



نقش جنگل کاری در احیاء اکوسیستم‌های جنگلی آسیب دیده از جنگ خلیج فارس

هاشم کنشلو^{۱*}، علی اقتصادی^۱

چکیده

برای دست‌یابی به نقش جنگل کاری در احیاء اکوسیستم‌های جنگلی آسیب دیده از جنگ سال ۱۹۹۱ خلیج فارس، ۶ قطعه جنگل دست کاشت در سه استان خوزستان، فارس و بوشهر با NDVI متفاوت انتخاب گردید. در هر سایت، سازگارترین گونه‌های کاشته شده با استفاده از طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با هم مقایسه شدند. در هر کرت آزمایشی، کلیه ویژگی‌های کمی و کیفی پایه‌ها ثبت گردید. برای تأثیر گونه‌های درختی در جذب آلاینده‌ها از محیط و کاهش آن‌ها، نمونه‌های برگ از ۴ جهت تاج درخت و از برگ‌های مسن و قدیمی برداشت، و مورد تجزیه قرار گرفتند. به‌منظور تعیین تأثیر نوع گونه درختی بر روی آلاینده‌های خاک، که تحت تأثیر باران‌های اسیدی و سیاه قرار گرفته‌اند، از سه عمق مختلف در زیر تاج درختان نمونه‌برداری گردید، و میزان مواد و عناصر موجود در آن‌ها تعیین و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که نقش درختان در کاهش آلاینده‌ها، یک همبستگی کامل به سرشت گونه، ویژگی‌های رویشگاه و همچنین میزان و شدت آلودگی دارد. در مناطقی که آلودگی شدید بوده و خاک رویشگاه حاصل‌خیز و از نظر رطوبتی، گیاه تحت تنش نباشد، گونه‌های بومی پده و شیشم نسبت به گونه‌های خارجی برتری داشته، و بیش‌ترین جذب را داشته‌اند، و در بین گونه‌های وارداتی نیز گونه‌های جنس اکالیپتوس بیش‌ترین نقش را در کاهش آلودگی داشته‌اند. بررسی‌های انجام شده بر روی مقدار سرب (Pb) در افق‌های مختلف خاک نشان می‌دهد، در بین گونه‌های تحت بررسی، گونه‌های جنس اکالیپتوس، بیش‌ترین قابلیت جذب سرب را از خاک داشته و گونه‌های جنس آکاسیا و همچنین گونه شیشم به‌ترتیب در مقام‌های بعدی قرار دارند. در سایت‌های مختلف، در شرایطی که شاخص NDVI شدید باشد گونه *Eucalyptus microtheca* در مقایسه با دیگر گونه‌ها قادر خواهد بود مقادیر زیادی ترکیبات روی، سرب و کادمیم را از خاک جذب و در برگ‌های خود ذخیره نماید.

کلمه‌های کلیدی: آلودگی، جنگ خلیج فارس، جنگل کاری، خاک، درخت، احیاء اکوسیستم جنگلی

۱- مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران
* مسئول مکاتبه (hkeneshlo@yahoo.com)
تاریخ دریافت: زمستان ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: بهار ۱۳۸۹

مقدمه

با آغاز جنگ خلیج فارس و حمله ارتش عراق به کویت در ۲ آگوست ۱۹۹۰ (۱۱ مرداد ماه ۱۳۶۹) و اشغال

کویت توسط عراق، آتش‌سوزی در چاه‌های نفت کویت آغاز شد. اوج آتش‌سوزی در چاه‌های نفت در روزهای ۲۲-۲۴ فوریه (۳-۵ اسفندماه) بود (شکل ۱).



شکل ۱- توده‌های وسیع دود ناشی از سوختن چاه‌های نفت کویت - ۱۹۹۰م

بافت‌های گیاهی از طریق روزه‌های برگ، به‌طور غیرمستقیم از طریق ترکیب با آب موجود در جو و ریزش باران‌های اسیدی یا باران سیاه، وارد خاک شده و از طریق جذب ریشه‌ای، وارد آوندها و نسوج گیاهان گردیده، که ضمن اختلال و ناهنجاری در اعمال حیاتی، باعث کاهش کارایی گیاه شده که در خصوص گونه‌های حساس و یک‌ساله، این اختلال‌ها منجر به مرگ گیاه و در خصوص چند ساله‌ها و گونه‌های دایمی، باعث افت رشد گردیده‌اند. همچنین در اثر نشت نفت خام خسارت‌هایی به زمین‌های کشاورزی سواحل جنوبی ایران وارد شده است (شکل ۲).

