نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۱۸۷-۱۷۷

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 2, Summer 2016, P. 177-187

بررسی آزمون زیست‌سنجی در تشخیص باقیمانده و تعیین ماندگاری علف‌کش تریفلورالین در خاک

مجید برزویی[۱]- ابراهیم ایزدی دربندی[۲*]- محمد حسن راشد محصل[۳]- مهدی راستگو[۴]- محمد حسن زاده خیاط[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۹

چکیده

امروزه استفاده از کودهای آلی نقش مهمی در کاهش ماندگاری علف‌کش‌ها در خاک دارد. به منظور بررسی اثر کودهای آلی و زیستی بر پایداری علف‌کش تریفلورالین در شرایط مزرعه، آزمایشی با استفاده از روش زیست‌سنجی انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل کاربرد تریفلورالین در ۲ سطح (۴۸۰ و ۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار)، کاربرد کودهای آلی در ۲ سطح (هیومیک اسید ۸۵ درصد و فولیک اسید ۱۲ درصد) و کاربرد کودهای زیستی در ۲ سطح (نیتروکسین و فسفات بارور ۲) به همراه تیمار شاهد عدم کاربرد کود بودند که در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای تعیین غلظت تریفلورالین در خاک، ۰، ۳، ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز پس از کاربرد آن، نمونه‌گیری از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک انجام شد و پس از انتقال به گلخانه با استفاده از آزمون زیست‌سنجی و گیاه سورگوم به‌عنوان نشان‌گر زیستی برای تعیین بقایای تریفلورالین استفاده شد. نتایج آزمایش نشان داد که در شرایط مزرعه، پایداری تریفلورالین با کاربرد کودهای آلی و زیستی کاهش یافت. بطوری‌که بیشترین نیمه عمر آن (۱۴۴ و۱۳۰ روز) زمانی مشاهده شد که تریفلورالین در مقدار توصیه شده آن (۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و در شرایط عدم کاربرد کود بکار رفت و کمترین نیمه عمر (۱۸ و ۱۹ روز) تریفلورالین مربوط به تیمار کاربرد کود آلی و زمانی که تریفلورالین در مقدار کاهش یافته آن (۴۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) بکار رفته بود، مشاهده شد. بطور کلی بر اساس نتایج این آزمایش کاربرد کودهای آلی در کاهش بقایا و نیمه عمر تریفلورالین در خاک موثر می‌باشند و می‌توانند به منظور کاهش اثرات احتمالی پسماند علف‌کش تریفلورالین بر محصولات تناوبی بکار روند.

واژه‌های کلیدی: زیست‌سنجی، سورگوم، کود آلی، کود زیستی

مقدمه

باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک از مهم‌ترین تبعات ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها است که ضمن آلودگی خاک احتمال خسارت به گیاهان زراعی را در محصولات تناوبی بدنبال دارد (۲۶) در این ارتباط گزارش‌های متعددی در علف‌کش‌ها و محصولات زراعی مختلف بیان شده است. برای مثال بر اساس گزارش‌های لوکس و همکارانش (۱۵) بقایای ایمازاکوئین[۶]، ایمازاتاپیر[۷] و کلومازون[۸] بکار رفته در سویا می‌توانند به محصولات حساسی مانند گندم و ذرت در تناوب خسارت وارد کنند. نامبردگان این مهم را به ظرفیت بالای جذب این علف‌کش‌ها در خاک ارتباط داده‌اند. در مورد تریفلورالین نیزگزارش‌هایی موجود است که به دلیل ماندگاری نسبتاً زیاد آن در خاک، صدمه به محصولاتی از جمله غلات را گزارش کرده‌اند (۱۱) صرف‌نظر از خسارت باقیمانده علف‌کش‌ها بر محصولات تناوبی، تعیین باقیمانده آن‌ها در خاک در جهت برآورد خسارت احتمالی و تأثیر بر پویایی آن‌ها در خاک مهم است. در این ارتباط روش‌های مختلفی از جمله استفاده از روش آنالیز دستگاهی و مولکولی معرفی شده‌اند که به دلیل هزینه بالای آن‌ها، گرایش به استفاده از روش‌های ساده تر و کم هزینه از جمله آزمون‌های زیست‌سنجی با استفاده از گیاهان حساس وجود دارد (۸). زیست‌سنجی روشی است که کمک می‌کند با استفاده از گیاهان حساس به غلظت باقیمانده علف‌کش در خاک پی برده و از کاهش عملکرد محصولات حساس در تناوب بعدی ممانعت کرد (۲۴ و ۸). گزارش شده است که این آزمون‌ها در اغلب موارد از کارایی بالایی برخوردار بوده و حتی در علف‌کش‌های کم‌مصرفی که بدلیلی مقدار بسیار اندک کاربرد آن‌ها استفاده از روش‌های آنالیز دستگاهی قادر به

