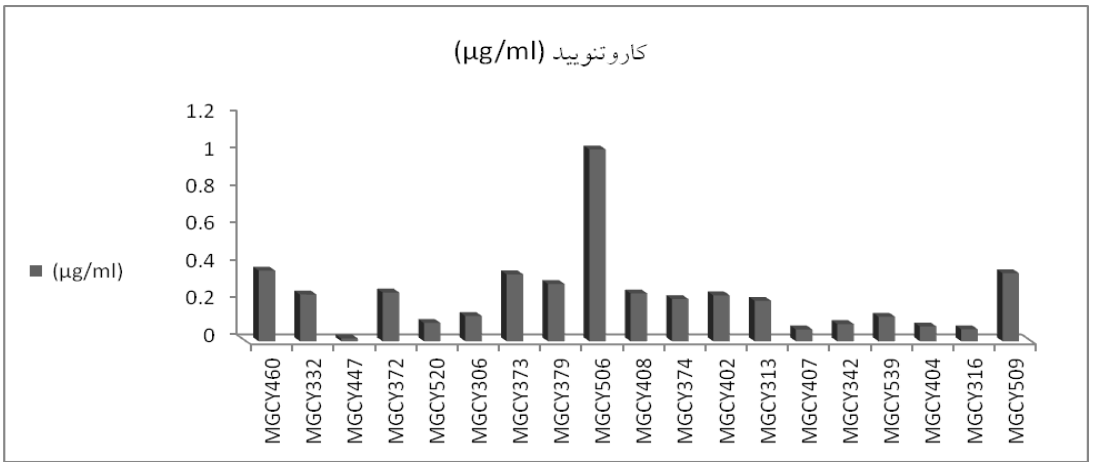
شکل ۱: میزان کلروفیل در ۱۹ سویه مورد بررسی از شالیزارهای غرب استان مازندران (بر حسب میکروگرم بر میلی‌لیتر)

با توجه به شکل (۲) بررسی میزان کلروفیل در ۱۹ سویه نشان داد که تنها در ۵/۲٦ درصد از سویه‌ها میزان کلروفیل در دامنه ۰ تا ۰/۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر قرار گرفت. همچنین میزان کلروفیل در ۱۵/۷۸ درصد از سویه‌ها در دامنه ۰/٤ تا ۰/٦، در ۲۱/۰۵ درصد در دامنه ۰/٦ تا ۰/۸ ، در ۱۵/۷۸ درصد در دامنه ۰/۸ تا ۱ و در ۳٦/۸٤ درصد در دامنه ۱ تا ۱/۲ و در ۵/۲٦ درصد در دامنه بین ۱/۲ تا ۱/٤ میکروگرم بر میلی‌لیتر مشاهده شد.



شکل ۲: تنوع میزان کلروفیل در ۱۹ سویه مورد بررسی از شالیزارهای غرب استان مازندران (بر حسب درصد)

بررسی میزان کاروتنویید در سویه‌های هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای غرب استان مازندران: باتوجه به شکل (۳) در بررسی میزان کاروتنوئید در ۱۹ سویه، بالاترین میزان کاروتنوئید با میزان ۱/۰۲۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر در سویه MGCY506 از منطقه کله بست مشاهده شد. همچنین دو سویه MGCY460 و MGCY509 (*Anabaena variabilis*) از مناطق رامسر و بابلسر با میزان ۰/۳۷۸ و ۰/۳٦٤ میکروگرم بر لیتر از میزان کاروتنوئید بالاتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردارند. با توجه به بررسی صورت گرفته بر روی ۱۹ سویه کمترین میزان کاروتنوئید در سویهMGCY447 (*Phormidium* sp.) از منطقه عباس آباد با میزان ۰/۰۱٤ میکروگرم بر میلی لیتر مشاهده شد. دو سویه MGCY407 و MGCY316 (*Calothrix atricha*) نیز از مناطق نشتارود و عباس‌آباد با میزان ۰/۰٦۳ و ۰/۰٦٤ میکروگرم بر میلی‌لیتر از میزان کاروتنوئید کمتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند.



