



بررسی اثر کودهای آلی و زیستی بر تجزیه و ماندگاری علف‌کش متری بیوزین در خاک

حسن شهقلی^۱، * حسن مکاریان^۲، ابراهیم ایزدی‌دربندی^۳،

علی درخشان‌شادمهری^۴ و حمیدرضا اصغری^۵

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهرود، آستادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات،

دانشگاه شاهرود، ^۲ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۳ آستادیار گروه گیاهپزشکی،

دانشگاه شاهرود، ^۴ دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهرود

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۲۹

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر بعضی از کودهای آلی و زیستی بر سرعت تجزیه علف‌کش متری بیوزین در خاک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۰ انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل کاربرد مواد آلی در ۳ سطح (ورمی‌کمپوست، کود گاوی و شاهد) و کودهای زیستی در ۴ سطح (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* و شاهد) بودند. به منظور تعیین غلظت متری بیوزین در خاک، پس از کاربرد علف‌کش، در بازه‌های زمانی (۲ ساعت)، ۳، ۸، ۳۲، ۵۵ و ۹۰ روز، نمونه‌گیری از خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری انجام شد. سپس بقایای علف‌کش در خاک به وسیله HPLC محاسبه گردید. نتایج نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست × سودوموناس فلورسنس سبب افزایش ۸۶ درصدی جمعیت کل باکتری‌ها نسبت به شاهد گردید. کاربرد کود گاوی توأم با *ازتوباکتر کروکوکوم* با کاهش ۲۳ درصدی سرعت تجزیه نسبت به شاهد، سبب افزایش ۲۶ درصدی نیمه‌عمر متری بیوزین گردید. از طرفی کاربرد ورمی‌کمپوست به همراه سودوموناس فلورسنس سرعت تجزیه علف‌کش را ۳۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و به این ترتیب نیمه‌عمر متری بیوزین را ۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. براساس نتایج این آزمایش، کاربرد هم‌زمان کودهای آلی و زیستی بر سرعت تجزیه و ماندگاری علف‌کش متری بیوزین در خاک تأثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، آفت‌کش، سودوموناس، ورمی‌کمپوست، تجزیه زیستی

* مسئول مکاتبه: h.makarian@yahoo.com

مقدمه

متری بیوزین از علف‌کش‌های مهم گروه تریازینون‌ها و از بازدارنده‌های فتوسنتز در فتوسیستم II می‌باشد که هم در مقیاس جهانی و هم در ایران به‌عنوان یک علف‌کش انتخابی پیش‌کاشت و پیش‌رویشی، به‌طور گسترده‌ای برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ بسیاری از محصولات زراعی از جمله گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی به‌کار می‌رود (زند و همکاران، ۲۰۰۸). متری بیوزین علف‌کشی با ماندگاری متوسط و بالا است، به‌طوری‌که پایداری به‌نسبت بالا و تحرک زیاد آن در خاک احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی و رواناب‌ها را افزایش می‌دهد (شانر و هنری، ۲۰۰۷؛ براسینو و پالما، ۲۰۰۵). تجزیه شیمیایی، تبخیر و تصعید، آبشویی، جریان سطحی آب، جذب توسط کلوئیدهای خاک و گیاه فرایندهای اصلی تعیین‌کننده سرنوشت علف‌کش‌ها در خاک هستند که در بین آن‌ها تجزیه شیمیایی و زیستی نقش مهم‌تری دارند (بولک و همکاران، ۲۰۰۵). در فرایند تجزیه زیستی به‌عنوان مهم‌ترین مکانیسم تجزیه متری بیوزین در خاک، مولکول‌های علف‌کش توسط ریزموجودات یا آنزیم‌های تولید شده از آن‌ها تخریب شده و به مولکول‌های کوچک‌تر یا اجزا معدنی خود تبدیل می‌شوند. با این حال، معدنی شدن کامل آفت‌کش‌ها به‌ندرت اتفاق می‌افتد و گاهی ممکن است محصولات تولید شده در اثر تجزیه آن‌ها در بدن ریزموجودات تجمع یافته و برای آن‌ها سمیت داشته باشد (آیسلابی و لویدجون، ۱۹۹۵). ویراگ و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه سمیت آفت‌کش‌ها برای ریزموجودات تجزیه‌کننده آن‌ها از بین ۵ آفت‌کش استوک‌کلر، کاربندازیم، کلروپیریفوس، اپتام و سیمازین مشاهده کردند که استوک‌کلر و محصولات به‌دست آمده از تجزیه آن در قارچ‌ها و باکتری‌ها سمیت ایجاد کرده و تأثیر آن‌ها بر جمعیت باکتری‌ها بیش‌تر از قارچ‌ها بود. باکتری‌ها، قارچ‌ها، اکتینوماپیست‌ها و جلبک‌ها ریزجاندارن اصلی تشکیل‌دهنده خاک هستند که در بین آن‌ها باکتری‌ها با ۶۵ درصد کل بیوماس میکروبی نقش مهمی در تجزیه زیستی آفت‌کش‌ها ایفا می‌کنند (لایندی، ۱۹۹۴). باکتری‌های سودوموناس با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفردار در خاک می‌شوند. این باکتری‌ها همچنین در تولید مواد بیولوژیک دیگر از جمله هورمون‌های رشد مثل اکسین، جیبرلیک اسید و همچنین ویتامین‌ها در خاک نقش دارند (رسولی‌صادقیانی و همکاران، ۲۰۰۶). باکتری‌های سودوموناس متعلق به خانواده بزرگ سودومونادآسه^۱ به‌عنوان پالاینده‌های زیستی، قادر هستند که آلاینده‌های شیمیایی از جمله آفت‌کش‌ها را در محیط زیست تجزیه کنند. از مهم‌ترین

1- *Pseudomonads*

گونه‌های آن، می‌توان به سودوموناس پوتیدا، سودوموناس فلورسنس، سودوموناس آرژینوزا اشاره کرد. در آزمایشی باکتری‌های جنس سودوموناس توانستند از طریق تجزیه معدنی، علف‌کش آترازین را به‌عنوان منبع نیتروژنی مورد استفاده قرار دهند (مندلبایوم و همکاران، ۱۹۹۵). کارچی و ایگر (۲۰۰۴) در پژوهشی سمیت و تجزیه زیستی علف‌کش توفوردی را در غلظت‌های ۳۰-۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی محیط کشت خالص باکتری سودوموناس پوتیدا بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که سرعت تجزیه زیستی علف‌کش توفوردی با افزایش غلظت تا ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت اما افزایش بیش از این غلظت منجر به کاهش سرعت تجزیه زیستی به‌دلیل بازدارندگی علف‌کش شد.