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشیار، استاد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: e-izadi@um.ac.ir)
۵- استادیار دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

6- Imazaquin
7- Imazethapyr
8- Clomazone

تشخیص بقایای آن‌ها در خاک نیست، روش قابل اعتمادتری می‌باشند. به طوری‌که می‌توان آن را جایگزینی مناسب برای روش شیمیایی در نظر گرفت (۲۲). در این ارتباط، شناخت و انتخاب گیاه حساس به عنوان شاخصی برای تشخیص باقیمانده علف‌کش در درجه اول اهمیت در این آزمون‌ها قرار دارد. هر چند قابل دسترس بودن، تکثیر سریع، ارزان بودن از ویژگی‌های مهم گیاهان محک در این آزمون‌ها هستند. اما حساسیت زیاد آن‌ها اهمیت بیشتری نسبت به سایر خصوصیات آن‌ها دارد. لذا انتخاب حساس‌ترین گیاه می‌تواند در موفقیت آزمون زیست‌سنجی مهم و مؤثر باشد (۲) گزارش‌های متعددی در زمینه حساسیت گیاهان زراعی به بقایای تریفلورالین وجود دارد. فرانک و همکاران (۱۰) در آزمایش خود نشان دادند که جوانه‌زنی، سبز شدن و زیست توده ۱۰ ژنوتیپ یولاف زراعی تحت تأثیر بقایای تریفلورالین در خاک قرار گرفت. بطوری‌که در کاربرد ۱۹۲۰ گرم تریفلورالین (۴۶ درصد) در هکتار یک سال پس از کاربرد آن کاهش معنی‌دار زیست توده و عملکرد یولاف گزارش شد. گزارش‌هایی هم وجود دارند که گندم نسبت به جو و یولاف به بقایای تریفلورالین تحمل بیشتری دارد (۱۶). ناولوسکی و همکاران (۱۷) نیز در مطالعات خود به حساسیت کتان نسبت به بقایای تریفلورالین در خاک اشاره کرده‌اند. نامبردگان علی رغم تأیید حساسیت کتان نسبت به بقایای کتان این گیاه را گیاه شاخص و مناسبی برای تشخیص بقایای بسیار کم تریفلورالین در خاک نمی‌دانند. حال اینکه بکی (۵) استفاده از علف هرز دم روباهی[۱]، را در آزمون‌های زیست‌سنجی، روشی سریع و قابل قبول برای تشخیص بقایای علف‌کش تریفلورالین در خاک معرفی کرده‌اند. رحمان و همکاران (۱۹) نیز در مطالعه‌ای گیاه ارزن را به دلیل حساسیت زیاد آن به علف‌کش تریفلورالین، گیاه مناسب و قابل قبول در تشخیص بقایای تریفلورالین معرفی کرده‌اند. بطوری‌که بر اساس گزارش آن‌ها، زیست توده ارزن در آزمون زیست‌سنجی خاک گلدان‌هایی که از مزارعی که سابقاً مصرف ۹۶۰ گرم در هکتار علف‌کش تریفلورالین را در خاک داشتند، ۷۴ درصد کاهش یافت و در کاربرد ۱۹۲۰ گرم در هکتار تریفلورالین، پس از گذشت ۱۸۰ روز تمامی ارزن‌های کشت شده خاک منتقل شده در خاک مزارع مذکور در داخل گلدان‌ها از بین رفتند. فارن هورست و همکاران (۸) در آزمایش زیست‌سنجی که با استفاده از گیاهان کلزا، سیب زمینی، گندم، یولاف زراعی و یونجه برای تشخیص بقایای علف‌کش تریفلورالین در خاک‌های لومی رسی و لومی سیلتی انجام داده بودند، نتیجه گرفتند که فعالیت میکروبی و بخصوص میزان کربن و نیتروژن باعث کاهش پایداری این علف‌کش در خاک می‌شود. نامبردگان همچنین نشان دادند که عکس‌العمل گیاهان به بقایای علف‌کش متفاوت بود. آنا و همکاران (۳) در آزمایش زیست‌سنجی، با استفاده از ریشه خردل، بقایای علف‌کش فلوکاربازون[۲] را شناسایی کردند، آن‌ها روش سنجش طول ریشه خردل را به عنوان ابزاری کارآمد و ساده برای تعیین بقایای علف‌کش تریفلورالین در خاک برای جلوگیری از خسارت به گیاهان بعدی معرفی کردند. سورگوم از جمله گیاهانی است که به بقایای علف‌کش تریفلورالین واکنش نشان می‌دهد (۱۲ و ۲۵). برزویی و همکاران (۴) درآزمایش خود سورگوم و ارزن را برای تشخیص باقیمانده علف‌کش در خاک معرفی کردند. بطور کلی هر چند این امکان وجود دارد، آزمون‌های زیست‌سنجی قادر به تشخیص مقادیر خیلی کم باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک نباشند ولی حضور متابولیت‌های سمی علف‌کش در خاک با این روش تشخیص داده می‌شود و از آنجایی که این روش‌ها نیاز به ابزار خاص و پرهزینه مانند روش‌های شیمیایی ندارد و نیز در انتخاب نوع محصول تناوبی نیز مفید است (۳) امروزه مورد توجه خاصی قرار گرفته است.

