اثر بی‌فنیل‌های‌چندکلره بر جوانه‌زنی و برخی شاخص‌های رشد گیاهچه ذرت

مریم سلیمی زاده [۱]، مهران شیروانی [۲]، حسین شریعتمداری [۲]، سیده لیلی محبی نوذر [۳]
۱-دانشجوی دکترای شیمی و حاصلخیزی خاک دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲-عضو هیات علمی گروه علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳-عضو هیات علمی وزارت جهاد کشاورزی، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان

چکیده
بی‌فنیل‌های‌چندکلره (PCBs) جزء سمی‌ترین آلاینده های انسان‌ساخت و پایدار در خاک می‌باشند. یکی از روشهای مناسب در حذف این ترکیبات گیاهپالایی است و اولین قدم در گیاهپالایی موفقیت آمیز، جوانه زنی بذر و استقرار گیاه در خاک آلوده است. در این مطالعه بذر ذرت در مقیاس آزمایشگاهی در معرض غلظتهای مختلف PCBsحاصل از روغن ترانسفورماتور قرار گرفت تا موفقیت آن در جوانه زنی در چنین شرایطی مشخص گردد. تجزیه گازکروماتوگرافی جرمی (GC-MS) و توزیع بی‌فنیل‌ها بر اساس نوع و تعداد کلر در روغن ترانسفورماتور مورد استفاده نشان داد ترکیبات آن به طور زیادی به ترکیب محصولات تجاری آروکلار ۱۲۶۰و ۱۲۵۴g شباهت دارد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها حاکی از آن بود که اعمال غلظت های مختلف PCBs باعث کاهش مولفه‌های رشد گیاهچه ذرت می‌شود. رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه ذرت در غلظت‌های مختلف PCBs اختلاف معنی دار با شاهد داشته و مقاومت جوانه‌زنی در غلظت های PCBs بیشتر از ۲۵ میلی گرم در لیتر حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین رشد و استقرار ذرت در خاک‌های آلوده به مقادیر زیاد PCBs ممکن است به دشواری انجام شود.

