نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، ص. ۵۷-۵۰

Journal of Plant Protection
Vol. 25, No. 1, Spring 2011, P. 50-57

بررسی نقش کود آلی و تأثیر مقدار کاربرد آترازین در تجزیه آن

ابراهیم ایزدی[1*] - محمد حسن راشد محصل[2] - اسکندر زند[3] - مهدی نصیری محلاتی[4] - امیر لکزیان[5]

تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۲۳

چکیده

آترازین مهمترین علف‌کش خانواده ترایازینها است که جزو علف‌کش‌های با نیمه عمر متوسط طبقه بندی می شود. به منظور بررسی تأثیر کود آلی و مقدار کاربرد آن بر تجزیه آترازین، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. کود آلی دو سطح (۰ و ۵۰ تن در هکتار) به عنوان کرت اصلی و مقدار کاربرد آترازین در دو سطح (۲ و ۴ کیلوگرم ماده موثره در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی آزمایش بودند. پس از کاربرد آترازین نمونه‌گیری از خاک در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و توسط یک مته به قطر ۳ سانتی‌متر، بلافاصله ، ۷، ۱۴، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و۱۵۰ روز پس از کاربرد آترازین انجام شد. غلظت باقیمانده آن توسط دستگاه HPLC اندازه گیری شد. نتایج نشان دادند که ماندگاری آترازین با افزایش کاربرد آن و کود آلی افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین نیمه عمر (۱۲/۹۲ روز) و کمترین سرعت تجزیه (۰/۰۵۳۶ میلی گرم در کیلوگرم خاک در هکتار) آن در تیمار مربوط به ۵۰ تن کود آلی و ۴ کیلوگرم آترازین در هکتار و کمترین نیمه عمر (۳/۶۴ روز) و بیشترین سرعت تجزیه (۰/۱۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک در هکتار) آن در کاربرد ۲ کیلوگرم آترازین و بدون کاربرد کود آلی مشاهده شد. بر اساس نتایج این آزمایش کاربرد کود آلی ضمن افزایش جذب آترازین نقش مهمی را در کاهش آبشویی آن به لایه های زیرسطحی خاک و آلودگی احتمالی آبهای زیرزمینی دارد و در صورت تقویت جمعیت و فعالیت میکروبی در افزایش سرعت تجزیه آترازین نیز موثر خواهد بود.

واژه های کلیدی: علف کش، بافت خاک، فعالیت میکروبی، ماندگاری، نیمه عمر

مقدمه

علف‌کش‌ها مهمترین و پرکاربردترین آفت کش‌های کشاورزی هستند (۲۰) که آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کاربرد آنها از مهمترین عوامل تهدید کننده سلامت زیست بوم‌ها هستند (۱۹)، از اینرو شناخت رفتار آفت‌کش‌ها در محیط در جهت کاهش اثرات سوء زیست محیطی و بهینه‌سازی فعالیت‌های کشاورزی ضروری است. صرفنظر از روش کاربرد و راه ورود آفت‌کش‌ها به زیست بوم‌های گوناگون، خاک مخزن اصلی ذخیره و نگهداری آنها است (۲۹) و این مهم بویژه در مورد آفت‌کش‌های خاک مصرف اهمیت بیشتری دارد (۷). تجزیه شیمیایی، تجزیه زیستی، تبخیر و تصعید، آبشویی، رواناب سطحی، جذب توسط کلوئیدهای خاک و گیاه فرآیندهای اصلی تعیین کننده سرنوشت علف‌کش‌ها در خاک هستند که در بین آنها تجزیه شیمیایی و زیستی مهمتر از بقیه عوامل هستند (۸). هر چند ممکن است مجموعه این فرآیندها در شرایط معین در تلفات کلی آفت‌کش‌ها سهم چشمگیری داشته باشند، اما در بیشتر موارد بخش عمدهٔ آفت‌کش‌های مصرف شده، توسط اجزاء معدنی و آلی خاک جذب و از دسترس تجزیه شیمیایی و میکروبی خارج می‌شوند (۲۹) از اینرو ماندگاری علف‌کش‌ها در خاک از اشکال معمول آلودگی خاکها می باشد (۴و۱۷). اگرچه در افزایش کارایی کنترل علفهای هرزی که به صورت متناوب سبز می‌شوند مفید است، اما خسارت به محصولات زراعی حساسی که در تناوب قرار می‌گیرند، از نکات قابل توجه است (۲۸). همچنین تأثیر منفی آنها بر ریز جانداران خاک از تبعات این پدیده است (۱۰و۱۱). از اینرو درک عوامل و مکانیسم‌های تعیین کننده پایداری و تجزیه علف‌کش‌ها ضمن ارائه راهکارهای مدیریتی، هم در جهت روش کاربرد و هم در جهت سلامت اکوسیستم‌های زراعی مفید است.

