6th Conference on Recent Research in Science and Technology
ششمین همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری
تابستان ۱۳۹۵
Summer 2016

نقش گیاهان در پالایش آب و خاک آلوده به علف کش آترازین

الهه جوادی*[۱]، لعبت تقوی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

آدرس الکترونیکی: elahe.javadii@gmail.com

[۲] استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

آدرس الکترونیکی: taghavi_lobat@yahoo.com

Archive of SID

چکیده

امروزه آلودگی خاک و آب به آفت‌کش‌ها به ویژه علف‌کش‌ها جهت بهبود راندمان کشاورزی افزایش یافته است. آترازین به عنوان یک علف‌کش رایج با حلالیت بالا در آب و نیمه عمر طولانی از دیرباز مورد استفاده کشاورزان بوده است. گیاه پالایی به عنوان فناوری سبز، سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه برای پاکسازی و تثبیت آلاینده‌های سمی مورد توجه است. این مطالعه به روش مروری- توصیفی با استفاده از مطالعات موجود انجام گردید. نتایج حاصل از میزان جذب، تجزیه و معدنی شدن آترازین در گونه های مختلف گیاهان آبزی و خشکی‌زی مورد مطالعه طی سال‌های گذشته بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که گونه‌های ترنسژنیک با مقاومت بیشتر در برابر آلاینده ها، و ترکیب گیاه پالایی با زیست پالایی نقش بسزایی در افزایش راندمان پالایش آلاینده‌ها دارند.

با توجه به بررسی‌های بعمل آمده در بین گیاهان آبزی، وج به عنوان یک گیاه چندساله تالابی با مقاومت بالا و کاهش سریع نیمه عمر آترازین در غلظت‌های بالا و از بین گیاهان خشکی زی گل اختر، خردل قهوه‌ای، چمن ایتالیایی، سرگوم، ذرت و علف ترکه کارایی بالایی در حذف آترازین از آب و خاک دارند.

واژه‌های کلیدی: گیاه پالایی، آترازین، گیاهان آبزی، گیاهان خشکی زی

www.SID.ir

۱- مقدمه

با افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و افزایش کشت اینگونه محصولات ضرورت حفاظت از کمیت و کیفیت آنها با مصرف کود و آفت‌کش محسوس‌تر است. افزایش مصرف سموم شیمیایی مشکلات زیست محیطی مانند تجمع در خاک و جذب توسط گیاهان را در پی خواهد داشت (Moosavi et al., 2013; Paz-Albertol et al., 2013). با افزایش مصرف آفت‌کش‌ها و ویژگی ماندگاری طولانی مدت به حیات ارگانیسم‌های خاک آسیب رسانده و موجب آلودگی‌های عظیم زیست‌محیطی می‌شوند (Ibrahim et al., 2013). دلیل اصلی استفاده از آفت‌کش‌ها برای مقابله با آفات و امراضی است که سلامت بشر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد که مصرف جهانی آفت‌کش‌ها در حدود ۲ میلیون تن در سال (ایالات متحده آمریکا ۲۴ درصد، اروپا ۴۵ درصد و سایرین ۲۵ درصد) است (Pathak et al., 2011). علف کش‌ها یکی از بزرگترین گروه سموم دفع آفات هستند که از اهمیت زیادی در تولید محصولات کشاورزی و کنترل علف‌ها برخوردارند.

آترازین (۲ کلرو ۴ اتیل آمینو ۶ ایزوپروپیل آمینو-اس- تریازین) با فرمول $C_8H_{14}ClN_5$ از علف کش‌های رایج و ارزان قیمت است که در کنترل علفهای پهن برگ رشد یافته در بین محصولات ذرت و سرگوم، آناناس، نیشکر، زمین‌های آیش، علفزارها، کاج و برای کنترل علف‌های صنعتی استفاده می شود (Pathak et al., 2011). آترازین از سال ۱۹۵۹ توسط کشاورزان مورد استفاده قرار گرفته است. با مصرف آترازین رشد علف‌ها در عرض ۵ الی ۶ هفته کنترل شده و به گیاه فرصت می‌دهد تا بدون رقابت برای بدست آوردن آب، مواد غذایی و نور خورشید رشد کند. این سم نه تنها برای گیاهان در محل مصرف سمی است بلکه به دلیل حلالیت در آب (۷۰ میلیگرم بر لیتر) بصورت رواناب به آبهای سطحی و زیرزمینی راه یافته و در رشد گیاهان و سایر موجودات آبزی اختلال ایجاد می کند. این علف‌کش در آب به دلیل تفاوت در ساختار شیمیایی نسبت به خاک پایدارتر است. آترازین و ترکیبات آلی مشابه به صورت زیستی تجزیه و یا به ترکیبات معدنی مانند دی‌اکسیدکربن، آب، یون‌ها و مولکول‌های غیرآلی و مواد سلولی تبدیل می‌شوند (Mercer, 1999).

آترازین به عنوان یک آلاینده عمومی در خاک و آب سطحی با حداکثر میزان ۳ میکروگرم در لیتر آب آشامیدنی وجود داشته و از منابع غیرنقطه‌ای آن می‌توان به رواناب سطحی و زهکشی مزارع کشاورزی اشاره کرد (Anderson et al., 2002). جابجایی

Archive of SID
www.SID.ir

ترکیبات آلی توسط ذرات چربی گریز از طریق ضریب تفکیک اکتانول آب (K_{ow}) مدیریت می شود. برای ترکیباتی با ساختار و وزن مولکولی مشابه میزان این ضریب بین یک تا سه است. آترازین دارای عدد اکتانول ۲/۵۶ در ۲۵ درجه سانتی‌گراد است که قادر به جذب توسط گیاهان خشکی‌زی است (Briggs et al., 1982).

وجود آترازین در آب و غذا موجب ناباروری، کاهش وزن جنین، عدم شکل گیری کامل استخوان، اثر بر تشکیل عصب، بلوغ دیررس و کارکرد ناقص سیستم تناسلی، نقص مادرزادی، سرطان پروستات، تومور مغزی، سرطان پستان و سرطان تحمدان می گردد (Pathak et al., 2011).

در این راستا ضروری است تا با استفاده از روش‌های پایدار و سازگار با محیط زیست برای کاهش آلاینده ها اقدام نمود. به طورکلی ۴ روش اصلی اصلاح فیزیکی، اصلاح شیمیایی، زیست پالایی و گیاه پالایی برای اصلاح و پالایش خاک های آلوده وجود دارد (Prasad et al., 2003). بسیاری از روشها مانند سوزاندن، جذب سطحی با استفاده از کربن فعال، اکسیداسیون-کاهش، فتولیز، دی کلرینه کردن، هیدرولیز، اسمز معکوس و تجزیه شیمیایی در حذف آترازین استفاده شده است. این روشها علاوه بر هزینه بر بودن، مواد سمی تولید می کنند. اخیرا تصفیه بیولوژیکی برای حذف آترازین پیشنهاد شده است. در برخی روشها مانند گیاه پالایی، تجزیه زیستی و جذب زیستی از گیاهان، قارچها، جلبکها و باکتریها در حذف آلاینده های مختلف به دلیل هزینه کم، عدم تولید محصولات سمی با راندمان بالا استفاده شده است (Pathak et al., 2011). فرآیند گیاه پالایی از ۵ روش تصفیه ریشه ای، تثبیت گیاهی، استخراج گیاهی، تبخیر گیاهی و تجزیه گیاهی امکان پذیر است که دارای مزایا و معایبی است (Paz-Alberto1 et al., 2013).