میزان مواد آلی خاک یکی از عوامل مؤثر در تجزیه و ماندگاری علف‌کش‌ها در خاک می‌باشد. پژوهشگران در بررسی علف‌کش‌های آترازین، متری بیوزین و سیمازین، به نقش مؤثر مواد آلی و رس در سرعت تجزیه علف‌کش‌های نام‌برده اشاره کرده‌اند، براساس این گزارش در همه علف‌کش‌های مورد مطالعه، رابطه مستقیمی بین محتوای مواد آلی و کاهش سرعت تجزیه علف‌کش‌ها وجود داشت (فوسکادو و همکاران، ۱۹۹۹). فرآیند تجزیه متری بیوزین و به‌خصوص مرحله حذف آمین (دآمیناسیون) ارتباط غیرمستقیمی با وجود مواد آلی در خاک دارد، به‌طوری‌که افزایش مواد آلی به‌طور معنی‌داری ماندگاری علف‌کش را افزایش می‌دهد (هنریکسن و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر این ترکیب مواد آلی به‌کار رفته در خاک و نیز اسیدیته آن در جذب علف‌کش‌ها و به‌دنبال آن تجزیه آن‌ها تأثیرگذار است (کودسوا و همکاران، ۲۰۱۰). هر چند افزایش مواد آلی باعث کنترل آبشویی آفت‌کش‌ها می‌شود ولی از طرفی با افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک ممکن است در تسریع فرآیند تجزیه آفت‌کش‌ها نیز مؤثر واقع شود (جتینگا و همکاران، ۲۰۰۴). در همین راستا در بررسی اثر ورمی‌کمپوست در تجزیه زیستی علف‌کش‌های متری بیوزین و توفوردی پژوهشگران بیان کردند که با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک، سرعت تجزیه هر دو علف‌کش کاهش یافت اما سرعت تجزیه متری بیوزین در مقایسه با توفوردی کم‌تر بود. علت این مسأله را جذب بیش‌تر متری بیوزین به ذرات کمپوست و کاهش زیست‌فراهمی آن دانستند (جتینگا و همکاران، ۲۰۰۴). رنجبر (۲۰۰۵)، نیز بیان نمود که مواد آلی گوناگون اثرهای یکسان بر تجزیه آترازین نداشته و به‌طور عموم تجزیه زیستی آترازین را به تأخیر می‌اندازند. اگرچه مواد آلی مانند ورمی‌کمپوست، نشاسته، گلوکز و خاک اره تجزیه آترازین را در مقایسه با شاهد کاهش دادند، اما کود گاوی تجزیه آترازین را در حضور ریزجانداران

خاک افزایش داد (کارچی و ایگر، ۲۰۰۴). با توجه به نتایج پژوهش‌های مختلف به نظر می‌رسد برهم‌کنش بین کودهای زیستی و آلی در روند تجزیه علف‌کش‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. کودهای آلی مختلف با محتوای عناصر غذایی که دارند بستر متفاوتی را برای فعالیت باکتری‌ها و ریزموجودات تجزیه‌کننده آفت‌کش‌ها فراهم می‌کنند، بنابراین انتظار می‌رود اثرات متقابل این کودها بر علف‌کش‌های مختلف با ساختار شیمیایی متفاوت نیز متفاوت باشد. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی تأثیر به‌کارگیری کودهای آلی و زیستی بر جمعیت باکتری، سرعت تجزیه و نیمه‌عمر علف‌کش متری بیوزین در خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در تابستان سال ۱۳۹۰ اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر است. عوامل مورد بررسی در آزمایش شامل کودهای آلی در ۳ سطح (ورمی‌کمپوست، کود گاوی و شاهد) و کودهای زیستی در ۴ سطح (*Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Azotobacter chroococcum* و شاهد) بودند. کودهای زیستی از شرکت فرآورده‌های زیستی زنجان تهیه شدند. برای کاربرد تیمارها ابتدا قطعه زمینی که به مدت ۵ سال بدون سابقه کاربرد کود شیمیایی، آلی، زیستی و آفت‌کش بود، انتخاب شد، که تناوب ۲ سال قبل آن گندم و آیش بود. عملیات خاک‌ورزی در قطعه زمین موردنظر شامل گاواهن در پاییز سال قبل و دیسک و لولر در بهار سال ۱۳۹۰ انجام شد. پس از قطعه‌بندی زمین مورد آزمایش و پیاده کردن نقشه محل کرت‌های طرح، علف‌کش موردنظر استفاده شد. به این ترتیب که علف‌کش متری بیوزین با نام عمومی سنکور، به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار (ماده مؤثره متری بیوزین تجاری با درجه خلوص ۷۰ درصد پودروتابل) (زند و همکاران، ۲۰۰۷) به صورت پیش‌کاشت با استفاده از سم‌پاش پشتی مدل ماتایی پلاس با نازل تی‌جت و حجم آب مصرفی ۳۰۰ لیتر در هکتار در خاک مورد استفاده قرار گرفت. کودهای آلی شامل کود گاوی به میزان ۳۳۵۰ کیلوگرم در هکتار و ورمی‌کمپوست به مقدار ۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بلافاصله قبل از

نشاکاری در کرت‌های مربوطه تا عمق ۱۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. گوجه‌فرنگی مورد استفاده رقم PS بود که بذر ضدعفونی‌شده آن از شرکت سبزگستر شاهرود تهیه شد و در خزانه برای تهیه نشا کشت شد. پس از رسیدن نشاها به مرحله ۶ برگی آن‌ها را از خزانه خارج کرده و برای نشاکاری به کرت‌های اصلی منتقل کردیم. کرت‌های آزمایش هر کدام شامل ۴ ردیف کاشت به عرض ۷۵ سانتی‌متر و طول ۶ متر بود. فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۳ متر در نظر گرفته شد. باکتری‌های محرک رشد نیز هم‌زمان با نشاکاری گوجه‌فرنگی (۱۶ روز پس از اعمال متری بیوزین در خاک) از طریق قرار دادن ریشه نشا گوجه‌فرنگی در محلول شامل باکتری و سپس کاشت آن، مورد استفاده قرار گرفتند. بلافاصله بعد کاشت نشا، اولین آبیاری نیز انجام شد و آبیاری‌های بعدی طبق عرف محل به فاصله ۷ روز یک‌بار تا پایان فصل رشد ادامه پیدا کرد. در این آزمایش از کودهای شیمیایی در طول فصل رشد استفاده نشد. برای تعیین جمعیت باکتری‌ها تحت‌تأثیر تیمارهای اعمال شده، در انتهای فصل رشد گوجه‌فرنگی، نمونه خاک از محیط رایزوسفر گیاه از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک توسط یک مته به قطر ۳ سانتی‌متر تهیه شد و سپس در آزمایشگاه با استفاده از روش CFU^۱ جمعیت باکتری‌ها مورد بررسی قرار گرفت (آلیم و همکاران، ۲۰۰۳). در این روش از محیط کشت غذایی آگار^۲ استفاده شد. به‌نحوی که براساس دستورالعمل کشت باکتری‌ها، محیط کشت نوترینت آگار تهیه شده و استریل گردید. سپس ۱۰ گرم خاک از نمونه خاک تهیه شده از تیمارهای مختلف انتخاب و با استفاده از سری‌های رقیق‌سازی، غلظت‌های متفاوتی از محلول خاک تهیه شد و کشت باکتری‌ها روی محیط استریل انجام گردید (تویتا و کونیناگا، ۲۰۰۶). سپس به مدت ۴۸ ساعت، هر ۱۲ ساعت یک‌بار تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده کلنی شمارش شد. داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری صفات مختلف در این آزمایش با نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون LSD انجام شد، ترسیم شکل با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