سرعت تجزیه آفت‌کش‌ها در محیط خاک در نتیجه ترکیبی از پدیده‌های بیولوژیکی و شیمیایی است (۲۸) که در بین آنها نقش

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب استادیار، استاد و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: eizadi2000@yahoo.com)
۳ - دانشیار موسسه تحقیقات گیاه پزشکی، تهران
۵ - دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

عوامل محیطی از قبیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آفت کش، اسیدیته، دما، رطوبت و بافت و محتوی مواد آلی خاک (۱۹) و نیز مقدار کاربرد آفت کش بارزتر از سایر عوامل می باشند. لذا بررسی کمی و کیفی چگونگی تأثیر عوامل محیطی و تغییرات آنها بر سرنوشت علف کش ها در خاک به منظور پیش بینی اثرات این سموم در کنترل علف های هرز و خسارت احتمالی به محصولات بعدی و نیز میزان ماندگاری آنها در خاک بسیار مهم است. همچنین به منظور برآورد توان بالقوه انتقال این سموم و متابولیت‌های حاصل از آنها به محیط‌های مجاور مانند آب‌های سطحی و زیر زمینی و امکان اثرات سوء آن‌ها برسایر موجودات زنده و نیز به منظور دستیابی احتمالی به روش‌هایی کم هزینه و موثر برای حذف این دسته از آلاینده ها از محیط، مطالعه رفتار سموم کشاورزی و علف کش ها در خاک دارای اهمیت ویژه بوده و مورد توجه متخصصان قرار گرفته است. در این ارتباط محققین استفاده از مواد آلی خاک را از روش‌های موثر در تجزیه آفت کش ها در محیط و کاهش اثرات زیست محیطی آن‌ها می دانند. مولر و همکاران (۲۲)، در ارزیابی روند تجزیه آترازین در نقاط مختلف مزرعه، دریافتند که اختلاف در ویژگی‌های خاک در نقاط مختلف مزرعه، 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 خاک نقاط مختلف در ارزیابی روند تجزیه آترازین موثر است. اعتقاد بر این است که 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. از اینرو تقویت جمعیت میکروبی خاک از طریق افزودن مواد آلی نقش موثری در تجزیه آفت کش‌ها دارد (۶و۲۱).

آترازین از اولین علف‌کش‌های ثبت شده در کشور است که به دلیل کارایی بالا، کاربرد وسیعی در کنترل علف‌های هرز یک ساله باریک و پهن برگ مزارع ذرت و نیشکر کشور دارد (۲). با وجود کاربرد گسترده این علف‌کش در کشور مطالعات مربوط به ماندگاری این علف‌کش در خاک بسیار محدود است. نظر به اهمیت این علف کش که در منابع مختلف به پتانسیل آلایندگی و پایداری آن اشاره شده است این مطالعه به منظور بررسی تأثیر مواد آلی و مقدار مصرف آترازین بر ماندگاری آن در شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ آمده است. آزمایش به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که تیمارهای آزمایش به ترتیب عبارت بودند از کاربرد کود آلی (کود گاوی) در دو سطح صفر و ۵۰ تن در هکتار به عنوان کرت‌های اصلی و مقادیر کاربرد آترازین در دو سطح ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار، ماده موثر آترازین تجاری (درجه خلوص ۸۰ درصد) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. برای این منظور قطعه زمینی که به مدت سه سال زیر آیش بود و سابقه کاربرد کود آلی و معدنی و آفت‌کش را به مدت ۴ سال و نیز آترازین را در طول تاریخچه کشت، نداشت انتخاب شد. عملیات خاکورزی در قطعه زمین مورد نظر شامل گاوآهن در پاییز سال قبل و دیسک و لولر در بهار سال زراعی بود. قبل از اجرای طرح نیتروژن، فسفر و پتاس بصورت کود اوره ، سوپر فسفات و سولفات پتاسیم به ترتیب به مقدار ۳۰۰، ۱۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت یکنواخت به زمین مورد نظر اضافه شد. کود اوره در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله هشت برگی ذرت مصرف شد. پس از کاربرد کودهای مذکور قبل از کاشت کود آلی (گاوی) پوسیده پس از عبور از الک یک سانتی‌متری به صورت یکنواخت در کرت‌های اصلی پخش و با دیسک به صورت رفت و برگشت و متقاطع در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متر با خاک مخلوط شدند. ابعاد کرت‌های آزمایش ۴×۶ متر بود که بین هر بلوک علاوه بر جوی آب از یک جوی دیگر برای ممانعت از ورود فاضلاب به تکرارهای بعدی استفاده شد. پس از تهیه زمین و تعیین نقشه طرح، ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) با فواصل ردیف ۷۰ سانتی‌متر و با تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار کشت شد. پس از کاشت و آبیاری اول، مقادیر مورد نظر آترازین به صورت قبل از سبز شدن توسط سمپاش پشتی موتوری ماتابی پلاس با نازل تی جت و حجم آب مصرفی ۳۰۰ لیتر در هکتار بکار برده شد. پس از کاربرد آترازین نمونه‌گیری از خاک در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و توسط یک متـه به قطر ۳ سانتی‌متر، بلافاصله ، ۷، ۱۴، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و۱۵۰ روز پس از کاربرد آترازین انجام شد. در هر بار نمونه‌گیری ۱۵ نقطه به طور تصادفی در هر کرت انتخاب و نمونه‌گیری در این مکان‌ها انجام گرفت (۱۹). نمونه‌های نمونه گیری شده در محدوده زمانی ساعت ۵ تا ۶ صبح انجام و نمونه های برداشت شده بلافاصله در پاکت‌های پلاستیکی قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. در آزمایشگاه پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری ذرات شن، سنگ و بقایای گیاهی را از آن حذف (۲۲ و ۲۶) و پس از تهیه یک نمونه خاک یکنواخت، ۵۰۰ گرم از آن انتخاب و در ظروف پلاستیکی درب‌دار ریخته و در فریزر در دمای ۲۶- درجه سانتی‌گراد تا زمان استخراج آترازین و آنالیز دستگاهی ذخیره شدند (۲۶).