در اثر این آتش‌سوزی گسترده و مهیب، توده‌های عظیمی از دوده وارد فضای منطقه شده که ضمن کاهش کیفیت هوا، مقادیر زیادی گازهای خطرناک از جمله دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، منواکسید کربن (CO)، سولفید هیدروژن (H_2S)، دی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسیدهای ازت (NO_x) و مقادیر متناهی مواد معلق (دوده) وارد جو نمود، که هیدروکربورهای سوخته شده و فلزات زیادی مانند: نیکل، وانادیوم، آهن، آلومینیوم، بریلیوم، کادمیم، کلسیم، کروم، آرسنیک، سیلیکون، روی و سرب همراه داشت که اکثر آن‌ها به‌عنوان عناصر مضر و سمی شناخته شده‌اند. دوده و مواد متصاعد شده از چاه‌های نفت، در اثر وزش باد و جریانات جوی به آسمان کشورهای همسایه از جمله ایران وارد شده که از طریق آلوده نمودن محیط زیست، ضمن ورود مستقیم به



شکل ۲- خسارت ناشی از سوختن چاه‌های کویت به اراضی کشاورزی در سواحل جنوب ایران

میزان تولید گیاهان تأثیر دارد، قرارگرفتن گیاه در معرض گاز SO_2 به میزان $0/8$ ppm با دود زغال برای ۲ ساعت در طول روز برای مدت ۶۰ روز، باعث کاهش رشد رویشی ریشه و ساقه و تعداد برگ‌ها و در نهایت زیتوده ۱ و میزان تولید می‌شود. گاز SO_2 همچنین بر فشار روزنه ای، فراوانی روزنه‌ها و بر روی میزان تریکوم‌ها همانند: کلروپلاست تأثیر می‌گذارد. گاز پس از عبور از روزنه جذب شده، و در اثر اکسیداسیون تبدیل به H_2SO_4 یا یون سولفات می‌گردد. که در هر دو صورت به‌طور معمول برای گیاهان سمی می‌باشند.

اکسیدهای ازت نیز برای اعضاء زنده مضر می‌باشند. گاز NO_2 برای گیاهان خیلی خطرناک می‌باشد. گیاهان زمانی که در معرض گاز به میزان $0/3-0/5$ ppm برای مدت ۱۰-۲۰ روز قرار می‌گیرند

مرور منابع

تحقیقات آتاناسیو و پلوسو (۱۹۸۸) بر روی اثرات آلودگی هوا و باران‌های اسیدی در جنگل‌ها نشان می‌دهد که آلودگی یک تغییرات نامطلوب در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هوا. آب و خاک ایجاد می‌نماید که ممکن است تأثیرات سوء روی حیات داشته باشد. در اثر سوختن سوخت‌های فسیلی حاصل از چاه‌های نفت کویت (به مدت ۹ ماه) مقادیر متناهی از دی اکسید سولفور وارد آتمسفر زمین شده است (Hossein, 1995). هوای مرطوب و ابری به دلیل تشکیل اسید سولفوریک، باعث افزایش خسارت دی اکسید گوگرد می‌شود. این گازها با ایجاد نکرروز و سوختگی در برگ، باعث صدمه به درختان می‌شوند. گیاهان در مقام مقایسه، نسبت به انسان و حیوانات. نسبت به SO_2 حساس‌تر می‌باشند (Evans, 1984).