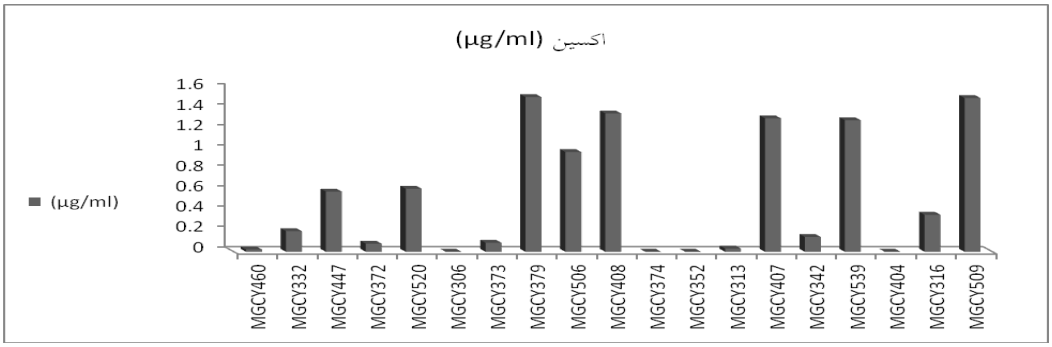
شکل ۳: میزان کاروتنوئید در ۱۹ سویه مورد بررسی از شالیزارهای غرب استان مازندران (بر حسب میکروگرم بر میلی‌لیتر)

شکل ٤: تنوع میزان کاروتنوئید در ۱۹ سویه مورد بررسی از شالیزارهای غرب استان مازندران (بر حسب درصد)

با توجه به شکل (٤) در ٤٢/١٠ درصد از سویه‌های مورد بررسی میزان کاروتنوئید در دامنه ۰ تا ۰/۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر قرار گرفت. میزان کاروتنوئید در۵۲/٦۳ درصد از سویه‌ها در دامنه ۰/۲ تا ۰/٤ ، در ۵/۲٦ درصد در دامنه ۰/٤ تا ۱ میکروگرم بر میلی لیتر قرار گرفت.

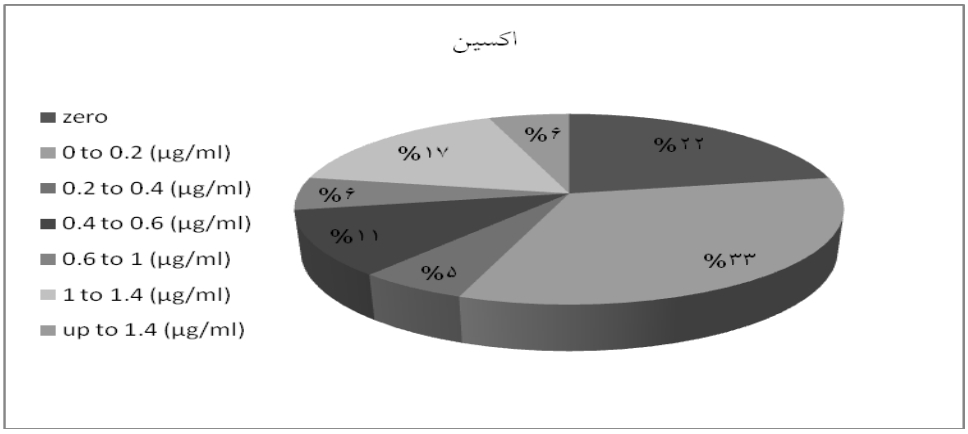
بررسی میزان تولید اکسین در سویه‌های هتروسیست دار جدا شده از شالیزارهای غرب استان مازندران:

بررسی میزان اکسین در ۱۹ سویه مورد بررسی شکل (۵) نشان داد که بالاترین میزان اکسین با میزان ۱/۵ میکروگرم بر میلی لیتر در سویه (*Microchaete tenera*) MGCY379 و (*Anabaena variabilis*) MGCY509 از مناطق فریدون کنار و بابلسر مشاهده گردید. همچنین ۳ سویه MGCY408 (*Aphanocapsa grevielli*)، MGCY407 و MGCY539 (*Phormidium angustissimum*) از مناطق کلارآباد، نشتارود با میزان ۱/۳۵۹، ۱/۳۱۲ و ۱/۲۹۳ میکروگرم برمیلی لیتر از میزان اکسین بالاتری نسبت به سایر سویه‌ها بر خوردار بودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ٤ سویه (*Calothrix stellaris*) MGCY404، (*Microcheate* sp.) MGCY352، (*Phormidium geoppertiana*) MGCY374 و (*Anabaena cylindrica*) MGCY306 به‌ترتیب از مناطق نشتارود، میاندرود، بابلسر و کلارآباد قادر به تولید اکسین در میزان بالا نبوده و میزان تولید اکسین در آنها نزدیک به صفر مشاهده شد. همچنین سویه MGCY460 از منطقه رامسر با میزان اکسین ۰/۰۲۲ میکروگرم بر میلی لیتراز میزان اکسین کمتری نسبت به سایر سویه‌ها برخوردار بودند.



شکل ۵: میزان اکسین در ۱۹ سویه مورد بررسی از شالیزارهای غرب استان مازندران (برحسب میکروگرم بر میلی‌لیتر)

با توجه به شکل (٦) بررسی صورت گرفته بر روی ۱۹ سویه جدا شده موید آن است که در ۲۱/۰۵ در صد از سویه‌های مورد بررسی میزان اکسین صفر، ۳۱/۵۷ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰ تا ۰/۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر، در ۵/۲٦ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰/۲ تا ۰/٤ میکروگرم بر میلی‌لیتر، در ۱۰/۵۲ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰/٤ تا ۰/٦، در ۵/۲٦ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۰/٦ تا ۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر، در ۱۵/۷۸ درصد میزان تولید اکسین در دامنه ۱ تا ۱/٤ میکروگرم بر میلی‌لیتر، در ۵/۲٦ درصد میزان تولید اکسین در دامنه بالاتر از ۱/٤ میکروگرم بر میلی لیتر مشاهده گردید.



شکل ٦: نمودار میزان اکسین در ۱۹ سویه مورد بررسی از شالیزارهای غرب استان مازندران (بر حسب درصد)

بحث

به‌طورکلی مسئله ارزیابی توانمندی رنگیزه‌ای و برون ریزشی، از دو جنبه برای کشور ما حائز اهمیت استراتژیک زیست محیطی می‌باشد. نخست افزایش بی رویه استفاده از کودهای شیمیایی است که در حال حاضر به معظل جدی زیست محیطی بدل شده است. جنبه دوم مسئله لزوم توسعه کشاورزی و استفاده از ترکیبات برون ریزشی، برای گسترش کشاورزی استان‌های شمالی می‌باشد. با توجه به اینکه کشاورزی و مخصوصاً کشت برنج، به‌عنوان استراتژیک اقتصادی ایران به شمار می‌آید، توجه به ذخایر طبیعی به عنوان تعدیل کننده‌های احتمالی شالیزارها، در آینده ضرورت جدی خواهد یافت (شکروی و همکاران، ۱۳۸۷؛ چکی‌گر، ۱۳۹۱). ورود از حوزه علوم پایه و درک توانمندی میکروفلور خاک در مقابله با تنش‌های حاصل از کودهای شیمیایی و مکانیسم‌های احتمالی

تعدیل تخریب با استفاده از ظرفیت‌های نهفته در میکروفلور بومی و از جمله سیانوباکتری‌ها، ظرف دهه آینده جهت ساختن بستر مناسب برای فعالیت‌های بیوتکنولوژیک ضروری می نماید که متاسفانه در دانشگاه‌ها مورد توجه قرار نگرفته است.