علف‌کش آترازین با نام تجاری ایترکس[1] محصول شرکت مشکفام فارس با درجه خلوص ۸۰ درصد و فرمولاسیون پودر وتابل[2]

1- Aaterax
2 - Wettable Powder

از بخش تحقیقات علف‌های هرز موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور تهیه و قبل از استفاده درجه خلوص آن با روش HPLC تایید شد (۱۳). نمونه استاندارد شیمیایی آترازین نیز با درجه خلوص ۹۶/۲ درصد از شرکت سینجنتا تهیه شد.

برای استخراج باقیمانده علف‌کش ، ۵۰ گرم از خاک مورد نظر توزین و در داخل ارلن ۲۵۰ میلی لیتر ریخته و پس از اضافه کردن ۱۰۰ میلی لیتر 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 دمای اتاق و حد تشخیص یک پی پی ام بود (۱۳).

قبل از تزریق نمونه‌های مجهول به دستگاه، محلول‌های استاندارد تهیه و پس از تزریق به دستگاه، محل ظهور پیک آترازین مشخص شد. شکل۱ محل و زمان بازداری منحنی استاندارد آترازین را نشان می‌دهد.

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

$$C_{(t)} = C_0 e^{-kt} \quad \text{(معادله۱)}$$

که در آن $C_{(t)}$ غلظت ماده در زمان t، C_0 غلظت اولیه ماده، k ضریب تجزیه آترازین (میلی گرم در روز) و t زمان(روز) است. نیمه عمر آترازین با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (۳۰).

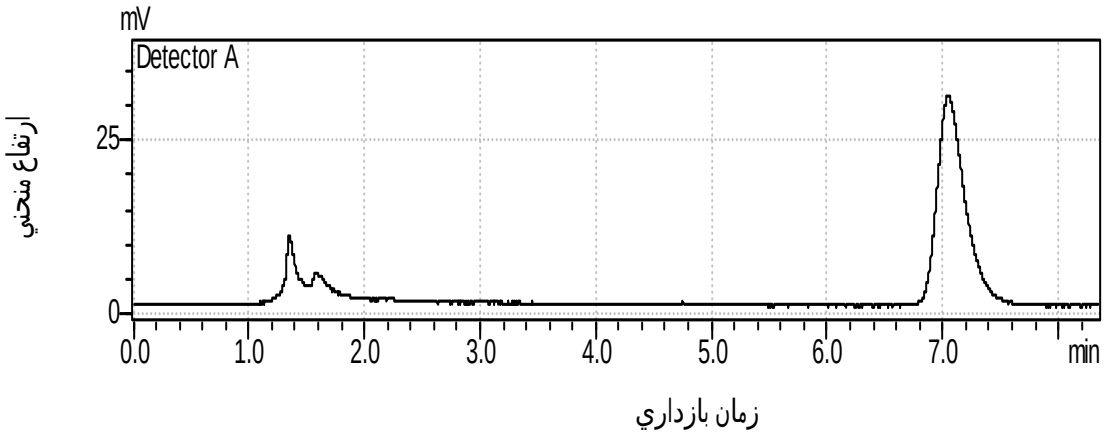
$$HT = \frac{Ln\,(2)}{K} = \frac{0.693}{K} \quad \text{(معادله ۲)}$$