گیاه پالایی برای بازسازی خاک‌های آلوده به ترکیبات آلی و غیرآلی، در محل و خارج از محل کاربرد دارد. این فناوری سبز کم هزینه، محافظ منابع طبیعی و بدون تولید آلاینده‌های ثانویه می‌باشد (Ibrahim et al., 2013). گیاه پالایی به عنوان یک روش بسیار کارا و اقتصادی همزمان موجب سلامت، حفظ حاصلخیزی خاک و رویش مجدد گیاه شده و محیط مطلوب و مفرحی برای افراد ایجاد می‌کند (Wang et al., 2011). از دیگر مزیت‌های فناوری گیاه پالایی می‌توان به قابلیت اجرا در محل‌های آلوده، عدم نیاز به تجهیزات و تخصص خاص، بدون ورود مواد شیمیایی به محیط اشاره کرد (Cho-Ruk et al., 2006). هزینه گیاه پالایی معمولاً ۱۰ تا ۵۰ درصد هزینه دیگر فناوری‌های پالایش سنتی مانند خاکبرداری را شامل می شود (Schnoor et al., 1995).

در خصوص نشت‌های سمی تثبیت آلودگی در محل مهم است که با تثبیت خاک بدون خاکبرداری و انتقال آن از ایجاد رواناب به سمت آبهای سطحی و زیرزمینی جلوگیری کرده و مانع از فرسایش بادی و پخش شدن آلودگی در منطقه وسیع و استنشاق آن توسط انسان‌ها و حیوانات می‌شود. در این راستا استفاده از گیاهان با سیستم ریشه‌ای گسترده ضروری است (Moffat, 1995).

www.SID.ir

البته این روش دارای معایبی است که یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های مربوط به آن زمانبر بودن این فرآیند در مقایسه باروش‌های فیزیکی و شیمیایی اصلاح خاک های و کاهش رشد گیاه و تولید زیتوده به دلیل آلودگی است. بنابراین در صورت وجود خطر فوری برای بشر و سایر جانداران مانند ورود آلودگی زیاد به منبع آب آشامیدنی روش گیاه پالایی گزینه مناسبی نیست. گیاهان بیش تجمع‌گر با ریشه‌های کم عمق تنها قادر به پاکسازی خاک یا منابع آب سطحی هستند (Sykes et al., 1999). خطر آلوده شدن زنجیره‌های غذایی توسط گیاهان جاذب مواد سمی نیز وجود دارد چرا که ممکن است حیوانات ساکن در منطقه آلوده از این گیاهان تغذیه نمایند. اما بزرگ ترین نگرانی مربوط به گیاه پالایی برداشت گیاهان آلوده است که تجزیه زیستی و مصرف آنها، مجدداً آلودگی را به طور کامل یا جزئی به خاک باز گرداند (Gratao et al., 2005).

اجرای گیاه‌پالایی و پیش‌بینی نتایج و تعمیم آن به عملیات میدانی دشوار است. یکی از مشکلات گیاه پالایی از محیط‌های آلوده به مواد شیمیایی متعدد انتخاب گیاهان مقاوم به سموم است. میکروب‌های موثر بر معدنی کردن مواد آلی به بسیاری از شرایط متغیر محیطی از جمله دمای خاک، اسیدیته و شوری حساسند. در راستای افزایش بازده گیاه پالایی آلاینده‌ها باید نزدیک به ریشه گیاه باشند. بنابراین پاک شدن محیط از آلودگی سطحی در کمتر از ۵ متر محدود می شود. (Mercer, 1999).

هدف از این مطالعه، بررسی میزان کارایی گیاهان مختلف در کاهش آترازین از آب و خاک و انتخاب بهترین گونه گیاهی در بین تحقیقات و مطالعات انجام شده بوده است.

۲- روش مطالعه

این مطالعه به روش مروری- توصیفی بر روی مطالعات انجام شده در خصوص گیاه پالایی آترازین توسط گیاهان مختلف بر مبنای مرور مقالات موجود جمع آوری گردید. معیار ورود اطلاعات، مقالات مرتبط با موضوع و حاوی کلمات کلیدی تحقیق بوده است.

۳- نتایج و بحث

آترازین یکی از علف کشهای رایج و پرمصرف در کشاورزی است. منابع غیرنقطه ای آلودگی به آبهای سطحی و آشامیدنی تهدید جدی برای بشر، حیات وحش و محیط زیست به شمار می آید. به دلیل فشار بخار پایین، نیمه عمر بالا (۱۸۰-۳۶۰ روز)، حلالیت بالا در آب، تجزیه پذیری زیستی و استفاده زیاد یکی از آلوده‌کننده‌های مهم اکوسیستم‌های خشکی و آبی در بسیاری از کشورها علیرغم محدودیت در مصرف آن به شمار می‌رود. در این راستا گیاه پالایی به عنوان یک راهکار مقرون به صرفه برای مدیریت کشاورزی و کاهش آلودگی ناشی از رواناب زمین‌های کشاورزی به حساب می‌آید (Pathak et al., 2011). در این مقاله بر آن شدیم تا گیاه پالایی آترازین را بررسی نموده و به تحقیقات انجام شده در این زمینه بپردازیم. از جمله مهمترین نتایج مطالعات انجام شده در زیر اشاره می شود.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول (۱) برخی از گیاهان موثر در کاهش آترازین موجود در آب و خاک