(Sharma, 1996) اشاره نموده است که صدمات به گیاهان با تجمع SO_2 آغاز می‌گردد، این گاز در

استفاده از گونه‌های مقاوم، شیوه‌ای بود که به‌نظر می‌رسید می‌تواند ما را به هدفمان نزدیک نماید. با این تفکر، سعی به بررسی نقش جنگل‌کاری انجام شده در سنوات گذشته با استفاده از گونه‌های مختلف بومی و وارداتی در استان‌های متأثر از آلودگی گردید. با عنایت به بررسی‌ها و مطالعاتی که توسط کارشناسان هلندی و مرکز تحقیقات خاک و آبخیزداری انجام شده بود، نقشه‌های مناطق آلوده با تأکید بر وضعیت پوشش گیاهی منطقه، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های زمینی تهیه گردید. در این نقشه‌ها، مناطق متأثر از آلودگی با استفاده از شاخص $NDVI * NDVI$ به سه طبقه m ، h و b دسته بندی شده‌اند. ۱ در هر طبقه با توجه به شرایط و امکان اجرای طرح تحقیقاتی، از یک تا ۳ سایت با توجه به شاخص‌های مورد نظر انتخاب و با عنایت به طرح آماری تهیه شده درختان مورد بررسی قرار گرفتند.

با توجه به ویژگی‌های اکولوژیکی متفاوت استان‌های متأثر و همچنین امکان دسترسی به اراضی جنگل‌کاری شده، سه سایت در استان خوزستان (کرخه، عباس آباد دزفول و دیمه رامهرمز)، دو سایت در استان فارس (اسکان عشایر نورآباد و دزدک دهنو ممسنی)، و یک سایت در استان بوشهر (سرکره برازجان)، در مجموع شش سایت برای انجام تحقیق مدنظر قرار گرفتند (شکل ۳).

گونه‌های درختی مورد تحقیق شامل: اکالیپتوس کامالدولنسیس *Eucalyptus camaldulensis*.

رویش آن‌ها کاملاً متوقف می‌گردد. سیکل (۱۹۷۳)، در تحقیقاتش بر روی جنگل‌های نیوبرونزویک، ثابت کرد زمانی که جنگل تحت تأثیر گاز دی‌اکسیدگوگرد قرار داده می‌شود، شاخه و برگ درختان و پوشش کف جنگل، بیش‌ترین صدمه را از گاز SO_2 می‌بیند. کروری (۱۹۹۸) در بررسی‌های انجام شده بر روی ویژگی‌های شیمیایی چوب درختان سواحل خلیج فارس و همچنین گونه‌های مانگرو، افزایش میزان سولفور را در شاخه‌ها و چوب درختان مانگرو و کنار که در معرض آلودگی‌های ناشی از جنگ خلیج قرار گرفته‌اند، ابراز می‌دارند.

(Mc Clenahan, 1978) در بررسی‌هایی خود در هفت رویشگاه که در فواصل مختلف از منبع آلودگی هوا قرار داشتند، نشان داد که با نزدیک شدن به منبع آلوده کننده، تنوع گونه‌ای کاهش یافته و تراکم شاخه‌ها نیز کم می‌گردند. (Kimerer & Koslowski, 1981) در

تحقیقاتی که بر روی تأثیر شدت‌های مختلف گاز SO_2 در مدت‌های متفاوت بر روی گونه‌های صنوبر انجام دادند متوجه شدند، زمانی که برگ‌ها در معرض گاز SO_2 با غلظت $0.2 ppm$ برای مدت ۲۴ ساعت قرار می‌گیرند، بیش از ۳۳٪ سطح برگ‌های مسن، دچار نکروز می‌شوند و در تحت شرایط غلظت $0.25 ppm$ گاز دی‌اکسیدگوگرد برای مدت ۱۲ ساعت، ارتفاع، سطح برگ و وزن آن و در مجموع وزن کل گیاه دچار زیان می‌شود.

مواد و روش‌ها

با گذشت ۱۰ سال از وقوع جنگ خلیج فارس، امکان ارزیابی مستقیم از میزان خسارت وارده به اکوسیستم‌های طبیعی، به‌طور دقیق نبود. با عنایت به نقشی که پوشش گیاهی و درختان می‌توانند در کاهش اثرات آلودگی داشته باشند، جنگل‌کاری با

* NDVI - Normal Definition Vegetation Index معادل
 بوده که براساس آن تغییرات پوشش گیاهی در اثر آلودگی در سال ۱۹۹۱ سنجیده و برای آن سه کلاس b ، m ، h به ترتیب برای تغییرات شدید، متوسط و ناچیز در نظر گرفته شده است.