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

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

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

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



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

جدول ۱ـ برخی ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه

خصوصیات	خاک مزرعه	کود آلی
درصد شن	۳۴/۵	–
درصد سیلت	۵۳/۸	–
درصد رس	۱۱/۷	–
pH گل اشباع	۷/۵۵	–
هدایت الکتریکی عصاره اشباع(dSm^{-1})	۲/۵۶	–
درصد کربن آلی	/۹۴	۲۹/۴۲
درصد نیتروژن کل	/۰۹۹	۱/۹۵
نسبت کربن به نیتروژن	۹/۴۹	۱۵/۰۸
درصد اشباع	۱۰/۵۴	–
درصد رطوبت ظرفیت زراعی	۱۵/۹۸	–
جمعیت باکتریها (تعداد در گرم خاک)	$۲/۱۳۵\times۱۰^{۵}$	–

نتایج و بحث

مقدار کاربرد بر ماندگاری آترازین

بر اساس نتایج حاصل از برازش معادله سینتیکی درجه اول به داده ها، سرعت تجزیه آترازین در دو تیمار ۲ و ۴ کیلوگرم ماده موثره در هکتار روند متفاوت و معنی داری داشت. درصد باقیمانده آترازین در کاربرد ۲ کیلوگرم در هکتار پس از۱۵۰ روز ۰/۲ درصد بود که در مقایسه با تیمار ۴ کیلوگرم (۰/۶ درصد) اختلاف معنی داری داشت (شکل ۲ و جدول ۲) . بررسی روند تغییرات ضریب تجزیه آترازین در تیمارهای مذکور نیز نشان داد که ضریب تجزیه در کاربرد ۲ کیلوگرم آترازین در هکتار ۱/۴۶ برابر تیمار ۴ کیلوگرم در هکتار بود. مقایسه نیمه عمر در تیمارهای مورد مطالعه نیز نشان داد که ماندگاری آترازین در تیمار ۴ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود. به‌طوری‌که بطور متوسط نیمه عمر آن ۲/۶۹ روز (دو برابر) بیشتر از کاربرد ۲ کیلوگرم بود (جدول ۲). نتایج این آزمایش با مطالعات انجام شده توسط گوپتا و همکاران (۱۴) در تطابق است. نامبردگان در ارزیابی تأثیر غلظت علف کش فلومناست[1] دریافتند که در همه خاک‌های مورد مطالعه، سرعت تجزیه در غلظت‌های کمتر سریعتر بود. به‌طوری‌که ۹۶ تا ۱۰۰ درصد غلظت اولیه فلومناست در کاربرد کمتر آن در۶۰ روز اول تجزیه شد، حال اینکه در غلظت بالاتر، ۶۵ تا ۹۷ درصد آن در طی این مدت تجزیه شد. بر اساس نتایج آنها نیمه عمر فلومناست در غلظت کم ۳۱ تا ۱۰/۱ و در غلظت بالا ۱۳ تا ۲۹/۲ روز بود. مشابه این نتایج در علف کش های لینوران، پیکلورام و آترازین (۱۵) و سیمازین (۹) نیز گزارش شده است. هانسون و همکاران (۱۶) نیز در مطالعه خود ضمن اشاره به کاهش حرکت آترازین به اعماق خاک و کاهش خطر آلودگی منابع آب زیر زمینی، در مقادیر کاهش یافته کاربرد آن، مشاهده کردند که سرعت تجزیه آترازین در مقادیر کاربرد کمتر سریعتر است. با این حال این مساله در همه آفت کش ها عمومیت ندارد و احتمالا ساختار آفت کش و شرایط محیطی که آفت کش در آن بکار می رود در این ارتباط بی تأثیر نیستند. برای مثال پال و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تجزیه پنسی کورون[2] دریافتند که با افزایش کاربرد آن به دو و ده برابر مقدار معمول سرعت تجزیه بترتیب ۱/۱۳ و ۱/۱۷ برابر افزایش و نیمه عمر از ۱۵ روز به ۱۴ و ۱۳ روز کاهش یافت. نامبردگان اختلاف در نتایج محققین را ناشی از اختلاف در ساختار مولکولی آفت کش ها دانستند. برگر و همکاران (۵) در بررسی تأثیر مقادیر مختلف کاربرد علف کش های مت سولفورون متیل، متابنزتیازورون و تریفلورالین بر پایداری آنها مشاهده کردند که مقدار کاربرد، فقط در علف کش متابنزتیازورون موثر بود. به‌طوری‌که نیمه عمر آن از ۱۴۹ روز در مقدار توصیه شده به ۲۶۶ روز در تیمار ده برابر مقدار توصیه شده افزایش یافت.