ردیف	گیاه مورد مطالعه	علف کش مورد مطالعه	محیط مورد مطالعه	منبع
۱	گل اختر (Canna indica) همراه با قارچ F.mosseae	آترازین	خاک	دونگ و همکارانش (۲۰۱۶)
۲	برنج ترنسژنیک (Transgenic Rice)	آترازین و متاکلر	خاک	کاوا هیگاشی و همکارانش (۲۰۰۶)
۳	(Transgenic Tobacco) تنباکوی ترنسژنیک	آترازین	خاک	ونگ و همکارانش (۲۰۱۰)
۴	خردل قهوه ای(Brassica juncea)	آترازین	خاک	شاهانا و همکارانش (۲۰۱۳)
۵	چمن ایتالیایی(Lolium multi florum)	آترازین	خاک	مرینی و همکاران (۲۰۰۹)
۶	گیاه کامل(orchard grass) چمن سردسیری (tall fescue) تیموتاس (timothy) علف پشمکی (smooth brome grass) علف ترکه یا چمن ترکه (switch grass)	آترازین	خاک	لین و همکاران (۲۰۰۸)
۷	ذرت (Zea mays)	آترازین	خاک	ابراهیم و همکاران (۲۰۱۳)
۸	(Cerataphyllum demersum) یک نوع علف شاخی علف مرداب(Elodea Canadensis) عدسک آبی(Lemna minor)	آترازین و متولاکلر	آب	رایس و همکاران (۱۹۹۷)
۹	زنبق زرد (Iris pseudacorus) خون فام (Lythrum salicaria) وج (Acorus calamus)	آترازین	خاک	ونگ و همکاران (۲۰۱۲)
۱۰	نخود سبز (Pisum satirarua) سرگوم (Sorghum vulgare)	آترازین	خاک	شیمابوکورو و سوانسون (۱۹۶۹)
۱۱	علف ترکه (Panicum virgatum)	آترازین	خاک	مورفی و همکارش کوت (۲۰۰۹)
۱۲	وج یا اکسیر ترکی (Sweet flag) دم گربه ای پهن برگ (broad leaf cattail) دم گربه ای برگ باریک (narrow leaf cattail)	آترازین	آب	مارسیک و همکاران (۲۰۱۲)
۱۳	صنوبر (Poplar tree)	آترازین	خاک	چنگ و همکاران (۲۰۰۵)
۱۴	صنوبر (Poplar tree)	آترازین	خاک	برکن و همکاران (۱۹۹۷)
۱۵	آزولا (Azolla caroliniana) سالوینیا (Salvinia minima) عدسک آبی (Lemna gibba)	آترازین	آب	گویماراس و همکاران (۲۰۱۱)

دونگ و همکارانش (۲۰۱۶) مطالعه ای بر روی اثر تلقیح قارچ F.mosseae بر گیاه پالایی آترازین توسط گل اختر (Canna indica) انجام دادند. با تلقیح قارچ فوق حداکثر نرخ حذف آترازین از ۶۸ درصد به ۹۵ درصد افزایش یافته که میزان کاهش غلظت

Archive of SID
www.SID.ir

آترازین از ۱/۴ میلی گرم بر لیتر به ۷/۳ میلیگرم بر لیتر افزایش داشته است. گل اختر از جمله گونه های بسیار مقاوم در برابر آترازین است. تلقیح این نوع قارچ با گل اختر علاوه بر ارتقای رشد گیاه و بهبود فتوسنتز موجب افزایش راندمان گیاه پالایی نسبت به استفاده از گل اختر به تنهایی شده است (Dong et al., 2016).

کاوا هیگاشی و همکارانش (۲۰۰۶) مطالعه ای بر روی گیاه پالایی آترازین و متاکلر توسط برنج ترنسژنیک انجام دادند. رشد سریع برنج ترنسژنیک نسبت به برنج غیر ترنسژنیک نشان از مقاومت بیشتر آن در برابر این نوع علف کشها است. اگرچه بطور معمول برنج قادر به کاهش میزان علف کش در بافت خود و یا در محیط رشد است ولی این میزان در حالت ترنسژنیک و در شرایط گلخانه ای بیشتر است. البته این توانایی در مقیاس وسیعتر نیز به اثبات رسیده است. نتایج حاکی از آن است که استفاده از برنج ترنسژنیک روش خوبی برای ایجاد محصولات مقاوم به آترازین و سایر علف کشها و گیاه پالایی این نوع آلاینده ها با مواد ارگانیک است (Kawahigashi et al., 2006).

ونگ و همکارانش (۲۰۱۰) بر روی توانایی تنباکوی ترنسژنیک در حذف آترازین کار کردند. در این راستا ژنهایی را از گونه های پسودوموناس و آرتروباکتر به تنباکو انتقال دادند. دانه های ترنسژنیک نوع اول نسبت به نوع غیرترنسژنیک دارای وزن بیشتر، ریشه بلندتر در محیط با آلودگی ۱۵۰-۴۰ میلی گرم بر لیتر آترازین بودند. در نوع دوم با گذشت ۹۰ روز تنباکوها بلندتر، زیتوده بیشتر و میزان کلرفیل بالاتر نسبت به گونه غیرترنسژنیک پس از رشد در خاک حاوی ۲-۱ میلی گرم بر کیلوگرم آترازین شدند. در نوع دوم هیچ آترازینی در خاک باقی نماند (Wang et al., 2010).

شاهانا و همکارانش (۲۰۱۳) به بررسی توان گیاه پالایی Brassica juncea (خردل قهوه ای یا خردل هندی) جهت جذب آترازین از خاک با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع در ۳ غلظت آترازین در خاک (۱۰۰۰/۵۰۰/۱۰۰ میلیگرم بر لیتر) پرداختند و با خاک فاقد این گیاه مقایسه کردند. خاک با گیاه خردل قهوه ای آترازین کمتری در مقایسه با خاک بدون گیاه داشت. مطالعات نشان میدهد که غلظت آترازین در خاک استریل بدون گیاه (۲۰/۵ میکرو گرم بر میلی لیتر) بیش از خاک استریل با گیاه (۱۸/۵ میکروگرم بر میلی لیتر) پس از گذشت ۳۰ روز بود. در خاک غیراستریل بدون گیاه ۱۷/۵ میکرو گرم بر میلی لیتر و در خاک غیراستریل با گیاه ۱۴ میکروگرم بر میلی لیتر بوده است. نتایج حاکی از قدرت گیاه در جذب آترازین است که با گذشت زمان افزایش می یابد. زیرا این گیاه تاثیر بسزایی در تجزیه علف کشها دارد. با افزایش غلظت آترازین و گذشت زمان تجمع آترازین در گیاه افزایش یافته و بیشترین تجمع در ریشه گیاه است. خاک استریل نسبت به خاک غیراستریل میزان جذب بالاتری داشته است. بهبود میزان تجزیه آترازین در بخش ریزوسفر موجب تبدیل بیش از ۸۰ درصد آترازین خاک به متابولیتهایی با سمیت کمتر و باقی

www.SID.ir

به متابولیتهای هیدروکسیل شده بدون تحرک پس از گذشت ۲۵ روز شده است. در کل ترکیب میکروبها با این نوع گیاهان در تجزیه آترازین موثر بوده که پس از گذشت ۷ روز مشهود است (Shahana et al., 2013).

مرینی و همکاران (۲۰۰۹) بر روی گیاه پالایی چمن ایتالیایی (Lolium multi florum) به عنوان یک گونه مقاوم در برابر علف کشها بویژه آترازین کار کردند. این گونه بدون تاثیرپذیری از میزان آترازین به جوانه زنی و رویش خود ادامه داده و ۲۰ درصد بیش از میزان تجزیه طبیعی در محیط توسط گیاه تجزیه می شود. مکانیسم هایی مانند جهش در ژن psbA، سمیت زدایی آنزیمی توسط P450 یا هیدرولیز شیمیایی در جریان فرایند بنزواکسازینون موجب افزایش تحمل این گیاه در برابر آترازین می شود. نتایج حاکی از تحمل گیاه به کمک سمیت زدایی آنزیمی توسط سیتوکروم P450 برای بی اثر کردن اکسیداسیون علف کش است. استفاده از این گونه در گیاه پالایی خاکهای آلوده به آترازین و کاهش میزان رواناب حاوی این نوع ماده تاثیر بسزایی دارد (Merini et al., 2009).

