فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۷۲-۳۵۷، (۱۳۹۲)

بررسی قابلیت چند گونه اکالیپتوس در جذب عناصر سنگین و ذخیره آنها در برگ‌ها

حسین سردابی[۱*]، محمد حسن صالحه شوشتری[۲]، شهرام بانج شفیعی[۳]، علی اشرف جعفری[٤]، نوشین طغرایی[۳]، آناهیتا شریعت[٥] و محمد حسن عصاره[٤]

[۱*]- نویسنده مسئول، دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران. پست الکترونیک: sardabi@rifr-ac.ir
[۲]- کارشناس پژوهشی جنگل، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، اهواز
[۳]- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
٤- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
٥- کارشناس ارشد پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
تاریخ دریافت: ۹۱/٤/۲٥ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱/٦

چکیده

درختان به‌عنوان عناصر زنده در اکوسیستم قادر هستند از طریق تنفس و جذب از طریق ریشه و همچنین فتوسنتز و سایر اعمال حیاتی، بخشی از مواد آلاینده را به مواد غیر مضر تبدیل نمایند و بخشی از آن را نیز در درون بافتهای خود ذخیره کرده و از تراکم و شدت آنها در هوا و خاک بکاهند. هدف از این تحقیق بررسی قابلیت اکالیپتوس‌ها در جذب آلاینده‌هاست. در این تحقیق ابتدا پنج محل اجرای طرح در مناطق آلوده استانهای خوزستان و بوشهر شناسایی و انتخاب شدند و در مرکز آنها نمونه‌برداری خاک از سه عمق مختلف انجام شد. آزمایش خاک‌شناسی علاوه بر نه عنصر سنگین، شامل ۱۲ خصوصیت فیزیکی و شیمیایی بود. گونه‌های اکالیپتوس مورد آزمایش عبارت بودند از: *E. camaldulensis*، *E. camaldulensis 9616*، *E. microtheca* و *E. sargentii* که در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار کاشته شده بودند. قبل از نمونه‌برداری برگها، از هر کرت سه درخت نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌برداری برگ در چهار جهت جغرافیایی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های تجزیه واریانس و آزمون یک طرفه دانکن و توسط برنامه‌های کامپیوتری *Excell* و *SAS* انجام شد. بهترین عرصه‌های تحقیقاتی از نظر جذب آلاینده‌ها در توده‌های کاشته شده اکالیپتوس، به‌ترتیب اهمیت عبارتند از: دزفول، عیسوند، شوشتر، کرخه و کاکی. بهترین عملکرد گونه‌ها با توجه به عرصه تحقیقاتی مربوطه عبارت بودند از:

۱- گونه *E. microtheca* در کرخه و شوشتر در درجه اول و در دزفول و عیسوند در درجه دوم
۲- E. camaldulesis 9616
۳- E. camaldulensis و E. sargentii

واژه‌های کلیدی: اکالیپتوس، عناصر سنگین، خاک، تجزیه گیاهی، آلایندهای نفتی، جنگلکاری

مقدمه

فعالیتهای بشر ازجمله جنگ خلیج فارس و آتش گرفتن چاه‌های نفت منجر به آلودگی مناطق جنوب کشور شده است. فلزات سنگین با ذخیره شدن در سلول‌های گیاهی از طریق جذب سطحی و همچنین جذب ریشه‌ای موجب اختلال در فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه می‌شوند. زمانیکه آلودگی موجب تغییرات در خصوصیات شیمیایی خاک، تعادل عناصر، کیفیت تغذیه و کاهش توان تجدید حیات گیاه شود، تنش‌های وارد به گیاه مضاعف می‌گردند. در بین استانهای تحت یورش آلودگیهای نفتی

Archive of SID
www.SID.ir

هشت استان بیشترین آلودگی را داشته که از بین آنها استانهای خوزستان و بوشهر در شمار آلوده‌ترین بوده، درحالی‌که استانهای ایلام، لرستان و چهارمحال بختیاری دارای آلودگی متوسط و استانهای فارس، هرمزگان و کهگیلویه و بویر احمد کمترین آلودگی را داشته‌اند (Keneshlo, 2005).

ایجاد آلودگیهای زیست محیطی مذکور به همراه پیشرفت شوری، مشکلات عمده اکولوژیکی را به همراه می‌آورد که همانا تغییر سیمای محیط طبیعی به سمت بیابانی شدن است. پاکسازی محیط زیست آلوده به فلزات سنگین و آلایندهای آلی توسط جذب آنها بوسیله گیاهان یا گیاه‌پالایی (Phytoremediation) امروزه جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. برخی از گیاهان که برای استخراج فلزات سنگین مورد استفاده قرار می‌گیرند (hyperaccumulators)، دارای توانایی تجمع فلز در نسبتی بزرگتر از ۱ هستند که برای مثال *Brassica juncea* با توانایی تجمع فوق‌العاده سرب (Pb) بخوبی شناخته شده است (Takeda *et al.*, 2006). با توجه به اینکه روشهای سنتی برداشت عناصر سنگین از خاک و آب بسیار پرهزینه و دشوار و اغلب ناموفق است، لزوم استفاده از گیاهان کاهش‌دهنده آلودگی خاک و آب روشن است. از طرفی با توجه به نیاز روزافزون جنگلکاری در ایران، لازم است که تحقیقی جامع بر روی گونه‌های اکالیپتوس و نقش این گیاهان در جذب عناصر سنگین انجام شود. Phytoremediation یک گزینه کم هزینه، به‌ویژه برای مناطق آلوده محسوب می‌شود. توانایی تجمع فوق‌العاده فلزات سنگین در کاربرد روش phytoremediation، بر مبنای سرعت رشد (تولید زیست‌توده) و میزان تجمع فلز سنگین (گرم فلز بر کیلوگرم بافت گیاه) استوار است. ازاین‌رو یافتن مؤثرترین گیاه سریع‌الرشد اکالیپتوس با توانایی حداکثر در جذب فلزات سنگین منجر به اقدام بعدی برای معرفی گیاهان با توان ژنتیکی بالاتر (transgenic plants) می‌گردد. در دهه‌های اخیر اکالیپتوس‌کاری در مناطق شمالی و جنوبی کشور رشد فزاینده‌ای یافته و بتازگی مسئله زراعت چوب در مناطق مذکور توجه همگانی را به خود معطوف کرده است. در استانهای خوزستان، بوشهر و فارس، کاشت درختان اکالیپتوس به‌منظور ایجاد فضای سبز و تلطیف هوا در مناطق صنعتی و کارخانه‌های ذوب فلز و کاستن آلودگی هوا و خاک جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. ازاین‌رو با کاشت درختان اکالیپتوس که توانایی جذب و تجمع فلزات سنگین را دارند، به پاکسازی محیط (phytoremediation) کمک شایانی می‌شود (Salahi, 2007).

بررسیهای گوناگونی در مورد قابلیت جذب فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها توسط گونه‌های درختی در ایران و دیگر کشورها شده است. اکالیپتوس با رشد و تولید چوب بیشتر و جذب و نگهداری بیشتر عناصر و فلزات سنگین از خاک آبیاری شده با فاضلاب در اندام‌های خود و تعریق فزونتر نسبت به سایر گونه‌های درختی کند رشد، در پالایش خاک از آلایندها نقش مهمی را ایفا می‌کند. به‌عنوان‌مثال Rad *et al.* (2010) پس از آزمایش سازگاری و عملکرد هشت گونه و پرووانانس اکالیپتوس با استفاده از فاضلاب شهری و صنعتی یزد، نتیجه گرفتند که گونه *E. camaldulensis* (41-zh) از نظر سازگاری، رشد ارتفاعی و قطری و قدرت جذب آب، موفق‌تر از سایر گونه‌ها بوده است. Mosavi (2010) با استفاده

از سه تیمار آبیاری بر عملکرد درخت خرما (میوه‌دهی) شامل: ۱- آبیاری غرقابی (جزر و مدی) در تمام مراحل تا زمان میوه‌دهی خرما، ۲- آبیاری با دو سیستم غرقابی و استفاده از پساب فاضلاب در تمام مراحل و به طور نوبتی، ۳- آبیاری با پساب فاضلاب و در تمام مراحل تا زمان میوه‌دهی خرما، نتیجه گرفت که عملکرد نخل در تیمار۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب ۷۶، ۹۱/۲ و ۱۲۸ کیلوگرم برای هر اصله می‌باشد. Fereidooni *et al* (2010) نیز اثر فاضلاب بر عملکرد ذرت شیرین را با آزمایش پنج تیمار آبیاری و سه تیمار کود ازته بررسی کردند و نتیجه گرفتند که آبیاری کامل با پساب تصفیه شده منجر به افزایش عملکرد دانه‌ای کنسروی به میزان ۶۵ درصد نسبت به سطح آبیاری با آب معمولی گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین مصرف ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن خالص در هکتار موجب افزایش ۱۸ درصدی عملکرد علوفه تر نسبت به سطح بدون کود شد.

