

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، شماره چهار، زمستان ۸۷

## بررسی توانایی گیاه اسطوخودوس (*Lavandula vera*)

### در پالایش زیستی MTBE از منابع آب و خاک

محمد کوشافر<sup>۱</sup> (مسئول مکاتبات)

مرتضی طالبی<sup>۲</sup>

سید مرتضی خواجه باشی<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۶/۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۲/۱۴

#### چکیده

متیل ترسیو بوتیل اتر  $C_5H_{12}O$  یک ماده آلی اکسیژن دار است که به عنوان جایگزین سرب در بنزین معرفی و امروزه در ایران و برخی کشورهای جهان به بنزین های بدون سرب اضافه می شود . این ماده دارای توان آثار سوء بر بدن انسان و زیان های زیست محیطی می باشد. مصرف بالا، مقاومت زیاد به تخریب زیستی، انحلال پذیری بالا در آب، جذب ضعیف به ذرات خاک، تحرک بالا در آب و خاک عواملی است که باعث شده *MTBE* توانایی آلودگی آب های زیر زمینی را داشته باشد. برای پایش محیط زیست و پاک سازی آن از منابع آب و خاک از روش های مختلفی استفاده می کنند که عموماً کم بازده و پرهزینه می باشد. یکی از راه های مناسب در این ماده از آب ها، پایش زیستی به وسیله گیاه (*Phytoremediation*) می باشد. در این روش گیاه باعث بازیافت و پایش منابع آب و خاک از ماده *MTBE* می گردد. هدف از این تحقیق بر آورد توانایی گیاه اسطوخودوس در پایش زیستی *MTBE* از منابع آب و خاک و جذب و بازیافت آن از خاک به منظور پیشگیری از حرکت آن به سمت منابع آب می باشد تا با کاشت آن در مکان های مناسب امکان پیشگیری از آلودگی و همچنین پایش منابع آب فراهم شود. برای بررسی توانایی این گیاه در پایش *MTBE* از کاهش وزنی *MTBE* استفاده می شود. نتایج حاصل نشان می دهد این گیاه با ۳۴/۸۶٪ کاهش وزنی *MTBE* طی مدت ۷ روز از محیط کشت خود گیاه مناسبی برای این منظور می باشد .

واژه های کلیدی: پایش زیستی، *MTBE*، اسطوخودوس، *Lavandula vera*

۱- اعضای هیئت علمی گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان

۲- عضو هیئت علمی گروه شیمی دانشگاه اصفهان

#### مقدمه

سال ها سرب برای بالا بردن عدد اکتان و بهسوزی سوخت به بنزین اضافه می شد ولی پس از اثبات جنبه های سوء سرب بر محیط زیست و انسان طی سال های اخیر ماده MTBE به عنوان جایگزین سرب معرفی شد. متیل ترسیو بوتیل اتر (MTBE) با فرمول  $C_5H_{12}O$  یک ماده آلی اتری اکسیژن دار است که در شرایط استاندارد مایعی بی رنگ، فرار، قابل اشتعال است. جرم مولکولی آن ۸۸/۵ بوده و دارای نقطه ذوب  $1/9-$  درجه سانتی گراد و نقطه جوش  $53/6-55/2$  درجه سانتی گراد می باشد، چگالی این ماده  $0/744$  و  $0/758$  گزارش شده است. انحلال پذیری MTBE در آب بسیار بالا است و تا  $54000 \text{ mg/l}$  گزارش شده است (۱).