لین و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه ای در خصوص توان گیاه پالایی ۵ گونه علفی برای جذب آترازین انجام دادند. نتایج حاکی از آن است که بیشتر آترازین در خاک باقی مانده، کمتر از ۱۵ درصد به صورت شیرابه و رواناب و کمتر از ۴ درصد آن توسط گیاه جذب می شود. تجزیه زیستی یا هیدروکسیل شدن آترازین در خاک حاوی این نوع گیاهان بین ۲۰ تا ۴۵ درصد نسبت به محیط شاهد افزایش داشته است. ۸۰ درصد آترازین باقی مانده در خاک توسط Switch grass (علف ترکه) به متابولیتهایی با سمیت کمتر تبدیل شده که ۴۷ درصد آن مربوط به متابولیتهای هیدروکسیل شده کم تحرک تا ۲۵ روز پس از مصرف بوده است. همبستگی قوی بین تجزیه متابولیتهای آترازین و افزایش زیتوده کربن میکروبی در تصفیه های علفی نشان دهنده ارتقای تجزیه بیولوژیکی در ریزوسفر است. بیشترین متابولیتهای حاصل از تجزیه آترازین هیدروکسیل شده در بافت علف ترکه و چمن سردسیری یافت شده است. در مقابل متابولیت های دی آلکیل شده از اصلی ترین تولیدات تجزیه آترازین در سایر گونه های سازگار با فصل سرد است. تفاوت در الگوی متابولیت گونه های فصل گرم و سرد نشان از تضاد مکانیسمهای سمیت زدایی دارد که به میزان تحمل آنها در برابر آترازین بستگی دارد. بر اساس این مطالعه علف ترکه برای استفاده در مکانهایی با هدف کاهش سمیت و تحرک پذیری آترازین پیشنهاد شده است (Lin et al., 2008).

ابراهیم و همکارانش (۲۰۱۳) در زمینه تعیین پتانسیل و قابلیت ذرت (Zea mays) برای گیاه پالایی خاکهای آلوده به آترازین مطالعه کردند. در این راستا ذرت در خاک شنی و لومی با غلظت ۰/۵ و ۱ میلی گرم بر لیتر آترازین کاشته شد. در فواصل زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز از گیاه ذرت برداشت شد. دانه های گندم در خاک تصفیه شده برای تعیین میزان باقی مانده آترازین کاشته شدند. خاک تصفیه نشده بدون ذرت به عنوان شاهد درنظر گرفته شد. ۷ روز پس از کاشت، طول ریشه و جوانه گندم اندازه گیری

www.SID.ir

شد. بلندی ریشه و جوانه گندم در خاک تصفیه شده حاوی ذرت بلندتر از خاک تصفیه شده بدون ذرت بود. بر اساس آزمایشات صورت گرفته باقیمانده آترازین در خاک دارای ذرت در مقایسه با خاک بدون ذرت کمتر بود. غلظت آترازین باقیمانده در خاک استریل بدون ذرت و با ذرت با گذشت ۳۰ روز از کاشت گندم به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۱۴ بود که این میزان پس از گذشت ۶۰ روز به میزان ۰/۳۸ و ۰/۰۹ میلی گرم بر لیتر کاهش یافت. این نتایج نشان از حذف سریعتر آترازین از محیط آلوده با وجود گیاه ذرت است و حاکی از قدرت این گیاه در پالایش آترازین است (Ibrahim et al., 2013).

متابولیسم آترازین در ذرت به روش کاتالیز شدن توسط آنزیمها و بصورت شیمیایی است. روش شیمیایی به تشکیل آترازین غیرفعال در ریشه و برگ در هفته اول رشد کمک می کند. با توجه به تجمع بنزواکسازینون که مسئول این متابولیسم است توان هیدوکسیل شدن آترازین در برگ حداقل یک ماه دوام می یابد در صورتیکه گلوتاتیون نقش کمی در غیرفعال کردن آترازین دارد (Ibrahim et al., 2013).

رایس و همکاران (۱۹۹۷) در مطالعه ای بر روی بررسی توان گیاهان آبی برای کاهش آترازین و متولاکلر از گیاهان Ceratophyllum demersum (یک نوع علف شاخی)، Elodea Canadensis (علف مرداب) و Lemna minor (عدسک آبی) استفاده کردند. کاشت دو گونه اول موجب کاهش قابل توجهی از علف کشهای بکار رفته شد. پس از گذشت ۱۶ روز فقط ۴۱/۳ و ۶۳/۲ درصد از آترازین بکار برده شده در محیط با کشت علف شاخی و گونه علف مرداب باقی ماند. میزان جذب عدسک آبی در مقایسه با محیط بدون این نوع گیاه تفاوت محسوسی نداشت. در بین گونه های یاد شده میزان کارایی کاهش آترازین و متولاکلر در علف شاخی و علف مرداب از همه بیشتر و در عدسک آبی از همه کمتر بود. میزان تجزیه این علف کشها در آب دارای گیاه علف شاخی بسیار بیشتر از دو تای بعدی است که در دو گونه آخر با هم برابر است. میزان تجمع این علف کشها در دو گیاه اول با هم برابر و بیشتر از گونه سوم بوده است (Rice et al., 1997).

ونگ و همکاران (۲۰۱۲) بر روی میزان جذب آترازین توسط گیاهان آبزی Iris pseudacorus (زنبق زرد) ، Lythrum salicaria (خون فام) وAcorus calamus (وج- اکسیر ترکی) مطالعه کردند. با گذشت ۲۰ روز نرخ رشد گیاهان فوق در محیط آلوده به آترازین در شرایط استریل کمتر از شرایط طبیعی بود. میزان غلظت آترازین در محلول مورد نظر جهت کشت این گیاهان نسبت به محلول بدون گیاه بطور قابل توجهی کاهش یافت که نرخ کاهش آترازین در شرایط طبیعی بیشتر از محیط استریل بود. میزان تجزیه آترازین توسط این گیاهان به ترتیب ۷۵، ۶۵ و ۶۱ درصد بود. میزان جمعیت میکروبی در محلول این گیاهان به ترتیب ۵/۴، ۱۱/۴ و ۱۷/۴ بوده است. هر سه گیاه قادر به جذب و انتقال آترازین در ساقه و برگ هستند (Wang et al., 2012).

www.SID.ir

در محیط استریل میزان تجمع آترازین در بافت گیاه به دلیل کاهش فعالیت میکروبی بیش از محیط غیراستریل بوده است. چراکه میکروبها با تجزیه و معدنی کردن آترازین موجب کاهش آن در محلول و در اطراف ریشه می شوند. متابولیسم آترازین در تمامی بخشهای گیاه صورت میگیرد. فعالیتهای متابولیکی با رشد گیاه و وجود باکتریها افزایش می یابد. بیشتر آترازین جذب ریشه می شود و انتقال آن به جوانه گیاه و تجمع در آن بخش موجب کاهش میزان آترازین و کاهش سمیت آن در محیط می گردد. ثابت شده که تشکیل باقی مانده های ترکیبی از آترازین ناشی از مکانیسم سمیت زدایی است (Wang et al., 2012).