Benyon *et al.* (1991) سازگاری تعداد چهار گونه اکالیپتوس شامل: *E. camaldulensis*، *E. globulus* subsp. *globulus*، *E. grandis* و *E. saligna*، هرکدام همراه با سه پروونانس (مبدا بذر) مختلف و چهار تیمار متفاوت تراکم کاشت و دوره بهره‌برداری برای جنگلکاری با استفاده از فاضلاب صنعتی و شهری را در ۳۵ کیلومتری جنوب غرب ملبورن استرالیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که زنده‌مانی و ارتفاع گونه‌ها بعد از یک سال از زمان کاشت رضایت‌بخش بوده و دو صفت یاد شده باتوجه به موقعیت عرصه، گونه‌ها و پروونانس‌ها متغیر بود. میزان ارتفاع نیز با تغییر تراکم کاشت نوسان داشت. به‌طوری‌که بهترین عملکرد مربوط به گونه *E. saligna* بود. زنده‌مانی و میانگین ارتفاع بهترین پروونانس نسبت به بدترین پروونانس این گونه به‌ترتیب در حدود ۱۵ و ۵۳ درصد بیشتر بود. میانگین ارتفاع همین گونه در تراکم ٤٤٤٤ اصله در هکتار، درحدود ٢٤ درصد بیشتر از تراکم ۱۳۳۳ اصله در هکتار بود. Barton *et al.* (1991) اثر پساب ناشی از فراوری گوشت در کشور زلاندنو بر پایداری دو عرصه جنگلکاری شده دارای خاک لومی درشت دانه آبرفتی را بررسی کردند. درختان مورد آزمایش از سه جنس اکالیپتوس، آکاسیا و سرو بودند. آبیاری به دو روش قطره‌ای و غرقابی با غلظت‌های مختلف پساب انجام شد و فاصله کاشت ۲x۱ متر بود. صفات اندازه‌گیری شده متشکل از ارتفاع کل، قطر، زیست توده بخش هوایی و وضعیت تغذیه درختان بود. وضعیت نفوذپذیری خاک با دستگاه ringinfiltrometer ارزیابی شد. در یک عرصه پس از سه سال رشد درختان و ٢٦ ماه تیمار آنها با پساب، گونه *E. botryoides* نسبت به سایر گونه‌ها بیشترین میزان زیست توده و رشد ارتفاعی را داشت. گونه‌های *Cupressus lusitanica*، *C. macrocarpa* و *Acacia melanoxylon* در درجه دوم اهمیت از نظر عملکرد بودند. عملکرد گونه *A. dealbata* نیز خوب بود، ولی دچار صدمه شدید از باد و طوفان شد. در عرصه دوم پس از گذشت ۲/۸ سال از رشد گونه‌ها و تیمار آنها دو ماه پس از کاشت با پساب، مشخص کرد که بهترین گونه‌ها از نظر رشد طولی و قطری به‌ترتیب اهمیت، *A. dealbata*، *E. ovata* و *E. botryoides* بودند. میانگین تولید زیست‌توده برای دو گونه برتر شامل: *E. ovata* و *E. botryoides* در مدت آزمایش به‌ترتیب ٦٠ و ٥٦ تن در هکتار بود. اثر کاربرد تیمارهای پساب با غلظت‌های مختلف بر افزایش عملکرد درختان معنی‌دار بود. اثر آبیاری غرقابی بر میزان نفوذپذیری خاک منفی بود، به‌نحوی‌که در سال سوم آزمایش، اعمال تیمار پساب امکان‌پذیر نبود. آبیاری غرقابی موجب کاهش رشد درختان در حاشیه کرتهای آزمایشی و پخش غیر یکنواخت مواد جامد پساب در کرتها گردید. تیمار پساب موجب کاهش وزن مخصوص چوب گونه *E. ovata* از ٤٦٦ به ٤٣٠ کیلوگرم بر مترمکعب گردید. تیمارهای پساب موجب افزایش معنی‌دار عناصر غذایی ازت، فسفر و پتاسیم در برگها نسبت به تیمار شاهد گردید. بر اثر اعمال تیمار پساب، مقدار کلسیم کمتر و مقدار منیزیم تغییر نکرد یا کمتر شد. روش آبیاری غرقابی گرچه از نظر هزینه احداث و اجرا ارزانتر است، ولی قادر به حفظ حاصلخیزی خاک در کاربرد تیمار پساب با غلظت زیاد نمی‌باشد. دو محقق آمریکایی متشکل از Jokela (1991) & Smith اثر درازمدت (۱۹ سال) پخش زباله‌های کمپوست شده و لجن فاضلاب شهری در منطقه فلوریدای آمریکای شمالی را روی رشد و عناصر جذب شده کاج الیوتی (*P. elliottii* var. *elliottii*) بررسی کردند. در چنین خاک‌های با زهکشی و حاصلخیزی ناچیز (Ultic Haplaquods)، زیست‌توده چوب تنه و سطح مقطع بعد از ١٦ سال به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت و عناصر ازت، فسفر، بر، آهن، آلومینیوم و روی در بافت‌های درخت (برگها و ساقه‌ها) نیز به‌صورت معنی‌داری زیاد بود. البته اثرهای تیمارها روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۰-۲۳ سانتیمتری نیمرخ خاک مشهود بود. Salahi *et al.* (2003) مقدار جذب سرب در

Archive of SID

www.SID.ir

برگ سوزنی کاج تهران (*P. eldarica*) در پارک جنگلی چیتگر و مجاورت بزرگراه تهران-کرج را ۲۲ پی‌پی‌ام اعلام کرده‌اند.

جمع‌کننده‌ها (Hyperaccumulators) بطور خاص مقادیر زیادی از مواد سمی (معمولا فلز یا شبه فلز) را در مدت رشد طبیعی و زادآوری جذب می‌کنند (Baker & Whiting, 2002, Reeves, 1992). در مطالعات اولیه Hyperaccumulator ها، مشخص شد که Hyperaccumulator مورد نظر تا ۱۰۰۰ میکروگرم نیکل را در یک گرم وزن خشک برگهایش دارد (Brooks *et al.*, 1977). متعاقبا Baker & Brooks (1989) غلظت آستانه تحمل را برای دیگر فلزات تجمع یافته در گیاهان از ۱۰۰ میکروگرم کادمیوم در یک گرم وزن خشک، ۱۰۰۰ میکروگرم نیکل، مس، کبالت و سرب در یک گرم وزن خشک و ۱۰۰۰۰ میکروگرم روی و منگنز در یک گرم وزن خشک تعیین کردند.

Soares *et al.* (2001) اثر سمیت روی را در محلول غذایی بر روی رشد و تغذیه *Eucalyptus maculata* و *E. urophylla* در گلخانه بررسی کردند. مقدار بحرانی سمیت فلز روی در *E. maculata* ۸۳۵ و در *E. urophylla* ۶۹۷/۸ میلی‌گرم/کیلوگرم بود. این نتایج نشان داد که *E. maculata* مقاومت بیشتری نسبت به *E. urophylla* از نظر مقاومت به سمیت فلز روی دارد. اکوتیپ‌های *Ganges* و *Vivez* می‌توانند تا ۱۰۰۰۰ و ۱۲۵۰۰ میلی‌گرم کادمیوم را در هر کیلوگرم وزن خشک بدون نشان دادن علائم مسمومیت جذب نمایند. اکوتیپ‌های *Puy de Wolf* و *Prayon* فقط تا میزان ۲۳۰۰ و ۴۸۰۰ میلی‌گرم کادمیوم را در هر کیلوگرم وزن خشک در خود جمع می‌نمایند (Salt *et al.*, 1997).

Robinson *et al.* (2003) در روش Phytoremediation از گیاهان در قالب پمپ زیستی (Biopump) برای بهبود و اصلاح محیط‌زیست تخریب شده استفاده کردند. این تحقیق در یک عرصه ۳/۶ هکتاری آلوده به عنصر بر (B) که موجب آلودگی آب نهرهای منطقه شد، انجام گردید. برای کنترل شستشوی عنصر بر، از صنوبرهایی که مصرف آب بالایی دارند استفاده شد. درختان جوان انتخاب شده قبل از خزان برگها بصورت مالچ درآمده و برای فراهم کردن بر آلی (Organic B) در قطعات مورد کاربرد برای درختان میوه، استفاده شدند.

هدف تحقیق اندازه‌گیری مقدار عناصر سنگین در خاک و در برگ گونه‌های اکالیپتوس و معرفی مقاومترین آنها به آلودگی نفتی محیط زیست برای استفاده در برنامه احیای مناطق مختلف آلوده به مواد نفتی و صنعتی است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا محل اجرای طرح در مناطق آلوده استانهای خوزستان و بوشهر شناسایی و انتخاب شد. سپس با استفاده از منابع موجود و گزارشهای داخلی و خارجی مرتبط به آلودگی نفتی ناشی از جنگ خلیج فارس و آتش‌سوزی چاه‌های نفت کویت، مانند et al. *(2000) Noroozi* و گزارش نهایی برخی از طرحهای تحقیقاتی اجرا شده مانند (*2005*)، *Keneshlo* مناطقی از دو استان مورد نظر که به شدت در سال ۱۹۹۱ میلادی آلوده شده بودند، مشخص شدند و براساس آن محل اجرای طرح مشخص شد. آنگاه در استان خوزستان سه ایستگاه و در استان بوشهر دو ایستگاه انتخاب شدند که مشخصات هریک به شرح زیر توضیح داده می‌شود.