واژه های کلیدی: PCBs، گیاهپالایی، ذرت، جوانه زنی

مقدمه
بی‌فنیل‌های چندکلره (PCBs) ترکیبات آلی کلره پایدار هستند که از ترکیب کلر با بی‌فنیل بوجود می‌آیند. این ترکیبات دارای رنگ زرد کم رنگ و حالت چسبنده بوده، بوی ملایم آروماتیکی دارند و از سال ۱۹۲۹ در مواد مختلف از جمله روغن ترانسفورماتورها و مایع دی‌الکتریک خازن ها مورد استفاده وسیع قرار گرفته‌اند. امروزه مقادیر زیادی از روغن‌های ترانسفورماتور آلوده به PCBs مورد استفاده قرارگرفته و در انبارها ذخیره شده‌اند (W.H.O. ۱۹۹۳). با این وجود، معاهده شیمیایی POPs، بی فنیلهای چندکلره را در فهرست مواد شیمیایی اولویت دار برای حذف تدریجی تا پایان سال ۲۰۲۵ قرار داده است. بیشتر آلودگیهای محیط به PCBs شامل مخلوطی از ترکیبات با میزان کلرینه شدن بالا مثل آروکلر ۱۲۵۴، ۱۲۴۲ و ۱۲۶۰ می‌باشد. به علت حلالیت و فراریت کم این ترکیبات و زیاد بودن ضریب اکتانول به آب آنها، PCBs به طور معمول در خاک‌ها و رسوبات بر روی مواد آلی و همچنین مواد معدنی تجمع می‌یابند (Strand, ۲۰۰۴). علی‌رغم مصرف زیاد روغن‌های آسکارل در نیروگاههای برق و صنایع ذوب فلزات در ایران و همچنین اطلاع از خطرات زیست محیطی آنها متاسفانه تحقیقات و آمار منسجمی از غلظت آنها در آبهای زیرزمینی و خاک وجود ندارد. شهبازی و همکاران (۲۰۱۲) عنوان داشتند آلودگی‌های خاک به PCBs در کشور مستند نشده‌اند. همچنین این محققین خاک‌های با کاربری‌های کشاورزی و جنگلی استان گیلان و مازندران را از نظر میزان این ترکیبات مورد بررسی قرار دادندکه نتایج آنها حاکی از زیاد بودن غلظت کانجنرهای PCB۱۸۰، PCB۲۸ و PCB۱۳۸ در این خاک‌ها نسبت به بقیه کانجنرها در کاربری های کشاورزی و جنگلی بود. با توجه به مصرف زیاد PCBs در نیروگاههای برق و پایداری زیاد آنها در محیط استفاده از روشهای مقرون به صرفه و دوستدار محیط زیست به منظور کاهش و حذف آنها ضروری می باشد. گیاه پالایی روشی مناسب برای حذف این آلاینده‌هاست که در آن از گیاهان برای اصلاح خاك‌ها، رسوبات و آبهای زیرزمینی آلوده از طریق خروج آلاینده‌ها، تجزیه و یا مهار آلاینده‌ها استفاده می‌شود (EPA. ۱۹۹۹). گیاهان از يك مسير سه مرحله ای برای سمیت زدایی آلاینده‌هاي‌آلي‌استفاده مي‌كنند. در فاز اول يك گروه واكنش دهنده مثل هيدروكسيل، آمين و يا گروه سولفيدريل به آلاينده متصل شده، در مرحله دوم تركيب ديگری مثل قند به گروه واكنشگر متصل مي‌شود و در نهايت در مرحله سوم آلاينده به درون واكوئل آزاد مي‌گردد و يا با تركيبات ديواره سلولي ادغام مي‌شود. بنابراين تركيبات با سميت كمتر به سلول وارد مي‌شوند (Parkash et al., ۲۰۱۱). تا کنون گزارشی از تاثیر آلودگی PCBs بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت انجام نشده است. از آنجا که جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به عنوان کلید استقرار گیاه تحت شرایط محدود کننده محسوب می‌شود، انجام تحقیقات در خصوص تأثیر PCBs بر جوانه زنی بذر جهت انتخاب گیاه مناسب برای بهسازی خاکهای آلوده به PCBs ضروری به نظر می‌رسد. لذا این تحقیق به منظور بررسی مقاومت جوانه زنی ذرت به غلظت‌های مختلف بی فنیل‌های چند کلره جهت ارزیابی مناسبت این گیاه برای گیاهپالایی اراضی آلوده صورت گرفت. مطالعه بر روی اثرات آلودگی PCBs بر جوانه زنی می‌تواند بستر مناسبی برای پژوهش‌های بعدی در زمینه گیاهپالایی PCBs در خاکهای آلوده توسط ذرت باشد.

مواد و روشها

برای تهیه بی‌فنیل های چند کلره، نمونه روغن ترانسفورماتور از نیروگاه برق بندرعباس تهیه شده و میزان و نوع ترکیبات آن توسط دستگاه کروماتوگرافی جرمی(Agilent N ۶۸۹۰) با شناساگر انتخابی جرمی (Agilent ۵۹۷۳) در آزمایشگاه تجزیه دستگاهی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان تعیین گردید. جهت آماده سازی روغن ترانسفورماتور، ترکیبات مزاحم از طریق مراحل مختلف تمیز کردن با سیلیکاژل و فلوراسیل حذف گردیدند. بیشترین موادی که در روغن‌های زائداتی وجود دارند هیدروکربن‌ها مثل آلکان نرمال، ایزوآلکان، نفتالین و پارافین می‌باشند. این ترکیبات در سنجش PCBs ایجاد مزاحمت می کند. جهت حذف این مواد، روغن از ستون سیلیکاژل فعال شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد با قطر ذرات ۲۳۰ تا ۴۰۰ مش و فلوراسیل فعال شده در دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد با قطر ذرات ۶۰ تا ۱۰۰ مش و با استفاده از حلال هگزان نرمال عبور داده شد (EPA ۶۰۰). در مرحله تجزیه دستگاهی، گاز حامل هلیوم با جریان ثابت ml min^{-1}۸/۰، دمای تزریق ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد به کار گرفته شد. برنامه دمایی از ۷۵ به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵ $^{o}C\ min^{-1}$ و از ۱۵۰ به ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ^{o}C min^{-1}۱۵/۲ در زمان نگهداشت یك دقیقه انجام گرفت. ستون مویینه استفاده شده (Agilent ۱۲۲-۵۵۳۶) DB-۵ms با قطر mμ ۲۵/۰ mm× m۳۰ ×۵/۰ بود. به منظور اعمال تیمارهای بی‌فنیل‌های چندکلره سطوح مختلف غلظت PCBs شامل ۳۷۵، ۷۵۰، ۱۵۰۰، ۳۰۰۰، ۶۰۰۰، ۷۵۰۰ میلی گرم در لیتر با استفاده از حلال استون تهیه شد. بذرهای ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ از مرکز تحقیقات کشاورزی استان هرمزگان تهیه شد. ابتدا بذرهای سالم جدا و استریل شد. کلیه ظروف مورد استفاده در آزمایش از جمله پتری‌دیش‌ها و کاغذ صافی‌ها نیز استریل گردیدند. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. در هر پتری دیش ۹ سانتی متری یک عدد کاغذ صافی تعبیه و ده عدد بذر ذرت روی آن قرار داده شد. سپس، یک میلی لیتر از محلول PCBs به طور جداگانه به پتری دیش ها اضافه شده و ۱۴ میلی لیتر آب مقطر نیز به هر پتری‌دیش افزوده و به آرامی بهم زده شد بطوریکه غلظتهای نهایی ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ میلی گرم در لیتر PCBs حاصل شد. جهت تیمار کنترل پانزده میلی لیتر آب مقطر در هر پتری‌دیش استفاده شد. پتری‌دیش ها در دمای اتاق ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری و بعد از گذشت ۵ روز طول ریشه چه و ساقه چه بذرهای جوانه زده اندازه گیری شد و پس از خشک کردن آنها در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد وزن ریشه چه و ساقه چه به طور جداگانه تعیین گردید. شاخص مقاومت جوانه‌زنی بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Eghbal and Rahmati, ۱۹۹۲):