این ماده امروزه در سطح گسترده در جهان و هم چنین کشور ایران به بنزین های بدون سرب افزوده می گردد. این ماده با افزایش عدد اکتان بنزین، کاهش نشر آلاینده های خودرو مانند منوکسید کربن و ازن و حذف سرب از بنزین مزایای زیست محیطی مناسبی در کنترل آلودگی هوا به دنبال داشته است، اما پس از مدتی از مصرف MTBE مشخص شد این ماده به خاطر خصوصیات خاص خود دارای تاثیرات سوء بر سلامتی انسان و زبان های زیست محیطی می باشد (۱، ۲ و ۳). از مهم ترین این خصوصیات مقاومت بالای MTBE در برابر تخریب طبیعی می باشد. تخریب زیستی MTBE در آب بسیار کند است به طوری که توسط جمعی از دانشمندان در گروه مقاوم به تخریب زیستی در آب های زیر زمینی قرار گرفته است (۴).

معمولاً این ماده در هر دو حالت بی هوازی و هوازی نسبت به تجزیه میکروبی مقاومت می کند که در برخی منابع دلیل آن به رفتار اتم کربن ترشیری در ساختمان اتر و یا پیوندهای غیر فعال اتر نسبت داده شده است. این خاصیت یعنی مقاومت زیاد به تخریب زیستی، به همراه انحلال پذیری بالا در آب، جذب ضعیف آن به ذرات خاک، تحرک بالا در آب و خاک، حرکت MTBE به سمت آب های زیر زمینی رادری داشته است (۵) و از مهم ترین جنبه های زیست محیطی آن

تجمع در آب های زیر زمینی و در نتیجه حضور در چاه های تامین کننده آب آشامیدنی شهری و چاه های کشاورزی می باشد که این مورد در برخی کشورها از جمله ایالات متحده مشاهده شده است (۱) بنابراین MTBE دارای توان آلودگی منابع آب به ویژه آب های زیر زمینی می باشد (۴).

در حال حاضر آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا<sup>۱</sup> غلظت مجاز MTBE را به خاطر تاثیرات سوء بر بدن انسان در آب آشامیدنی  $40-20 \text{ PPb}$  اعلام کرده است (۳) این تاثیرات سوء روی بدن انسان به دو دسته سرطانی و غیر سرطانی تقسیم بندی می شود. به دلیل زمان نسبتاً کوتاه از آغاز مصرف گسترده این ماده تحقیقات و شواهد کافی تا کنون برای بررسی تاثیرات سرطان زایی در انسان گزارش نشده است ولی این موضوع در حیوانات آزمایشگاهی به اثبات رسیده است. بر همین اساس USEPA این ماده را در گروه دارای توان سرطان زایی قرار داده است (۱ و ۶).

انسان از سه طریق بلعیدن، استنشاق و تماس پوستی می تواند در معرض MTBE قرار گیرد که از این بین بلع از طریق آشامیدن آب های آلوده مهم ترین راه ورود این ماده به بدن انسان می باشد (۱).

با توجه به توانایی این ماده در آلودگی منابع آب و خطرات آن برای انسان و محیط زیست نیاز به روش هایی برای پایش این ماده در آلودگی منابع آب می باشد. به این منظور و پاک سازی این ماده از منابع آب و خاک روش های مختلفی مانند هوادهی و استفاده از تیمارهای شیمیایی معرفی شده است ولی عموماً این روش ها کم بازده و پرهزینه است. یکی از راه های مناسب بازیافت این ماده از آب ها پایش گیاهی<sup>۲</sup> آن می باشد (۲، ۷ و ۳).

هدف از این تحقیق بررسی توانایی گیاه اسطوخودوس در پایش گیاهی MTBE از منابع آب با تعیین مقدار کاهش این ماده می باشد.

## روش تحقیق

غلظت محلول شاهد پس از آزمایش به جای غلظت اولیه استفاده گردید. برای اندازه گیری میزان تعرق از روش وزنی استفاده شد به طوری که میانگین کاهش وزن محلول در پایان مدت آزمایش برابر با میزان تعرق در نظر گرفته شد. پس از اتمام مرحله گلخانه، نمونه ها در دمای پایین به آزمایشگاه منتقل شد و در آزمایشگاه به وسیله دستگاه GC ساخت شرکت Varian مدل CP-3800 مجهز به آشکارساز FID و ستون کاپیلاری میکروبوور مقدار MTBE نمونه ها به تفکیک در گیاه و محلول های کشت اندازه گیری شد. در این تحقیق برای برآورد توانایی این گیاه در کاهش مقدار MTBE محیط با استفاده از روش میانگین نمونه ها، کاهش درصد وزنی MTBE از محیط کشت پس از مدت آزمایش در مقایسه با محلول شاهد اندازه گیری شد.

## نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده طی مدت ۷ روز ۴۳/۳۳ میلی لیتر میزان تعرق بوده است و میانگین غلظت MTBE در محیط های کشت ۶۳۰ ppb و در گیاه ۹/۴ ppb اندازه گیری شد. طی همین مدت غلظت محلول های شاهد به ۹۸۴ ppb کاهش یافت که این کاهش در محلول های شاهد مربوط به فراریت MTBE و یا عوامل غیر گیاهی تخریب MTBE از محیط منظور شد و به عنوان مرجع جهت مقایسه با محیط های کشت استفاده شد. بر این اساس و در مقایسه با محلول های شاهد در پایان زمان آزمایش، محیط های کشت حاوی گیاه ۳۴/۸۶٪ کاهش وزنی MTBE نشان می دهد (جدول ۱) که از این مقدار ۰/۱۷٪ آن در گیاه باقی مانده است، با توجه به کوچکی این عدد می توان نتیجه گرفت طی این مدت MTBE در بافت ها ذخیره نشده است و این مقدار مربوط به آب موجود در گیاه در مسیر تعرق می باشد لذا این ماده دو سرنوشت می تواند داشته باشد یا به وسیله مکانیسم پمپ هیدرولیک وارد هوا شده و یا توسط گیاه تجزیه شده است، برای بررسی وضعیت این ماده در گیاه نیاز به انجام تحقیقات جدید در زمان های طولانی تر می باشد.

برای انجام این تحقیق از گیاه اسطوخودوس *vera* *Lavandula* دو ساله تقریباً همسان استفاده شد. اسطوخودوس گیاهی است معطر، غالباً به صورت بوته های چوبی و یا نیمه درختچه ای، ایستاده با انشعابات و شاخه های فراوان است. برگ ها کامل یا دارای بریدگی های عمیق شانه ای و یا در حاشیه کنگره ای و دندان هایی اره ای شکل هستند. دلیل انتخاب این گیاه مناسب بودن آن برای استفاده در فضای سبز، سازگاری با شرایط اقلیمی ایران، ارزانی، تکثیر آسان و توانایی آن در کشش آب می باشد.

محل آزمایش گلخانه های تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان در شرایط گلخانه ای در دمای ۱۸ درجه سانتی گراد و رطوبت هوای ۳۶٪ بود. تعداد ۳۲ نمونه گیاهی همسان به منظور سازگاری با محیط یک ماه قبل از شروع آزمایش به گلخانه منتقل شد و از بین آن ها ۱۶ پایه ای که پس از یک ماه از نظر فیزیولوژیکی در شرایط مطلوب تری نسبت به بقیه قرار داشت برای آزمایش انتخاب گردید. برای محیط کشت برای هر پایه از ظروف شیشه ای مستقل و مجزای ۱/۵ لیتری استفاده شد و در زمان شروع آزمایش ریشه این گیاهان در محیط کشت بدون خاک در محلول خالص ۲۰۰۰ ppb قرار داده شد. از آن جا که آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا حداقل ۲۰ ppb را سقف مجاز MTBE در آب معرفی کرده است این عدد به عنوان مبنا برای آزمایش انتخاب و به منظور افزایش دقت آزمایش به ویژه اندازه گیری آن در گیاه این غلظت صد برابر شده و از محلول ۲۰۰۰ ppb استفاده شد. طی مدت آزمایش ظروف در برابر تبادل هوا و عبور نور کاملاً ایزوله شدند. محیط کشت ساکن بوده و هیچ گونه تلاطم و یا گردش آب وجود نداشت با توجه به ایزوله بودن ظروف و عدم تبادل هوا به منظور جلوگیری از خفگی ریشه ۳۰۰ میلی لیتر فضای خالی در بالای هر ظرف در نظر گرفته شد. مدت زمان آزمایش هفت روز بود و از تیمارهای شاهد به صورت محلول های ایزوله بدون گیاه به منظور محاسبه عوامل احتمالی تخریب MTBE مربوط به عوامل غیر گیاهی استفاده شد و لذا در تمام محاسبات از