ایستگاه تحقیقاتی تثبیت شن‌های روان (شمال غرب رودخانه کرخه)

این ایستگاه در ۳۵ کیلومتری شهر حمیدیه و ۱/۵ کیلومتری شمال غرب رودخانه کرخه قرار دارد و در زمستان سال ۱۳۷۲ چهار گونه اکالیپتوس شامل: *E. camaldulensis*9616، *E. microtheca*، *E. sargentii* و *E. camaldulensis* در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی، در سه تکرار، به روش دیم کامل، به فاصله کاشت ۳ در ۳ متر و به تعداد ۷۰ پایه در هر واحد آزمایشی ۷۰ در آن کاشته شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

ایستگاه تحقیقات عباس‌آباد دزفول

این ایستگاه در ۱۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان دزفول و در مجاورت رودخانه دز قرار دارد و در سال ۱۳۷۲ دو گونه اکالیپتوس *E. camaldulensis*9616 و *E. microtheca* در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار، به فاصله کاشت ۳ در ۳ متر و تعداد ۹۰ اصله در هر واحد آزمایشی کاشته شدند.

ایستگاه تحقیقات کوشکک شوشتر

این ایستگاه در اواخر جاده دزفول به شوشتر و روبروی روستای کوشکک و مجاورت رودخانه کارون قرار دارد. گونه‌های مورد آزمایش، سال کاشت و روش کاشت و طرح آماری مانند ایستگاه عباس‌آباد دزفول می‌باشد.

ایستگاه تثبیت شن و بیابان‌زدایی عیسوند بوشهر

این ایستگاه در جاده بوشهر به برازجان قرار دارد و در سال ۱۳۵٦ برای تثبیت بیولوژیک شن‌های روان شهرستان بوشهر و در ادامه پارک جنگلی چاه‌کوتاه تأسیس شد و فقط دارای دو گونه اکالیپتوس شامل:

*E. camaldulensis*9616 و *E. microtheca* است که به فاصله ۸ در ۱۰ متر و در سطح بیش از سه تکرار کاشته شدند که برای این تحقیق فقط سه تکرار انتخاب گردید.

ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع کاکی

این ایستگاه در یک کیلومتری شمال شهر کاکی از توابع شهرستان دشتی و به فاصله ۱۲۰ کیلومتری بوشهر قرار دارد و در سال ۱۳۷٤ طرح تحقیقاتی تعیین دور آبیاری مناسب برای کنار، آکاسیا و اکالیپتوس با فاصله کاشت ۵ در ۵ متر در قالب طرح آماری کرتهای خرد شده در چهار تکرار با طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی اجرا گردید، برای این تحقیق فقط گونه اکالیپتوس *E. camaldulensis*9616 مورد استفاده قرار گرفت.

نمونه‌برداری خاک برای اندازه‌گیری آلایندها و بررسی خصوصیات خاک

بجز ایستگاه کرخه که برای نمونه‌برداری خاک از یک پروفیل آماده به عمق حدود ۱/۵ متر استفاده شد، در دو ایستگاه دیگر استان خوزستان برای نمونه‌برداری خاک از یک پروفیل به عمق ٦۰ سانتی‌متر استفاده شده و در هر پروفیل تعداد سه نمونه تهیه گردید (لایه‌های ۲۰ سانتی متری). از پروفیل ایستگاه کرخه نیز سه نمونه خاک از لایه‌های ۵۰ سانتیمتری برداشت گردید. رویهمرفته در استان خوزستان نه نمونه خاک برداشت شد. نمونه‌برداری خاک برای اندازه‌گیری عناصر سنگین شامل: آهن، روی، سرب، سیلیکون، کادمیوم، کروم، مس، نیکل و وانادیوم و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل: بافت، اسیدیته، هدایت الکتریکی، ماده آلی، کربن آلی، ازت کل، فسفر و پتاسیم و سدیم و منیزیم و کلسیم قابل جذب، انجام شد. در ایستگاه کاکی با توجه به وجود دو تیپ خاک، دو پروفیل حفر گردید. بنابراین، در استان بوشهر نیز همانند استان خوزستان نه نمونه خاک برداشت گردید. نظر به این که میان اعماق مختلف خاک هیچگونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ارائه نتایج در این زمینه به‌منظور جلوگیری از افزایش بی‌مورد حجم مقاله، ضروری به نظر نرسید. البته اندازه‌گیری تمام آلاینده‌ها به‌علت فقدان تیترازول استاندارد، امکان‌پذیر نبود. آلاینده‌ها با استفاده از روش عصاره‌گیری DTPA و دستگاه ICP- Integra XL و تیترازول استاندارد، اندازه‌گیری شدند (Parsadoost *et al.*, 2007).

بررسی آلاینده‌ها در عصاره برگ‌ها

برای بررسی میزان آلایندها در برگ درختان اکالیپتوس، نیاز به جمع‌آوری برگ‌های بالغ گونه‌های اکالیپتوس به روش زیر بود:

الف- انتخاب سه درخت اکالیپتوس از هر گونه یا از هر تیمار در هر تکرار به‌صورت تصادفی در دو محل مورد نظر

ب - جمع‌آوری برگ از هر درخت در چهار جهت جغرافیایی مختلف به‌صورت جداگانه به میزان یک مشت برای هر جهت، شستن آنها و قرار دادن هر نمونه در پاکت

Archive of SID

www.SID.ir

کاغذی پس از درج کد هر تیمار و هر جهت روی پاکت‌ها و بستن پاکت‌ها (تعداد نمونه‌ها برای هر تیمار در یک تکرار ۱۲ و در سه تکرار ۳٦ می‌باشد).

ج- خشک کردن نمونه‌ها با نگهداری آنها در یک آون الکتریکی با دمای ٦۰ درجه سانتیگراد به مدت سه روز

د- آسیاب کردن نمونه‌ها و بسته‌بندی و کدگذاری نمونه‌های آسیاب شده.

ه- استفاده از روش Parsadoost *et al.* (2007) برای تهیه عصاره برگهای آسیاب شده در آزمایشگاه فیزیولوژی گروه زیست فناوری منابع طبیعی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

رویهمرفته تعداد ۲۱٦ نمونه برگ برای اجرای این بخش از پروژه تحقیقاتی جمع‌آوری شده بود. از آنجایی که در ایستگاه کاکی فقط یک گونه اکالیپتوس موجود بود (*E. camaldulensis* 9616)، ازاین‌رو انجام تجزیه واریانس امکان‌پذیر نبود، بنابراین نتایجی در مورد این ایستگاه ارائه نمی‌شود و در هنگام ارائه نتایج در سطح کل عرصه‌های مورد آزمایش، میزان آلاینده‌های برگ درختان اکالیپتوس موجود در این ایستگاه با دیگر ایستگاه‌ها مقایسه خواهد شد.

نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

جدول‌های۱ تا ۲ نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به خصوصیات خاک عرصه‌های مورد آزمایش و مقایسه میانگین داده‌ها در عرصه‌های مختلف را نشان می‌دهند. همانگونه که ملاحظه می‌شود بجز مقدار فسفر، میان عرصه‌های مختلف از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد وجود دارد (جدول۱)، اما در مجموع میان اعماق مختلف خاک هیچگونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول۳). ایستگاه‌های دزفول و شوشتر دارای بیشترین درصد رس هستند و بقیه ایستگاه‌ها در یک سطح می‌باشند (جدول۲). بیشترین درصد سیلت به ایستگاه شوشتر تعلق دارد و ایستگاه‌های دزفول و کاکی۲ در مرحله بعد قرار دارند و دیگر ایستگاه‌ها دارای کمترین درصد سیلت می‌باشند. بیشترین درصد شن به ایستگاه‌های کرخه، عیسوند و کاکی۱ و کمترین آن به ایستگاه شوشتر تعلق دارد (جدول۲). کمترین مقدار پتاسیم به عرصه کاکی۱ تعلق دارد و دیگر ایستگاه‌ها از این نظر در یک سطح می‌باشند. ایستگاه‌های شوشتر و دزفول به‌ترتیب دارای بیشترین مقدار مواد آلی و عرصه کاکی۱ دارای کمترین درصد مواد آلی است. به همین نسبت بیشترین و کمترین درصد ازت به عرصه‌های شوشتر و کاکی۱ تعلق دارد. ایستگاه‌های دزفول و شوشتر دارای بیشترین و ایستگاه عیسوند دارای کمترین مقدار سدیم بودند، درحالی‌که ایستگاه‌های کرخه و شوشتر دارای بیشترین و ایستگاه عیسوند دارای کمترین مقدار منیزیم بودند. اما ایستگاه شوشتر دارای بیشترین و ایستگاه کرخه دارای کمترین مقدار کلسیم بودند. از نظر هدایت الکتریکی، به‌ترتیب عرصه‌های دزفول و کاکی۲ دارای بیشترین سطح بودند و دیگر عرصه‌ها هم سطح بودند، اما از نظر اسیدیته، عرصه‌های کرخه و کاکی۱ واجد بیشترین مقدار و ایستگاه دزفول واجد کمترین مقدار بود (جدول۲)