به‌منظور محاسبه روند تجزیه و نیمه‌عمر علف‌کش متری بیوزین در بازه‌های زمانی، پس از ۲ ساعت، ۳، ۸، ۳۲، ۵۵ و ۹۰ روز پس از کاشت، نمونه‌برداری از عمق‌های ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک

1- Colony Forming Unit

2- Nutrient Agar

در ۵ نقطه از هر کرت به‌طور تصادفی انجام شد (کوندا و پازتور، ۲۰۰۱) و پس از اختلاط و هوا خشک کردن نمونه‌های برداشت شده، با الک ۲ میلی‌متری آن‌ها را الک کرده تا بقایای گیاهی و سنگ‌ریزه‌ها جدا شود، سپس تا مرحله استخراج متری بیوزین و آنالیز آن توسط دستگاه HPLC، در فریزری با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (روکاد و همکاران، ۱۹۹۵). به‌منظور استخراج و آنالیز متری بیوزین توسط دستگاه HPLC، در هر مرحله نمونه‌برداری، ۱۰ گرم از خاک مربوط به هر تیمار را به درون ارلن‌های ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و ۲۰ میلی‌لیتر متانول با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد به آن‌ها اضافه شد و سپس برای تهیه محلول همگن به مدت ۱/۵ ساعت به دستگاه شیکر منتقل شد. در مرحله بعد برای جداسازی فاز مایع (متانول) از فاز جامد (خاک) با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با دور ۳۵۰۰ و به مدت ۱۰ دقیقه عملیات سانتریفیوژ انجام شد، سپس فاز مایع توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ درون ارلن شیشه‌ای صاف شد. مراحل نام‌برده برای خاک باقی‌مانده داخل ارلن، دوباره تکرار شد و محلول صاف شده از دو مرحله را درون ارلن‌هایی به حجم ۱۰۰ سی‌سی ریخته و برای جلوگیری از تبخیر حلال درب آن‌ها توسط پارافیلیم بسته و در یخچال با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای آماده‌سازی نمونه‌ها برای تزریق به دستگاه HPLC، برای تغلیظ باقی‌مانده متری بیوزین در محلول جمع‌آوری شده، متانول محلول‌های صاف‌شده در هر ۲ مرحله، با استفاده از دستگاه روتاری اوپراتور و با تنظیم دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد حمام آب گرم آن، به‌طور کامل تبخیر و پس از آن، با استفاده از پیپت سرنگی، ۵ میلی‌لیتر متانول به باقی‌مانده متری بیوزین موجود در بالون روتاری اوپراتور اضافه و برای تحلیل نتایج، محلول حاصل پس از انتقال در ظروف شیشه‌ای به حجم ۱۰ سی‌سی، تا زمان تزریق به دستگاه HPLC در یخچال و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (مولر و همکاران، ۲۰۰۳). پس از پایان عملیات استخراج متری بیوزین توسط حلال متانول کمی کردن داده‌های آزمایش با استفاده از تزریق ماده تکنیکال و سایر نمونه‌ها به دستگاه انجام شد. برای تعیین نیمه‌عمر (DT_{۵۰})، زمان لازم برای تجزیه ۹۰ درصد متری بیوزین (DT_{۹۰})، سرعت تجزیه و به‌طور کلی روند تجزیه علف‌کش در طی فصل، داده‌های به‌دست آمده از HPLC برای هر یک از تیمارهای آزمایش پس از تبدیل به درصد نسبت به شاهد با استفاده از نرم‌افزار Sigmaplot Ver. 11 به معادله سینتیکی درجه اول (رابطه ۱) برازش داده شد (مولر و همکاران، ۲۰۰۳).

$$C_t = C_0 \exp^{-kt} \quad (1)$$

که در آن، C_t : غلظت متری بیوزین در زمان t ، C_0 : غلظت اولیه متری بیوزین (میلی گرم در کیلوگرم خاک) و k : سرعت تجزیه (میلی گرم در کیلوگرم خاک در روز) هستند. نیمه عمر و زمان لازم برای تجزیه ۹۰ درصد متری بیوزین نیز با توجه به سرعت تجزیه آن از رابطه های ۲ و ۳ محاسبه شدند (مولر و همکاران، ۲۰۰۳؛ بولک و همکاران، ۲۰۰۵).

$$DT_{0.2} = \frac{\ln 2}{k} \quad (2)$$

$$DT_{0.1} = \frac{\ln 10}{k} \quad (3)$$

که در آن ها، $\ln 2$ و $\ln 10$ لگاریتم طبیعی اعداد ۲ و ۱۰ است که به ترتیب برای به دست آوردن نیمه عمر یا تجزیه ۵۰ و ۹۰ درصدی سموم استفاده می شود (ایزدی دریندی، ۲۰۰۸).
برای مقایسه بین تیمارهای آزمایش از نظر معنی داری، از آزمون t خطوط برازش داده شده از رابطه ۴ انجام شد.

$$T = \frac{b_2 - b_1}{\sqrt{s^2 b_1 + s^2 b_2}} \quad (4)$$

به منظور بررسی اختلاف معنی داری از آزمون t بین خطوط برازش داده شده (رابطه ۴) استفاده شد. که در آن b_1 و b_2 شیب خطوط برازش داده شده و $s^2 b_1$ و $s^2 b_2$ انحراف معیار شیب خطوط برازش داده می باشد (ایزدی دریندی، ۲۰۰۸). برای بررسی کارایی استخراج، نمونه های آماده شده از تیمارهای مختلف آزمایش، بعد از گذشت ۲ ساعت از تزریق علف کش به آن ها (زمان صفر و شاهد)، توسط مراحل نام برده در بالا، استخراج و به دستگاه HPLC تزریق شدند، سپس از تقسیم غلظت مشاهده شده از هر تیمار بر غلظت مورد انتظار از همان تیمار، کارایی استخراج در هر تیمار محاسبه شد (ایزدی دریندی، ۲۰۰۸).

