Archive of SID

علـوم محیـطی سال پنجم ، شماره چهارم، تابستان ۱۳۸۷
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.5, No.4 , Summer 2008
۵۳-٦٤

ارزیابی تأثیر بافت و مواد آلی خاک بر تجزیه علف کش آترازین

ابراهیم ایزدی،[۱*] محمد حسن راشد محصل[۱]،اسکندر زند[۲]، مهدی نصیری محلاتی[۱]، امیر لکزیان[۱]

۱- گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی

۲- بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی

چکیده

آترازین مهم‌ترین علف کش خانواده تریازین‌ها است که جزو آفت کش‌های با نیمه عمر متوسط طبقه‌بندی می‌شود. به منظور بررسی تأثیر بافت و مواد آلی خاک بر تجزیه آترازین، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقات علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی اجرا شد. بافت خاک در دو سطح (لوم شنی و رس سیلتی)، مواد آلی (کود دامی) در سه سطح (۰، ۲ و ۵ درصد وزنی) عوامل مورد بررسی در این آزمایش بودند. برای آلوده کردن خاک به آترازین از انحلال آترازین تجاری در متانول استفاده شد و نمونه‌ها به نسبت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک آلوده شدند. در طول آزمایش در دمای ثابت ۳۰ درجه سانتی‌گراد، در شرایط تاریکی و در ۴ دوره زمانی ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز در انکوباتور نگهداری شدند و باقیمانده آترازین در پایان هر دوره خواباندن نمونه‌ها توسط دستگاه HPLC تعیین شد. تحلیل نتایج، با استفاده از آنالیز رگرسیون و برازش داده‌ها به معادله سینتیکی درجه اول انجام شد. نتایج، حاکی از تأثیر معنی‌دار بافت خاک و مواد آلی بر سرعت تجزیه و نیمه عمر آترازین بود. تجزیه آترازین در خاک با بافت رس سیلتی، در شرایط عدم کاربرد کود آلی ۱/۵۴ برابر خاک با بافت لوم شنی و نیمه عمر آن در دو بافت به‌ترتیب ۹۰ و ۱۳۸/۶ روز بود. افزودن ۲ و ۵ درصد کود آلی در خاک لوم شنی، ضریب تجزیه آترازین را به ترتیب ۱/۱۴ و ۱/۸ برابر و در خاک رس سیلتی، ۱/۵۴ و ۲/۳۶ برابر افزایش، و نیمه عمر آن را در خاک لوم شنی، از ۱۳۸/۶ به ۱۲۱/۵۷ و ۷۷ روز و در خاک رس سیلتی، از ۹۰ روز به ۵۸/۲۲ و ۳۸ روز کاهش داد. به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان دادند که تجزیه آترازین در خاک رس سیلتی به‌مراتب بیشتر از خاک لوم شنی است و مواد آلی نقش مهمی در سرعت تجزیه آترازین دارند و می‌توانند به عنوان پالاینده این علف کش در خاک مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: آترازین(ایترکس)، بافت خاک، ماندگاری، مواد آلی، نیمه عمر.

Evaluation of Soil Texture and Organic Matter on Atrazine Degradation

Ebrahim Izadi[1], Mohammad Hassan Rashed Mohassel[1], Eskandar Zand[2], Mehdi Nassiri mohalati[1], Amir Lakzian[1]

1- *Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad*

2- *Department of Weed Research, Plant Protection Research Institute, Tehran, Iran.*

Abstract

Atrazine is the most important triazine herbicides with moderately persistence in soil. The objective of this investigation was to study the degradation of atrazine (50 ppm) in two soils different in texture. Experiment was conducted in completely randomized design with factorial arrangement and 3 replications. Experimental factors included, soil texture (sandy loam and silty clay) and organic manure (0, 2 and 5 percent(w/w)). Soil samples were incubated at 30 oC and dark conditions for 0, 20, 40 and 60 days. At the end of each incubation period, atrazine residue was measured with HPLC. Data was fitted to first order kinetic equation for analysis. Results showed that soil texture and organic manure had significant effects on atrazine degradation rate. Atrazine degradation rate in clay soil with no organic amendment was 1.54 times higher than sandy soil and its half life were 138.6 and 90 days in two soil respectively. Atrazine degradation coefficient increased by 1.14 , 1.8 times in sandy loam soil and by 1.54 , 2.46 times in silty clay soil with 2 percent and 5 percent organic amendment, and the half-life decreased from 138.6, days to 121.57 and 77 days in sandy soil and from 90, days to 58.22 and 38 days in clay soil. It seems that atrazine degredation in silty clay soil is more than sandy loam soil and soil organic manure have an important role in atrazine bioremediation.

Keywords: Atrazine (Aaterax), half-life, organic matter, degradation, soil texture.

* Corresponding author. *E-mail Address*: eizadi2000@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آترازین مهم‌ترین و پرکاربردترین علف‌کش خانواده تریازین‌های متقارن است که به طور گسترده‌ای در سطح جهانی (Corriea *et al*., 2007; Gu *et al*., 2003; Shaner and Henry, 2007) و ایران (Zand *et al*., 2002) به عنوان یک علف‌کش انتخابی پیش‌کاشت، پیش رویشی و یا بلافاصله پس از رویش برای کنترل علف‌های هرز ذرت، نیشکر و زمین‌های غیر زراعی، به‌کار می‌رود (Tasli*et al*., 1996). افزایش بی‌رویه کاربرد این علف‌کش، در بسیاری از نقاط دنیا، آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن را به یک مشکل جهانی تبدیل کرده است. در این ارتباط می‌توان به آلودگی آب‌های زیرزمینی (Briceno and Palma, 2007; Kadian *et al*., 2007; Popov *et al*., 2005; Shaner and Henry, 2007) و ماندگاری آترازین در خاک (Corriea *et al*., 2007; Forouzangohar *et al*., 2005; Itoh *et al*., 2003; Kadian *et al*., 2007; Popov *et al*., 2005) از طریق تأثیر بر بهداشت آب آشامیدنی، ریز موجودات خاک و سلامت اکوسیستم خاک اشاره کرد. در کانادا این علف کش جزء ۸۳ آفت کش مهم آلاینده آب طبقه بندی شده است و در مناطقی که به‌کار می‌رود غلظت آن بیش از حد استاندارد است. در رودخانه‌های ایالات متحده آمریکا غلظت آن از صفر تا ۸۷، در آب‌های مدیترانه از ۰/۰۱۷ تا ۰/۳۸۵ و در دریای بالتیک و سیاه از ۰/۰۰۱ تا ۰/۱۱ میکروگرم در لیتر گزارش شده است (Bentein and Devillers, 1996). با توجه به موارد مذکور به نظر می‌رسد، برای کاهش خطر آلودگی‌های ناشی از این علف‌کش لازم است که عوامل موثر بر سرنوشت آن در محیط شناخته شود (Briceno and Palma, 2007). از آنجایی که در علف‌کش‌های خاک مصرفی مثل آترازین، خاک مخزن اصلی ذخیره و نگهداری آنها است، درک عوامل موثر بر ماندگاری و تجزیه آنها به منظور شناخت سرنوشت آنها مهم است (Theng *et al*., 200).