شیمابوکورو و سوانسون (۱۹۶۹) میزان متابولیسم آترازین را در نخود سبز با نام علمی Pisum satirarua و سرگوم با نام علمی Sorghum vulgare بررسی کردند. در این بررسی سرگوم از توان بالایی در متابولیزه کردن آترازین و تبدیل آن به هیدروکسی آترازین و باقی مانده غیرمحلول برخوردار است. در کل آترازین از طریق هیدروکسی شدن و تشکیل سیستئین و گلوتاتیون و همچنین دی آلکیل شدن متابولیزه می شود (Mccutcheon et al., 2004).

مورفی و همکارش کوت (۲۰۰۹) مطالعه ای بر روی علف ترکه (Panicum virgatum) با هدف تعیین قابلیت گیاه برای جذب آترازین از خاک، تجزیه در گیاه و تجزیه در بخش ریزوسفر انجام دادند. دانه گیاه در شن اتوکلاو و غیر اتوکلاو حاوی ۱۰ میکروگرم آترازین در هر گرم شن کاشته شدند. آزمایشات در ابتدای کار، روز ۱۵ و ۳۰ انجام شد. بافت گیاه و شن با کروماتوگرافی گازی مورد بررسی قرار گرفت. تصفیه های اتوکلاو و غیر اتوکلاو برای تمایز بین آترازین تجزیه شده در گیاه و آترازین تجزیه شده در ریزوسفر مقایسه شدند. تجزیه آترازین در بخش گیاه کاری شده و تصفیه اتوکلاو شده به دلیل آنزیمهای گیاه است. غلظت آترازین اصلی و متابولیتها در بافت برگ متاثر از قابلیت زیتوده برگ گیاه در سم زدایی آترازین به دلیل وجود متابولیتها در برگ است. نتایج همچنین نشان می دهد که این گیاه قادر به سم زدایی آترازین و تراوش متابولیتها از ریشه به شن است. نتایج حاکی از آن است که این گیاه در تجزیه آترازین در خاکهای آلوده بسیار موثر است (Murphy, 2009).

مارسیک و همکاران (۲۰۱۲) بر قابلیت گیاه پالایی برخی گیاهان تالابی در حذف آترازین مطالعه کردند. در این راستا میزان تغییرات در زیتوده گیاه و میزان آترازین تجمع یافته در بافت و انتقال آن در بخشهای مختلف گیاهان وج، دم گربه ای پهن برگ و دم گربه ای باریک برگ بررسی شد. قلم نی با بالاترین قدرت تحمل در برابر آترازین و بالاترین نرخ حذف آن از محیط در بین دیگر گیاهان مورد مطالعه معرفی شد. از آنجا که کاهش آترازین در محیط به دلیل نیمه عمر بالا در حدود ۴ الی ۵۷ هفته به کندی صورت می گیرد لذا با استفاده از این گیاه بسیار موثر بدون کاهش در تولید زیتوده در برابر غلظت بالای آترازین میانگین نیمه عمر آن به ۵ روز کاهش یافت. بالاترین میزان حذف آترازین در غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر با راندمان ۹۹ درصد طی ۴۰ روز مطالعه بدست آمد. شایان ذکر است که قابلیت گیاه پالایی بسته به نوع گیاه تغییر می کند. این نوع گونه هم در زمینه رشد و هم در حذف

www.SID.ir

آترازین در محیط آلوده موثر بوده است. نتایج نشان دهنده مقاومت بالای وج در برابر غلظت بالای آترازین بدون تغیر محسوس در رشد گیاه کارایی دو برابر بیشتر از دم گربه ای پهن برگ و ۵ برابر بیشتر از دم گربه ای باریک برگ داشته است (Marecik et al., 2012).

چنگ و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه توان گیاه پالایی صنوبر در جذب آترازین به بررسی تغییرات در زیتوده صنوبر، میزان تعرق گیاه و همچنین میزان جذب، تثبیت و حذف آترازین پرداختند. گیاهان رشد یافته در غلظت کم آترازین و یا شاهد با افزایش زیتوده در طول مدت دو هفته و با رشد برگهای سبز جدید همراه با افزایش ارتفاع روبرو بودند. نمونه های رشد یافته در غلظت بالای آترازین با کاهش رشد و زردی برگ روبرو بودند. وزن نهایی نمونه های رشد یافته در محلولهای با غلظت بالای آترازین به دلیل از دست دادن برگ و یا خشکیدگی در ساقه کمتر از وزن اولیه بود (Chang et al., 2005). در بیشترین غلظت آلودگی آترازین (۱۰ میلی گرم بر لیتر) رشد منفی وجود داشت که در این میان گونه maximowiczii نسبت به سایرین مقاوم‌تر بود. با توجه به میزان آب مصرفی صنوبرها در برابر غلظت‌های مختلف آترازین در مدت ۲ هفته مشخص شد که افزایش غلظت آترازین موجب کاهش تعرق گیاه می‌شود. در غلظت حدود ۳ میلی‌گرم در لیتر آترازین تعرق کاهش یافته و پس از ۶ روز متوقف می شود که برای تمامی گونه های صنوبر صادق است. میزان کاهش تعرق بر سلامت برگ و در میزان زیتوده در کوتاه مدت اثر می‌گذارد (Chang et al., 2005).

در ادامه میزان جذب آترازین و ارزیابی رابطه بین سمیت آترازین و ظرفیت جذب آن توسط صنوبر آزمایش شد. نتایج حاکی از آن است که راندمان حذف آترازین با افزایش غلظت تا ۳ میلی‌گرم در لیتر به سرعت کاهش می یابد در حالیکه در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر آترازین به سرعت از محلول حذف می شود. بیشترین جذب از طریق ریشه در گیاه زنده بوده که البته بخشی هم جذب شیشه می‌گردد. کاهش نرخ حذف آترازین با افزایش غلظت نشان دهنده اثر سمیت آترازین بر قابلیت جذب صنوبر است. از طرفی کاهش جذب آترازین کاملا به تغییر میزان زیتوده و تعرق بستگی دارد. در این بخش نیز جذب در گونه maximowiczii بهتر از سایرین بوده است (Chang et al., 2005).