با توجه به موارد مذکور و از آنجایی که در ارتباط با علف‌کش تریفلورالین مطالعاتی در این ارتباط در داخل کشور وجود ندارد، این بررسی با هدف ارزیابی استفاده از گیاه سورگوم به عنوان گیاهی محک در تشخیص باقیمانده و تأثیر مقدار کاربرد و کاربرد کودهای آلی و زیستی بر ماندگاری علف‌کش تریفلورالین در خاک با استفاده از آزمون زیست‌سنجی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد در زراعت پنبه انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد کودهای آلی (اسید هیومیک ۸۵ درصد و اسید فولیک ۱۲ درصد) و کودهای زیستی (نیتروکسین و فسفات بارور ۲) و مقادیر کاربرد تریفلورالین در سه سطح صفر، ۴۸۰ و ۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار (ترفلان تجاری با خلوص ۴۸ درصد) بودند. برای این منظور قطعه زمینی که به مدت ۵ سال بدون سابقه کاربرد کود شیمیایی، آلی، زیستی و آفت‌کش بود، انتخاب شد که تناوب دو سال قبل آن آیش و جو بود. عملیات خاک‌ورزی در قطعه زمین مورد نظر شامل گاوآهن در پاییز سال قبل بود و دیسک و لولر در بهار سال زراعی انجام شد. برای آماده‌سازی بهتر خاک برای اختلاط علف‌کش، با خاک یک دیسک به عمق ۱۰ سانتی‌متر زده شد. پس از قطعه‌بندی زمین مورد آزمایش و پیاده کردن نقشه محل کرت‌های طرح، اقدام به اعمال سمپاشی تریفورالین در خاک شد. مقادیر مورد نظر تریفلورالین توسط سمپاش پشتی کتابی با نازلتی جت و با حجم آب ۳۰۰ لیتر در هکتار به کار برده شد. ابعاد کرت‌های