نتایج

برای دستیابی به قابلیت گونه‌های درختی در جذب عناصر و مواد آلاینده حاصل از سوختن چاه‌های نفت، در شرایط مختلف از نظر میزان مواد آلاینده، با نمونه‌برداری از برگ‌های مسن درختان و همچنین نمونه‌برداری از افق‌های مختلف خاک در زیر تاج درختان، ویژگی‌های شیمیایی برگ و خاک اندازه‌گیری گردید که پس از آنالیز، نتایج به شرح ذیل حاصل گردید:

- مواد آلی و ازت - بین مناطق مختلف، اختلاف معنی داری در سطح ۰٪ وجود دارد این اختلاف را می‌توان در بین افق‌های مختلف خاک نیز مشاهده نمود. اما بین گونه‌های مختلف، اختلاف چندانی وجود ندارد.

- اسیدیته خاک - بین مناطق مختلف و گونه‌های مختلف و همچنین بین افق‌های مختلف، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ملاحظه می‌گردد.

- مقدار هدایت الکتریکی (EC) در مناطق مختلف در سطح ۵٪ معنی دار می‌باشد ولی بین گونه‌های مختلف و افق‌های مختلف خاک تفاوت معنی داری مش - یون سولفات - بین مناطق مختلف در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد، ولی بین افق‌های مختلف خاک و گونه‌های گیاهی اختلاف چشم‌گیر مشهود نمی‌باشد.

- فسفر - بین مناطق مختلف در افق‌های خاک، اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ مشاهده می‌شود. در صورتی که در کل، بین افق‌های خاک و گونه‌های گیاهی، این تفاوت مشاهده نمی‌شود.

- کادمیم - میزان کادمیم موجود در خاک در سایت‌های مختلف و همچنین در گونه‌های مختلف در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی دار می‌باشند. اما، بین افق‌های مختلف تفاوت چندانی مشاهده نمی‌شود. اهده نمی‌شود (شکل ۴).

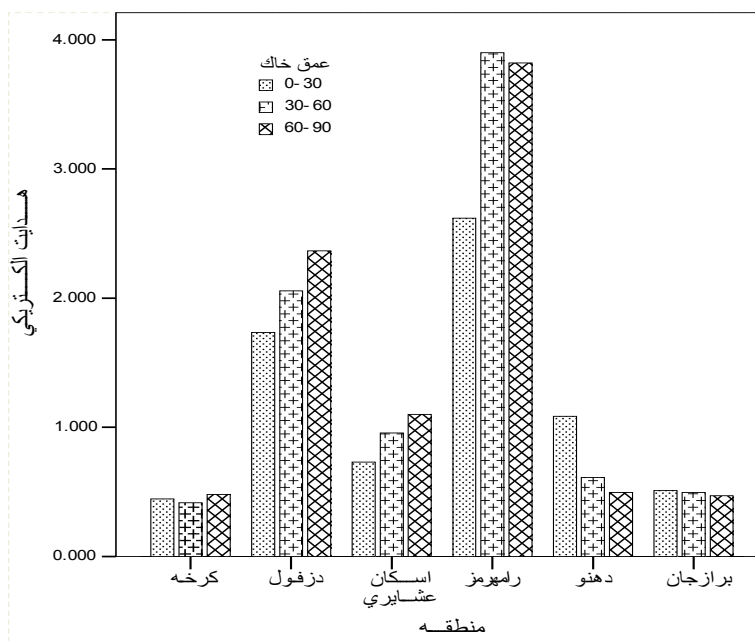
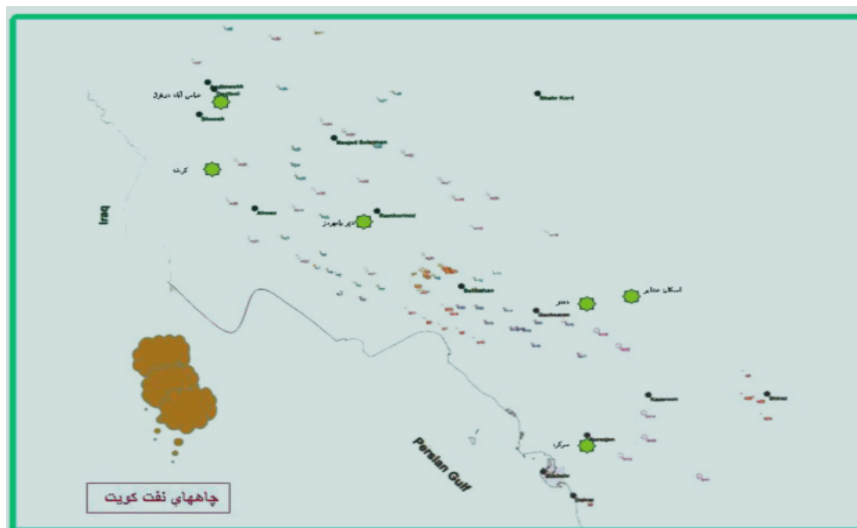
اکالیپتوس میکروثکا *Eucalyptus microtheca*.
اکالیپتوس استراتیکالیس *Eucalyptus striatocalyx*
کهور آمریکایی *Prosopis juliflora*، پده *Populus euphratica* و شیشم *Dalbergia sissoo* بوده که با شرایط محیطی مناطق (اقلیم، خاک و...) سازگاری داشته و در طرح‌های جنگل‌کاری از موفقیت خوبی برخوردار بودند.