منابع مختلف، آترازین را یک علف‌کش نسبتاً پایدار گزارش کرده‌اند که بسته به شرایط نیمه عمری بین ۶ روز (Mueller *et al*., 2003) تا بیش از یک سال دارد (Robert *et al*., 2006; Strek, 2005). به نظر می‌رسد پایداری نسبتاً بالای این علف‌کش در خاک و نیز تحرک زیاد آن در لایه سطحی و زیر سطحی خاک، ضمن این‌که احتمال آلودگی منابع آب زیرزمینی و رواناب‌ها را افزایش می‌دهد، با تاثیر بر جامعه میکروبی خاک پایداری اکوسیستم خاک را نیز تهدید نموده (Forouzangohar *et al*., 2005; Itoh *et al*., 2003; Mueller *et al*., 2003)، و از سوی دیگر، محدودیت تناوب زراعی در محصولات زراعی حساس به این علف‌کش را افزایش می‌دهد (Itoh *et al*., 2003; Strek, 2005). درک عوامل و فرایندهای موثر بر سرنوشت علف‌کش‌ها امکان استفاده از پتانسیل‌های لازم جهت کاهش آلودگی‌های احتمالی را فراهم می‌کند (Briceno and Palma, 2007; Popov *et al*., 2005). تجزیه زیستی و شیمیایی فرایندهای اصلی تعیین کننده سرنوشت آترازین در خاک هستند (Mbuya *et al*., 2001; Mueller *et al*., 2003; Robert *et al*., 2006; Schoenau *et al*., 2005) که تحت تاثیر عوامل خاکی از جمله اسیدیته (Halloway *et al*., 2006)، درجه حرارت (Strek, 2005) و به خصوص بافت و مقدار مواد آلی (Forouzangohar *et al*., 2005; Tasli *et al*., 1996) قرار می گیرند. بافت خاک از طریق تأثیر برجذب و دفع آفت‌کش عامل مهمی در این رابطه است. از یک نظر افزایش درصد رس از طریق افزایش جذب آفت‌کش به خصوص در آفت کش‌های قطبی، به ذرات رس مانع آبشویی شده و از سوی دیگر به دلیل ظرفیت نگهداری بیشتر آب، واکنش هیدرولیز (تجزیه شیمیایی) در این خاک‌ها به‌مراتب نسبت به خاک‌های بافت درشت بیشتر است، و نقش احتمالی آن در تجزیه آفت‌کش بیشتر خواهد بود (Schoenau *et al*., 2005). براساس مطالعات انجام شده، رابطه مستقیمی بین سرعت تجزیه آترازین،

www.SID.ir

Archive of SID

درصد رس و مواد آلی مشاهده شده است. مولر و همکاران (۲۰۰۳)، در ارزیابی روند تجزیه آترازین در نقاط مختلف مزرعه، اختلاف بافت خاک در نقاط مختلف مزرعه را از عوامل مهم در اختلاف سرعت تجزیه آترازین عنوان کرده‌اند. نامبردگان ضمن اشاره به نقش تعیین کننده بافت خاک در سرنوشت آترازین، دریافتند که تنوع در مقدار مواد آلی وبافت خاک نقاط مختلف در ارزیابی روند تجزیه آترازین نیز بی‌تأثیر نیست به طوری‌که اختلاف در محتوی مواد آلی و رس خاک نیمه عمر آن را از ۳ روز تا ۲۰ روز تغییر خواهد داد. ویلاردی و همکاران (۲۰۰۸) و فوسکالدو و همکاران (۱۹۹۹) به ترتیب در علف‌کش‌های 2,4-D، دایکامبا، متسولفورون متیل، فلوپیروسولفورن متیل سدیم و آترازین، مترییوزین و سیمازین به نقش مؤثر مواد آلی و رس در سرعت تجزیه علف‌کش‌های مذکور اشاره کردند. نامبردگان در تمام علف‌کش‌های مورد مطالعه رابطه مستقیمی بین محتوی رس و مواد آلی با سرعت تجزیه آفت‌کش‌ها گزارش کردند. با توجه به مطالعات فوق، به نظر می‌رسد، مواد آلی خاک، هم از طریق فرایندهای جذب و دفع علف‌کش و هم از طریق تغییر در فعالیت و جمعیت میکروبی خاک بر تجزیه زیستی آترازین موثر باشد. اعتقاد بر این است که تقویت جمعیت میکروبی خاک از طریق افزودن مواد آلی نقش موثری در تجزیه آترازین دارد (Briceno and Palma, 2007; Moorman *et al*., 2000). نظر به این‌که آترازین از علف‌کش‌های با نیمه عمر متوسط به بالا محسوب می‌شود که پتانسیل آلودگی زیست بوم خاک و منابع آب را دارد (Strek, 2005). این تحقیق با هدف امکان پالایش آترازین در خاک‌های زراعی کشور با تأکید بر نقش بافت و مواد آلی خاک انجام شد. درک عوامل فوق در مدیریت کاربرد و بقای این علف‌کش در خاک مفید خواهد بود.