۱- *Setaria viridis* L

۲- Flucarbazone

آزمایش ۳×۵ متر بودند، که بین هر کرت علاوه بر جوی آب، داخل بلوک یک جوی برای ممانعت از ورود فاضلاب بلوک‌های بالادست به کرت‌های بلوک بعدی در نظر گرفته شد. یک هفته بعد از سمپاشی اقدام به کشت پنبه، رقم ورامین به صورت دستی با فواصل ۴۰ سانتی‌متر و تراکم ۶۲ هزار بوته در هکتار شد. در طول فصل، میزان آبیاری کرت‌ها با دبی ۰/۵ لیتر در دقیقه به مدت ۵ دقیقه برای هر تیمار در طول فصل آبیاری یکسان بود. یک روز پس از کاشت، همزمان با آبیاری اول، سطوح مختلف کودهای آلی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار (اسید هیومیک و اسید فولیک) و کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارو ۲ به ترتیب ۵ لیتر و ۱۰۰ گرم در هکتار به خاک اعمال شد. نمونه‌گیری از خاک در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری و توسط یک مته به قطر ۳ سانتی‌متر، بلافاصله پس از کاربرد، ۳، ۷، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز پس از کاربرد تریفلورالین انجام شد و در هر بار نمونه‌گیری ۱۰ نقطه از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و پس از اختلاط نمونه‌های خاک، بلافاصله به گلخانه منتقل شد. به منظور کاهش تجزیه نوری در تریفلورالین نمونه‌گیری در غروب آفتاب انجام شدند. نمونه‌های خاک را در گلخانه و در گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر ریخته شد. سپس بذور سورگوم جوانه‌دار شده به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان کشت شدند. این گیاه بر اساس مطالعات انجام شده به عنوان گیاهی شاخص به بقایای علف‌کش تریفلورالین در خاک شناخته شده است و به عنوان گیاه محک در آزمون زیست‌سنجی بکار برده شد. دمای شبانه و روزانه گلخانه در طول مدت آزمایش، ۱۶ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. ۱۰ روز پس از سبز شدن گیاهان باقیمانده به ۵ بوته در گلدان تنک شدند و ۴۰ روز پس از کاشت، اندام هوایی و ریشه گیاهان سورگوم برداشت شد. همزمان با کاشت بذور سورگوم در نمونه خاک‌های برداشت شده از مزرعه، آزمایشی با غلظت‌های مشخص علف‌کش تریفلورالین به منظور برآورد بقایای علف‌کش در نمونه‌های خاک سمپاشی شده انجام شد. در این آزمایش غلظت‌های مختلف علف‌کش تریفلورالین در خاک در هشت سطح (صفر، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۴، ۰/۰۲۱، ۰/۰۴۳، ۰/۰۶۴، ۰/۰۸۶ و ۰/۱۲۹ میلی‌گرم ماده موثره در کیلوگرم خاک) که به ترتیب معادل ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و۳۰ درصد مقدار کاربرد توصیه شده تریفلورالین بودند در نمونه خاکی از همان مزرعه که علف‌کش استفاده نشده بود بکار برده شد و پس از کاشت بذور سورگوم (همزمان با نمونه‌های خاک شمپاشی شده مزرعه) و تعیین ماده خشک آنها همزمان با سورگوم‌های کاشته شده در نمونه‌های خاک برداشت شده از مزرعه (۴۰ روز پس از کاشت) برداشت و با استفاده از آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم توزین شدند. داده‌های مورد نظر با نرم افزار MSTATC تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد؛ در آزمایش مربوط به غلظت‌های شبیه‌سازی شده تریفلورالین در خاک علاوه بر آنالیز واریانس داده‌های حاصل، تجزیه رگرسیون آنها با استفاده از نرم افزار R و از طریق برازش به داده‌ها مربوط به زیست توده خشک ریشه و اندام هوایی سورگوم معادله لجستیک سه پارامتری انجام شد و غلظت لازم برای ۵۰ درصد زیست توده گیاهان زراعی (ED_{50}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به کار گرفته شدند. سپس ED_{50} تولید شده ریشه و اندام هوایی گیاه سورگوم با استفاده از معادله لجستیک ۳ پارامتری (معادله ۱) غلظت‌های علف‌کش تریفلورالین در طی زمان‌های نمونه‌برداری مشخص شد.

$$Y = \frac{d}{1 + \exp\{b(\log(x) - \log(e))\}}$$ معادله ۱

در این معادله b، شیب منحنی، e غلظتی از علف‌کش که سبب ۵۰ درصد کاهش در مقدار پاسخ می‌شود و d حد بالای منحنی (پاسخ وقتی که باقیمانده علف‌کش در خاک به صفر میل می‌کند) و Y پاسخ سورگوم (وزن خشک ریشه یا اندام‌های هوایی) به بقایای علف‌کش در خاک می‌باشند که پس از برآورد پارامترهای معادله و با توجه به داده‌های حاصل از پاسخ سورگوم به بقایای علف‌کش در نمونه‌های خاک در آزمایش مزرعه‌ای، بقایای تریفلورالین در خاک برآورد شد. پس از برآورد بقایای تریفلورالین در خاک در بازه‌های زمانی مذکور، با استفاده از معادله سینیتیکی درجه اول (معادله ۲) در نرم افزار Sigma plotVer.11 نیمه عمر هر یک از تیمارها محاسبه گردید.