تیمارها در قالب طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انتخاب و در هر بلوک پس از حذف اثر حاشیه، ۵ پایه انتخاب گردیدند، که ضمن برداشت اطلاعات کمی و کیفی قطر برابر سینه، ارتفاع درخت با استفاده از دستگاه سنتو، وضعیت پوشش کف توده، بافت و عمق خاک، وضعیت آب زیرزمینی، خصوصیات فیزیوگرافی و توپوگرافی، سازند زمین‌شناسی، تاریخ کاشت و حوادث غیرمترقبه همانند آتش سوزی، چرای دام و وضعیت نگهداری توده مورد بررسی دقیق قرار گرفت. جهت تأثیر آلودگی‌های شیمیایی ناشی از بارش باران‌های اسیدی و وارد شدن مقادیر متناهی گوگرد، آهن و سایر عناصر سنگین به اکوسیستم و ورود آن‌ها در چرخه، اقدام به نمونه‌برداری از برگ‌های مسن که بیش‌ترین تجمع عناصر را در مقایسه با برگ‌های جوان دارند و همچنین نمونه‌برداری از خاک زیر تاج درختان از عمق‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتیمتری گردید. اندازه‌گیری مواد ارگانیک (OM) به روش والکلای بلاک، ازت به روش کجلدال، سولفات، کدورت سنجی و اندازه‌گیری با اسپکترومتر، فسفر با روش Olsun، پتاس به روش فلاپم فوتومتر و کادمیم، سرب، مس، روی، آهن، با روش جذب اتمی انجام می‌گردد.

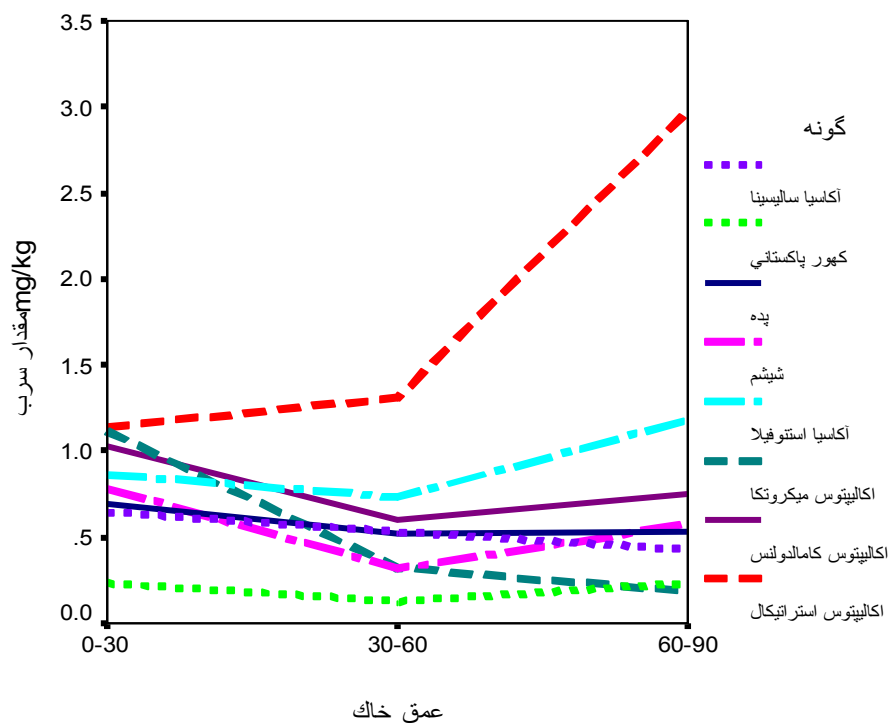
تغییرات میزان سرب را در گونه‌های مختلف و در عمق‌های مختلف خاک نشان می‌دهد. در حالی که، شکل ۶ میزان عنصر سرب را در افق‌های مختلف در سایت دزفول که در ۳۰۰ کیلومتری منبع آلوده کننده قرار دارد، نشان می‌دهد.