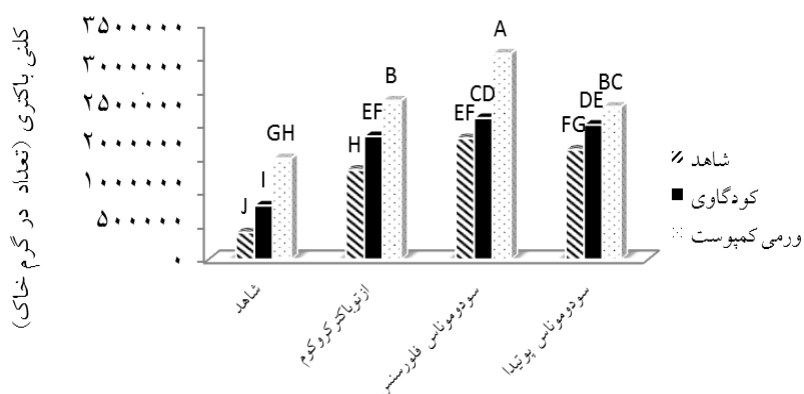
جدول ۱ - مواد تشکیل دهنده ورمی کمپوست و کود گاوی.

نوع کود	ماده آلی	درصد	درصد	نسبت C/N	pH	هدایت الکتریکی (EC) (دسی زیمنس بر متر)	درصد کل (میلی گرم بر کیلوگرم)						نوع کود	
							Zn	Mn	Fe	N	Mg	Ca		K
ورمی کمپوست	۳۶	۲۲/۲	۱۱/۷	۷/۶۵	۱۱	۳/۵	۲/۳۳	۴/۳	۱۱/۰	۰/۱۲	۲/۲	۲/۲۲	۰/۴	۱۲
کود گاوی	۱۸	۱۰/۶	۷/۸	۸/۰۲	۴/۴۷	۲/۵	۲/۴۴	۴/۷۸	۰/۱۷	۰/۱۲	۳/۲	۲/۲۲	۰/۴	۱۲
خاک مزرعه	۱۲	۵/۹	-	۸/۰۵	۷/۳۴	۰/۴	۲/۲۲	۳/۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۳/۲	۲/۲۲	۰/۴	۱۲

نتایج و بحث

تأثیر کاربرد کودهای آلی و زیستی بر جمعیت باکتری‌ها در حضور علف‌کش متری‌بیوزین: براساس نتایج تجزیه واریانس، کودهای آلی و زیستی تأثیر معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) بر تعداد کلنی باکتری‌ها داشتند. اثر متقابل بین تیمارهای مورد استفاده بر صفت تعداد کلنی باکتری‌ها نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که افزودن هر دو نوع کود آلی به خاک تعداد کلنی باکتری‌ها را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد اما این افزایش در حضور باکتری‌ها بیش‌تر بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین تأثیر بر جمعیت باکتری‌ها مربوط به تیمار ورمی‌کمپوست به همراه سودوموناس فلورسنس و کم‌ترین اثر مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱). یولیرووا و سانتروچووا (۲۰۰۳) بیش‌ترین تعداد باکتری را در خاک لومی شنی دارای میزان بالای مواد آلی مشاهده کردند. آن‌ها تأثیر مواد آلی را در افزایش تعداد باکتری‌های خاکزی، از طریق فراهم کردن محیط مغذی برای رشد و ازدیاد باکتری‌ها دانستند.

از طرفی میلو سویک و گاوداریکا (۲۰۰۲) در پژوهشی که روی اثرات علف‌کش بر جمعیت ریزموجودات خاک انجام دادند، گزارش کردند که تعداد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای مدتی پس از سم‌پاشی کاهش یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده، به‌نظر می‌رسد ورمی‌کمپوست با دارا بودن، ماده آلی، کربن آلی و نسبت بالای کربن به ازت (جدول ۱) و نیز سطح ویژه بالا، بستر بهتری را برای رشد باکتری‌ها فراهم آورده است. یا احتمالاً در تیمار دارای ورمی‌کمپوست بخش اعظم علف‌کش در سطوح تبدلی قرار گرفته و بنابراین بیش‌تر در معرض تجزیه باکتری‌ها قرار داشته است، در این شرایط باکتری‌ها نیز با تجزیه و استفاده از علف‌کش، رشد و تکثیر بهتری نسبت به سایر تیمارها داشته‌اند. به‌نظر می‌رسد افزایش کارایی استخراج علف‌کش در همین تیمار، نیز دلیل بر فراهمی بیش‌تر علف‌کش در سطوح تبدلی باشد (جدول ۳). اعتقاد بر این است که کمبود یک یا تعداد بیش‌تری از عناصر غذایی مورد نیاز در شرایط طبیعی محیط، سرعت تجزیه آفت‌کش‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو افزودن کودهای آلی و زیستی به خاک‌های کشاورزی موجب تحریک رشد ریزجانداران خاک و افزایش فرآیند تجزیه زیستی آن‌ها می‌شود (کانیسری و گرالد، ۲۰۱۱). نتایج نشان داد که تیمار شاهد کم‌ترین تأثیر را بر جمعیت باکتری‌های خاک داشت، که از علل احتمالی آن می‌توان به مواد آلی کم‌تر این تیمار و همچنین فراهمی میزان بالای متری‌بیوزین در محلول خاک اشاره کرد، که باعث ایجاد تنش و سمیت برای باکتری‌ها شده و جمعیت آن‌ها را کاهش داده است.



شکل ۱- اثرات متقابل کودهای آلی و زیستی بر تعداد کلنی باکتری‌ها در حضور متری بیوزین.

کارایی استخراج متری بیوزین: براساس نتایج به دست آمده (جدول ۳)، کارایی استخراج در بین تیمارهای آزمایش تفاوت معنی داری نشان داد، به طوری که کارایی استخراج در شاهد، کود گاوی و ورمی کمپوست به ترتیب ۸۷/۹۴، ۷۳/۹۴ و ۹۵/۱۲ درصد بود. مشاهده می شود که بین تیمارهای ذکر شده بیشترین کارایی استخراج مربوط به ورمی کمپوست و کمترین آن مربوط به کود گاوی بود. مطالعات مختلف نشان داده است که کارایی استخراج آفت کش ها از خاک، تحت تأثیر عوامل گوناگونی مانند میزان مواد آلی خاک، درجه حرارت، pH خاک، بافت خاک و شرایط مختلف حاکم بر آزمایش مانند نسبت متانول و آب (برانسیکو و پالما، ۲۰۰۵) و درجه حرارت در زمان استخراج می باشد (برانسیکو و پالما، ۲۰۰۵؛ فروزان گوهر و همکاران، ۲۰۰۵؛ مولر و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین با توجه به عوامل تأثیرگذار بر کارایی استخراج، به نظر می رسد در آزمایش ما حجم بیشتر کود گاوی استفاده شده در خاک (مقدار مصرف کود گاوی نسبت به ورمی کمپوست در واحد سطح ۲ برابر بود) و به دنبال آن تأثیر متفاوت آن بر رطوبت، دما و سایر ویژگی های خاک نسبت به ورمی کمپوست، باعث شده که شرایط جذب علف کش در دو تیمار ورمی کمپوست و کود گاوی تغییر نموده و به دنبال آن کارایی استخراج آن ها نیز تغییر نماید. در تأیید این نتیجه گو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در خاک های با مواد آلی بیشتر، علف کش های آترازین، دایکامبا و سیانازین به دلیل جذب توسط مواد آلی، علاوه بر کاهش آبشویی، سرعت تجزیه کمتری نیز داشتند. همچنین در خصوص pH نیز فوسکالدو و همکاران (۱۹۹۹)، نشان دادند که متری بیوزین با افزایش pH پایداری بیشتری نشان داد.