مواد و روش‌ها

نمونه خاکی با بافت سنگین از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری مزرعه‌ای در شیروان که سابقه کاربرد آترازین را نداشت انتخاب و پس از هوا خشک کردن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و بافت آن به روش هیدرومتری مشخص شد. پس از تعیین بافت خاک با اضافه کردن ذرات شن که قبلاً از الک ۲ میلی‌متری عبور و توسط آب مقطر شسته شده بودند، بافت خاک با استفاده از جدول بافت خاک و به روش وزنی به لوم شنی تغییر داده شد. جمعیت باکتری‌های خاک با استفاده از روش شمارش کلنی در محیط کشت خاک محاسبه شد (Wollum, 1986). برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. علف‌کش آترازین با نام تجاری ایترکس[1] محصول شرکت مشکفام فارس با درجه خلوص ۸۰ درصد و فرمولاسیون پودر وتابل[2] از بخش تحقیقات علف‌های هرز موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور تهیه و قبل از استفاده درجه خلوص آن با روش HPLC تأیید شد(Forouzangohar *et al*., 2005). نمونه استاندارد شیمیایی آترازین نیز با درجه خلوص ۹۶/۲ درصد از شرکت سینجنتا تهیه شد.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و به صورت فاکتوریل ۳×۳×۲ انجام شد که عوامل مورد بررسی شامل دو بافت خاک (رس سیلتی و لوم شنی)، ماده آلی (کود گاوی) در سه سطح (۰، ۲ و ۵ درصد وزنی) بودند. برای تهیه تیمارهای مورد نظر ۱۰۰ گرم خاک از هر دو بافت، با احتساب مواد آلی اضافه شده و با در نظر گرفتن رطوبت هوا خشک انتخاب و پس از تقسیط آن به دو قسمت مساوی بر روی صفحه‌ای پلاستیکی ریخته و یک قسمت آن به نسبت ۵۰ میلی‌گرم آترازین در کیلوگرم خاک خشک مخلوط شد. برای مخلوط کردن خاک، به علف‌کش از انحلال آترازین تجاری در متانول ۹۹/۹ درصد استفاده شد(Forouzangohar *et al*., 2005). پس

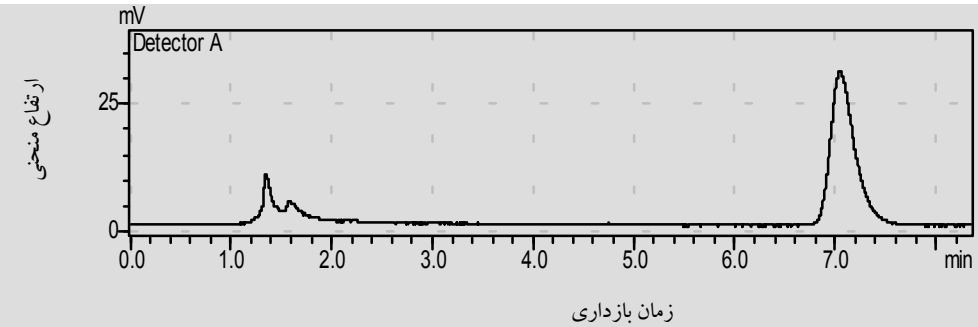
www.SID.ir

Archive of SID

از اختلاط کامل علف‌کش با خاک، دو قسمت خاک با هم مخلوط و در ظروف پلاستیکی یک بار مصرف قرار داده شدند. برای این منظور محلول آترازین با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم آترازین خالص (۱۲۵۰ میلی‌گرم آترازین تجاری) در یک لیتر محلول تهیه و پنج میلی‌لیتر از محلول مذکور توسط پیپت سرنگی بر روی خاک ریخته شد. پس از تبخیر کامل متانول در شرایط دمایی آزمایشگاه کاملاً با خاک مخلوط شد. بدین ترتیب آترازین با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به خاک اضافه شد. ظروف پلاستیکی محتوی خاک‌های تیمار شده در داخل انکوباتور در شرایط تاریکی و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد(۲) ، با دقت(±۱) و در ۴ دورهٔ نگهداری ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز قرار داده شدند و در طول آزمایش با استفاده از آب مقطر دو بار تقطیر شده ، رطوبت خاک‌ها در حد ۷۰ درصد ظرفیت زراعی حفظ شد. در انتهای هر دورهٔ زمانی تیمارهای مورد نظر از انکوباتور خارج و تا زمان استخراج علف‌کش در داخل فریزر در دمای $-۲۶^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

برای استخراج باقی‌مانده علف‌کش ، ۵۰ گرم از خاک مورد نظر توزین و در داخل ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته و پس از اضافه کردن ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول متانول: آب خالص به نسبت ۷۰: ۳۰ به مدت دو ساعت با استفاده از یک شیکر افقی با سرعت ۲۳۰ دور در دقیقه و در دمای اتاق تکان داده شد. پس از رسوب خاک سوسپانسیون و مخلوط حاصل بوسیله کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف و قبل از تزریق عصاره‌ها به دستگاه HPLC ، ۵ میلی لیتر عصاره از فیلتر سرنگی ۰/۲ میکرومتری عبور داده شدند(۱۹). دستگاه HPLC از نوع Shimadzu، LC-4A با یک ستون فاز معکوس zorbax ODS(C18) ($۴/۶^{mm}\times۱۵^{cm}$) بود. فاز متحرک محلول متانول: آب دیونایز با نسبت حجمی ۶۰:۴۰ بود که با شدت جریان یک میلی‌لیتر در دقیقه مورد استفاده قرار گرفت. حجم عصاره تزریق شده به سیستم، ۵۰ میکرولیتر بود و دستگاه آشکارساز HPLC از نوع UV-VIS spectrophotometric Detector SPD-2AS ، بود که طول موج مورد استفاده به منظور حداکثر آشکارسازی آترازین ۲۲۰ نانومتر انتخاب شد. دمای تزریق به ستون نیز همان دمای اتاق بود که و حد تشخیص یک پی پی‌ام بود(Forouzangohar *et al*., 2005).