$$C_t = C_0 \exp(^{-kt})$$ معادله ۲

که در آن C_t غلظت تریفلورالین در زمان t، C_0 غلظت اولیه تریفلورالین (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و K سرعت تجزیه (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در روز) هستند. نیمه عمر و زمان لازم برای تجزیه ۹۰ درصد تریفلورالین (DT_{90}) نیز با توجه به سرعت تجزیه تریفلورالین در معادله فوق از معادله‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند (۱۹).

$$DT_{50} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$$ معادله ۳

$$DT_{90} = \frac{\ln 10}{k} = \frac{2.3}{k}$$ معادله ۴

از معادله ۵ نیز به منظور بررسی اختلاف معنی‌داری خطوط برازش شده استفاده شد. که در آن b_1 و b_2 شیب خطوط برازش داده شده و s^2b_2 و s^2b_2 انحراف معیار آن‌ها می‌باشند (۱).

$$T = \frac{b2 - b1}{\sqrt{s^2 b_1 + s^2 b_2}}$$ معادله ۵

نتایج و بحث

با توجه به نتایج آزمایش، پاسخ گیاه سورگوم به بقایای شبیه‌سازی شده تریفلورالین از معادله لجستیک سه پارامتری پیروی می‌کرد. بر اساس نتایج حاصل، درصد تلفات وزن خشک ریشه و

اندام‌های هوایی سورگوم با افزایش غلظت تریفلورالین در خاک افزایش یافت. بطوری‌که در غلظت ۰/۰۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، ۵۷ درصد از زیست توده هوایی و ریشه سورگوم کاسته شد و در همین غلظت درصد تلفات به بیش از ۹۵ درصد رسید (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمایش، ED_{50} برای زیست توده بخش هوایی سورگوم (۰/۰۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بیشتر از زیست توده ریشه (۰/۰۴۱) بود (جدول ۲، شکل ۱).

بر اساس نتایج بدست آمده، کاربرد ۴۸۰ و ۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش تریفلورالین بطور معنی‌داری منجر به کاهش زیست توده اندام‌های هوایی و ریشه سورگوم در طی فصل شد (جدول ۳) و با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش تلفات زیست توده اندام هوایی و ریشه افزایش یافت (جداول ۴). بطوری‌که زیست توده اندام‌های هوایی سورگوم طی ۱۲۰ روز پس از کاربرد تریفلورالین در تیمارهای کود آلی، زیستی و کاربرد آن‌ها به هم به ترتیب ۵۵، ۶۲ و ۹۹ درصد بود که نسبت به تیمار فاقد کود (۴۶ درصد) اختلاف معنی‌داری داشته‌اند و در کاربرد ۹۶۰ گرم در هکتار نیز روند مشابهی مشاهده شد (جداول ۴ و ۵). با توجه به این نتایج تأثیر معنی‌داری بین سطوح مواد آلی مختلف در تأثیر بر زیست توده سورگوم مشاهده شد (جدول ۳). بطور کلی تأثیر بقایای تریفلورالین بر زیست توده ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی سورگوم بوده است بطوری‌که حتی پس از گذشت ۱۲۰ روز پس از کاربرد تریفلورالین در خاک، در تیمار فاقد کود به میزان ۵۴ و ۵۸ درصد کاهش در زیست توده اندام‌های هوایی سورگوم به ترتیب مربوط به ۴۸۰ و ۹۶۰ گرم تریفلورالین در هکتار مشاهده شد. حال اینکه زیست توده ریشه سورگوم به ترتیب ۵۸ و ۷۲ درصد اولیه بود. با توجه به این نتایج و نحوه تأثیر علف‌کش تریفلورالین در خاک این روند دور از انتظار نیست. این علف‌کش از طریق جلوگیری از تشکیل میکرو توبول‌ها در مرحله پروفاز و متافاز سلولی مانع از تقسیم سلولی و مرگ گیاهچه می‌شود و تأثیر بیشتر آن بر ریشه متأثر از نحوه عمل آن می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی سورگوم در سطوح مختلف بقایای علف‌کش تریفلورالین در خاک