در خصوص تاثیر توام ترکیبات برون ریزشی و رنگیزه‌های فتوسنتزی، در غرب استان مازندران گزارشی موجود نیست. البته مشروط بر اینکه ترکیب برون ریزشی به اکسین محدود شود. در مورد دیگر ترکیبات باز نمی‌توان گفت که در غرب استان مازنداران گزارش مدون و منتشر شده‌ای موجود است. آنچه وجود دارد به ترکیبایی مانند آمونیوم مربوط است و قابلیت برون ریزش آمونیوم سیانوباکتریایی منتج از فعالیت‌های آزمایشگاهی بوده و به‌صورت منفرد انجام گرفته است (Soltani et al., 2010). این بررسی‌ها عمدتاً به استان گلستان مربوط می‌باشد. در مورد شرایط نمی توان گفت که شرایط بررسی حتی در بخش آزمایشگاهی با این پژوهش یکسان بوده است. به‌عنوان مثال، شدت‌های نوری متوسط (٦٠ میکرومول کوانتا بر متر مربع در ثانیه) و شدت‌های نوری ضعیف افراطی (در حد ۲ میکرومول کوانتا بر متر مربع در ثانیه) اعمال گردیده در این پژوهش متفاوت است. ضمن اینکه باید به این نکته اساسی توجه شود که سیانوباکتری‌ها در خاک‌ها و شالیزارها در شبکه‌ای از تغییرات قرار دارند که تغییر در کیفیت و کمیت نور عوامل طبیعی برای آن‌ها عمده محسوب می‌شود (بادلی، ۱۳۹۰). با توجه به این؛ می‌توان گفت که این نخستین بررسی ترکیبی است که بر روی سیانوباکتری‌های غرب مازندران انجام می‌گیرد.

به‌طور بدیهی در مقاله نخست نمی‌توان وارد بحث‌های جزیی و تحلیلی گردید. حتی شرایط برای انتخاب نوع نگرش و اینکه در حوزه کاربردی و یا محض باشد، مهیا نیست. می بایست با یک غربال دانه درشت آغاز کرد و در ابتدا میزان تولید ترکیبات هورمونی برون ریختنی را هدف قرار داد. در میان این ترکیبات بدنبال آمونیوم، ترکیباب اکسینی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. به‌طور طبیعی بعد از این غربال ابتدایی، می‌توان به ارائه مقالات جزیی نگر و در حوزه‌های تخصصی تر پرداخت.

با توجه به نتایج این تحقیق این گونه استنباط می گردد که هر سویه از سیانوباکتری‌های جداشده از هر منطقه به تنهایی پتانسیل قابل توجه ای نسبت به نوع رنگدانه‌های موجود خود را دارا می باشد که متناسب با اهداف تجاری در جهت مصارف دارویی، صنعتی و آرایشی می تواند مورد توجه قرار گیرد (Priyadarshani and Biswajit, 2012). اگر چه قابلیت تولید فیتوهورمون‌های محرک رشد مثل اکسین در اکثر سویه‌ها مشاهده گردید اما این توان بالقوه باتوجه به جنس و پراکنش اکولوژیکی در هر سویه متفاوت است و می تواند به عنوان 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 متغییر می باشد. بررسی میزان قابلیت تقویت کنندگی رشد در برخی از میکروارگانیسم‌های خاکزی توسط Buggeln و Craigie (۱۹۷۱) و hanabS (۲۰۰۱) نشان داد که توان تولید اکسین در باکتری‌های مختلف و حتی در سطح گونه متفاوت می باشد و با تغییر غلظت‌های مختلف تریپتوفان میزان تولید اکسین به شکل معنی‌داری تغییر می‌نماید.

رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنویید) که در این بررسی هدف بوده‌اند، در غرب مازندران به مراتب از استان گلستان از غلظت پایین‌تری برخوردارز بودند. حتی در گونه‌هایی از نوستوک و

آنابنا که در شرایط عادی محتوای کلروفیلی قابل توجهی دارند، این مقدار به مراتب پایین‌تر بود. در مورد کاروتنویید نیز همین مطلب صادق است. منتهی باید دقت داشت که رنگیزه‌های کاروتنوییدی در سیانوباکتری‌های غرب مازندران از تنوع مقدار بیشتری برخوردار هستند. اینکه اجتماعات سیانوباکتری بررسی شده در غرب استان مازندران از تنوع و تراکم بالایی برخوردار هستند و حتی برخی از آن‌ها اجتماعات غالب می‌باشد، دلیل عمده‌ای بر این است که در خوگیری به شرایط محیطی مشکلی نداشته اند. شرایط آزمایشگاهی اعمال شده، با این توجیه در تضاد می‌باشد. حداقل در بررسی‌هایی که در استان تهران و گلستان انجام شده، نمونه‌های غالب مقادیر به مراتب بالاتری از نظر کلروفیل و کاروتنویید داشته اند. با توجه به این می‌بایست احتمال داد که یا شرایط غرب مازندران 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 می کند آن است که شرایط آزمایشگاهی اعمال شده – احتمالاً – به صورت یکسان محتوای رنگیزه‌ای را کاهش می‌دهد. در این تحقیق فتوسنتز مستقیم اندازه‌گیری نشده اما می‌توان از غلظت ترکیبات اولیه و ثانویه رنگیزه‌ای حدس زد که کارایی فتوسنتزی در شرایط آزمایشگاهی تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد. در خصوص استان گلستان، حداقل شدت یافته‌های رنگیزه‌ای و فتوسنتزی چنین چیزی را تایید نمی‌کند. احتمال دارد که شرایط اعمال شده به شرایط بهینه طبیعی به مراتب نزدیک تر باشد.