قبل از تزریق نمونه‌های مجهول به دستگاه، محلول‌های استاندارد تهیه و پس از تزریق به دستگاه، محل ظهور پیک آترازین مشخص شد. شکل ۱ محل و زمان بازداری منحنی استاندارد آترازین را نشان می‌دهد.



نام منحنی	غلظت	سطح زیر منحنی	ارتفاع منحنی	زمان شروع منحنی	زمان پایان منحنی	زمان بازداری
STD (استاندارد آترازین)	۵۰ پی پی ام	۷۴۲۱۲۶	۳۸۷۲۵	۶/۷۷	۸/۳۲	۷/۱۴

شکل ۱- ویژگی‌ها و محل ظهور منحنی استاندارد آترازین

www.SID.ir

Archive of SID

پس از حصول داده‌های آزمایش تحلیل نتایج با استفاده از آنالیز رگرسیون توسط نرم افزار Sigmaplot ver,10 انجام و برای این منظور داده‌های حاصل به معادله سینتیکی درجه اول (معادله۱) برازش داده شدند.

$$C_{(t)} = C_0 e^{-kt} \qquad \text{(معادله ۱)}$$

که در آن $C_{(t)}$ غلظت ماده در زمان t، C_0 غلظت اولیه ماده، k ضریب تجزیه آترازین(میلی‌گرم در روز) و t زمان(روز) است. نیمه عمر آترازین با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد(Tasli *et al*., 1996).

$$HT = \frac{Ln\,(2)}{K} = \frac{0.693}{K} \qquad \text{(معادله ۲)}$$

که در آن HT نیمه عمر و k ضریب تجزیه آترازین در معادله(۱) می‌باشند.

از معادله ۳ نیز به منظور بررسی اختلاف معنی‌داری خطوط برازش شده استفاده شد.

$$\tau = \frac{b_2 - b_1}{\sqrt{S^2 b_1 + S^2 b_2}} \qquad \text{(معادله۳)}$$

که در آن ، b_1, b_2 شیب خطوط برازش شده، S^2b_1 و S^2b_2 انحراف معیار ضرایب، هستند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه

خصوصیات	خاک لوم شنی	خاک رس سیلتی	کود آلی
درصد شن	۶۰/۴	۱۲	–
درصد سیلت	۳۱/۳	۴۶	–
درصد رس	۸/۳	۴۲	–
pH کل اشباع	۸/۰۵	۸/۰۶	–
EC عصاره اشباع(dSm^{-1})	۲/۸	۳/۶۲	–
درصد کربن آلی	/۵۳	۰/۸۴	۲۹/۴۲
درصد نیتروژن کل	/۰۶	/۰۹۸	۱/۹۵
نسبت کربن به نیتروژن	۸/۸۳	۸/۵۷	۱۵/۰۸
درصد اشباع	۲۴/۳۵	۴۰	–
درصد رطوبت ظرفیت زراعی	۷/۷	۱۶/۳	–
جمعیت باکتریها (تعداد در گرم خاک)	$۱/۷۹۵\times۱۰^{۶}$	$۲/۳۳۵\times۱۰^{۶}$	–

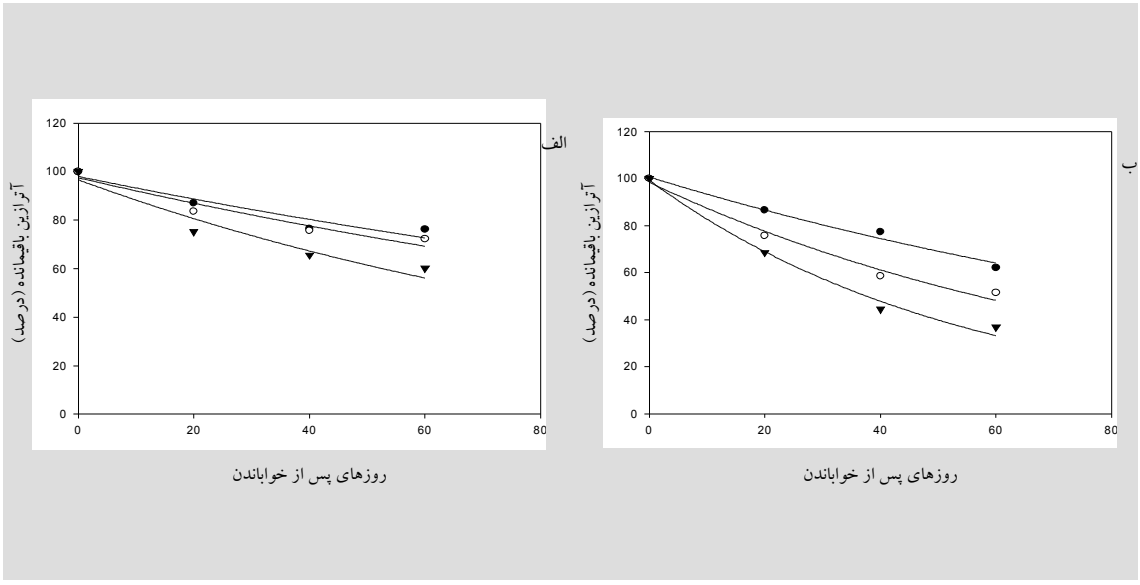
www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