بر این اساس، احتمالاً pH بالاتر کود گاوی نسبت به ورمی کمپوست (جدول ۱) هم در کاهش فراهمی و استخراج متری بیوزین نقش داشته است.

تأثیر کودهای آلی و زیستی بر سرعت تجزیه و ماندگاری متری بیوزین: براساس نتایج به دست آمده از برازش معادله سینتیکی بر داده‌های به دست آمده از HPLC (رابطه ۴) کم‌ترین تأثیر بر سرعت تجزیه متری بیوزین مربوط به تیمار کود گاوی \times ازتوباکترکروکوکوم و بیش‌ترین تأثیر مربوط به ورمی کمپوست \times سودوموناس فلورسنس بود (جدول ۳). در رابطه نام‌برده پارامتر K نشان‌دهنده سرعت تجزیه می‌باشد (رابطه ۱)، با توجه به مقادیر این پارامتر در جدول ۳ مشاهده می‌شود که ترکیب تیماری کود گاوی \times ازتوباکترکروکوکوم نسبت به تیمار شاهد کاهش ۲۳ درصدی در سرعت تجزیه نشان داد در حالی که ورمی کمپوست \times سودوموناس فلورسنس موجب افزایش ۳۷ درصدی سرعت تجزیه علف‌کش نسبت به تیمار شاهد گردید. طبق شکل ۲ و جدول ۳، تیمارهای سودوموناس پوتیدا و سودوموناس فلورسنس روند تجزیه سریع‌تری نسبت به تیمارهای شاهد و ازتوباکتر کروکوکوم داشته‌اند. در شکل‌های ۳ و ۴ نیز روند تجزیه در تیمارهایی که شامل باکتری سودوموناس و کود آلی ورمی کمپوست در ترکیب خود بوده‌اند نسبت به تیمارهای شاهد و تیمارهایی که ازتوباکتر کروکوکوم و کود گاوی داشته‌اند، بیش‌تر بوده و از نظر آماری نیز بین آن‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). براساس نتایج به دست آمده از آزمایش (جدول ۳) در بین تیمارهای مختلف کود آلی، کود زیستی و اثرات متقابل آن‌ها، کم‌ترین و بیش‌ترین تأثیر بر نیمه‌عمر متری بیوزین ($DT_{0.5}$) مربوط به تیمار کود گاوی \times ازتوباکترکروکوکوم و تیمار ورمی کمپوست \times سودوموناس فلورسنس بود. به طوری که تیمار کود گاوی به همراه ازتوباکترکروکوکوم موجب افزایش ۲۶ درصدی و ورمی کمپوست \times سودوموناس فلورسنس موجب کاهش ۵۲ درصدی نیمه‌عمر متری بیوزین نسبت به تیمار شاهد گردید. به طور مشابه، کم‌ترین و بیش‌ترین تأثیر بر زمان لازم برای تجزیه ۹۰ درصدی متری بیوزین نیز مربوط به تیمار کود گاوی \times ازتوباکترکروکوکوم و تیمار ورمی کمپوست \times سودوموناس فلورسنس بود. تیمار کود گاوی \times ازتوباکترکروکوکوم باعث افزایش ۲۶ درصدی و تیمار ورمی کمپوست \times سودوموناس فلورسنس باعث کاهش ۵۴ درصدی تجزیه ۹۰ درصدی متری بیوزین نسبت به تیمار شاهد شد.

همان‌طور که گزارش شد در همه مقایسه‌های صورت گرفته، تیمارهایی که شامل سودوموناس فلورسنس در ترکیب خود بوده‌اند و یا باکتری نام‌برده با ورمی کمپوست همراه بوده است، سرعت و روند تجزیه علف‌کش در آن نسبت به سایر تیمارها سریع‌تر اتفاق افتاده است. در مقابل نیمه‌عمر علف‌کش یا به عبارتی ماندگاری آن در تیمارهای نام‌برده کاهش نشان داده است. چنان‌که مشهود است،

باکتری سودوموناس و ورمی کمپوست تجزیه علف‌کش را در خاک افزایش داده و به عبارتی ماندگاری آن را در خاک کاهش داده است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، بیش‌ترین جمعیت باکتری در بین تیمارها مربوط به سودوموناس فلورسنس بود. بینزری و همکاران (۱۹۹۸)، نیز گزارش کرده‌اند که سودوموناس فلورسنس بخش مهمی از جمعیت باکتری‌های ریزوسفری را در خاک تشکیل می‌دهد. در طی آزمایشی بر روی باکتری‌های سودوموناس در فرایند معدنی کردن علف‌کش آترازین، گزارش شد که باکتری سودوموناس جدایه ADP قادر بود آترازین، را به‌عنوان تنها منبع نیتروژنی استفاده کند (مندلبایوم و همکاران، ۱۹۹۵). در آزمایشی جدایه‌های دو باکتری *سراشیا* و *سودوموناس* در محیط کشت عناصر معدنی^۱ که تنها منبع کربنی آن دیازینون (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود، رشد کردند و طی ۱۴ روز، ۹۲-۸۰ درصد غلظت اولیه آن را تجزیه کردند. در آزمایش نام‌برده، جدایه‌های هر دو باکتری به تنهایی و یا با یکدیگر در خاک سترون شده، حشره‌کش (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) را با سرعت ثابت $0/085-0/32$ میکروگرم در روز تجزیه کردند و به این ترتیب نیمه‌عمر دیازینون را تحت‌تأثیر قرار دادند (سایکان و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین به‌نظر می‌رسد باکتری‌های سودوموناس با تشکیل بخش مهمی از جمعیت باکتری‌های خاک به همراه ورمی کمپوست تأثیر به‌سزایی بر سرعت تجزیه داشته‌اند. از طرفی چنین به‌نظر می‌رسد که *ازتوباکتر کروکوکوم* نسبت به علف‌کش حساسیت بیش‌تری داشته است به‌طوری‌که احتمالاً علف‌کش باعث از بین رفتن بخشی از جمعیت باکتری نام‌برده در خاک شده است. بنابراین، سرعت تجزیه در تیمارهای شامل *ازتوباکتر* نسبت به دو تیمار دیگر کاهش نشان داده است. در همین راستا میلو سویک و گواداریکا (۲۰۰۲) در پژوهشی که روی اثرات علف‌کش بر ویژگی‌های میکروبی خاک انجام دادند، بیان داشتند که تعداد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در ۱۴-۷ روز پس از سم‌پاشی کاهش یافت. همچنین گزارش شده است که فرآیند تجزیه متری بیوزین ارتباط مستقیمی با وجود مواد آلی در خاک دارد و این مسأله به‌طور معنی‌داری ماندگاری آن را افزایش می‌دهد (هنریکسن و همکاران، ۲۰۰۴). چنین به‌نظر می‌رسد که کود گاوی با داشتن نسبت کربن به ازت کم‌تر نسبت به ورمی کمپوست به‌عنوان منبع نیتروژن ساده و فراهم‌تری در اختیار *ازتوباکتر* خاک قرار می‌گیرد و از این‌رو *ازتوباکتر* به‌دنبال نیتروژن موجود در حلقه تریازین علف‌کش به‌دلیل مصرف انرژی بیش‌تر برای تجزیه پیوندهای آن نمی‌رود و در نتیجه متری بیوزین بیش‌تری به‌صورت دست‌نخورده در خاک دارای کود گاوی باقی می‌ماند. عبدالهافی و همکاران (۲۰۰۰) نیز در رابطه با ماندگاری علف‌کش آترازین گزارش کردند که