۱۰۰× (میانگین طول ریشه شاهد/ میانگین طول ریشه در تیمار مورد نظر) =شاخص مقاومت جوانه جوانه زنی

برای برآورد درصد جوانه‌زنی از معادله زیر استفاده گردید (Nicols and Heydecker,۱۹۶۸) و میانگین درصد جوانه‌زنی در طی پنج روز محاسبه شد.

۱۰۰ × (کل تعداد بذور / تعداد بذورجوانه زده) = درصد جوانه‌زنی

تاثیرات PCBs بر شاخص مقاومت جوانه زنی و میزان رشد ریشه‌چه و گیاهچه در تیمارهای مختلف بر اساس آزمون تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS۱۶ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نوع و میزان ترکیبات بی‌فنیل‌های‌چندکلره اندازه گیری شده با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی جرمی در روغن ترانسفورماتور در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نوع و میزان ترکیبات بی‌فنیل‌های چندکلره در روغن ترانسفورماتور

ترکیب	نام آیوپاک	غلظت در روغن ترانسفورماتور (میلی گرم در لیتر)
CB۱	Chlorobiphenyl-۲	۴۹۱
CB۵	Dichlorobiphenyl-۲,۳	۵۳۷۱
CB۱۸	Trichlorobiphenyl-۵,'۲,۲	۶۱۱۲
CB۳۱	Trichlorobiphenyl-۵,'۲,۴	۱۳۷۰۳
CB۴۴	Tetrachlorobiphenyl-'۳,۵,'۲,۲	۹۰۴۳
CB۵۲	Tetrachlorobiphenyl-'۵,۵,'۲,۲	۳۲۰۶
CB۶۶	Tetrachlorobiphenyl-'۴,۴,'۲,۳	۱۵۸۲۹
CB۸۷	Pentachlorobiphenyl-'۳,۴,۵,'۲,۲	۴۸۲۲
CB۱۰۱	Pentachlorobiphenyl-'۴,۵,۵,'۲,۲	۹۴۱۳
CB۱۱۰	Pentachlorobiphenyl-۶,'۴,'۲,۳,۳	۲۷۰۳۰
CB۱۳۸	Hexachlorobiphenyl-'۵,'۳,۴,۴,'۲,۲	۲۱۶۵۴
CB۱۴۱	Hexachlorobiphenyl-'۳,۴,۵,۵,'۲,۲	۹۰۱۴۶
CB۱۵۱	Hexachlorobiphenyl-۶,'۳,۵,۵,'۲,۲	۱۸۴۲