برکن و همکاران (۱۹۹۷) بر روی جذب و انتقال آترازین در صنوبر و متابولیت‌های آن در بافت‌های گیاه (ریشه، ساقه و برگ) مطالعه کردند. مراحل جذب و روش‌های آنالیز برای جداسازی، پیدا کردن و کمی کردن متابولیت‌های آترازین مانند هیدروکسی آترازین (HA)، دی اتیل آترازین (DEA) ، دایزوپروپیل آترازین (DIA) ، دی اتیل هیدروکسی آترازین (DEHA) و ... با استفاده از ردیاب‌های فرابنفش و ردیاب‌های دیوکروماتوگرافی انجام شد (Chang et al., 2005).

www.SID.ir

آترازین و تولیدات متابولیک در تمامی نمونه‌های آنالیز شده موجود بودند. بر اساس استخراج‌های بعمل آمده از برگ صنوبر بیشترین متابولیت‌های پیدا شده هیدروکسی آترازین (HA) و دی اتیل آترازین(DEA) بوده است. در بیش از ۹۵ درصد موارد متابولیت‌ها همراه با HDAP استخراج شدند. در خاک بدون صنوبر ۵۶ درصد و در بیوراکتور حاوی صنوبر ۵۸ درصد از آترازین را ترکیبات نشاندار کربن ۱۴ تشکیل دادند که تفاوت زیادی وجود ندارد (Chang et al., 2005). در بافت گیاه غلظت متابولیت‌ها بیش از خاک است و میزان غلظت آترازین در هر نمونه گیاه در مقایسه با خاک یا شن موجود در محیط رشد قلمه ها کمتر است. البته میزان تجزیه آترازین موجود در خاک بیوراکتور و در گیاه پس از جذب قابل تشخیص نیست (Burken et al., 1997). مطالعات انجام شده در مدت ۸۰ روز آزمایش نشان می دهد میزان غلظت آترازین در خاک، ریشه و برگ به ترتیب ۵۸ درصد، ۳۹ درصد و ۹ درصد در برگ بوده که روند کاهشی داشته است. در همین مدت میزان غلظت HDAP در خاک، ریشه و برگ به ترتیب ۴ درصد، ۷ درصد و ۴۲ درصد بوده که روند افزایشی داشته است. میزان غلظت HDAP در صنوبرهای کاشته شده در شن در مدت ۴۸ روز از ۸ درصد در ریشه به ۱۹ درصد در برگ افزایش و میزان آترازین از ۷۵ درصد در ریشه به ۲۹ درصد در برگ کاهش یافت (Burken et al., 1997).

کاهش آترازین در مسیر جابجایی در مدت زمان بیشتر از ۱۵ روز نشان دهنده افزایش تبدیل آترازین در بافت صنوبر است. آترازین همراه با دی اتیل آترازین (DEA) و دی ایزوپروپیل آترازین(DIA) در غلظتهای نرمال با گذشت زمان رشد کاهش می‌یابد و باقی متابولیت‌ها بالاخص HDAP افزایش می یابند که نشان دهنده جذب آترازین در بافت گیاه است. میزان غلظت DEA و DIA تجمع یافته با هم در تضاد است. در خاک نیز نرخ دی اتیل شدن ۲ تا ۳ برابر دی ایزوپروپیل شدن است. دی اتیل آترازین یکی از تولیدات تجزیه هوازی آترازین در آبهای سطحی و خاک سطحی است (Burken et al., 1997).

بررسی‌ها حاکی از آن است که میزان تجمع آترازین در محلول هیدروپونیک، ریشه و برگ به ترتیب ۹۶ درصد، ۶۴ درصد و ۴۶ درصد کاهش یافته است. در خصوص هیدروکسی آترازین این میزان از ۲/۱ در صد در محلول به ۲۱ درصد در ریشه و ۱۸ درصد در ساقه و در خصوص دی اتیل آترازین از ۱/۹ درصد در محلول به ۱۱ درصد در ریشه و ۱۹ درصد از کل ترکیبات ساقه افزایش یافت. کاهش هیدروکسی آترازین و دی اتیل آترازین در برگ‌ها نشان دهنده تبدیلات بعدی این دو ماده بصورت تجزیه شدن و دی الکیل شدن و یا تبدیل به DHAP است. متابولیت غالب ردیابی شده در برگ‌ها DHAP بوده است. در تحقیق سال ۱۹۹۷ هم متابولیت‌های تبدیل شده مانند DIA/DEHA/DDA قبل از یافتن DHAP حاوی آملین دیده شدند که در این تحقیق چنین نبود (Chang et al., 2005).

www.SID.ir

بسیاری از گیاهان اکسیژن را در ریشه ها و بخش ریزوسفر خاک انتقال می‌دهند که موجب معدنی شدن هوازی می شود. ریشه ها برخی از ترکیبات مانند آنزیم، آمینو اسید، قند و کربوهیدرات را از خود دفع می‌کنند که مواد مغذی را برای میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می کند (Burken et al., 1996). در مطالعه به منظور مقایسه نرخ معدنی شدن و جذب آترازین در خاک حاوی مقادیر مختلف کربن آلی، با استفاده از خاک لومی سیلتی با ۲۵ درصد مواد آلی و خاک شنی با ۰/۱ درصد مواد آلی ثابت شد که مواد آلی موثر بر جذب آترازین و یا ترکیب با خاک در راستای تثبیت آترازین هستند. قلمه‌های صنوبر در فلاسک‌های چند راکتوره قرار گرفتند. از آترازین نشاندارشده به ایزوتوپ کربن ۱۴ برای ردیابی منبع کربن در ساختار گیاه و در بخارات اطراف خاک استفاده شد. کنترل رطوبت خاک، نور، جریان هوا نیز انجام شد. صنوبرها پس از ۹ روز رشد در شن، ۹۴ درصد از آترازین مورد نظر را جذب کردند و هیچ اثر منفی در رابطه با سمیت نشان ندادند. در خصوص میزان آترازین موجود در بخش خاک که با گذشت زمان کاهش می‌یابد در خاک لومی سیلتی پس از ۲۲ روز فقط ۳۶ درصد در خاک آزاد بود که نشان دهنده جذب زیاد درخت تا این زمان و عدم جذب سطحی خاک بوده است. در این مطالعه دریافتند که در خاک لومی سیلتی با داشتن میزان بیشتر مواد آلی نسبت به خاک شنی بیشتر آترازین جذب سطحی خاک شده و جذب گیاه نمی‌شود (Burken et al., 1996). با آنالیز بخش‌های مختلف گیاه میزان زیادی از آترازین در برگ گیاه تجمع یافته که با توجه به نوع خاک و گذشت زمان انتقال از ریشه به سایر بخش‌ها کاهش می‌یابد. اضافه شدن مواد تراوش شده و مواد آلی از ریشه به خاک در بیوراکتورها معدنی شدن آترازین را در هر دو نوع خاک افزایش می‌دهد و دردسترس بودن آن را برای جذب توسط گیاه کاهش می‌دهد (Burken et al., 1996). افزایش فعالیت‌های میکروبی در بخش ریزوسفر به معدنی کردن سموم و تجزیه آلاینده های آلی کمک می‌کند (Schnoor et al., 1995).