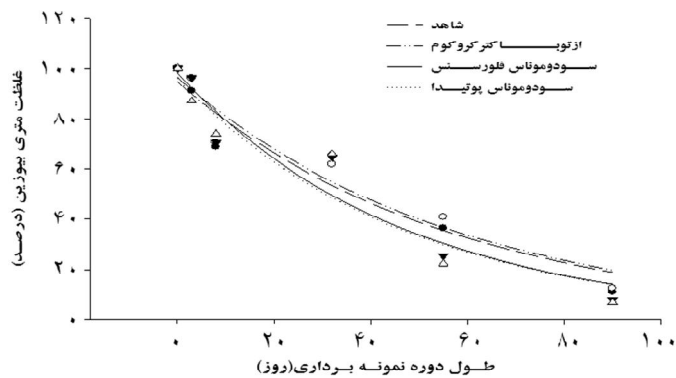
افزودن نیتروژن به محیط کشت باکتری‌ها باعث کاهش سرعت تجزیه و افزایش ماندگاری آترازین شده است. آن‌ها نتیجه گرفتند که باکتری‌ها در صورت فراهمی نیتروژن تمایل کم‌تری برای تجزیه علف‌کش آترازین دارند. بنابراین احتمالاً متوقف شدن سامانه آنزیمی شرکت‌کننده در تجزیه حلقه تریازین پس از افزودن کود گاوی به خاک، می‌تواند دلیل کاهش سرعت تجزیه و افزایش نیمه‌عمر و ماندگاری متری بیوزین در تیمار کود گاوی \times ازتوباکترکروکوکوم باشد. از طرفی پژوهشگران بیان کرده‌اند که بین ماندگاری و زیست‌ماندگاری تفاوت وجود دارد. گاهی یک آفت‌کش مانند گلایفوسیت ماندگاری زیادی در خاک داشته اما به دلیل جذب شدید توسط ذرات خاک، فعالیت زیستی آن کم بوده، یا وجود ندارد. اما علف‌کش‌هایی مانند خانواده آترازین، پس از جذب به اجزای آلی و معدنی خاک، به تدریج وارد فضاهای بین ذرات خاک شده و فراهمی زیستی آن‌ها برای گیاهان و ریزجانداران افزایش می‌یابد (هلینگ، ۲۰۰۵). بنابراین طبق نتایج این آزمایش می‌توان گفت که ورمی‌کمپوست از طریق فراهمی زیستی بیش‌تر نسبت به کود گاوی، زمینه را برای تجزیه سریع‌تر علف‌کش فراهم می‌نماید.

جدول ۳- پارامترهای برآورد شده توسط معادله سینتیک درجه اول و طول عمر متری بیوزین در تیمارهای مختلف.

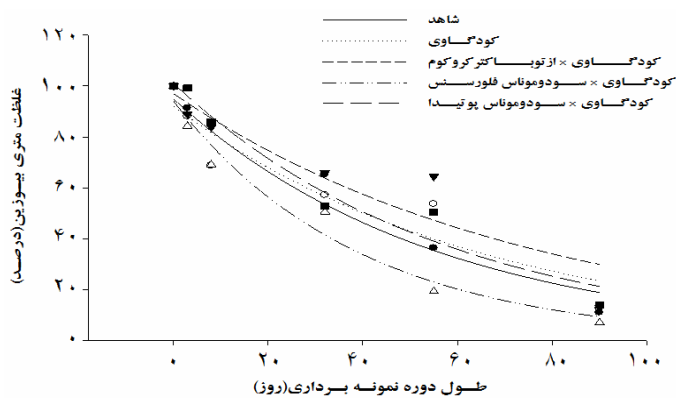
کارایی استخراج	R _۲	سطح احتمال معنی‌داری	DT _{۹۰} (روز)	DT _{۵۰} (روز)	C. (درصد)	K (پی‌پی‌ام)	تیمار
۸۷/۹۴	۰/۹۶	۰/۰۰۲۱	۱۲۸	۳۸	۸۱/۲۵	۰/۰۱۷ (±۰/۰۰۳۷)*	شاهد
	۰/۹۶	۰/۰۰۱۴	۱۳۰	۳۹	۷۲/۷۷	۰/۰۱۷ (±۰/۰۰۳۲)	ازتوباکترکروکوکوم
	۰/۹۶	۰/۰۰۱۷	۱۰۹	۳۳	۶۸/۱۷	۰/۰۲۱ (±۰/۰۰۴۶)	سودوموناس فلورسنس
	۰/۹۶	۰/۰۰۱۹	۱۰۸	۳۲	۸۶/۲۵	۰/۰۲۱ (±۰/۰۰۴۷)	سودوموناس پوتیدا
۷۳/۹۴	۰/۹۴	۰/۰۰۱۵	۱۵۱	۴۵	۶۶/۴۲	۰/۰۱۵ (±۰/۰۰۳۷)	کود گاوی
	۰/۹۳	۰/۰۰۶۹	۱۷۵	۵۲	۷۱/۸۲	۰/۰۱۳ (±۰/۰۰۳۴)	کود گاوی \times ازتوباکترکروکوکوم
	۰/۹۸	۰/۰۰۰۴	۸۹	۲۷	۸۲/۳۷	۰/۰۲۵ (±۰/۰۰۳۸)	کود گاوی \times سودوموناس فلورسنس
	۰/۹۸	۰/۰۰۰۶	۱۳۳	۴۰	۶۶/۷۵	۰/۰۱۷ (±۰/۰۰۲۵)	کود گاوی \times سودوموناس پوتیدا
۹۵/۱۲	۰/۹۶	۰/۰۰۱۵	۱۱۹	۳۵	۹۰/۳۵	۰/۰۱۹ (±۰/۰۰۳۷)	ورمی‌کمپوست
	۰/۹۷	۰/۰۰۰۹	۱۱۳	۳۴	۹۰/۴۲	۰/۰۲ (±۰/۰۰۳۴)	ورمی‌کمپوست \times ازتوباکترکروکوکوم
	۰/۹۸	۰/۰۰۰۳	۸۳	۲۵	۹۶	۰/۰۲۷ (±۰/۰۰۴۰)	ورمی‌کمپوست \times سودوموناس فلورسنس
	۰/۹۸	۰/۰۰۰۲	۱۰۳	۳۱	۶۷/۹	۰/۰۲۲ (±۰/۰۰۲۹)	ورمی‌کمپوست \times سودوموناس پوتیدا