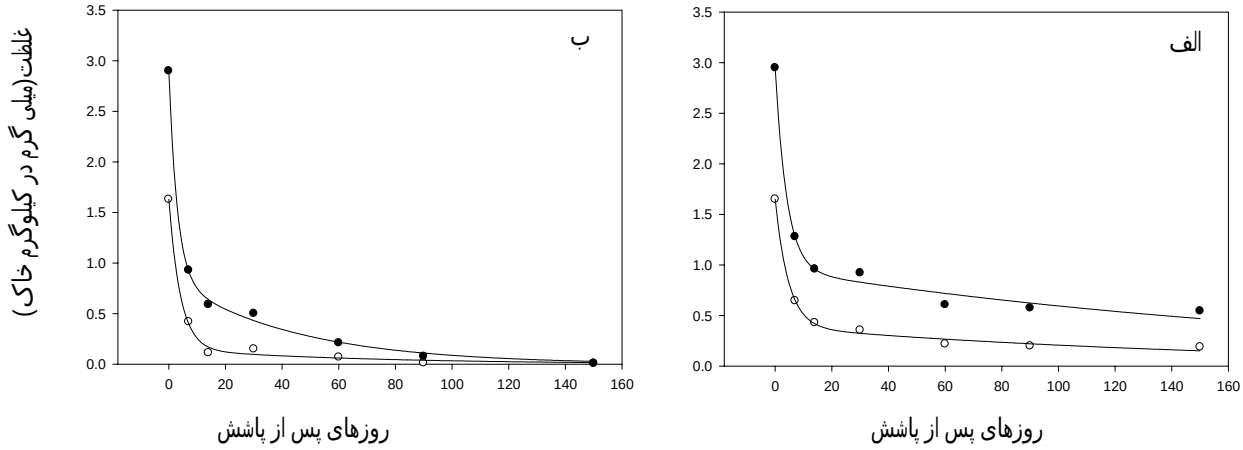
بطور کلی اعتقاد بر این است که کاربرد آفت کش ها در مقادیر بیشتر، بر سرعت تجزیه و غلظت نهایی آنها تأثیر گذار است و منجر به افزایش ماندگاری آنها می شود. ولی معمولا بر نیمه عمر اثری ندارد (۲۸) که این مساله در تضاد با نتایج این آزمایش است. با این حال گان و همکاران (۱۲) در بررسی‌های خود مشاهده کردند که مقادیر کاربرد خیلی زیاد آلاکلر، نیمه عمر آن را افزایش داد. ونسیت و همکاران (۳۱) نیز در مطالعات خود در علف کش های سولفونیل اوره گزارش کردند که هر چند بدلیل کاربرد کم این علف کش ها ماندگاری آنها کم و خطر زیست ماندگاری و خسارت آنها به محصولات موجود در تناوب در این علف کش ها کمتر است، با این وجود افزایش کاربرد علف کش های مذکور مثل کلروسولفوران از ۵ تا ۵۰ گرم در هکتار بویژه در خاک‌های قلیایی۳ تا ۴ سال پس از کاربرد امکان خسارت در محصولات حساسی مثل چغندر قند را افزایش

1-Flumenacet

2 - Pencycorun

می‌دهد.

نتایج این آزمایش نیز نشان می دهند کـه کـاربرد مقـادیر بـالاتر آترازین همراه با افزایش نیمه عمر و ماندگاری بیشتر است. ایـن مهـم هم از جنبه های زراعی و هم از لحاظ آلودگی‌هـای زیسـت محیطـی می تواند مورد توجه باشد. لذا توجه به غلظت مورد نیـاز کـاربرد علـف کش با توجه به شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاک در این راستا موثر و مهم است.



شکل۲- روند تجزیه آترازین در مزرعه با افزودن کود آلی (الف) و بدون افزودن کود آلی(ب) در سطوح مختلف کاربرد آترازین در دو سطح دو (○) وچهار(•) کیلوگرم در هکتار

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده توسط معادله سینتیکی درجه اول و طول عمر آترازین در تیمارهای مختلف

مواد آلی (تن در هکتار)	مقدار کاربرد (کیلوگرم در هکتار)	K (میلی گرم در کیلوگرم در روز)	C_0 (میلی گرم)	DT50(روز)	DT90(روز)	سطح احتمال	R^2
•	۲	۰/۱۹۰(۰/۰۲۰)×	۱/۶۲(۰/۰۷)	۳/۶۴	۱۷/۷۸	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸
	۴	۰/۱۳۰(۰/۰۲۰)	۲/۸۴ (./۲۴)	۵/۳۳	۱۷/۶۹	۰/۰۰۰۲	۰/۹۷
۵۰	۲	۰/۰۹۷۳(۰/۰۲۸)	۱/۵۹ (۰/۰۲)	۷/۱۲	۲۳/۶۳	۰/۰۰۲۰	۰/۹۰
	۴	۰/۰۵۳۶(۰/۰۲۴)	۲/۵۸(۰/۴۹)	۱۲/۹۲	۴۲/۹۱	۰/۰۲۰۰	۰/۷۴

× خطای استاندارد

DT50 و DT90 بترتیب نمایانگر مدت زمانی است که ۵۰ و۹۰ درصد علف کش تجزیه شود.