سرب- بین میزان سرب موجود در خاک در نقاط مختلف، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد اما بین خاک زیر تاج درختان و گونه‌ها هر چند اختلاف دیده می‌شود. اما، از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۵).

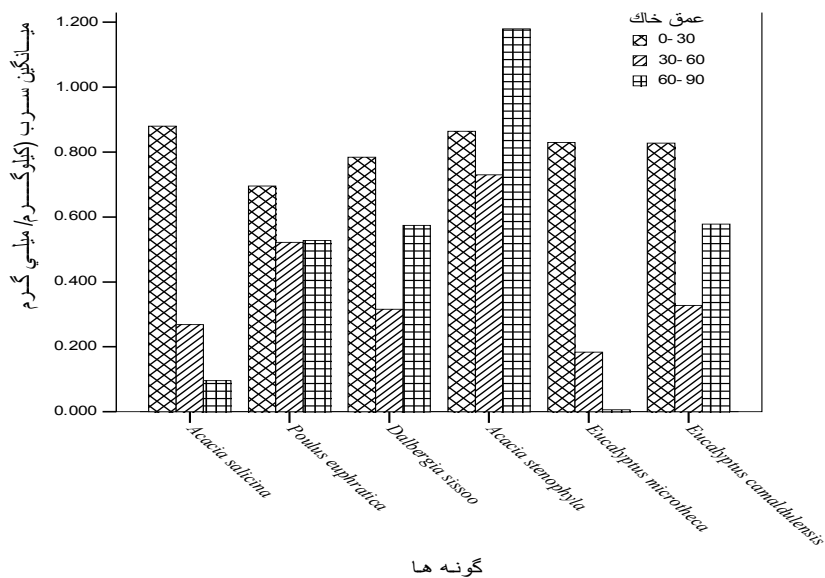
شکل ۳ - نقشه مناطق جنوب غرب ایران، توزیع شاخص NDVI و موقعیت قطعات آزمایشی در منطقه



شکل ۴ - تغییرات هدایت الکتریکی در مناطق و عمق‌های مختلف



شکل ۵- میزان سرب در زیر تاج گونه‌های مختلف



شکل ۶- تغییرات میزان سرب در افق‌های مختلف خاک (دزفول)

بحث و نتیجه‌گیری

باقی ماندن عناصر مضر دوده در خاک و چگونگی تأثیر آن بر روی پوشش گیاهی در سال‌های بعد از جنگ، ارتباط نزدیکی با خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و سرشت گونه گیاهی داشته است، به طوری که، با بارش باران‌های اسیدی، آلومینیوم موجود در خاک آزاد شده که متعاقباً توسط گیاه جذب شده که این امر باعث مسمومیت و در نهایت توقف رشد گیاه می‌گردد.