گویماراس و همکاران (۲۰۱۱) مطالعه ای در خصوص توانایی ۳ گیاه ماکروفیت آزولا، سالوینیا و عدسک آبی جهت کاهش آلودگی محیط آلوده به آترازین انجام دادند. با توجه به نتایج بدست آمده این گونه ها بدلیل حساسیت بسیار بالا در برابر غلظتهای بالای آترازین و ایجاد نکروز و کلروز در گیاه موثر در حذف این علف کش از محلولها نشدند و میزان کاهش بسیار محدود بوده است (Guimarães et al., 2011).

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تمامی گیاهان مورد مطالعه توانایی جذب، انتقال، تجزیه و معدنی کردن آترازین را دارند که با توجه به نوع گونه گیاه و شرایط محیطی متفاوت است. استفاده از گونه های ترنسژنیک به دلیل مقاومت بیشتر در برابر آلاینده ها بدون تغییر محسوس در رشد با تولید بیشتر محصولات متابولیکی آترازین، راهکاری بر افزایش کارایی گیاه پالایی این علف کش است. همچنین استفاده از روشهای ترکیبی مانند کاربرد قارچها و گیاهان با یکدیگر نیز به موفقیت بیشتر این فناوری سبز می انجامد.

www.SID.ir

گیاه Brassica juncea (خردل قهوه ای) مقاوم در برابر غلظتهای بالای آترازین است که با گذشت زمان تجمع آن در گیاه بویژه در بخش ریشه افزایش می یابد. بیشترین میزان تجزیه در محیط اطراف ریشه بدلیل وجود جمعیت میکروبی است. گیاه Lolium multiflorum (چمن ایتالیایی) یک گونه مقاوم به آترازین با قابلیت تجزیه آن در کل بافت گیاه بویژه در برگ گیاه است. گیاه switchgrass (علف ترکه) به عنوان یک گونه مقاوم در برابر آترازین با قابلیت تبدیل ۸۰ درصدی آترازین به متابولیتهای با سمیت کمتر راندمان بالایی در تجزیه در بخش ریزوسفری بدلیل وجود جمعیت های میکروبی داشته است. در این رابطه سرگوم نیز از گونه های مهم در امر تجزیه آترازین به شمار می رود. گندم کاشته شده همراه با ذرت در زمین آلوده به آترازین با رشد خوب ریشه و جوانه روبرو بوده که مقدار قابل توجهی از آترازین توسط ذرت جذب و در بخشهای ریشه و برگ بصورت غیرفعال درآمده است.

در بین گیاهان آبزی مورد مطالعه گونه Iris pseudacorus (زنبق زرد) با توان بالا در تجزیه آترازین و انتقال آن به ساقه و برگ بویژه در محیط استریل و تجزیه و معدنی کردن آترازین در محیط آبی غیراستریل و تثبیت در اطراف ریشه بدلیل وجود جمعیت میکروبی و Cerataphyllum demersum (علف شاخی) بدلیل راندمان بالا در حذف آترازین از محیط و تجمع آن در بافت خود بهمراه قابلیت تجزیه آترازین در آب از اهمیت بیشتری برخوردارند. وج (Sweet flag) به عنوان یک گونه تالابی با قدرت بسیار بالا در جذب آترازین بدون کاهش در تولید زیتوده همراه با کاهش سریع نیمه عمر به ۵ روز در غلظتهای بالای آترازین یکی از موفقترین گونه های مورد مطالعه بوده است. صنوبر به دلیل دیربازده بودن، مقاومت کم و کاهش میزان تعرق و جذب در برابر غلظتهای بالای آترازین گونه موثری به نظر نمیرسد ولی با توجه به داشتن ریشه های عمیق تا عمق ۳ متر برای جذب آلاینده ها در عمق خاک کاربرد دارد. با گذشت زمان غلظت آترازین در ریشه صنوبر افزایش یافته و متابولیتهای آن در بخش برگ گیاه بیشتر از سایر بخشها است. جنس خاک و میزان حضور مواد آلی اثر بسزایی در تثبیت و جذب آترازین دارد که در خاک لومی سیلتی به دلیل وجود مواد آلی آترازین در خاک تثبیت و در خاک شنی بیشتر جذب گیاه می شود.

به نظر می رسد در بین گیاهان مورد مطالعه آبزی وج به عنوان یک گیاه چندساله تالابی به دلیل مقاومت بالا و کاهش سریع نیمه عمر آترازین در غلظتهای بالا و از بین گیاهان خشکی زی گل اختر، خردل قهوه ای، چمن ایتالیایی، سرگوم، ذرت و علف ترکه با کارایی بالا قادر به جذب آترازین از آب و خاک و تجزیه آن هستند.

لازم به ذکر است از میان گیاهان مطالعه شده فوق گیاه وج یا اکسیر ترکی به عنوان گیاه باتلاقی و بومی آبهای شیرین آسیا با نیاز نور و دمای متوسط از جمله گیاهان آبی سازگار با شرایط آب و هوایی کشورمان است که کاشت آن در بخش‌های شمالی، جنوبی و غربی کشور رواج دارد. در میان گیاهان خشکی‌زی اشاره شده گیاهان چمن ایتالیایی، سرگوم و چمن ترکه به دلیل مقاومت در برابر

www.SID.ir

خشکسالی و درجه حرارت‌های بالا می توانند کاربرد بسیار خوبی در بسیاری از مناطق کشورمان از جمله مناطق خشک و کم آب داشته باشند. گل اختر، ذرت و خردل از جمله گیاهان با قابلیت کشت آسان و با پراکنش بالا در اکثر مناطق ایران هستند.

با توجه به موارد یاد شده از تمامی گیاهان مذکور می‌توان در زمینه پالایش آب و خاک از علف‌کش آترازین در ایران استفاده نمود که تاکنون در این زمینه مطالعه ای در کشورمان صورت نگرفته است.

منابع:

1- Anderson, K.L.; Wheeler, K.A.; Robinson, J.B.; Tuovinen, O.H.; (2002). Atrazine mineralization potential in two wetlands; Water Res.; Vol. 36; 4785–4794.

2- Briggs, G. G.; Bromilow, R. H.; Evans, A. A.; (1982). Pestic. Sci.; Vol. 1; 495-504.

3- Burken, Joel; Schnoor, Jerald l.; (1997). Uptake and Metabolism of Atrazine by Poplar Trees; Environment and Science Technology; Vol.31; No.5; 1399-1406.

4- Burken, J.G.; Schnoor, J. L.; (1996). Phytoremediation: plant uptake of atrazine and role of root exudates; Journal of Environmental Engineering (ASCE); Vol. 122; 958-963.

5- Chang, Soon-Woong; Lee, Si-Jin; Je, Chung-Hwan; (2005). Phytoremediation of Atrazine by Poplar Trees: Toxicity, Uptake, and Transformation; Journal of Environmental Science and Health; Part B; Vol. 40; 801-811.

6- Cho-Ruk, K., et al.; (2006). Perennial plants in the phytoremediation of lead-contaminated soils; Biotechnology; Vol. 5(1); 1-4.