جدول ۱- نتایج آزمایش مربوط به مقدار تعرق و مقادیر MTBE در محیط کشت گیاه پس از مدت ۷ روز

مقدار تعرق	غلظت در شاهد	وزن MTBE در شاهد	غلظت در محیط کشت	وزن در محیط کشت	غلظت در گیاه	وزن در گیاه	درصد کاهش MTBE	وزنی
۴۳/۳CC	۹۸۴ ppb	۹۶۴ µg	۶۳۰ ppb	۶۲۸	۹/۴ ppb	۱/۶۲ µg	۳۴/۸۶	

Transformation and Control of Contaminants". Wiley-Interscience. 987 pp.

- 6- Newman, L.A., M.P. Gordon, P.Heilman, D.L.Cannon, E.Lory, K.Miller, J. Osgood, and S.E.Strand, (1999). "Phytoremediation of MTBE at a California Naval Site ". Soil and Ground Water Cleanup .Feb/Mar: 42-45.
- 7- Rubin,E. and A.ramasawami, (2001). "The potential for phytoremediation of MTBE,"Water .Research,vol.35,no 5 :1384-1353
- 8- Squilance,P.J.,(1997). "Review of Environmental Behavior and of Methyl Tert-butyl Ether", Environmental Toxicology and chemistry, 16, pp. 1836-1844.
- 9- Zhang Q., L.C .Davis, and L.E.Erickson,(2001). "Plant Uptake of Methyl Tert-butyl ether (MTBE) From Groundwater ", Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and

نتایج حاصل نشان می دهد طی مدت کوتاهی این گیاه توانسته است مقدار زیادی MTBE را در محلول کشت کاهش دهد پس گیاهی مناسب برای بازیافت MTBE از آب و عصاره خاک معرفی می گردد. لذا این گیاه در طراحی فضای سبز شهری خصوصا در شهرهای پر ترافیک در مناطقی که احتمال ورود این ماده از هر طریقی از جمله بارندگی و یا رواناب های سطحی به خاک یا آب می باشد با توجه به خصوصیات اکولوژیک منطقه می تواند جهت پیشگیری از ورود این ماده به خاک و یا منابع آب استفاده گردد. همچنین در خاک های آلوده به این ماده جهت پایش پس از آلودگی قابل استفاده است.

#### منابع

- 1- Borden, R., Black, and K., V.M, Blief, (2002). "MTBE and Aromatic Hydrocarbons in North Carolina Storm Water". Environmental Pollution. 118, pp.141-124.
- 2- Burken, J.G. and J.I. Schnoor, (1998). "Predictive Relationship for Uptake of Organic Contaminates by Hybrid Poplar". Environ .sci.Tech.32:33793385.
- 3- Hong M., W.F.Fatmayan, I.J.Dorth, and CY.Chiang, (2001). "Phytoremediation of MTBE from a groundwater plume", Environ .sci.Tech.35:1231-1239
- 4- Jacobs, J., J. Guerin, and CH., Lterron, (2001). " MTBE: Effects on Soil and Ground Water "Lewis Publishers .245 pp.
- 5- McCutcheon,S. and J. L. Schnoor, (2003). "PHYTOREMEDIATION