از طرفی با افزایش اسیدیته خاک در اثر باران اسیدی، تثبیت ازت کاهش یافته و در نتیجه نسبت C/N افزایش می‌یابد، که این امر در تجزیه مواد آلی خاک تأثیر داشته و فقر مواد آلی خاک را به دنبال خواهد داشت. حساسیت گیاهان و عکس العمل آن‌ها نیز به عناصر موجود در دوده متفاوت بوده به طوری که، براساس تحقیقات انجام شده در سایر کشورها، در بین گونه‌های، چریش (*Melia indica*)، فرفیون (*Euphorbia sp.*) و پالونیا (*Paulownia tomentosa*) نسبت به افزایش SO₂ حساس بوده و در مقابل گونه زبان‌گنجشک (*Fraxinus sp.*) مقاوم می‌باشد. براساس نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده، بر روی مقاومت گیاهان مختلف به آلودگی، گونه‌هایی که خزان‌کننده هستند، و سالیانه برگ‌های آن‌ها دچار ریزش می‌شوند بهتر می‌توانند نسبت به درختانی که برگ‌های به‌طور نسبی دائمی دارند در مقابل آلودگی مقاومت نمایند، این درختان با جذب عناصر مضره خاک و ذخیره آن‌ها در برگ‌ها و ریزش آن‌ها، مقداری از آلودگی خاک را کاهش می‌دهند. با عنایت به توضیحات فوق، و با توجه به دائمی بودن برگ در غالب گونه‌های درختی در جنوب کشور، عناصر و مواد آلاینده طی چندین سال در گیاه ذخیره شده که تجمع آن‌ها باعث خسارت بیشتری به گیاه

می‌شود، که غالباً به‌صورت نکرز برگ‌ها، سوختگی حاشیه آن‌ها، کاهش شادابی و در مورد درختان حساس، منجر به ظهور آثار ضعف فیزیولوژیکی و در نهایت مرگ گیاهان می‌شوند.

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و میزان بارندگی در تأثیر آلودگی بر روی گیاه، نقش مهمی داشته است. به طوری که، در خاک‌هایی که میزان نفوذپذیری آن‌ها بالا بوده به شرط ریزش باران‌های مؤثر، عناصر سمی در اثر پدیده شستشو* از محدوده فعالیت ریشه خارج شده، و به طبقات زیرین خاک مهاجرت می‌نمایند. مدت زمان خروج و یا تغییر مواد سمی، تابعی از نوع خاک و مقدار بارش بوده است. به طوری که، در صورت بروز خشکی و کاهش نزولات، این مدت طولانی‌تر خواهد شد.

علاوه بر مشخصات خاک، ویژگی‌های پوشش گیاهی در جذب مواد آلاینده خاک نقش مهمی را ایفا می‌نمایند. به طوری که، گیاهان با توجه به تغییراتی که در اسیدیته خاک از طریق لاشبرگ‌های خود ایجاد می‌نمایند، در آزادسازی تعدادی از عناصر در خاک و شستشوی آن‌ها تأثیر می‌گذارند. ضمن اینکه گیاهان قادر هستند بخش از این مواد را از طریق ریشه‌های خود جذب و در اندام‌ها ذخیره نمایند. با ریزش باران‌های اسیدی و نفوذ آن به خاک، اسیدیته خاک افزایش یافته که این پدیده باعث حلالیت فسفر در خاک شده و در مناطقی که بارندگی زیاد و یا امکان آبیاری وجود داشته، در اثر پدیده شستشو، فسفر از افق‌های سطحی به عمق مهاجرت می‌نماید.

*leaching

پیشنهادات

- برای کاهش آلودگی‌های هوا و خاک ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، جنگل‌کاری با استفاده از گونه‌های درختی و درختچه‌ای سازگار، از جمله شیوه‌هایی است که قابل توصیه می‌باشد.

- برای حصول به نتیجه مطلوب در کاهش آلودگی، لازم است از گونه‌هایی استفاده شود که ضمن سازگاری با شرایط اکولوژیکی منطقه، بیش‌ترین رشد رویشی را دارا باشند.

- استفاده از گونه‌های درختی و درختچه‌ای بومی و محلی بر گونه‌های وارداتی ارجح می‌باشند.

- در شرایط اقلیمی جنوب غرب کشور، از جمله خوزستان، در مناطقی که امکان آبیاری وجود داشته باشد کشت گونه‌های پده، شیشم، اکالیپتوس کامالدولنسیس و اکالیپتوس میکروتکا در قالب طرح‌های جنگل‌کاری می‌توانند سهم مهمی در کاهش آلودگی داشته باشند. در مناطقی که آلودگی سرب زیاد می‌باشد، گونه اکالیپتوس میکروتکا نسبت به سایر گونه‌ها قابلیت بهتری در کاهش سرب خواهد داشت.