آلایندهای خاک

جدولهای۳ تا ٤ نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان آلایندها در خاک عرصه‌های مورد آزمایش و مقایسه میانگین داده‌ها در عرصه‌ها و عمق‌های مختلف را نشان می‌دهند. همانگونه که ملاحظه می‌شود، میان ایستگاه‌ها و عرصه‌های مختلف تحقیقاتی اختلاف معنی‌داری از نظر میزان آلایندها مشاهده نمی‌شود (جدول۳)، اما براساس آزمایش دانکن میان ایستگاه‌ها فقط از نظر مقدار روی و آهن اختلاف معنی‌دار دیده می‌شود. بنابراین بیشترین و کمترین مقدار روی به‌ترتیب در عرصه‌های کاکی۱ و کرخه به چشم می‌خورد و بقیه عرصه‌ها در یک سطح هستند. البته بیشترین مقدار آهن به ایستگاه دزفول تعلق دارد و مقدار آن در سایر ایستگاه‌ها در یک سطح است (جدول٤).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- مقایسه میانگین مربعات و معنی‌دار بودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ایستگاه‌های مختلف (تجزیه واریانس)

منابع تغییرات	درجه آزادی	رس	سیلت	شن	فسفر	پتاسیم	مواد آلی
ایستگاه‌ها	۵	۴۸/۸**	۱۲۳۷**	۱۷۴۵/۶**	۳۶ ns	۱۵۰۲/۶*	۰/۱۴۲*
خطا	۱۲	۳/۳	۲۳/۳۳	۳۸	۲۸/۹	۳۸۴/۹	۰/۰۳۲
ضریب تغییرات		۸/۳	۲۵/۷۲	۱۰/۳۹	۹۸/۷	۲۴/۳	۵۷/۷

**= معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، *= معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ns= معنی‌دار نیست.

ادامه جدول۱

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	سدیم	منیزیوم	کلسیم	EC	pH
ایستگاه‌ها	۵	۰/۰۰۱۳**	۳۸۲۹/۱*	۲۰۲۷۱۵/۱*	۶۲۳۶۴۶۷/۲**	۲/۲۱**	۰/۱۰۸۶**
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۱	۷۹۵/۷	۶۵۵۲۵/۸	۱۴۴۰۰۰	۰/۴۰۷	۰/۰۱۵
ضریب تغییرات		۴۸/۳	۲۸/۶	۳۸/۱	۶/۹۸	۷۱/۳	۱/۵۴۳

جدول۲- مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (میلی‌گرم/کیلوگرم) خاک در شش ایستگاه تحقیقاتی (آزمایش دانکن)

ایستگاه‌ها	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	فسفر	پتاسیم	مواد آلی (درصد)
کرخه خوزستان	۱۸b	۲/۶۷c	۷۹/۳a	۱۲a	۱۰۳/۴a	۰/۲bc
دزفول خوزستان	۲۵/۳a	۲۸/۶۷b	۴۶c	۲a	۸۷/۹a	۰/۵۳۳ab
شوشتر خوزستان	۲۸a	۵۴a	۱۸d	۴a	۸۲/۳a	۰/۶۳۳a
عیسوند بوشهر	۲۱/۳b	۵/۳c	۷۳/۳a	۴/۶۷a	۸۶/۶a	۰/۱۶۷bc
کاکی۱ بوشهر	۱۸b	۲c	۸۰a	۶a	۳۷/۴b	۰/۱۰c
کاکی۲ بوشهر	۲۰/۷b	۲۰b	۵۹/۳b	۴a	۸۶/۱a	۰/۲۳۳bc

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

ادامه جدول۲

ایستگاه‌ها	نیتروژن (درصد)	سدیم	منیزیوم	کلسیم	EC	pH
کرخه خوزستان	۰/۰۱۶۷bc	۸۸/۳۷ba	۹۲۱/۶a	۳۲۱۶e	۰/۲۳۳b	۸/۱۳a
دزفول خوزستان	۰/۰۴۰b	۱۳۵/۸a	۶۶۲/۴ba	۶۶۲۴ba	۲/۴a	۷/۶۷c
شوشتر خوزستان	۰/۰۶۶۷a	۱۳۶/۶a	۹۷۹/۲a	۷۰۰۸a	۰/۸b	۷/۸۷bc
عیسوند بوشهر	۰/۰۲۰bc	۶۰/۱b	۲۸۸b	۵۲۳۲c	۰/۳b	۷/۹۷ab
کاکی۱ بوشهر	۰/۰۱۰c	۵۶/۸b	۶۹۱/۲ba	۴۴۱۶d	۰/۲۶۷b	۸/۱۷a
کاکی۲ بوشهر	۰/۰۲۰bc	۱۱۳/۳ba	۴۸۹/۶ba	۶۱۴۴b	۱/۳۶۷ba	۷/۸۳bc

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- مقایسه میانگین مربعات و معنی‌دار بودن عناصر سنگین خاک در ایستگاه‌های مختلف (تجزیه واریانس)

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	نیکل	سیلیکون	وانادیوم	کروم
ایستگاه‌ها	۵	۰/۱٦٤ns	۰/۰۰۰٦ns	۰/۰۰۸ns	۱۱/۲۱۱ns	٦۲۰٦/۹ns	۰/۰۵۹ns	۱۰/۳۳۸ns	۰/۱۰۹۲ns	۰/۰۰۳۹ns
خطا	۱۲	۰/۰۸۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۹	۵/۰۱۵	٦٦۰۱/۸	۰/۰٤٤	۰/۰۸۹	۰/۱۱۲۸	۰/۰۰٤۳
ضریب تغییرات		۱۱٦/۸	۱۹۰/۸	۲۲۸/۵	۱٦٤/۰٤	۹۱/۳	۱۹۷/۷	٦۷/۳٤	۲۹۰/۰٦	۳۵۰/۱

ns= معنی‌دار نیست

جدول٤- مقایسه میانگین آلایندهای خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در شش ایستگاه تحقیقاتی (آزمایش دانکن)

آلایندها ایستگاه‌ها	روی	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	نیکل	سیلیکون	وانادیوم	کروم
کرخه	۰/۰٦۵b	۰/۰۰۰۷a	۰/۰۰۸٤a	۰/۳٤۵b	۱۰۰/٦۵a	۰/۰۵۳۲a	٤/۰۲۱a	۰/۰۳٤٦a	۰/۰۰۰۰a
دزفول	۰/۳۲۲ab	۰/۰۳٦٤a	۰/۰٦۰٦a	۵/۲۷۲a	۱۷٤/۸۷۸a	۰/۳۸۰۱a	۱/٦۵۵a	۰/۵۰۵۲a	۰/۰۹۰۳a
شوشتر	۰/۱٤۸ab	۰/۰۰۰۷a	۰/۰۲۳۳a	۱/۰۱۳b	٤۹/٤٤a	۰/۱۲٤۳a	٤/۹۵٤a	۰/۰۳۱٦a	۰/۰۰۰۰a
عیسوند	۰/۱۷۱ab	۰/۰۰۰۱a	۰/۰۱٤٦a	۰/٤۱۳b	۷۷/۸٦a	۰/۰٦۲۹a	٤/٤۲٦a	۰/۰٤٦۳a	۰/۰۰۰۰a
کاکی۱	۰/۷۰۲a	۰/۰۱۸۹a	۰/۱۳٦۳a	۰/۷۹۳b	٦۰/۹۰a	۰/۰۰۲٦a	۷/٤٤٦a	۰/۰٤۳۰a	۰/۰۲۲۵a
کاکی۲	۰/۱۳٤ab	۰/۰۰۰۰a	۰/۰۰۵۹a	۰/۳۵۵b	۷۰/۱۳a	۰/۰۱٤۹a	٤/۳٦۰a	۰/۰۳٤۱a	۰/۰۰۰۰a

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

آلایندهای موجود در برگ درختان

ایستگاه عیسوند بوشهر

جدول‌های۵ تا ٦ نتایج تجزیه واریانس داده‌های میزان آلایندهای موجود در برگ درختان دو گونه اکالیپتوس کاشته شده در ایستگاه عیسوند بوشهر و مقایسه گونه‌های اکالیپتوس از نظر میزان آلایندها را نشان می‌دهند. به‌طوری‌که براساس جدول۵، میان تکرارها از نظر میزان آلاینده‌های روی، نیکل و کادمیوم و میان تیمارها از نظر میزان آلایندهای نیکل، آهن و وانادیوم اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود و آزمون دانکن نیز نتایج مشابهی دارد (جدول٦). البته مقدار آلاینده‌های نیکل و آهن و برگ‌ها در گونه *E. microtheca* بیش از گونه *E. camaldulensis* 9616 است.