براساس نتایج حاصل از آزمایش، اختلاف معنی‌داری در کارایی استخراج آترازین در دو بافت خاک و همچنین در سطوح مختلف مواد آلی اختلافی وجود نداشت. به‌طوری‌که در دو خاک رس سیلتی و لوم شنی و در سطوح مختلف ۰، ۲ و ۵ درصد کود آلی کارایی استخراج آترازین به ترتیب ۷۶/۹۳، ۷۶/۷۷،۹۶/۴ و ۷۶/۷۷،۶۱/۷۶،۱۳/۹۹ درصد بود، که در مقایسه با نتایج مولر و همکاران (2003) (۹۱درصد) اختلاف دارند. در این ارتباط محققین استفاده از محلول متانول در آب را روش مفید و قابل قبولی برای استخراج آترازین از محیط خاک می‌دانند (Briceno and Palma, 2007; Cupples *et al*., 2000; Forouzangohar *et al*., 2005; Goh *et al*., 1991; Mueller *et al*., 2003) و در مطالعات مربوط به ماندگاری آترازین در خاک به عنوان یک روش پذیرفته به کار می‌رود. احتمال دارد اختلاف در نتایج حاصل به دلیل شرایط مختلف حاکم بر آزمایش، مثل درجه حرارت در زمان استخراج (Goh *et al*., 1991; Mueller *et al*., 2003; Briceno and Palma, 2007)، نسبت محلول متانول و آب (Bentein and Devillers, 1996; Forouzangohar *et al*., 2005) و روش‌های اضافی به‌کار برده شده مثل سانتریفوژ (Ebeto and koyo, 2005) باشد. گاه و همکاران (۱۹۹۱)، کارایی استخراج آترازین با روش مذکور را از ۹۰ تا ۱۰۶ درصد گزارش کرده‌اند (Goh *et al*., 1991).

نتایج نشان دادند که بافت خاک تأثیر معنی‌داری بر سرعت تجزیه آترازین داشت. به طوری‌که ضریب تجزیه آترازین(k) در خاک رس سیلتی، در شرایط عدم کاربرد کود آلی ۱/۵۴ برابر خاک لوم شنی بود. (جدول ۲) و درصد باقیمانده آترازین، در خاک رس سیلتی، کمتر از خاک لوم شنی بود (شکل ۲). براساس نتایج آزمایش، ۲۰ تا ۴۰ روز پس از خواباندن نمونه‌ها در انکوباتور، باقی‌مانده آترازین در دو خاک اختلافی نداشتند. اما پس از ۴۰ روز، روند تجزیه آترازین در خاک رس سیلتی سریع‌تر از خاک لوم شنی بود، به طوری‌که در ۶۰ روز پس از خواباندن، باقی‌مانده آن در خاک رس سیلتی، ۱۴ درصد کمتر از خاک لوم شنی بود (شکل ۲).



شکل ۲- تجزیه آترازین در خاک لوم شنی(الف) و رس سیلتی(ب) در سطوح مختلف صفر(•) دو(○) و پنج(▼) درصد مواد آلی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده توسط مدل نمایی درجه اول و طول عمر آترازین در تیماری‌های مختلف

بافت خاک	مواد آلی(درصد)	K(میلی گرم در کیلوگرم در روز)	C_0(درصد)	DT50(روز)	سطح احتمال	R^2
لوم شنی	۰	۰/۰۰۵۰(۰/۰۰۱۱)×	۹۷/۹۹(۳/۵۸)	۱۳۸/۶۰	۰/۰۴۵	۰/۹۱
	۲	۰/۰۰۵۷(۰/۰۰۱۱)	۹۷/۴۳(۳/۴۲)	۱۲۱/۵۷	۰/۰۳۳	۰/۹۳
	۵	۰/۰۰۹(۰/۰۰۱۷)	۹۶/۵۹(۴/۸۶)	۷۷/۰۰	۰/۰۳۲	۰/۹۳
رس سیلتی	۰	۰/۰۰۷۷(۰/۰۰۰۷	۱۰۰/۶۲(۲/۲۱)	۹۰/۰۰	۰/۰۲۹	۰/۹۸
	۲	۰/۰۱۱۹(۰/۰۰۱۱)	۹۸/۴۲(۳/۱۲)	۵۸/۲۳	۰/۰۰۹	۰/۹۸
	۵	۰/۰۱۸۲(۰/۰۰۱۴)	۹۹/۲۵(۳/۲۸)	۳۸/۰۰	۰/۰۰۵	۰/۹۸

× انحراف معیار

جدول ۳- مقادیر t و مقایسات خطوط برازش داده شده در تیمارهای مختلف

تیمار	S_1O_1	S_1O_2	S_2O_0	S_2O_1	S_2O_2
S_1O_0	۱۴/۱۵**	۲۱/۸۴**	۱۷/۰۷**	۱۱/۹۵**	۳/۹۰*
S_1O_1		۱۱/۵۶**	۲۲/۸۷**	۲۰/۲۲**	۶/۸۹**
S_1O_2			۲۷/۲۶**	۵/۱۳**	۱۶/۲۶**
S_2O_0				۳/۹۷*	۱۱/۸۴**
S_2O_1					۹/۶۹**

s_1، خاک بافت سنگین و s_2، خاک بافت سبک

O_0، O_1، O_2 بترتیب مواد آلی در سطح ۰، ۲ و ۵ درصد.

×، ×× و ns بترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی داری

منابع مختلف بافت خاک را از عوامل مهم و تأثیرگذار بر ماندگاری آفت‌کش‌ها در خاک می‌دانند (Cupples 2003; Schoenau *et al*., 2005; Halloway *et al*., 2006; Mueller *et al*., 2000) که با تأثیر بر جذب و تجزیه آفت کش‌ها، ماندگاری آنها را متأثر می‌سازند. تأثیر بافت خاک بر تجزیه آفت‌کش‌ها بسته به نوع آفت‌کش تفاوت دارد، و توجه به این مهم در مدیریت کاربرد آنها مفید است. هالاوی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی ماندگاری علف‌کش ایمازاتاپیر در شرایط مزرعه‌ای دریافتند که ماندگاری آن در خاک رابطه مستقیمی با مقدار رس داشت به طوری‌که با افزایش مقدار رس خاک، ماندگاری این علف‌کش از ۵ تا ۳۳ ماه تغییر می‌کند(Halloway *et al*., 2006). حال این‌که فروزان گوهر و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه خود، مشاهده کردند که در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی در خاک بافت سنگین سرعت تجزیه آترازین بیشتر و نیمه عمر آن کمتر است(Forouzangohar *et al*., 2005). اختلاف در نتایج فوق را علاوه بر تفاوت در ویژگی‌های