K ضریب تجزیه (میلی گرم در کیلوگرم در روز) و C_0 غلظت اولیه آترازین (درصد)

جدول ۳- مقادیرt و مقایسات خطوط برازش داده شده در تیمارهای مختلف.

تیمار	O1R1	O1R2	O2R1	O2R2
O1R1	۰	۴/۳۱**	۵/۳۷**	۸/۰۷**
O1R2		۰	۱/۵۴ns	۳/۵۷*
O2R1			۰	۱/۸۱ns
O2R2				۰

R1 وO1 بترتیب تیمار ۲ کیلوگرم در هکتار آترازین و شرایط عدم کاربرد کود آلی

R2 و O2بترتیب تیمار ۴ کیلوگرم در هکتار آترازین و کاربرد ۵۰ تن کود آلی در هکتار

*،** و ns بترتیب معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و معنی دار نبودن

تأثیر متقابل مواد آلی و مقدار کاربرد بر ماندگاری آترازین

بر اساس نتایج آزمایش کاربرد کود آلی سرعت تجزیه آترازین را در عمق نمونه برداری خاک مزرعه بطور قابل توجهی کاهش داد (جدول‌های ۲ و ۳ و شکل ۲). به‌طوری‌که ضریب تجزیه آترازین در شرایط کاربرد کود آلی در دو سطح ۲ و ۴ کیلوگرم آترازین در هکتار، بترتیب ۱/۹۵ و ۲/۴۵ برابر کاهش یافت و نیمه عمر آن در تیمار ۲ کیلوگرم از ۳/۶۴ به ۷/۱۲ روز و در تیمار ۴ کیلوگرم در هکتار، از ۵/۳۳ به ۱۲/۹۲ روز افزایش یافت.

روند تغییرات زمان تجزیه ۹۰ درصد غلظت اولیه آترازین نیز نتایج مشابهی داشت (جدول ۲). نتایج این آزمایش در تناقض با نتایج ایزدی و همکاران (۱) است که روند تجزیه آترازین را در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی به منظور بررسی تأثیر کود آلی بر تجزیه آترازین انجام داده بودند است. با توجه به اینکه در آزمایش‌های کنترل شده تأثیر تبخیر، تجزیه نوری و به خصوص آبشویی که از مهمترین فرایندهای تعیین کننده سرنوشت آفت کش ها در خاک هستند، حذف می شوند، به نظر می رسد، تعمیم نتایج آزمایش‌های کنترل شده به مزرعه منطقی نیست. با این وجود این آزمایشها برای تفکیک سهم و نقش عوامل تعیین کننده سرنوشت آفت کش ها به خصوص تجزیه زیستی و شیمیایی مفید هستند (۸). بر اساس آنچه که اشاره شد وجود مواد آلی در خاک هم با افزایش جذب آفت کش ها و هم در افزایش تجزیه زیستی آنها موثر است (۶). اعتقاد بر این است که در شرایط مزرعه ای مواد آلی بویژه در ترکیبات قطبی مثل آترازین نقش مهمی در جذب آنها و کاهش آبشویی و رواناب آنها دارد. مشاهده شده است که ضریب جذب فروندلیک سیمازین در سطوح ۰ ، ۵ و ۱۰ درصد ماده آلی بترتیب ۰/۹۴ ، ۱/۶۹ و ۲/۳۴ بود. در این آزمایش مشاهده شد که افزایش جذب سیمازین توسط مواد آلی، آبشویی آن را در سطوح مذکور بترتیب ۸۷، ۵۵ و ۲۹ درصد کاهش داد (۳). به نظر می رسد علت این اختلاف با نتایج نامبردگان، نقش ممانعت کنندگی مواد آلی در جلوگیری از آبشویی آترازین به لایه های پایین تر نیمرخ خاک باشد. که این مساله باعث تجمع آترازین در لایه سطحی خاک می شود و در تیمارهای بدون کاربرد کود آلی فرایند آبشویی باعث خروج علف کش از لایه سطحی خاک می شود وغلظت باقیمانده آن را در منطقه نمونه برداری کاهش داده است. لذا با توجه به نقش تعیین کننده مواد آلی در تجزیه زیستی آترازین به نظر می رسد در صورت حذف پدیده آبشویی نرخ تجزیه آترازین در خاک با کاربرد کود آلی بایستی بیشتر از تیمار با عدم کاربرد مواد آلی باشد. در تایید این فرضیه محققین مختلف 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 (۱۲) 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. به طوریکه درصد تجزیه آن نسبت به شاهد در سه تیمار مذکور به ترتیب ۲۲/۰۷، ۲۹/۷ و ۳۴/۱۷ درصد بود. پاپو و همکاران (۲۴) نیز با اشاره به اهمیت تجزیه زیستی آترازین دریافتند که سرعت تجزیه آترازین در خاک‌های زراعی به مراتب بیشتر از خاکهای غیر زراعی است. نامبردگان جمعیت و فعالیت میکروبی بیشتر این خاکها را مهمترین عامل در این راستا ذکر کردند. روبرت و همکاران (۲۵)، نیز با بررسی روند تجزیه آترازین در لایه‌های مختلف خاک، مشاهده کردند، که بیشترین سرعت تجزیه خاک در لایه‌های سطحی که غنی از ریز جانداران هستند مشاهده شد، و بین سرعت تجزیه و جمعیت میکروبی خاک رابطه مستقیمی وجود داشت. از طرف دیگر با توجه به اختلاف نتایج این آزمایش با تحقیقات اشاره شده است به نظر می رسد دلیل دیگر این مهم سطح فعالیت میکروبی خاک باشد. با توجه به اینکه بر اساس مطالعات انجام شده افزایش سرعت تجزیه آترازین رابطه مستقیمی با فعالیت میکروبی که لازمه آن جمعیت بالای میکروبی است وجود دارد. به نظر می رسد کم بودن جمعیت میکروبی خاک (جدول ۱) که از مهمترین مشکلات موجود در اغلب خاک‌های کشور است، دلیل کم شدن نقش تجزیه کنندگی و افزایش نقش جذب کنندگی آنها در مقایسه با خاک بدون کاربرد مواد آلی باشد. در این ارتباط بعضی از مطالعات انجام شده در تطابق با نتایج این آزمایش هستند.