* خطای استاندارد

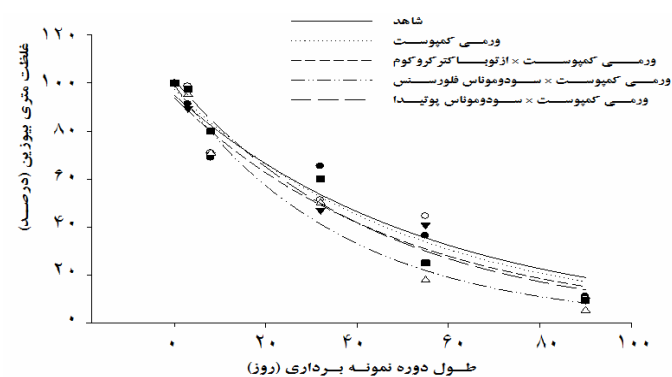
DT_{۹۰} و DT_{۵۰} به ترتیب نمایانگر مدت زمانی است که ۹۰ و ۵۰ درصد علف‌کش تجزیه می‌شود. K: ضریب تجزیه (پی‌پی‌ام در روز)، C: غلظت اولیه متری بیوزین (درصد) و R^۲: ضریب همبستگی رگرسیون می‌باشد.



شکل ۲- روند تجزیه متری بیوزین با افزودن کودهای زیستی.



شکل ۳- روند تجزیه متری بیوزین با افزودن کود گاوی و زیستی.



شکل ۴- روند تجزیه متری بیوزین با افزودن ورمی کمپوست و کود زیستی.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که کاربرد کودهای آلی به خصوص ورمی کمپوست به همراه باکتری سودوموناس فلورسنس در کاهش نیمه عمر و زمان لازم برای تجزیه ۹۰ درصدی متری بیوزین نقش ایفا می کند. در مقابل کمترین تأثیر بر سرعت تجزیه متری بیوزین مربوط به تیمار کاربرد کود گاوی × ازتوباکترکروکوکوم بود. با توجه به بررسی های انجام شده احتمالاً باکتری ازتوباکترکروکوکوم نسبت به باکتری های جنس سودوموناس نقش کمتری در تجزیه علف کش متری بیوزین دارد. البته برهم کنش باکتری ها با نوع مواد آلی خاک نیز اثرات متفاوتی بر تجزیه علف کش در خاک نشان داد. اما به طور کلی کاربرد ورمی کمپوست با باکتری های جنس سودوموناس بهترین ترکیب برای افزایش تجزیه متری بیوزین در خاک بود. با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش باکتری سودوموناس فلورسنس به عنوان تشکیل دهنده بخش مهمی از ریزجانداران خاک می تواند از طریق تجزیه سریع تر علف کش در خاک، کارایی آن را در کنترل علف های هرز کاهش دهد. به این ترتیب زمانی که این باکتری با کود آلی ورمی کمپوست مصرف شود، از طریق اثرات هم افزایی نقش پررنگتری می تواند در این زمینه ایفا کند. اما ازتوباکترکروکوکوم احتمالاً به دلیل حساسیت به علف کش، با کاهش سرعت تجزیه سبب افزایش ماندگاری آن می شود. در این صورت ضمن طولانی شدن دوره کنترل علف های هرز، بقای علف کش در خاک برای محصولات حساس بعدی در تناوب خطر آفرین خواهد بود (موسوی و همکاران، ۲۰۰۵). در مجموع نتایج این آزمایش و بررسی های انجام شده نشان داد که نوع باکتری و مواد آلی خاک بر تجزیه و ماندگاری علف کش ها در محیط تأثیرگذار بوده و به این ترتیب در سلامت اکوسیستم خاک نقش به سزایی دارند.

سپاسگزاری

به این وسیله از جناب آقای مهندس وحید بختیاری کارشناس فنی شرکت فرآوری شیمیایی زنجان به خاطر تهیه کودهای زیستی برای این پژوهش سپاسگزاری می نمایم.

منابع

1. Abdelhafid, R., Houot, S., and Barriuso, E. 2000. How increasing availabilities of carbon and nitrogen affect atrazine behavior in soils. *Biol. Fertil. Soils*. 30: 333-340.
2. Aislabe, J., and Lloyd-Jones, G. 1995. A review of bacterial degradation of pesticides. *Aust. J. Soil Res.* 33: 925-942.
3. Aleem, A., Isar, J., and Malik, A. 2003. Impact of long-term application of industrial wastewater on the emergence of resistance traits in *Azotobacter chroococcum* isolated from rhizospheric soil. *Bioresour. Technol.* 86: 7-13.
4. Benizri, E., Courtade, A., Picard, C., and Guckert, A. 1998. Role of maize root exudates in the production of auxin by *Pseudomonas fluorescens* M.3.1. *Soil Biol. Biochem.* 30: 1481-1484.
5. Buelk, S., Vendy, W.B., Colin, D.B., Mattew, M., and Allan, W. 2005. Evaluation of simplifying assumption on pesticide degradation in soil. *J. Environ. Qual.* 34: 1933-1943.
6. Briceno, G., and Palma, H. 2005. Influence of organic amendment of the biodegradation and movement of pesticides. *Critic. Rev. Environ. Sci. Tech.* 37: 233-271.
7. Cycon, M., Wjck, M., and Piotrowska, Z. 2009. Biodegradation of the organophosphorus insecticide diazinon by *Serratia* sp. and *Pseudomonas* sp. and their use in bioremediation of contaminated soil. *J. Chemosph.* 76: 494-501.
8. Izadi Darbandi, E. 2008. Effect of soil texture and temperature on atrazine degradation, 5th Meet. Int. Weed Sci. Congr. Pp: 6-23.
9. Forouzangohar, M., Haghnia, G.H., Koocheki, A., and Tabatabaie-Yazdi, F. 2005. Effect of Organic Amendments and Soil Texture on Degradation of Atrazine and Metamitron. *J. Crop Prod. Proc.* 9: 131-142.
10. Fuscaldo, F., Bedmr, F., and Monterubbianesi, G. 1999. Persistence of atrazine, metribuzin and simazine herbicides in two soils. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 34: 2037-2044.
11. Getenga, Z.M., Madadi, V., and Wandiga, S.O. 2004. Studies on biodegradation of 2,4-D and metribuzin in soil under controlled condition. *Bull. Environ. Contam. Toxic.* 72: 504-513.
12. Gu, J.G., Fan, Y., and Gu, J.D. 2003. Biodegradability of atrazine, cynazine and dicamba under methanogenic condition in three soils of China. *Chemosph.* 52: 1515-1521.
13. Helling, C.S. 2005. The science of soil residual herbicides, P 3-22. In: Van Acker, R.C. (ed.), *Soil Residual Herbicides: Science and Management. Topics in Canadian Weed Science, Vol. 3* Saint-Anne-de-Bellevue, Quebec: Canadian Weed Science Society.
14. Henriksen, T., Svensmark, B., and Juhler, R.K. 2004. Degradation and sorption of metribuzin and primary metabolites in a sandy soil. *J. Environ. Qual.* 33: 619-628.