www.SID.ir

Archive of SID

فیزیکوشیمیایی علف‌کش‌ها، می‌توان به شرایط انجام آزمایش نیز نسبت داد (Buelk et al., 2005; Ebeto and koyo, 2005). در شرایط مزرعه‌ای، آبشویی آفت‌کش که از مهم‌ترین فرایندهای تعیین کننده سرنوشت آن به شمار می‌رود، نقش مهمی در تعیین و پیش‌بینی بقایای آفت‌کش در لایه سطحی خاک دارد. این مهم به‌ویژه در خاک‌های بافت سبک که قابلیت آبشویی بالاتری دارند، نمود بیشتری دارد. لذا احتمال می‌رود در شرایط مزرعه در خاک‌های بافت سبک، بقایای آترازین در لایه سطحی کمتر از خاک بافت سنگین باشد. آترازین از علف‌کش‌هایی است که قابلیت آبشویی بالایی دارد و در شرایط مزرعه بخشی از آن از لایه سطحی خاک شسته شده و از دسترس تجزیه شیمیایی و زیستی خارج می‌شود(Tasli *et al*., 1996). از این‌رو در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی با حذف این عامل به طور دقیق‌تری نقش تجزیه شیمیایی و زیستی بافت خاک در ماندگاری آفت‌کش ارزیابی می شود. از یک سو در خاک‌های سنگین به دلیل افزایش درصد رس، جذب سطحی آفت‌کش‌ها بیشتر خواهد شد، که این مسأله در کاهش آبشویی آفت‌کش و آلودگی منابع زیرزمینی موثر است، ولی دسترسی ریز موجودات را برای تجزیه آن کاهش می‌دهد. از سوی دیگر افزایش درصد رس تجزیه شیمیایی (هیدرولیز) آفت‌کش را افزایش می‌دهد (Itoh *et al*., 2003; Strek, 2005) و با توجه به این‌که خاک‌های سنگین از ظرفیت نگهداری آب بالاتری برخوردار هستند وجود این ویژگی نیز می‌تواند نقش تجزیه هیدرولیزی آفت‌کش را در این خاک‌ها افزایش دهد (Strek, 2005) با در نظر گرفتن این مسأله و با توجه به روند تجزیه آترازین در دو بافت خاک (شکل ۲) و ضریب تجزیه آن در خاک‌های مذکور (جدول ۲)، به نظر می‌رسد افزایش درصد رس در خاک‌های بافت سنگین، احتمالاً از طریق واکنش هیدرولیز، ماندگاری این علف‌کش را در این خاک کاهش داده است. به طوری‌که نیمه عمر آترازین در خاک رس سیلتی (۹۰ روز) اختلاف قابل ملاحظه‌ای با خاک لوم شنی (۱۳۸/۶ روز) دارد.

در آفت‌کش های قطبی مثل آترازین افزایش درصد رس، می‌تواند نقش مهمی در جذب و ماندگاری آنها از طریق واکنش‌های هیدرولیزی داشته باشد. برای مثال، ابتو و همکاران (۲۰۰۵) در ارزیابی تجزیه دو علف‌کش آترازین و لینوران، مشاهده کردند، که لینوران قطبی‌تر از آترازین است و این مسأله باعث جذب بیشتر آن توسط ذرات رس و افزایش نقش واکنش هیدرولیز در تجزیه این علف‌کش می‌شود (Ebeto and koyo, 2005). از سوی دیگر مطالعات نشان داده‌اند که تجزیه زیستی از مهم‌ترین عوامل تجزیه آترازین است (Corriea *et al*., 2007; Popov *et al*., 2005). با توجه به این مهم، به نظر می‌رسد بافت خاک احتمالاً از طریق تأثیر بر جمعیت میکروبی نیز در روند تجزیه آترازین نقش داشته باشد و این مسأله درخاک‌های مورد مطالعه نیز مشهود است (جدول ۱). گزارش شده است، تجزیه آترازین در خاک سترون شده کمتر از خاک سترون نشده است که این مسأله اهمیت تجزیه زیستی را در سرنوشت آترازین در خاک نشان می‌دهد (Ranjbar, 2005). همچنین، مشاهده شده است که آترازین در خاک سطحی (Corriea *et al*., 2007) و در زمین‌هایی که سابقه کشت و کار دارند(Popov *et al*., 2005)، نیمه عمر کمتری دارد. از آنجایی که جمعیت میکروبی در لایه سطحی خاک مزارع کشاورزی به دلیل کشت و کار، غنی است، احتمالاً تجزیه زیستی نقش مهمی در این راستا دارد و با توجه به نتایج آزمایش خاکشناسی به نظر می‌رسد جمیت بیشتر باکتری‌ها و فعالیت آنها در خاک رس سیلتی نیز در این مساله دخیل باشد.

بر اساس نتایج آزمایش افزودن مواد آلی در هر دو بافت خاک اثر معنی‌داری بر تجزیه آترازین داشت و این تأثیر در خاک رس سیلتی بیشتر از خاک لوم شنی بود (شکل ۲ و جدول۲). به‌طوری‌که افزودن ۲ درصد و ۵