روکاد و همکاران (۲۷) در مطالعه تأثیر مقدار کاربرد کلریدازون در شرایط کاربرد و عدم کاربرد کود آلی مشاهده کردند که کاربرد کود آلی باعث افزایش نیمه عمر علف کش مذکور در عمق ۲۰ سانتی متری پروفیل خاک شد و نیمه عمر آن را از ۳۰ روز در تیمار بدون کاربرد ماده آلی به ۹۶ روز در تیمار با کاربرد کود آلی افزایش داد. در مطالعه ای مشابه که توسط روکاد و همکاران (۲۶) انجام شد، مشاهده شد که افزایش کاربرد آترازین باعث افزایش بقایای آن در خاک شد و تجزیه آترازین در عمق ۰ تا ۱۲ سانتی متری کرت‌های تیمار شده با کود آلی، کمتر از کرت‌های شاهد بدون کاربرد کودآلی بود. نامبردگان با اشاره به ضریب جذب بیشتر مواد آلی، این مساله را علت تجمع آترازین در لایه سطحی و کاهش تجزیه آن دانستند. بر این اساس به نظر می رسد که تقویت جمعیت میکروبی خاک و افزایش فعالیت آن از طریق افزودن مواد آلی احتمالاً نقش موثری در تجزیه آترازین داشته باشد (۶ و۲۱).

به طور کلی بر اساس نتایج این بررسی هر چند کاربرد کود آلی منجر به کاهش تجزیه آترازین و تجمع آن در لایه سطحی خاک شده است. اما با توجه به بالا بودن سطح جذب بالا در مواد آلی از طریق جذب آترازین منجر به کاهش آبشویی آن و کاهش آلودگی احتمالی

آب‌های زیرزمینی می شود و در صورت افزایش جمعیت میکروبی خاک افزایش کود آلی ضمن اینکه منجر به افزایش فعالیت میکروبی و تجزیه زیستی آترازین می شود به دلیل نقش جذب کنندگی آترازین به خاطر سطح جذب بیشتر مواد آلی نقش موثری در آلودگی زدایی آن از پروفیل خاک و منابع آب‌های زیرزمینی دارد که نیاز به بررسی و مطالعه بیشتری دارد.

منابع

۱- ایزدی ا.، راشد محصل م. ح.، زند ا.، نصیری محلاتی م. و لکزیان ا. ۱۳۸۸. ارزیابی تأثیر بافت و مواد آلی خاک بر تجزیه علف‌کش آترازین. مجله علوم محیطی. ج.۵ ش:۴ صفحات ۵۳-۶۴.

۲- زند ا.، باغستانی م. ع.، شیمی پ. و فقیه س. ا.۱۳۸۱. تحلیلی بر مدیریت سموم علف‌کش در ایران.نشر آموزش کشاورزی. ۴۱ ص.