15. Kanissery, R.G., and Gerald, K.S. 2011. Biostimulation for the Enhanced Degradation of Herbicides in Soil. Review Article .Hindawi Publishing Corporation. Appl. Environ. Soil Sci. 10: 450-843.
16. Kargi, F., and Eker, S. 2004. Toxicity and batch biodegradation kinetics of 2,4 dichlorophenol by pure *Pseudomonas putida* culture. J. Enzym. Microb. Technol. 35: 424-428.
17. Kodesova, R., Kocarek, M., Kodes, V., Drabek, O., Kozak, J., and Hejtmankova, K. 2010. Pesticide adsorption in relation to soil properties and soil type distribution in regional scale. J. Hazard. Mater. 186: 540-550.
18. Konda, L.N., and Pasztor, Z. 2001. Environmental distribution of acetochlor, atrazine, chlorpyrifos, and propisochlor under field conditions. J. Agric. Food Chem. 49: 3859-3863.
19. Linde, C.D. 1994. Physico-Chemical Properties and Environmental Fate of Pesticides. Environmental Hazards Assessment Program. Department of Pesticide Regulation.
20. Mandelbaum, R.T., Allan, D.L., and Wackett, L.P. 1995. Isolation and Characterization of a *Pseudomonas* sp. that Mineralizes the S-Triazine Herbicide Atrazine. J. Appl. Environ. Microb. 61: 1451-1457.
21. Milosevic, N., and Govedarica, M. 2002. Effect of herbicides on microbiological properties of soil, zb. Matice Srpske za prirodne nauke, Novi. Sad. 102: 5-21.
22. Mousavi, S.K., Zand, E., and Saremi, H. 2005. Physiological Function and Application of Herbicide. Zanjan University Press, 286p.
23. Muller, K., Magesan, G.N., and Bolan, N.S. 2003. A critical review of the influence of effluent irrigation on the fate of pesticides in soil. Agric. Ecosyst. Environ. 120: 93-116.
24. Ranjbar, A. 2005. Purified of organic and inorganic nitrogen on biological and chemical degradation of atrazine in soils. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
25. Rasouli Sadaghiani, M.H., Khavazi, K., Rahimian, H., Malakouti, M.J., Asadi Rhamani, H. 2006. An Evaluation of the potentials of indigenous Fluorescent *Pseudomonads* of wheat rhizosphere for producing siderophore. J. Soil. Water. Sci. 20: 134-143.
26. Rouchaud, J., Gustin, F., and Bulcke, R. 1995. Atrazine soil metabolism in maize fields treated with organic fertilizers. Weed Res. 36: 101-112.
27. Shaner, D.L., and Henry, W.B. 2007. Field history and dissipation of atrazine and metolachlor in Colorado. J. Environ. Qual. 36: 128-134.
28. Toyota, K., and Kuninaga, S. 2006. Comparison of soil microbial community between soils amended with or without farmyard manure. Appl. Soil Ecol. 33: 39-48.
29. Uhlirova, E., and Santruckova, H. 2003. Growth rate of bacteria is affected by soil texture and extraction procedure. Soil Biol. Biochem. 35: 217-224.

30. Virag, D., Naar, Z., and Kiss, A. 2007. Microbial Toxicity of Pesticide Derivatives Produced with UV-photodegradation. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 79: 356-359.
31. Zand, A., Mousavi, S.K., and Heidari, A. 2008. Herbicides and Their Application Methods and Reducing Consumption Optimization Approach. Mashhad University Jihad Press, 567p.
32. Zand, A., Baghestani, M.A., Bitarafan, M., and Shimi, P. 2007. A Guidline for Herbicides in Iran. Mashhad University Jihad Press, 66p.



Evaluating the effect of biological and organic fertilizers on metribuzine herbicide degradation and persistence in soil

**H. Shahgholi¹, *H. Makarian², E. Izadi Darbandi³,
A. Darakhshan Shadmehri⁴ and H.R. Asghari⁵**

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University,

²Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University,

³Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad,

⁴Assistant Prof., Dept. of Plant Protection, Shahrood University,

⁵Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University

Received: 02/09/2013; Accepted: 08/20/2013

Abstract

In order to study the effect of some organic and bio-fertilizers on the analysis of metribuzine residue in soil, a Factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Faculty of Agriculture, Shahrood University in 2011. Treatments included three levels of organic fertilizers (vermicompost, cow manure and control) and biological fertilizer in four levels (*Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter chroococcum* and control). For determination of metribuzine residue, soil samples were taken from 0 to 15 cm soil depth, (2 hours), 3, 8, 32, 55 and 90 days after herbicide application. Then metribuzin residue was measured with HPLC. Results showed that, the bacteria population increased 86 percent by the interaction effects of vermicompost \times *Pseudomonas fluorescens* than control treatment. The rate of herbicide degradation decreased 23 percent and the half-life of herbicide increased 26 percent with application of cow manure \times *Azotobacter chroococcum* than control treatment. However, the application of vermicompost with *Pseudomonas fluorescens* increased the herbicide decay rate by 37 percent and decreased the half-life of herbicide by 52 percent compared to control treatment. Based on our results, organic and biological fertilizers by their synergistic effects can change the rate of metribuzine degradation and persistence in soil.

Keywords: *Azotobacter*, Bacterial colonization, Biodegradation, Pesticide, *Pseudomonas*, Vermicompost

* Corresponding Authors; Email: h.makarian@yahoo.com