www.SID.ir

Archive of SID

درصد کود آلی در خاک لوم شنی ضریب تجزیه آترازین را به ترتیب ۱/۱۴ و ۱/۸ برابر و در خاک رس سیلتی، ۱/۵۴ و ۲/۳۶ برابر افزایش، و نیمه عمر آن را در خاک لوم شنی از ۱۳۸/۶ به ۱۲۱/۵۷ و ۷۷ روز و در خاک رس سیلتی از ۹۰ روز به ۵۸/۲۲ و ۳۸ روز کاهش داد. از آنجا که در ترکیباتی مانند آترازین که ساختار مولکولی آنها حاوی عناصر کربن و نیتروژن است، این مواد در متابولیسم زیستی آنها به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Briceno and Palma, 2007). به نظر می‌رسد افزودن کود آلی از طریق افزایش زیست توده میکروبی و فعالیت آنها در تجزیه آترازین نقش داشته باشد. اعتقاد بر این است که با تقویت جمعیت میکروبی خاک از طریق فراهم کردن مواد غذایی و ایجاد بستر مطلوب رشد و نمو آنها، مثلاً با افزودن مواد آلی پالاینده‌ای مانند کود آلی به خاک، از طریق تقویت بیوماس میکروبی، می توان سرعت تجزیه آفت‌کش ها در خاک را افزایش داد (Briceno and Palma, 2007; Forouzangohar *et al*., 2005; Kadian *et al*., 2007). نتایج این آزمایش نیز ضمن حمایت از این مهم نشان می‌دهند که در خاک رس سیلتی افزودن مواد آلی در تجزیه آترازین تأثیر بیشتری از خاک لوم شنی دارد. به نظر می‌رسد دلیل این مهم، بیشتر بودن جمعیت اولیه باکتری‌ها در خاک بافت سنگین باشد (جدول ۱). سایر محققین نیز ضمن اشاره به اهمیت تجزیه زیستی آترازین، استفاده از افزاینده‌های پالاینده خاک مثل مواد آلی را، آسانترین و مقرون به صرفه‌ترین راه حذف این آلاینده‌ها از خاک می‌دانند. کادین و همکاران (۲۰۰۷) با افزایش کود آلی، کمپوست قارچ و پساب به خاک آلوده شده با آترازین، دریافتند که این مواد پتانسیل تجزیه آترازین را از طریق تحریک ریز جانداران تجزیه کننده دارند. به‌طوری‌که درصد تجزیه آن نسبت به شاهد در سه تیمار مذکور به ترتیب ۲۲/۰۷، ۲۹/۷ و ۳۴/۱۷ درصد بود(Kadian *et al*., 2007). پاپو و همکاران (2005) نیز با اشاره به اهمیت تجزیه زیستی آترازین دریافتند که سرعت تجزیه آترازین در خاک‌های زراعی به‌مراتب بیشتر از خاک‌های غیر زراعی است. نامبردگان جمعیت و فعالیت میکروبی بیشتر این خاک‌ها را مهم‌ترین عامل در این راستا ذکر کردند(Popov *et al*., 2005). روبرت و همکاران (2006)، نیز با بررسی روند تجزیه آترازین در لایه‌های مختلف خاک، مشاهده کردند، که بیشترین سرعت تجزیه آترازین در لایه‌های سطحی که غنی از ریز جانداران هستند، مشاهده شد، و بین سرعت تجزیه و جمعیت میکروبی خاک رابطه مستقیمی وجود داشت (Robert *et al*., 2006). با این حال گزارش‌هایی وجود دارند که کاربرد مواد آلی در خاک منجر به افزایش پایداری آفت‌کش‌ها می‌شود. برای مثال در مطالعه گو و همکاران (2003) در خاک‌های با مواد آلی بیشتر آترازین، سیانازین و دایکامبا سرعت تجزیه کمتری داشتند. این مسأله می‌تواند به دلیل افزایش جذب آفت‌کش‌های مذکور توسط مواد آلی در لایه سطحی خاک و مانع از آبشویی آنها باشد.

گزارش شده است که بالا بودن سرعت تجزیه آترازین باعث کاهش کنترل گونه‌ای علف هرز نیلوفر پیچ [1] در مزارع چغندرقند لویزیانا شد، به طوری‌که در ابتدا گمان می‌رفت بیوتیپ مذکور به آترازین مقاوم شده باشد (Viator *et al*., 2002). به‌طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش مواد آلی با تاثیر بر فعالیت میکروبی خاک، روند تجزیه آترازین را تسریع، و نیمه عمر آن را به شدت کاهش داده است. در مجموع نتایج این آزمایش ضمن اشاره به اهمیت نقش بافت و مواد آلی خاک بر ماندگاری آترازین نشان می‌دهند که توجه به ویژگی‌های مذکور خاک در مدیریت کاربرد این علف‌کش نقش مهمی دارند. به نظر می‌رسد، استفاده از مواد آلی در جهت پالایش آترازین در خاک و کاهش خسارت به محصولات زراعی حساسی که در تناوب قرار می گیرند موثر است. از سوی دیگر اگر چه مواد آلی روند تجزیه آترازین را در خاک تسریع می‌کنند. اما این مسأله به دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش بقایای آن، توانایی کنترل علف‌های هرزی را که به طور متناوب سبز می‌شوند، را کاهش می‌دهد. با توجه به این مهم، بررسی روند تغییرات تجزیه آفت‌کش‌ها در خاک‌ها علاوه بر موارد مذکور در مطالعات مربوط به مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها مهم بوده و در مدیریت کاربرد آنها نیز کارا خواهد بود. با توجه به این‌که تعمیم نتایج آزمایشگاهی به مزرعه ای مشکل است، پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه و در شرایط کنترل شده در جهت بررسی ماندگاری آترازین در خاک، تأثیر پالاینده‌های آلی بر تجزیه آن و نیز کارایی آن در کنترل علف‌های هرزی که به طور متناوب سبز می‌شوند و نیز گیاهان زراعی موجود در تناوب انجام گیرد.

پی‌نوشت‌ها

1- Aaterax
2- Wettable Powder
3- Ipomea coccinea

منابع

Bentein, S., and J. Devillers (1996). Evaluating the environmental fate of atrazine in France. *Chemosphere*, 32: 2441-2456.

Briceno, G., and G. Palma (2007). Influence of organic amendment of the biodegradation and movement of pesticides. *Critic. Rev. Environ. Sci. and Tech,* 37: 233-271.

Buelk, S., W. B. Vendy, D. B. Colin, M. Mattew, and W. Allan (2005). Evaluation of simplifying assumption on pesticide degradation in soil. *J. Environ. Qual*. 34:1933-1943.

Corriea, F. V., A. Macrae, L. R. G. Guilherme and T. Langenbach (2007). Atrazine sorption and fate in a ultisol from humid tropical Brazil. Chemosphere. 67: 847-854.

Cupples, A. M., G. K. Sims, R. P. Hultgren, and S. E. Hart (2000). Effect of soil conditions on the degredation of cloransulam-methyl. *J. Environ. Qual*. 29:786-794.

Ebeto, M., and Y. koyo (2005). Methods for estimating competitive adsorption of herbicides on soils. *J. Pest. Sci*. 30:220-224.