3- Albarran A., Cellis R., Hermosin M., Lepoz-Pineiro A., and Cornejo J. 2004. Behavior of simazine in soil amended with the final residue of the olive-oil extraction process. Chemosphere. 54: 717-727.

4- Anping D, Frank M., and Kolar V.1999. Determination of atrazine in soil samples by ELISA using polyclonal and monoclonal antibodies. Food and Agricultural Immunology.11:135-144.

5- Berger B. M., Bernd T., Menne H. J., Hackfeld U., and Siebert C. F.1996. Effects of crop management on the fate of three herbicides in soil. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 44: 1900-1905.

6- Briceno G., and Palma G. 2007. Influence of organic amendment of the biodegradation and movement of pesticides. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 37: 233-271.

7- Buelk S., Igor G. D., Colin D. B., and Bernhard G. 2000. Simulation of pesticide persistence in the field on the basis of laboratory data- A Review. Journal of Environmental Quality. 29: 1371-1379.

8- 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.

9- Clay., D. V, and Stott K. G. 1973. The Persistence and penetration of larg doses of simazine in uncropped soil. Weed Research. 13: 42-50.

10- Ebeto M., and Koyo Y. 2005. Methods for estimating competitive adsorption of herbicides on soils. Journal of Pesticide Science. 30: 220-224.

11- Forouzangohar M., Hagnia G. H., and Koocheki A. 2005. Organic amendment to enhance atrazine and metamitron degradation in two contaminated soils with contrasting textures. Soil and Sediment Contamination. 14: 245-355.

12- Gan J., W. C. Koskinen, R. L. Becker, and D. D. Buhler. 1995. Effect of concentration on persistence of alachlor in soil. Journal of Environmental Quality. 24: 1162-1169.

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

14- Gupta S. and Gajbhiye V. T. 2002. Effect of concentration, moisture and soil type on the dissipation of flufenacet from soil. Chemospher. 47: 901-906.

15- Hance, R. J., and C. E. McKone.1971. Effect of concentration on the decomposition rates in soil of atrazine, linuron and picloram. Pesticide Science. 2**:** 31–33.

16- Hanson J. E., D. E. Stoltenberg B. Lowery, and L. K. Binning. 1997. Influence of application rate on atrazine fate in a silt loam soil. Journal of Environmental Quality. 26: 829-835.

17- Jettner R. J., S. R. Walker, J. D. Churchett, F. P. C. Blamey, S. W. Adkins, and K. Bell. 1999. Plant sensitivity to atrazine and chlorsulfuron residues in a soil free system. Weed Research. 39: 287-295.

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

19- Konda L. N., and Pasztor Z. 2001. Environmental distribution of acetochlor, atrazine, chlorpyrifos and propischlor under field conditions. Journal of Agricultural and food Chemistry. 49: 3859-3863.

20- Lin C. H., Lerch R. N., Garrett H. E., Johnson W. G., Jordan D., and Georg M. F.2003. The effect of five forage species on transport and transformation of atrazine and isoxaflutole (Balance) in lysimeter Leachate. Journal of Environmental Quality. 32:1999-2000.

21- Moorman T. B., Cowan J. K., Arthur E. L., and Coats J. R. 2000. 0rganic amendment to enhance

herbicide biodegradation in contaminated soil. Biol. Fertil. Soils. 33:541-545.
22- 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.
23- Pal R., Chkrabarti K., Chakraborty A., and Chowdhury A. 2005. Pencycuron dissipation in soil:effect of application rate and soil conditions. Pest Managment Science. 61:1220-1223.
24- Popov V. H., Cornish P. S., Sultana K., and Morris E. C. 2005. Atrazine degradation in soils: the role of microbial communities, atrazine application history, and soil carbon. Australian Journal of Experimental Agriculture. 43: 861-871.
25- Robert M. Z., R., M. A. Weaver and Martin L. A. 2006. Microbial adaptation for accelerated atrazine mineralization/degradation in Mississippi Delta soils. Weed Science. 54: 538-547.
26- Rouchaud, J., Gustin F., and Bulcke R. 1995. Atrazine soil metabolism in maize field treated with organic fertilizer. Weed Research. 36:101-112
27- Rouchaud, J., O. Neus, G. Hermann,.1997.Influence of application rate and manure amendment on chloridazon dissipation in the soil. Weed Res. 37: 121-127.
28- 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.
29- Theng B. K. G., Kookana R. S., and Rahman A. 2000. Environmental concerns of pesticides in 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.
30- Viator B. J., Griffin J. L., and Richard E. P. 2002. Evaluation of red morningglory (*Ipomoea coccinea*) for potential atrazine resistance. Weed Tech. 16:96-101.
31- Vencill W. K. 2002. Herbicide handbook. 8th ed. Lawrence, KS: Weed Science Society of America..493p.