جدول۵- مقایسه میانگین مربعات و معنی‌دار بودن عناصر سنگین برگ اکالیپتوس در دو سطح گونه در ایستگاه عیسوند بوشهر

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	وانادیوم	کروم	سیلیکون
تکرارها	۲	۰/۰۰۳**	$۷E^{-4}$**	$۱/۲E^{-6}$**	$۱/٦E^{-4}$ns	۰/۰۰٦ns	$۲E^{-4}$ns	۰	$۳E^{-4}$ns
تیمارها	۱	$٤E^{-5}$ns	$۲E^{-4}$**	$٤E^{-7}$ns	$۱/۷E^{-4}$ns	۰/۰٦**	$۹E^{-4}$**	۰	$۲E^{-4}$ns
خطا	۱٤	$۱E^{-5}$	$۳E^{-6}$	$۹E^{-8}$	$۷E^{-5}$	۰/۰۰۲	$۵E^{-5}$	۰/۰۰٤	$۲E^{-4}$
ضریب تغییرات		۸/۹	۷/۷	۳۰/۲	۱٤٤/٦	۱۰/۰۳	۱۲/۳	۰	۲۷/۵

**= معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، ns= معنی‌دار نیست

Archive of SID

www.SID.ir

جدول٦- مقایسه میانگین عناصر سنگین برگ اکالیپتوس (میلی‌گرم در گرم) در دو سطح گونه در ایستگاه عیسوند

آلایندها / تیمارها	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
E. microtheca	۰/۰۳۷a	۰/۰۲۵a	۰/۰۰۱a	۰/۰۰۳a	۰/۵۳a	۱۱/۵a	۰/۰٦a	۰a	۰/۰٤a
*E. camaldulensis*9616	۰/۰۳٤a	۰/۰۱۹b	۰/۰۰۰۸a	۰/۰۰۹a	۰/٤۲b	۱۰/۳a	۰/۰٤b	۰a	۰/۰۵a

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

ایستگاه کرخه خوزستان

جدولهای۷ و ۸ نتایج تجزیه واریانس داده‌های میزان آلاینده‌های موجود در برگ چهار گونه اکالیپتوس کاشته شده در ایستگاه کرخه خوزستان و مقایسه گونه‌ها را از نظر میزان آلاینده‌ها نشان می‌دهد. براساس جدول۷ میان تکرارها از نظر میزان روی، نیکل، آهن و سیلیکون، و میان تیمارها از نظر میزان نیکل و آهن اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. با توجه به جدول۸، مشاهده می‌شود که علاوه بر عناصر نیکل و آهن، میان تیمارها از نظر عنصر وانادیوم نیز اختلاف معنی‌داری دیده می‌شود. از نظر عنصر نیکل، *E. camaldulensis*9616 دارای کمترین جذب، از نظر عنصر آهن باز همین گونه و *E. sargentii* دارای کمترین جذب و سرانجام از نظر وانادیوم *E. camaldulensis*9616 و *E. microtheca* به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین جذب بوده‌اند. رویهمرفته *E. microtheca* از نظر سه آلاینده یاد شده دارای بیشترین جذب بوده است.

جدول۷- مقایسه میانگین مربعات و معنی‌دار بودن عناصر سنگین برگ اکالیپتوس در چهار سطح گونه در پایگاه کرخه خوزستان

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
تکرارها	۲	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۰۳**	$۳E^{-8}$ns	$۲/٤E^{-7}$ns	۰/۰۵*	۳۹/۵ns	۰/۰۰۰۳ns	۰	۰/۸٤**
تیمارها	۳	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۱*	$۱/۵E^{-7}$ns	$۹/۹E^{-8}$ns	۰/۰۷**	۹/۲ns	۰/۰۰۱ns	۰	۰/۰۰۹ns
خطا	۳۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	$۹/٦E^{-8}$	$۳/۷E^{-7}$	۰/۰۱٤	۱٦/۷	۰/۰۰۰۵	۰	۰/۰۱۹
ضریب تغییرات		۱۷/۳	۲۳/۹	۱۸۸/۱	۱٤۰/۷	۱۸/۹	۲٤/۱	۳۰/٦	۰	٤۰/۷

**= معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، *= معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ns= معنی‌دار نیست

جدول۸- مقایسه میانگین عناصر سنگین برگ اکالیپتوس (میلی‌گرم در گرم) در چهار سطح گونه در پایگاه کرخه خوزستان

آلایندها / تیمارها	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
*E. camaldulensis*9616	۰/۰۵٦a	۰/۰۱٤b	۰/۰۰۰۰٤a	۰/۰۰۰٤a	۰/۵٤b	۱٦/۲a	۰/۰٦۱b	۰a	۰/۳۷a
E. camaldulensis	۰/۰٦۱a	۰/۰۱۹a	۰/۰۰۰۳a	۰/۰۰۰۳a	۰/٦۳a	۱۷/۱a	۰/۰۷٤ab	۰a	۰/۳۲a
E. microtheca	۰/۰٦۲a	۰/۰۱۹a	۰/۰۰۰۲a	۰/۰۰۰٦a	۰/۷٤a	۱۸/٤a	۰/۰۸۸a	۰a	۰/۳۷a
E. sargentii	۰/۰۵۲a	۰/۰۱۸a	۰/۰۰۰۰۸a	۰/۰۰۰٤a	۰/۵۹b	۱٦/۳a	۰/۰۷٤ab	۰a	۰/۳۱a

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

Archive of SID

www.SID.ir

ایستگاه عباس آباد دزفول

جدول۹ نتایج تجزیه واریانس داده‌های میزان آلاینده‌های موجود در برگ دو گونه اکالیپتوس کاشته شده در ایستگاه عباس‌آباد دزفول خوزستان را نشان می‌دهد. براساس جدول۹ میان تکرارها و تیمارها از نظر میزان عناصر سنگین برگ اختلاف معنی‌دار مشاهده نمی‌شود، بنابراین با توجه به این موضوع، از ارائه جدول‌های بعدی برای جلوگیری از افزایش بی‌مورد حجم مقاله خودداری می‌شود.

جدول۹- مقایسه میانگین مربعات و معنی‌دار بودن عناصر سنگین برگ اکالیپتوس در دو سطح گونه در پایگاه عباس‌آباد دزفول

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	وانادیوم	کروم	سیلیکون
تکرارها	۲	$۲E^{-5}$ns	$۳E^{-5}$ns	$۷/۳E^{-8}$ns	$۲E^{-5}$ns	۰/۰۸۳ns	$۸E^{-4}$ns	۰	۰/۰۰۲ns
تیمارها	۱	$۲E^{-4}$ns	$٤E^{-5}$ns	$۱/٦E^{-7}$ns	$۳E^{-5}$ns	۰/۰۱٦ns	$٤E^{-5}$ns	۰	۰/۰۰۲ns
خطا	۱٤	$۳E^{-4}$ns	$۳E^{-5}$ns	$۱/۷E^{-7}$	$۳E^{-5}$	۰/۰۳۷	$۷E^{-4}$	۰	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۳۰/۸	٤٤/۲	۱٤٦/۹	۱٤۸/۹	۳۷/٤	۵۱/٦	۰	۵۵/۳

*= معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، ns= معنی‌دار نیست

ایستگاه کوشکک شوشتر

جدولهای۱۰ و ۱۱ نتایج تجزیه واریانس داده‌های میزان آلاینده‌های موجود در برگ دو گونه اکالیپتوس کاشته شده در ایستگاه کوشکک شوشتر خوزستان و مقایسه گونه‌ها را از نظر میزان آلاینده‌ها نشان می‌دهد. براساس جدول۱۰، میان تکرارها از نظر میزان نیکل و سرب و میان تیمارها از نظر میزان نیکل و کادمیوم اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. با توجه به جدول۱۱، میزان عناصر جذب شده نیکل و کادمیوم در *E. microtheca* بیش از *E. camaldulensis*9616 می‌باشد.

جدول۱۰- مقایسه میانگین مربعات و معنی‌دار بودن عناصر سنگین برگ اکالیپتوس در دو سطح گونه در پایگاه کوشکک شوشتر

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
تکرارها	۲	۰/۰۰۱ns	$۵E^{-4}$**	٤/۸E-7ns	۳/٤E-6**	۰/۰۱٦ns	۲۸/٦ns	$۳E^{-4}$ns	۰	۰/۰۲۲ns
تیمارها	۱	۰/۰۰۳ns	$۷E^{-4}$**	۲/۰۱E-6**	٦/۷E-7ns	۷E-5ns	۳۲/٦ ns	۹E-6ns	۰	۰/۰۰۲ns
خطا	۱٤	۰/۰۰۱	۵E-5	۲E-7	۳/٤E-7	۰/۰۱۵	۳۰/٦	$۲E^{-4}$	۰	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات		٤۲/٤	۳۱/۱	۱۱٦	۵۰/۲	۳۷/۷	۳۱/٤	۳٦/٤	۰	٤۷/۸

**= معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، ns= معنی‌دار نیست

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱- مقایسه میانگین عناصر سنگین برگ اکالیپتوس (میلی‌گرم در گرم) در دو سطح گونه در پایگاه کوشکک شوشتر