بررسی‌های انجام شده بر روی مقدار سرب (Pb) در افق‌های مختلف خاک در زیر تاج درختان در سایت‌های مختلف نشان می‌دهد، در بین گونه‌های تحت بررسی، گونه‌های جنس اکالیپتوس (*Eucalyptus sp.*)، بیش‌ترین قابلیت جذب سرب را از خاک داشته و گونه‌های جنس آکاسیا (*Acacia sp.*) و گونه شیشم یا جک (*Dalbergia sissoo*)، به ترتیب در مقام‌های بعدی قرار دارند.

در میان عناصر موجود در برگ، آنالیزهای انجام شده نشان می‌دهد، گونه‌های بومی همانند پده (*Populus euphratica*) و شیشم (*Dalbergia sissoo*) نسبت به گونه‌های خارجی، بیش‌ترین جذب را داشته‌اند، و در خارج کردن مواد آلاینده از خاک، بیش‌ترین نقش را در مقایسه با سایر گونه‌ها داشته‌اند که علت آن را می‌توان در بهینه بودن شرایط محیطی (حرارت، رطوبت، نور و...) دانست که این گونه‌ها توانسته‌اند با انجام عملیات فتوسنتز حداکثر و دیگر اعمال حیاتی، تنش‌های محیطی حاصل از آلاینده‌ها را تحمل و بیش‌ترین جذب را از محیط ریشه داشته باشند.

در بین گونه‌های مورد بررسی، در سایت‌های مختلف، در شرایطی که NDVI زیاد باشد گونه *Eucalyptus microtheca* در مقایسه با دیگر گونه‌ها قادر خواهد بود مقادیر زیادی عناصر آلاینده مانند: روی، سرب و کادمیم را از خاک جذب و در برگ‌های خود ذخیره نماید. بین مقدار سرب موجود در برگ‌های *Eucalyptus camaldulensis* با شاخص NDVI، یک رابطه‌ای وجود دارد. به طوری که، در مناطقی که این شاخص افزایش می‌یابد مقدار جذب سرب بیش‌تر می‌شود.

منابع

- کروری، س. ع. ا.، تیموری، م.، خوشنویس، م.، صالحی، پ.، متینی زاده، م.، مراقبی، ف.، معقولی، ف. و ا. شیروانی. ۱۳۷۷، پژوهش و ارزیابی اثر آلودگی‌های محیطی ناشی از جنگ خلیج فارس در محیط زیست کرانه‌های جنوبی و جنوب‌غربی ایران با استفاده از پایه‌های حرا و کنار، مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۶۳ ص.
- Atanasiu, L. and L. Plecu.** 1988. Symptoms of air pollution and effect on forest vegetation. Revista Padurilor, 103: 2, 69-71
- Husain, T.** 1991. Kuwait Oil Fires: Regional Environmental Perspectives. 1st ed. Oxford, UK. BPC wheatons LTd. 1995s. 40pp
- Jalali, N., Noroozi, A.K. and A. A. Abkar.** 1998. Tracking of Oil spills and smoke plumes of Kuwait, s oil well fires to the coast and territory of I.R. of Iran as a Result of the 1991 Persian Gulf War. Soil Conservation and Watershed Management Research Centre of I.R. of Iran. ISBN 90 6164 1489.
- Evans, L. S.** 1984. Acidic Precipitation Effects on Terrestrial Vegetation .
- Kimerer, T.O and W. Koslowski.** 1981. Stomatal conductance and sulfur uptake of five clones of *Populus tremuloides* exposed to sulfur dioxide. Plant physiology. 7:990-995.
- Mc Clenahan, J.R.** 1978. Community changes in a deciduous forest exposed to air pollution. Canadian journal of Forest Research. 8:4,432-438.
- Sharma ,P.D.** 1996. Ecology and Environment. Chapter20 :Environmental Pollution. 414-440.
- Sickle, G. A - Van.** 1973. Forests affected by sulfur content and northeastern New Brunswick. Bimonthly Research Notes, 29:5,32-33.