CB۱۵۳	Hexachlorobiphenyl-'۵,۵,'۴,۴,'۲,۲	۲۱۸۸۲
CB۱۷۰	Heptachlorobiphenyl-۵,'۴,۴,'۳,۳,'۲,۲	۲۳۹۸۸
CB۱۸۰	Heptachlorobiphenyl-'۵,۵,'۳,۴,۴,'۲,۲	۱۵۶۶۸
CB۱۸۳	Heptachlorobiphenyl-۶,'۵,'۳,۴,۴,'۲,۲	۵۹۱۰۶
CB۱۸۷	Heptachlorobiphenyl-۶,'۵,۵,'۳,۴,'۲,۲	۳۱۲۳۴
CB۲۰۶	-۶,'۵,۵,'۴,۴,'۳,۳,'۲,۲ Nonachlorobiphenyl	۱۱۱۹

بر اساس نتایج بدست آمده غلظت کل کانجنرهای مورد بررسی در روغن مذکور ۳۶۱۶۵۹ میلی گرم در لیتر یا حدود ۳۶ درصد اندازه گیری شد. به طور معمول میزان کل بی‌فنیل های چند کلره در روغن ترانسفورماتور بین ۳۰ تا ۷۰ درصد است (U.S. EPA, ۲۰۱۳). کانجنرهای با تعداد متنوع کلر از کانجنرهای یک کلره تا نه کلره در بین ترکیبات مورد بررسی یافت شد. بررسی توزیع کانجنرها در روغن مورد استفاده نشان داد ترکیب آن به طورقابل توجهی به ترکیب محصولات تجاری آروکلار ۱۲۶۰ و g۱۲۵۴ شباهت دارد. هر چند این مساله را باید در نظر داشت که شباهت کاملی بین ترکیبات موجود در این روغن با آروکلارهای مورد اشاره وجود ندارد که علت این امر می‌تواند محدودیت تعداد کانجنرهای اندازه‌گیری شده باشد. این نتایج مبین مصرف طولانی مدت Clophen A۶۰)معادل آروکلار ۱۲۶۰ (در ایران است (Zahed et al.,۲۰۰۹).

بررسی پارامترهای رشد گیاهچه ذرت تحت تیمار بی‌فنیل‌های‌چندکلره (جدول ۲) نشان داد که در مجموع اعمال غلظت‌های مختلف PCBs باعث کاهش مولفه های رشد گیاهچه ذرت می‌شود (P< ۰.۰۵). درصد جوانه زنی متاثر از میزان بی فنیل های چند کلره بوده است بطوریکه در تیمارهای مختلف تفاوت معنی دار وجود داشت.

جدول ۲- مقایسه تاثیر بی‌فنیل های چند کلره بر میانگین صفات مورد مطالعه بر اساس آزمون دانکن

PCBs (mg/l)	جرم ساقه‌چه (گرم)	جرم ریشه‌چه (گرم)	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	مقاومت جوانه‌زنی (درصد)	جوانه‌زنی (درصد)
۰	۱۲/۰±۷۳/ ۰ a	۰۴/۰±۲۲/ ۰ a	۳۵/۰±۵۴ /۵ a	۱۵/۱±۱۵/۱ ۲ a	۱۰۰a	۱۰۰a
۲۵	۱۳/۰±۷۲/ ۰ a	۰۱/۰±۱۷/ ۰b	۱۹/۰±۴۸ /۳ b	۵۹/۰±۴۵/۷ b	۱/۲±۸۲ b	۱/۳±۶۷b
۵۰	۰۵/۰±۴۵/ ۰ ab	۰۲/۰±۱۶/ ۰ b	۴۵/۰±۵۰ /۲ b	۹۴/۰±۰۲/۴ c	۱/۳±۸۰ b	۴/۳±۵۵b
۱۰۰	۰۵/۰±۳۴/ ۰ ab	۰۳/۰±۰۸/ ۰ c	۵۲/۰±۱۵ /۳ c	۷۶/۱±۴۷/۴ c	۸/۲±۶۸ c	۸/۴±۲۶c
۲۰۰	۰۸/۰±۳۶/ ۰ bc	۰۴/۰±۰۸/ ۰ c	۱۴/۰±۲۳ /۱ d	۱۳/۰±۴۲/۱ d	۱/۳±۵۲ c	۲/۲±۱۴d
۳۰۰	۰۶/۰±۵۱/ ۰ bc	۰۳/۰±۰۵/ ۰ cd	۱۵/۰±۱۷ /۱ d	۱۰/۰±۲۰/۱ d	۲/۴±۴۸ cd	۸/۲±۱۳d
۴۰۰	۰۶/۰±۳۱/ ۰ c	۰۲/۰±۰۴/ ۰ cd	۵۵/۰±۲۶ /۱ d	۱۰/۰±۲۰/۱ d	۲/۲±۳۶ d	۶/۳±۱۱ d
۵۰۰	۰۴/۰±۱۵/ ۰ c	۰۱ / ۰±۰۳/۰ d	۵۱/۰±۹۵ /۰ d	۱۲/۰±۹۹/۰ d	۴/۱±۳۳ d	۲/۲±۱۱d