آلایندها / تیماها	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
E. microtheca	۰/۰۹a	۰/۰۳a	۰/۰۰۰۷a	۰/۰۰۱a	۰/۳۲a	۱۶/۲a	۰/۰۳۷a	۰a	۰/۲۵a
*E. camaldulensis*9616	۰/۰۷a	۰/۰۲b	۰/۰۰۰۰۵b	۰/۰۰۱a	۰/۳۳a	۱۸/۹a	۰/۰۳۶a	۰a	۰/۲۳a

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

کل ایستگاه‌های تحقیقاتی

جدول‌های۱۲ تا ۱۵ نتایج تجزیه واریانس داده‌های میزان آلاینده‌های موجود در برگ گونه‌های اکالیپتوس کاشته شده در پنج ایستگاه تحقیقاتی مورد آزمایش و مقایسه گونه‌ها، ایستگاه‌ها و اثر متقابل این دو را از نظر میانگین میزان آلاینده‌ها نشان می‌دهد. براساس جدول۱۲، میان ایستگاه‌ها و اثرهای متقابل تیمارها و ایستگاه‌ها بجز عنصر کروم از نظر کل آلاینده‌ها، میان تکرارها از نظر عناصر روی، نیکل، کادمیوم، سرب، آهن و سیلیکون و میان تیمارها فقط از نظر عناصر نیکل و کادمیوم اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. با این حال، براساس آزمون دانکن (جدول۱۳)، میان گونه‌ها یا تیمارها علاوه بر دو عنصر یاد شده، از نظر عناصر روی، سرب، آهن، وانادیوم و سیلیکون نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. از نظر عنصر روی بیشترین مقدار جذب به *E. microtheca* و *E. camaldulensis* و کمترین آن به *E. camaldulensis*9616، از نظر عنصر نیکل بیشترین مقدار جذب به *E. microtheca* و کمترین آن به *E. camaldulensis*9616، از نظر عنصر کادمیوم بیشترین مقدار جذب به *E. microtheca* و کمترین آن به سه گونه دیگر، از نظر عنصر سرب بیشترین مقدار جذب به *E. camaldulensis* و *E. camaldulensis*9616 و کمترین آن به دو گونه دیگر، از نظر عنصر آهن بیشترین مقدار جذب به *E. camaldulensis* و کمترین آن به *E. camaldulensis*9616، از نظر عنصر وانادیوم بیشترین مقدار جذب به *E. camaldulensis* و کمترین آن به *E. camaldulensis*9616 و در پایان از نظر عنصر سیلیکون بیشترین مقدار جذب به دو گونه *E. camaldulensis* و *E. sargentii* و کمترین آن به دو گونه دیگر تعلق داشت. با در نظر گرفتن جدول۱٤ که میانگین آلاینده‌ها را در پنج ایستگاه تحقیقاتی مقایسه می‌کند، ملاحظه می‌شود که از نظر عنصر روی بیشترین مقدار به دو ایستگاه شوشتر و دزفول و کمترین آن به دو ایستگاه کاکی و عیسوند، از نظر عنصر نیکل بیشترین مقدار به دو ایستگاه عیسوند و شوشتر و کمترین آن به ایستگاه دزفول، از نظر عنصر کادمیوم بیشترین مقدار به ایستگاه عیسوند و کمترین آن به ایستگاه کاکی، از نظر عنصر سرب بیشترین مقدار به ایستگاه عیسوند و کمترین آن به ایستگاه کرخه، از نظر عنصر آهن بیشترین مقدار به ایستگاه کرخه و کمترین آن به دو ایستگاه شوشتر و کاکی، از نظر عنصر وانادیوم بیشترین مقدار به ایستگاه کرخه و کمترین آن به ایستگاه شوشتر و در پایان از نظر عنصر سیلیکون بیشترین مقدار به ایستگاه کرخه و کمترین آن به دو ایستگاه عیسوند و کاکی تعلق داشت. جدول۱۵ میانگین آلاینده‌های برگها را با توجه به اثرهای متقابل تیمارها و ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. از نظر عنصر روی بیشترین جذب به اثر متقابل ایستگاه شوشتر و گونه *E. microtheca* و کمترین آن به اثر متقابل ایستگاه کاکی و گونه *E. camaldulensis*9616، از نظر عنصر نیکل بیشترین مقدار جذب به اثر متقابل ایستگاه شوشتر و گونه *E. microtheca* و کمترین آن به سه نوع اثر متقابل شامل کرخه *camaldulensis*9616،

Archive of SID

www.SID.ir

دزفول *E. camaldulensis*9616 و دزفول *E. microtheca*، از نظر عنصر کادمیوم بیشترین مقدار جذب به اثر متقابل عیسوند و *E. microtheca* و کمترین مقدار آن به سه نوع اثر متقابل شامل: کرخه *E. camaldulensis*9616، کرخه *E. sargentii*، دزفول *E. camaldulensis*9616 و کاکی *E. camaldulensis*9616، از نظر عنصر سرب بیشترین مقدار جذب به سه نوع اثرهای متقابل شامل: دزفول *E. camaldulensis*9616، عیسوند *E. camaldulensis*9616 و عیسوند *E. microtheca* و کمترین آن نیز به سه نوع اثر متقابل شامل: کرخه *E. camaldulensis*9616– کرخه *E. camaldulensis* و کرخه *E. sargentii*، از نظر عنصر آهن بیشترین مقدار جذب به اثر متقابل کرخه *E. microtheca* و کمترین آن به اثر متقابل کاکی *E. camaldulensis*9616، از نظر عنصر وانادیوم بیشترین مقدار جذب به اثر متقابل کرخه *E. microtheca* و کمترین آن به دو نوع اثر متقابل شامل: شوشتر *E. microtheca* و شوشتر *E. camaldulensis*9616 و سرانجام از نظر عنصر سیلیکون بیشتر مقدار جذب به اثر متقابل کرخه *E. microtheca* و کمترین آن به سه نوع اثر متقابل شامل: عیسوند *E. camaldulensis*9616– عیسوند *E. microtheca* و کاکی *E. camaldulensis*9616 تعلق داشت.

جدول۱۲– مقایسه میانگین مربعات و معنی‌دار بودن آلاینده‌های برگ درختان اکالیپتوس در مناطق مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
ایستگاه‌ها	٤	۰/۰۰۷**	٥E^{-4}**	۲/٤E-6**	۱E^{-4}**	۰/٤۱٦**	۲۳۰/٤**	۰/۰۰٥**	۰	۰/۳٦٥**
تکرارها	۱۱	۰/۰۰۲**	۳E^{-4}**	۳/۳E-7**	٤E^{-5}**	۰/۰۳*	۲۹/۹*	۰/۰۰۰۳ns	۰	۰/۱٥۷**
تیمارها	۳	۰/۰۰۰۷ns	۳E^{-4}**	۷/۷E-7**	۲E^{-5}ns	۰/۰۲۹ns	۳/۰٥ns	۰/۰۰۰٦ns	۰	۰/۰۱ns
ایستگاه‌ها x تیمارها	۳	۰/۰۰۳**	۸E^{-5}**	۱/۱٥**	۷/۲**	۰/۱۷۷**	۹۰/۳**	۰/۰۰۲**	۰	۰/۱٤۷**
خطا	۸۰	۰/۰۰۰۳	۳E^{-4}	۰/۱۱۷	۰/۳۸۹	۰/۰۱٤۸	۱٥/٥	۰/۰۰۰۲	۰	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات		۳۱/۹	۲٦/۰٤	۹٤/٤	۱۹۱/٦	۲٥/۰۲	۲٤/۱	۳۳/۷	۰	٥۱/۲

**= معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، *= معنی‌دار در سطح ۹٥ درصد، ns= معنی‌دار نیست

جدول۱۳– مقایسه میانگین آلاینده‌های برگ در گونه‌های اکالیپتوس موجود در ایستگاه‌های مختلف (میلی‌گرم/گرم)

خصوصیات / تیمارها	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
E. microtheca	۰/۰٦۲a	۰/۰۲۲a	۰/٦۱۸a	۱/۷٥a	۰/٥۲b	۱٦/۸a	۰/۰٥۸bc	۰a	۰/۲۱b
*E. camaldulensis*9616	۰/۰٤٥b	۰/۰۱٤c	۰/۲۳٥b	۱/٥۲a	۰/٤۱٥c	۱٦a	۰/۰٤۸c	۰a	۰/۱۷b
E. camaldulensis	۰/۰٦۱a	۰/۰۲ab	۰/۳۱۱b	۰/۳۳۹b	۰/٦۳٤a	۱۷/۱a	۰/۰۷٤a	۰a	۰/۳۲a
E. sargentii	۰/۰٥۱ab	۰/۰۱۸b	۰/۰۷۸b	۰/٤۰۲b	۰/٥۹۳ab	۱٦/۳a	۰/۰٦۸b	۰a	۰/۳۱a

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

جدول۱٤– مقایسه میانگین آلاینده‌های برگ گونه‌های اکالیپتوس در ایستگاه‌های مختلف خوزستان و بوشهر (میلی‌گرم/گرم)