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 ابتدایی غرب استان مازندران نشان می‌دهد که برون ریزش ترکیباب اکسینی با غلظت‌های متفاوت در سیانوباکتری‌های این منطقه وجود دارد. همین امر در مورد کلروفیل و کاروتنویید به عنوان نمادهایی از فتوسنتز و آنتن‌های جمع‌آوری کننده نور صدق می‌کند. بررسی سیانوباکتری‌های غرب استان مازنداران نشان می‌دهد که محتوای رنگیزه‌ای به مراتب از استان گلستان و تهران پایین‌تر می‌باشد اما این می‌تواند به شرایط کشت و نگهداری نمونه بستگی داشته باشد. در مورد اکسین چون بررسی مشابه انجام نشده است، نمی‌توان اظهار نظر کرد.

منابع

شکروی، ش.، سلطانی، ن. و بافته چی، ل. (۱۳۸۷). سیانو باکتریولوژی. چاپ اول، دانشگاه آزاداسلامی واحد گرگان.

بادلی، ز. (۱۳۹۰). بررسی تاثیر شوری و نور محدود بر بقا و رشد سیانوباکتریای خاکزی *Anabaena* sp. FS 76 و *Nostoc* sp. FS 77. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن.

چکی‌گر، ش. (۱۳۹۱). بررسی خوگیری سیانوباکتری خاکزی به تنش‌های شوری و توان تعدیل شوری در شرایط ازمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان.

Arshad, M. and Frankenberger, W.T. (1991). Microbial production of plant hormones. Plant and Soil. 133**:** 1-8.

Barea, J.M., Navarro, E. and Montoya, E. (1976). Production of plant growth

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, BD. (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, AE., Buchheim, JA., Buchheim, MA. 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 Persian).

Libbert, E., Wichner, E., Duerst, W., Kunert, A., Manicki, R., Manteuffel, E., and Schro¨der, 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. Wightma 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-3acetic acid on root elongation of sugar beet. Phytopathology. 76**:** 386-389.

Maqubela, MP., Mnkeni, 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 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.

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.

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.

products and gibberellic acid on salinity tolerance in *Oryza sativa* L. Saline System. *2*: 7.

Salkowski, E. (1885). Ueber das Verhalten der Skatolcarbonsa¨ure 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.

Sinha, S.K., Verma, D.C. and Dwivedi, C.P. (2002). Role of green manure (*Sesbania rostrata*) and biofertilizers (Blue-green algae and Azotobactor) in rice-wheat cropping system in state of Uttar Pradesh. India. Physiology and Molecular Biology of Plant. 8: 105-110.

Soltani, N., Siahbalaie, R. and Shokravi, Sh. (2010). Taxonomical characterization of *Cyanobacterium fischerellasp. 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.* Natur wissen schafter. 40: 213-214.

Tang, Y.W. and Bonner, J. (1947). The enzymatic inactivation of indoleacetic acid. I. Some charasteristics 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). 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, SM.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.

Priyadarshani, I. and Biswajit, R. (2012). Commercial and industrial applications of micro algae. Journal of Algal Biomass Utilization. 3 (4): 89–100.

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.

Rai, MK. (2006). Handbook of Microbial Biofertilizers. Haworth Press, New York.

Rau, N., Mishra, V., Sharma, M., Das, M., Ahaluwalia, 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 Patology 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

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.

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, Science110:169.

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.