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی دار با ازمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

جرم و طول ریشه چه و طول ساقه‌چه ذرت تحت تأثیر PCBs بطور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت، اما جرم ساقه چه تنها در غلظتهای زیاد PCBs به طور معنی داری کاهش نشان داد (جدول ۲). میانگین جرم ریشه‌چه در غلظت‌های PCBs بیشتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر روند کاهشی منظمی داشت هرچند براساس آزمون دانکن اختلاف تیمارهای ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر PCBs معنی دار نبود. در غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر PCBs طول ساقه‌چه و ریشه‌چه ذرت به طور چشم گیری کاهش یافت (جدول ۲) به طوری که جرم و طول ساقه‌چه به ترتیب ۷۸ و ۸۸ درصد تیمار شاهد بود. کاهش درصد مقامت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد در غلظت ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر PCBs به ترتیب ۳۵ و ۴۵ و ۷۴ درصد بود. در غلظت های ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر PCBs کاهش درصد مقاومت جوانه زنی بین ۸۶ تا ۸۹ درصد متغیر بود. مکانسیم اثر PCBs بر رشد گیاه و

مکانیسم عمل آن شناخته شده نیست (Cho and Sohn, ۲۰۰۲). با این وجود یکی از مواردی که در مواجه با استرس های محیطی اتفاق می افتد تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) مثل رادیکال سوپر اکسید (O_2^-)، هیدروژن پراکسید، اکسیژن منفرد و رادیکال هیدروکسیل (OH^-)است (Cho and Park ۲۰۰۰). گونه های فعال اکسیژن باعث اکسیداسیون لیپید و تخریب غشاء می گردند. در آزمایشی که چاوو و سون (۲۰۰۲) به منظور بررسی اثر برگپاشی PCB۲۹ بر تنش اکسیداتیو و فعالیت آنزیم های آنتی‌اکسیدانت گیاهچه گوجه فرنگی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بعد از گذشت پنج روز از محلول پاشی PCB۲۹، در گیاهان تحت تیمار نسبت به تیمار شاهد میزان MDA و H_2O_2 به طور معنی داری افزایش یافت. همچنین میزان کاهش O_2^- و فعالیت آکونیتاز که مبین افزایش H_2O_2 است مشاهده شد. این محققین عنوان داشتند که کاهش زیست توده ناشی از کاهش کلروفیل برگها بوده و میزان آنزیم های آنتی اکسیدانت SOD، GP و APX در گیاه افزایش معنی داری داشته است. افزایش فعالیت APX که به عنوان آنزیم کلیدی چرخه گلوتاتیون- اسکوربات در حذف پراکسیداز از طریق تبدیل اسید اسکوربیک به دی هیدروآسکوربات موثراست احتمالا به علت افزایش H_2O_2 بوده است (Asada, ۱۹۹۹).

تحمل گیاه به آلودگی PCBs در مرحله جوانه زنی و رشد گیاهچه به عنوان کلید استقرار گیاه تحت این شرایط محدود کننده است. پاسخ به تنش های محیطی در گیاهان عالی پدیده ای پیچیده و غیر قابل انکار است. نتایج کلی بدست آمده از این تحقیق نشان می دهد که غلظت های اعمال شده PCBs اثرات منفی بر رشد ذرت داشته به طوری که در غلظت زیاد میزان کاهش مقاومت به ۸۹ درصد می‌رسد و در مواردی که میزان PCBs در محیط رشد بیش از ۲۵ میلی گرم در لیتر باشد میزان مقاومت جوانه‌زنی گیاه حدود ۵۰ درصد کاهش خواهد یافت. به منظور تکمیل تحقیقات در زمینه اثر این نوع آلاینده بر جوانه زنی ذرت کشت ذرت در خاک‌های آلوده به روغن ترانسفورماتور به عنوان اصلی ترین منبع PCBs و بررسی اثر جوانه زنی به عنوان فاکتور مهم در اثرگذاری گیاهپالایی در حال انجام است.