خصوصیات / تیمارها	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
عیسوند	۰/۰۳٤c	۰/۰۲۲a	۰/۹۹٦a	۲/٦٥a	۰/٤۷٥b	۱۰/۹d	۰/۰٥٥b	۰a	۰/۰٤٤c
شوشتر	۰/۰۷۷a	۰/۰۲٤a	۰/۳۸٦b	۱۰/٦bc	۰/۳۲۳c	۱۷/٦b	۰/۰۳٦d	۰a	۰/۲٤b
دزفول	۰/۰٥۹a	۰/۰۱۰c	۰/۲۸۲bc	۲/۳۱a	۰/٥۱۳b	۲۰/٥a	۰/۰٥۲c	۰a	۰/۱۸٤b

Archive of SID

www.SID.ir

کرخه	۰/۰۵۸b	۰/۰۱۸b	۰/۱۶۵bc	۰/۴۳۵c	۰/۶۲۷a	۱۷bc	۰/۰۷۱a	۰a	۰/۳۴a
کاکی	۰/۰۲۲c	۰/۰۱۲c	۰/۰۹۶c	۱/۴۲bc	۰/۲۹۱c	۱۴/۷c	۰/۰۴۲cd	۰a	۰/۰۴۶c

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

جدول۱۵- مقایسه میانگین میزان آلاینده‌های برگ اکالیپتوس‌ها با توجه به اثر متقابل تیمارها و ایستگاه‌های مختلف

خصوصیات / اثرهای متقابل	روی	نیکل	کادمیوم	سرب	آهن	کلسیم	وانادیوم	کروم	سیلیکون
*E. camaldulensis*9616 x کرخه	۰/۰۵۷bc	۰/۰۱۶c	۰/۰۴d	۰/۴۱d	۰/۵۴bc	۱۶/۲bac	۰/۰/۰۶۱bdc	۰a	۰/۳۶۹ba
E. microtheca x کرخه	۰/۰۶۴bac	۰/۰۱۹bc	۰/۰۲۶dc	۰/۶۱۵cd	۰/۷۵۱a	۱۸/۴ba	۰/۰۸۶a	۰a	۰/۴۰۸a
E. camaldulensis x کرخه	۰/۰۶۱bac	۰/۰۲bc	۰/۰۳۱dc	۰/۳۳۹d	۰/۶۳۴ba	۱۷/۱bac	۰/۰۷۴ba	۰a	۰/۳۲۱ba
E.sargentii x کرخه	۰/۰۵۱bdc	۰/۰۱۸bc	۰/۰۷۸d	۰/۴۰۲d	۰/۵۹۳bac	۱۶/۳bac	۰/۰۶۸bac	۰a	۰/۳۰۵ba
*E. camaldulensis*9616 x دزفول	۰/۰۵۶bc	۰/۰۱۱c	۰/۰۱۹d	۲/۳۷a	۰/۴۵۳bc	۲۰ba	۰/۰۵۳edc	۰a	۰/۱۷۴bc
E. microtheca x دزفول	۰/۰۶۲bac	۰/۰۱۳c	۰/۳۷۷bdc	۲/۲۵ba	۰/۴۸۴bdc	۲۱/۰۳a	۰/۰۵edc	۰a	۰/۱۹۴bac
*E. camaldulensis*9616 x شوشتر	۰/۰۶۶ba	۰/۰۱۸bc	۰/۰۵۱d	۰/۹۶۲cd	۰/۳۲۵ed	۱۸/۹ba	۰/۰۳۶e	۰a	۰/۲۳bac
E. microtheca x شوشتر	۰/۰۸۹a	۰/۰۳a	۰/۸۴۶ba	۱/۳۵bdc	۰/۳۲۱ed	۱۶/۲bac	۰/۰۳۷e	۰a	۰/۲۵bac
*E. camaldulensis*9616 x عیسوند	۰/۰۳۲dc	۰/۰۱۸bc	۰/۸۴۷ba	۲/۴۹a	۰/۴۱۷edc	۱۰/۳d	۰/۰۴۸edc	۰a	۰/۰۴۷c
E. microtheca x عیسوند	۰/۰۳۶bdc	۰/۰۲۷ba	۱/۱۵a	۲/۸۱a	۰/۵۳۳bc	۱۱/۵dc	۰/۰۶۲bdc	۰a	۰/۰۴۱c
*E. camaldulensis*9616 x کاکی	۰/۰۲۲d	۰/۰۱۰c	۰/۰۹۶d	۱/۴۲bc	۰/۲۹۱e	۱۴/۷bdc	۰/۰۴۲ed	۰a	۰/۰۴۶c

حروف مشابه انگلیسی معرف عدم اختلاف معنی‌دار میان داده‌هاست.

بحث

قدر مسلم پنج عرصه تحقیقاتی مورد استفاده در این پژوهش، از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد گونه‌های اکالیپتوس مورد آزمایش، با هم متفاوتند. با توجه به موضوع تحقیق که در ارتباط با اثر گونه‌های مختلف اکالیپتوس در جذب آلاینده‌های محیطی است، بیشتر به این جنبه نتایج تکیه می‌شود و در صورت لزوم از نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برای بحث در مورد نتایج مربوط به میزان آلاینده‌ها در خاک و درختان اکالیپتوس بهره‌گیری می‌شود. البته بحث راجع به کل نتایج با تمام جزئیات آن امکان‌پذیر نیست. در اینجا ابتدا راجع به وضعیت آلاینده‌ها در خاک و درختان، سپس راجع به تفاوت گونه‌های مختلف اکالیپتوس از نظر جذب آلاینده‌ها در عرصه‌ها و ایستگاه‌های مختلف تحقیقاتی بحث خواهد شد.

براساس گزارش Brooks & *et al.* (1977) و Baker & Brooks (1989) آستانه تحمل گیاهان به برخی عناصر سنگین و سمی مانند سرب، کادمیوم، نیکل و مس ۱۰۰۰ میلی‌گرم در یک کیلوگرم ماده خشک است و آستانه تحمل آنها به فلز روی ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم است. چنانچه با دقت به جدول۸ توجه شود، ملاحظه می‌شود که میزان آلاینده‌های موجود در خاک در سال ۱۳۸۴ (سال نمونه‌برداری خاک ایستگاه‌ها) بسیار ناچیز بوده و اغلب کمتر از یک میلی‌گرم/کیلوگرم است. Salahi (2007) به نقل از Soares *et al.* (2001) اثر سمیت روی را در محلول غذایی بر روی رشد و تغذیه *Eucalyptus maculata* و *E. urophylla* به‌منظور ارزیابی اثرهای مقادیر اضافه روی بر رشد و تغذیه اکالیپتوس در گلخانه انجام دادند. مقدار بحرانی سمیت فلز روی ۸۳۵ میلی‌گرم/کیلوگرم در *E. maculata* و ۶۹۷/۸ میلی‌گرم/کیلوگرم در *E. urophylla* بود. بنابراین

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار عناصر سنگین خاک ایستگاه‌های مختلف تحقیقاتی تا سال ۱۳۸٤ چشمگیر نبوده و ایجاد مسمومیت برای گیاهان نکرده‌اند. رویهمرفته مقدار آلاینده‌ها در ایستگاه‌های تحقیقاتی مختلف و در اعماق مختلف هر ایستگاه به صورت معنی‌دار متفاوت نیست.

اکنون میزان آلاینده‌ها در برگهای اکالیپتوس بررسی می‌شود. مقدار آلاینده‌ها به طور باورنکردنی در برگهای اکالیپتوس و در ایستگاه‌های مختلف ده‌ها و گاهی چند هزار برابر مقدار آن در چوب تنه آنهاست (جدولهای ٦، ۸، ۱۱، ۱۳ و ۱۵). معنی‌دار بودن اثر متقابل ایستگاه‌ها و گونه‌ها نشان می‌دهد که عملکرد گونه‌های مختلف در جذب آلاینده‌ها در ایستگاه‌های مختلف یکسان نمی‌باشد، بلکه با توجه به خصوصیات محیطی، به‌ویژه نوع خاک تغییر می‌یابد. Assareh *et al.* (2008) نیز گزارشی در مورد اثر متقابل دیگر عامل‌ها بر عملکرد گونه‌های اکالیپتوس از نظر جذب روی و مس ارائه کرده‌اند. این جدول‌ها نشان می‌دهند که اکالیپتوس‌ها مقادیر زیادی از آلاینده‌ها را جذب کرده‌اند که با مقدار موجود در خاک در سال ۱۳۸٤ خیلی متفاوت است و همچنین ثابت می‌کنند که مقدار عمده آلاینده‌ها در سالهای اولیه کاشت اکالیپتوس‌ها جذب شده‌اند. Keneshlo (2005) نیز در گزارش مشابهی اعلام کرده است که در بین گونه‌های وارداتی، گونه‌های جنس اکالیپتوس بیشترین نقش را در کاهش آلودگی، به‌ویژه سرب داشته‌اند. از نظر ذخیره آلاینده‌ها در برگ‌های اکالیپتوس‌ها، گونه‌ها به‌ترتیب اهمیت عبارتند از: *E. camaldulensis* ، *E. microtheca*، *E. sargentii* و *E. camaldulesis* 9616 که به‌ترتیب نشان‌دهنده بردباری گونه‌ها به آلودگی و ظرفیت آنها از نظر جذب و ذخیره آلاینده‌هاست. بهترین عرصه‌های تحقیقاتی از نظر جذب آلاینده‌ها در توده‌های کاشته شده اکالیپتوس، به‌ترتیب اهمیت عبارتند از: دزفول، عیسوند، شوشتر، کرخه و کاکی. بهترین عملکرد گونه‌ها با توجه به عرصه تحقیقاتی مربوطه عبارتند از:

۱- گونه *E. microtheca* در کرخه و شوشتر در درجه اول و در دزفول و عیسوند در درجه دوم

البته کنشلو (۱۳۸٤) گزارش کرده است که در سایت‌های مختلف در شرایطی که آلودگی شدید باشد، گونه *Eucalyptus microtheca* در مقایسه با دیگر گونه‌ها قادر خواهد بود مقادیر زیادی ترکیبات روی، سرب و کادمیوم را از خاک جذب و در برگهای خود ذخیره نماید.