Forouzangohar, M., G. H. Hagnia, and A. Koocheki (2005). Organic amendment to enhance atrazine and metamitron degradation in two contaminated soils with contrasting textures. *Soil Sci. Cont,* 14:245-355.

Fuscaldo, F., F. Bedmar, and G. Monterubbianesi (1999). Persistence of atrazine, metribuzin and simazine herbicides in two soils. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* 34: 2037-2044.

Goh, K. S., J. Hernandez, J. Powell, C. Garretson, J. Troiano, M. Ray, and C. D. Greene (1991). Enzyme immunoassay for the determination of atrazine residues in soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 46:30-36.

Gu, J. D., Y. Fan, J. D. Gu (2003). Biodegradability of atrazine, cyanazine and dicamba under methanogenic condition in three soils of China. *Chemosphere,* 52:1515-1521.

Halloway, K. L., R. S. Kookana, D. M. Noy, J. G. Smith, and N. Wilhelm (2006). Persistence and leaching of imazethapyr and flumetsulam herbicides over a 4-year period in the highly alkaline soils of south-eastern Australia. *Aus. J. Exp. Agric*., 46: 669-674.

Itoh, K., T. Ikushima, K. Suyama, and H. Yamamoto (2003). Evaluation of pesticide effects on microbial communities in a paddy soil comparing with that caused by soil flooding. *J. Pestic. Sci,* 28:51-54.

Jettner, R. J., S. R. Walker, J. D. Churchett, F. P. C. Blamey, S. W. Adkins, and K. Bell (1999). Plant

www.SID.ir

Archive of SID

degradation in soil. M.Sc. thesis in soil science. Ferdowsi University of Mashhad.

Robert, M. Z., R., M. A. Weaver, and L. A. Martin (2006). Microbial adaptation for accelerated atrazine mineralization/degradation in Mississippi Delta soils. *Weed Sci,* 54:538-547.

Schoenau, J. J., A. M. Szmigielski, and R. C. Eliason (2005). The effect of landscape position on residual herbicide activity in prairie soils. Pages 42-52 in R . C. Van Acker, ed. Soil residual herbicides: Sience and Mnagement. Topics in Canadian weed science, volume 3. Sainte Anne-de Bellevue, Quebec.

Shaner, D. L., and W. B. Henry (2007). Field history and dissipation of atrazine and metolachlor in Colorado. *J. Environ. Qual* .36:128-134.

Shelton, D. R, and J. S. Karns (1998). Pesticide bioremediation: Genetic and ecological considerations. In : Kearny, P. C., and T. Roberts. Pesticide remediation in soils and water. John Wiley and Sons. NY. pp.181-216

Strek, H. J. (2005). The Science of Dupoint's soil residual herbicides in Canada. Pages 31-44 in R . C. Van Acker, ed. Soil residual herbicides: Sience and Mnagement. Topics in Canadian weed science, volume3. Sainte Anne-de Bellevue, Quebec.

Tasli, S., L. Patty, H. Boetti, P. Ravanel, G. Vachaud, C. Schrff, J. Favre-Bonvin, M. Kauadji, and M. Tissut (1996). Persistence and leaching of atrazine in corn culture in the experimental site of La Cote Saint Andre (Isere, France). *Arch. Environ. Contam. Toxicol*. 30:203-212.

Theng, B. K. G., R. S. Kookana, and A. Rahman (2000). *Environmental concerns of pesticides in* sensitivity to atrazine and chlorsulfuron residues in a soil free system. *Weed Res*., 39:287-295.

Kadian, N., A. Gupta, S. Satya, R. Kumari Mehta, and A. Malik (2007). Biodegradation of herbicide (atrazine) in contaminated soil using various bioprocessed materials. *Bioresour Technology*. 99: 4642-4647.

Konda, L. N., and Z. Pasztor (2001). Environmental distribution of acetochlor, atrazine, chlorpyrifos and propischlor under field conditions. *J. Agric. Food Chem*., 49:3859-3863.

Mbuya, O. S., P. Nkedi-Kizza, and K. J. Boot (2001). Fate of atrazine in sandy soil cropped with sorghum. *J. Environ. Qual,* 30: 71-77.

Moorman, T. B., J. K. Cowan, E. L. Arthur, and J. R. Coats (2000). Organic amendment to enhance herbicide biodegradation in contaminated soil. *Biol. Fertil. Soils,* 33: 541-545.

Mueller. K., R. E. Smith, T. K. James, P. T. Holland, and A. Rahman (2003). Prediction of field atrazine persistence in an allophonic soil with Opuse2. *Pest. Manag. Sci.* 60: 447-458.

Mueller. K., R. E. Smith, T. K. James, P. T. Holland, and A. Rahman (2003). Spatial variability of atrazine dissipation in an allophonic soil. *Pest. Manag. Sci,* 59: 893-903.

Popov, V. H., P. S. Cornish, K. Sultana, and E. C. Morris (2005). Atrazine degradation in soils: the role of microbial communities, atrazine application history, and soil carbon. Aus. *J. Exp. Agric,* 43: 861-871.

Ranjbar, E. (2005). *Effect of organic and inorganic nitrogen in atrazine microbial and chemical*

www.SID.ir

Archive of SID

soil and groundwater and management strategies in Oceania In: Huang P. M., and I. K. Iskandar. Soil and groundwater pollution and remediation. CRC Press. Boca Raton. Florida.

Viator, B. J., J. L. Griffin, and E. P. Richard (2002). Evaluation of red morningglory (*Ipomoea coccinea*) for potential atrazine resistance. *Weed Tech.* 16:96-101.

Villaverde, J., M. Kah, and C. D. Brown (2008). Adsorption and desorption of four acidic herbicides in soils from southern Spain. *Pest Managment Science*. 64: 703–710.

Wollum, A. G. (1986). *Cultural methods for soil microorganisms. In: Methods of Soil Analysis. Part 2.Chemical and microbiological properties.* 781–802 (Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney D.R.,Eds.). Madison, ASA-SSSA.

Zand, E., M. A. Baghestani, P. Shimi, S. A. Faghih (2002). *Analysis of Herbicides management in Iran*. Tehran: Department of weed Research, plant protection Research Institute.

www.SID.ir