منابع

Asada, K. ۱۹۹۲. Ascorbate peroxidase - a hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. Physiol. Plant. ۸۵: ۲۳۵-۲۴۱.

Cho, U. H. and J. O. Park. ۲۰۰۰. Mercury-induced oxidative stress in tomato seedlings. Plant Sci. ۱۵۶: ۱-۹.

Cho, U.H. and J.Y.Sohn.۲۰۰۲. Effect of ۲,۴,۵-Trichlorobiphenyl (PCB-۲۹) on Oxidative Stress and Activities of Antioxidant Enzymes in To m a to Seedlings. Korean J. Ecol. Sci., ۱(۳): ۱۴۷-۱۵۳.

EPA.۱۹۹۹. AmbientWater QualityCriteria forChlorinated Benzenes. Office of Water Regulations and StandardsCriteria and Standards DivisionWashington DC ۲۰۴۶۰.

EPA-۶۰۰/۴-۸۱-۰۴۵, ۱۹۸۲.The Determination of Polychlorinated Biphenyls in Transformer Fluid and Waste Oils, United States Environmental Protection Agency.

Gan R, Berthouex P. ۱۹۹۴Disappearance and crop uptake of PCBs from sludge-amended farming.Water Environ Res.;۶۶:۵۴-۶۹.

Iqbal, M. Z. and K. Rahmati. ۱۹۹۲. Tolerance of Albizialebbeckto Cu and Fe application. Ekologia (CSFR) ۱۱: ۴۲۷-۴۳۰.

Nicols, M.A. W. Heydecker. ۱۹۶۸. Two approaches to the study of germination date,proc.Int.Seed Test. Asso.۳۳:۵۳۱-۵۴۰.

Parkash, O. D., A. H. Elizabeth, R. Pilon-Smits, , B. Meagher and D. Sharon. ۲۰۱۱. Biotechnological approaches for phytoremediation. Plant Biotechnology and agriculture. Oxford: Academic Press. ۱۸: ۳۰۹-۳۲۸.

Shahbazia, A., N., Bahramifarb and E. Smoldersc. ۲۰۱۲. Elevated Concentrations of Pesticides and PCBs in Soils at the Southern Caspian Sea (Iran) are Related to Land Use. Soil and Sediment Contamination. ۲۱:۱۶۰-۱۷۵.

Strand, S. E. ۲۰۰۴.Aerobic Biodegradation of Polychlorinated Biphenyls.CEWA, ESC, MICRO . ۵۱۸:۱-۱۰.

U.S. EPA , ۲۰۱۳. Region ۴ Technical Services Section Issue Paper for Polychlorinated Biphenyl Characterization at Region ۴ Superfund and RCRA Sites.

W.H.O. ۱۹۹۳. Polychlorinated biphenyls and triphenyls, Environmental Health Creteria (EHC), USA.

Yadav, J. S. J. F. Quensen, J. M. Tiedje, and C. A. Reddy. ۱۹۹۵. Degradation of polychlorinate d biphenyl mixture s (Aroclors ۱۲۴۲, ۱۲۵۴, and ۱۲۶۰) by the white rot fungus Phanerochaete chrysosporiumas evidenced by congener-specific analysis. Appl. Environ. Microbiol. ۶۱(۷): ۲۵۶۰-۲۵۶۵.

Zahed M, NabiBidhendi G, Pardakhti A. ۲۰۰۹. Determination of polychlorinated biphenyl congeners in water and sediment in North West Persian Gulf, Iran. Bull Environ Contam. Toxicol. ۸۳:۸۹۹-۹۰۲.

Abstract

Poly chlorinated biphenyls (PCBs) are of the most toxic anthropogenic and persistence contaminants in soils. Phytoremediation has been known as an appropriate technique to remove these compounds from the polluted soils. In this study maize seeds were exposed to different concentrations of PCBs from transformer oil at laboratory scale. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis showed that ۱۹ different PCB congeners presented in the oil. Results of ANOVA analysis demonstrated significant decrease of root and shoot growth of maize seedlings under PCBs treatments. Germination resistance also decreased about ۵۰ percent at PCB concentrations greater than ۲۵ mg $L^{-۱}$. Based on the results of this study different concentrations of PCBs may adversely affect the growth parameters of maize seedling in polluted soils.