۲- E. camaldulesis 9616

۳- E. camaldulensis و E. sargentii

منابع مورد استفاده

References

- Assareh, M.H., Shriat, A. and Ghamari-Zare, A., 2008. Seedling response of three *Eucalyptus* species to copper and zinc toxic concentrations. Caspian Journal of Environmental Sciences, 6(2): 97-103.
- Baker, A. and Brooks, R. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery, 1(2): 81-126
- Baker, A.J.M. and Whiting, S.N., 2002. In search of the Holy Grail- a further step in understanding heavy metals hyperaccumulation in plants. New Phytologist, 155(1): 1-4.
- Barton, P., Oliver, G., Nicholas, I. and Thora, A., 1991. Suitability and growth of tree species irrigated with meat processing wastewater. In: 'Productivity in Perspective' (Ed. P. J. Ryan), Proceeding of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne, 7-11 October 1991, Forest Commission of New South Wales, Sydney: 109-110.
- Benyon, R., Hutchinson, D., Stewart, H.T.L. and O'Shaughnessy, P.J., 1991. Establishment of eucalypt plantations irrigated with sewage at Werribee, Victoria. In:'Productivity in Perspective' (Ed. P. J. Ryan), Proceeding of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne, 7-11 October 1991, Forest Commission of New South Wales, Sydney: 107-108.
- Brooks, R. R., Lee, J., Reeves, R. D. and Jaffre, T., 1977. Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. Journal of Geochemical Exploration, 7: 49-57.
- Fereidooni, M.J., Faraji, H., Oliaei, H.R. and Adhami, E., 2010. Sweet corn production, irrigated by refined wastewater of Yasooj City of Iran. Proceedings of second seminar on: the Position of Water Reuse and Effluents on Water Rresources Management: Applications in Agriculture and Land-

Archive of SID

www.SID.ir

- Reeves, R.D., 1992. The hyperaccumulation of Nickel by serpentine plants. In: Baker, A.J.M., J. Proctor and R.D. Reeves (eds), the vegetation of ultramafic (serpentine) soils, Andover, U.K., Intercepted Ltd: 253-277.
- Robinson, R., Green, S., Mills, T., Clothier, B., van der, M., Laplane, V. R., Fung, L., Deurer, M. Hurst, S., Thayalakumaran, T. and van den Dijssel, C., 2003. Phytoremediation: using plants as biopumps to improve degraded environments. Australian Journal of Soil Research, 41(3): 599–611.
- Salahi, A., 2007. Investigation on the efficiency of *Eucalyptus* species as hyper-accumulator to uptake heavy metals in some Northern and Southern provinces of Iran. Final Report of National Research Project, Research Institute of Forests and Rangelands, 87 p.
- Salahi, A., Granfar, SH., Moniri, V.R., Azizkhani, E., Omid, R. and Zeinali, S., 2003. Investigation on relation between road traffic and lead uptake in eldar pine (*Pinus eldarica*). Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 1(2): 179-188.
- Salt, D.E., Pickering, I.J., Prince, R.C., Gleba, D., Dushenkov, S., Smith, R.D. and Raskin, I., 1997. Metal accumulation by aquacultured seedlings of Indian mustard. Environmental Science Technology, 31: 1635-1644.
- Soares, C.R.F.S., Grazziotti, P.H., Siqueria, J.O., Carvaiho, J.G., Moreira, F.M.S., 2001. Zinc toxicity on growth and nutrition of *Eucalyptus maculata* and *Eucalyptus urophylla* in nutrient solution. pesq. Agropec. Bras., Brasilia, 36: 339-348.
- Takeda, R., Yoshimura, R., Komemushi, S., Sawabe, A., 2006. Accumulation of heavy metals by *Cucumber* and *Brassica juncea* under different cultivation conditions. The Annual International Conference on Soils, sediments and waters. University of Massachusetts, 11(19): 293-299.

scape Irrigation, 20 Oct. 2010, Mashhad, I.R. Iran, Abstracts: 30-31.
- Jokela, E.J. and Smith, W.H., 1991. Disposal and recycling of composted municipal waste in a slash pine plantation. In: 'Productivity in Perspective' (Ed. P. J. Ryan In 'Productivity in Perspective' (Ed. P. J. Ryan), Proceeding of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne, 7-11 October 1991, Forest Commission of New South Wales, Sydney: 112.

Keneshlo, H., 2005. Restoration reforestation practices in forest ecosystems of Iran damaged by Kuwaiti burning oil wells. Final Report of Research Project, Research Institute of Forests and Rangelands, 67 p.
- Mosavi, S.Z., 2010. Economical efficiency of application of non-industrial refined effluents of Abadan city of Iran on date palm production. Proceedings of second seminar on: the Position of Water Reuse and Wastewater on Water Resources Management: Applications in Agriculture and Landscape Irrigation, 20 Oct. 2010, Mashhad, I.R. Iran, Abstracts: 210-211.
- Noroozi, A.A., Jalali, N. and Aminipouri, B., 2000. Tracking of smoke plumes generated by Kuwaiti's oil well fire, using model based image analysis. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, part B7, Amsterdam: 1019-1026.
- Parsadoost, F., Bahreini-nezhad, B., Safari Sanjani, A.A. and Kaboli, M.M., 2007. Phytoremediation of lead with native rangeland plants in Irankoh pollutes soils. Pajouhesh va Sazandegi, 75(2): 54-63.
- Rad, M.H., Sardabi, H., Soltani, M. and Ghelmani, S.V., 2010. Comparison of different eucalypt species and provenances in respect to their vegetative growth, irrigated by wastewater of Yazd City of Iran. Proceedings of Second Seminar on: the Position of Water Reuse and Effluents on Water Resources Management: Applications in Agriculture and Landscape Irrigation, 20 Oct. 2010, Mashhad, I.R. Iran, Abstracts: 105-106.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation on potential of few eucalypt species for absorbing pollutants and reserving them in their leaves

H. Sardabi[1*], M.H. Saleheh Shoushtari[2], SH. Banj Shafiei[3], A.A. Jafari[4], N. Toghraie[3], A. Shariat[5] and M.H. Assareh[4]

[1*.] Corresponding author, Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran. Email: sardabi@rifr-ac.ir.

[2.] Forest Expert, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan Province, I.R. Iran
[3]- Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
[4]- Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
[5]- Senior Expert (biotechnology), Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
Received: 15.07.2012 Accepted: 25.03.2013

Abstract

Trees as alive components of an ecosystem are able to convert some of the environment contaminants to unharmful substances and store some of them in their tissues and reduce their density and intensity in the air and soil by breath, root absorption and photosynthesis and other biotic functions. Trees function in such condition is completely related to environmental and habitat circumstances and their physiological potential. At beginning, five research sites at Khuzestan and Bushehr provinces were selected among the contaminated area by the Gulf War. At each site, soil sampling was made from three levels of depth (0-20, 20-40 and 40-60 cm). Soil physical and chemical characteristics test was made to measure nine metal elements and 12 other soil properties. The eucalypt species consisted of: *E. camaldulensis, E. camaldulensis* 9616, *E. microtheca* and *E. sargentii* which were planted under the Randomized Complete Blocks statistical design with three replicates. Before sampling the trees for determining the contaminant elements. Three individual trees were selected at each plot per one replicate to make sampling for leaf (four specimens per tree at four mean geographical directions). The data were analyzed under the variance analysis and Duncan test programs, using Excel and SAS computer soft wares. Overall, amount of the contaminants in different sites and at three levels of depth was not significantly different. The best eucalypt species and the best sites for absorbing the contaminants in their leaves are respectively as follows:

1- *E. camaldulensis*, *E. microtheca*, *E. sargentii* and *E. camaldulensis* 9616
2- Dezful, Isvand, Shooshtar, Karkheh and Kaki.

The species which made the best performance in relation to their site interaction are respectively as follows:

1- *E. microtheca* firstly at Karkheh and shooshtar sites and secondly at Dezful and Isvand sites.
2- *E. camaldulensis* 9616
3- *E. camaldulensis* and *E. sargentii.*

Kew words: *Eucalyptus*, heavy metals, soil, plant analysis, oil contaminants, forest plantation

Archive of SID

www.SID.ir