7- Dong, J., Wang, L., Ma, F., Yang, J., Qi, S., Zhao, T., (2016). The effect of Funnelliformis mosseae inoculation on the phytoremediation of atrazine by the aquatic plant Canna indica L. var. flava Roxb, International journal to further the chemical sciences, Issue 27; 22538-22549.

8- Gratao, P.L., Prasad, M.N.V., Cardoso, P.F., Lea, P.J., Azevedo, R.A.; (2005). Phytoremediation: green technology for the cleanup of toxic metals in the environment; Brazilian Journal of Plant Physiology; vol. 17; 53-64.

9- Guimarães, F.P.; Aguiar, R.; Karam, D.; Oliveira, J.A.; Silva, J.A.A.; Santos, C.L.; Sant'anna-Santos, B.F.; Lizieri-Santos, C.; (2011). Potential of macrophytes for removing atrazine from aqueous solution; Planta daninha; vol.29.

10- Ibrahim, S.I., Abdel Lateef, M.F., Khalifa, H.M.S., A.E. Abdel Monem; (2013). Phytoremediation of atrazine contaminated soil using Zea mays (maize); Annals of Agricultural Science; Vol. 58, No. 1; 69–75.

11- Kawahigashi, H., Hirose, S., Ohkawa, H., Ohkawa, Y., (2006). Phytoremediation of the Herbicides Atrazine and Metolachlor by Transgenic Rice Plants Expressing Human CYP1A1, CYP2B6, and CYP2C19, Agric. Food Chem., Vol. 54, No. 8, 2985–2991.

12- Lin, C.H., Lerch, R.N., Garrett, H.E., George, M.F., (2008). Bioremediation of Atrazine-Contaminated Soil by Forage Grasses: Transformation, Uptake, and Detoxification, J. Environ. Qual.; Vol. 37; 196–206.

Archive of SID

www.SID.ir

13- Marecik, R.; Bialas, W.; Cyplik, P.; Lawniczak, l.; Chrzanowski, L.; (2012). Phytoremediation Potential of Three Wetland plant Species toward Atrazine in Environmentally Relevant Concentrations, Pl. J. Environ. Stud. Vol. 21, No. 3, 697-702.

14- Mccutcheon, S.C., Schnoor, J.L., (2004). Phytoremediation, Transformation and control of contaminants; Journal of Hazardous Materials; Vol. 108; Issues 1–2; 142–143.

15- Mercer, Tammy; (1999). Restoration and Reclamation Review of Phytoremediation of Atrazine; Student on-line Journal; Department of Horticultural Science; University of Minnesota; Vol 5; No.4; 1-7.

16- Merini, L., Bobillo, C., Cuadrado, V., Corach, D., Giuliett, A., (2009). Phytoremediation potential of the novel atrazine tolerant Lolium multiflorum and studies on the mechanisms involved, Environmental Pollution 157 3059–3063.

17- Moffat, A.S., (1995). Plants proving their worth in toxic metal cleanup; Science; vol.269; 302-303.

18- Moosavi, Seyyed Gholamreza; Seghatoleslami, Mohamd Javad; (2013). Phytoremediation: A reviewAdvance in Agriculture and Biology, 1 (1): 5-11.

19- Murphy, I.J., (2009). Uptake and degradation of atrazine utilizing phytoremediation technology with switchgrass, (Panicum virgatum), A thesis submitted to the graduate faculty in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Iowa State University.

20- Pathak, R., Dikshit, A., (2011). Various Techniques for Atrazine Removal, International Conference on Life Science and Technology, IPCBEE Vol.3; 19-22.

21- Paz-Alberto1, Annie Melinda; Sigua, Gilbert C.; (2013). Phytoremediation: A Green Technology to Remove Environmental Pollutants; American Journal of Climate Change, Vol. 2, 71-86.

22- Prasad, M.N.V., Freitas, H., (2003). Metal hyper accumulation in plants – Biodiversity prospecting for phytoremediation technology; Electronic Journal of Biotechnology; vol. 6; 275–321.

23- Rice, P.J., Anderson, T.A., Anhalt, J.C., Coats, J.R., (1997). Phytoremediation of Atrazine and Metolachelor Contaminated Water with Submerged and Floating Aquatic Plants; 1-2.

24- Schnoor, J. L., Licht, L.A., McCutcheon, S.C., Wolf, N.L., Carreira, L.H.; (1995). Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. Environmental Science & Technology; Vol.29 (7); 318A-323A.

25- Shahana, K., Rupali, G., (2013). Phytoremediation potential of Brassica juncea L. with reference to Atrazine, Int. Res. J. of Science & Engineering, Vol.1 No.1, 5- 9.

26- Sykes, M., Yang, V., Blankenburg, J., Abu Bakr, S., (1999). Biotechnology: working with nature to improve forest resources and product; International Conference of environment; vol. 29; 631-637.

27- Wang, H., Xiwen Xing, X., Xiaohua Chen, D., (2010). Transgenic tobacco plants expressing atzA exhibit resistance and strong ability to degrade atrazine, National Agricultural Library, United States, Plant Cell Reports; , Vol. 29; Issue 12; 1391.

28- Wang, Y., Yan, A., Dai, J., wang, N., Wu, D., (2012). Accumulation and tolerance characteristics of cadmium in Chlorophytum comosum: a popular ornamental plant and potential Cd hyperaccumulator; Environ Monit Assess; 184(2):929-37.

29- Wang, Q., Zhang, W., Li, C., Xiao, B., (2012). Phytoremediation of atrazine by three emergent hydrophytes in a hydroponic system, water Science & Technology, Vol. 66, No.6; 1282-1288.

Archive of SID

www.SID.ir

“The role of plants to remediate water and soil pollution with atrazine herbicide”

Elahe Javadi

Department of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R.Iran, E-mail:elahe.javadii@gmail.com

Lobat Taghavi

Department of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R.Iran, E-mail:taghavi_lobat@yahoo.com

Abstract

Today, soil and water pollution by using pesticides especially herbicides is increasing to promote agricultural efficiency. Atrazine as a common herbicide with high water solubility and half-life has been used by farmers from many years ago. Phytoremediation method uses to remove and stabilize toxic pollutants.

This study performs on available reviewed articles by reviewed-descriptive method. The different last studies results on uptaking, degradation and mineralization of atrazine in various aquatic and terrestrial plants surveyed. The results show that transgenic plants with high resistance against pollutants and mixture of Phytoremediation with bioremediation are effective for increasing the efficiency of pollutants removal.

Among aquatic plants Sweet flag as a wetland plant with high resistance to the atrazine and rapid reduction of its half-life in high concentrations and some terrestrial plants such as Canna indica, Brassica juncea, Lolium multiflorum, Sorghum vulgare, Zea mays and Switchgrass are suitable and efficient atrazine removal plants.

Key words: Phytoremediation, Atrazine, Aquatic Plants, Terrestrial Plants

Archive of SID

www.SID.ir