Table 1- Mean comparison of sorghum root and shoot dry weight at different levels of trifluralin herbicide residue in soil

غلظت‌های علف‌کش (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Concentration of herbicide (mg/kg soil)	وزن خشک اندام‌های هوایی (درصد نسبت به شاهد) Shoot dry weight (%of control)	وزن خشک ریشه (درصد نسبت به شاهد) Root dry weight (%of control)
0	100[a]	100[a]
0.043	45.66[b]	43.86[b]
0.086	36.81[c]	38.85[bc]
0.129	36.07[c]	34.39[cd]
0.172	30.61[d]	30.66[de]
0.215	24.38[e]	27.73[e]
0.258	25.05[e]	26.93[e]
0.301	19.86[f]	24.13[e]
0.344	19.77[f]	20.44 [f]
0.387	18.73[f]	17.89[f]
0.430	4.32[g]	0.98 [g]

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد

Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%)

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش وزن خشک ریشه و اندام هوایی سورگوم به معادله لجستیکی ۳ پارامتری در آزمایش بقایای شبیه‌سازی شده تریفلورالین در خاک

Table 2- Parameters estimated fitting 3 parameter logistic model to root and shoot dry weight of sorghum data to different residue of trifluralin in soil

صفت Adjective	ED_{90}	ED_{50}	ED_{10}	D	B
زیست توده ریشه Root biomass	0.53(0.188)	0.041(0.014)	0.002(0.004)	99.03(7.23)	0.81(0.0015)
زیست توده هوایی Shoot biomass	0.609(0.141)	0.048(0.013)	0.004(0.002)	99.15(7.25)	0.91(0.0016)

جدول ۳- میانگین مربعات (MS) حاصل از تجزیه واریانس وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی سورگوم به بقایای علف‌کش تریفلورالین در خاک
Table 3- Mean Square (MS) from analysis of variance of the root and shoot dry weight of sorghum to trifluralin herbicide residues in soil

		روزهای پس از سمپاشی Days after spraying							
		0		3		7		15	
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of Freedom	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight
فاکتور A Factor A	2	72805.7**	70255.2**	70264.8**	65989.5**	61408.8**	56846.3**	40558.7**	46079.2**
فاکتور B Factor B	3	32.7 ns	ns25.1	ns2	ns29.3	136.5*	ns466.9	825.5**	539.4**
A×B	6	ns74.9	ns69.4	15	ns192.5	ns133.4	ns366.8	ns433.8	ns296.7
خطا Error	24	138.1	116.6	577.7	836.4	283.8	1362	961.7	700.4
CV		6.5	5.8	12.9	14.8	8.2	11.8	12	10.9

		روزهای پس از سمپاشی Days after spraying							
		30		60		90		120	
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of Freedom	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight
فاکتور A Factor A	2	21034.1**	24306.4**	11592.6**	15707.1**	19872.8**	18819.8**	23807**	12286.5**
فاکتور B Factor B	3	2347.7**	2667.1**	4035.8**	5804.6**	1671.3*	1837.8*	2402.6**	2843.6**
A×B	6	1188.2*	ns1391	2708.1*	3755*	ns1019.4	ns 1183.9/۹	1703.9**	2713.1**
خطا Error	24	1645.9	2335	2074	3437	2137	3719	1694.3	2019
CV		12.5	14	13.6	17.2	13.8	18	12.9	13.3

A، مقادیر کاربرد علف‌کش و B، تیمارهای کودی
A, herbicide dose and B, organic fertilizer treatments
** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهند
** and * significant at 1% and 5% respectively and ns nonsignificant different

بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش T با توجه به افـزایش فواصل نمونه‌برداری از خاک در آزمایش زیست‌سنجی، روند تغییـرات ماده خشک سورگوم افزایشی بود. به نظر مـی‌رسـد کودهـای آلـی و زیستی بقایای علف‌کش تریفلورالین را بـه طـور معنـی‌داری کـاهش دادند، بطوری‌که در تمامی تیمارهای کودی نسبت به شاهد اخـتلاف معنی‌داری در زیست توده سورگوم در دو سطح ۴۸۰ و ۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش مشاهده شد (جدول ۴). پس از گذشت ۱۲۰ روز از کاربرد علف‌کش در تیمار ۴۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار تیمار کودهای آلی و زیستی، زیست توده اندام هوایی و ریشه به ترتیب ۶ و ۱۸ درصد کاهش نسبت به شاهد بدون کاربرد کود داشت و این روند برای تیمار ۹۶۰ گرم ماده مؤثره تریفلورالین در هکتار کاربرد علف‌کش برای زیست توده اندام‌های هوایی و ریشه ۳۲ و ۴۸ درصد نسبت بـه شاهد بود؛ که نشان می‌دهد مقدار کاربرد علف‌کش بر ماندگاری آن در خاک مؤثر است. از سوی دیگر با توجه به اینکـه در کـاربرد مخلـوط

کودهای آلی و زیستی در طول زمان تلفات زیست توده ریشه (جدول ۴) و اندام‌های هوایی (جدول ۵) نسبت به سایر تیمارهـا کمتـر بـوده است احتمالاً تأثیر مثبت آن بر فعالیت ریزجانداران و افزایش تجزیـه بیولوژیکی تریفلورالین دلیل این مهم بوده است در ایـن رابطـه ریـورا کروز و همکاران (۲۱) نشان دادند.

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های زیست توده اندام‌های هوایی در پاسخ به بقایای تریفلورالین در خاک مزرعه در تیمارهای کاربرد کود
Table 4- Mean comparison of sorghum shoot dry weight in response to trifluralin herbicide residues in soil.at fertilizer application treatments

مقدار کاربرد تریفلورالین Trifluralin dose	تیمار Treatment	وزن خشک اندام‌های هوایی (درصد نسبت به شاهد) Shoot dry weight (%of control) روزهای پس از سمپاشی Days after spraying							
		0	3	7	15	30	60	90	120
۴۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار 480 g a.i. ha^{-1}	NF	8.5^{ab}	11^{ab}	14.6^{ab}	19.7^{bc}	23.3^{b}	31.2^{d}	35.3^{b}	46.8^{cd}
	NP	11^{a}	16.9^{a}	16.6^{ab}	19.1^{bc}	51.5^{a}	45.4^{cd}	63^{a}	62^{bc}
	HF	9^{ab}	12^{ab}	17.6^{ab}	27.8^{ab}	54.6^{a}	89.6^{a}	70.7^{a}	55^{bcd}
	NP-HF	7^{bc}	16 ^{a}	20.4 ^{a}	31.6 ^{a}	49.4^{a}	81.5^{ab}	50.3^{ab}	94 ^{a}
۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار 960 g a.i. ha^{-1}	NF	2 ^{d}	8^{abc}	8.1 ^{d}	19.7^{bc}	23.2^{b}	30.3 ^{d}	34.8 ^{b}	42 ^{d}
	NP	2.4 ^{d}	2 ^{c}	10.8^{cd}	15.1 ^{c}	50.3 ^{a}	48.5 ^{cd}	50.8^{ab}	50 ^{cd}
	HF	2.1 ^{d}	4^{bc}	11.1 ^{c}	29.1 ^{a}	60 ^{a}	69.8^{abc}	57.4 ^{a}	70 ^{b}
	NP-HF	3.6 ^{d}	5^{bc}	12^{bc}	30.1 ^{a}	46 ^{a}	56.7^{bc}	51.7^{ab}	68 ^{b}

در هرستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد

NF. Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%): تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic and biological fertilizers

جدول ٥- مقایسه میانگین‌های زیست توده ریشه سورگوم در پاسخ به بقایای تریفلورالین در خاک مزرعه در تیمارهای کاربرد کود
Table 5- Mean comparison of sorghum root dry weight in response to trifluralin herbicide residues in soil at fertilizer application treatments

مقدار کاربرد تریفلورالین Trifluralin dose	تیمار Treatment	وزن خشک اندام‌های هوایی (درصد نسبت به شاهد) Shoot dry weight (%of control) روزهای پس از سمپاشی Days after spraying							
		0	3	7	15	30	60	90	120
۴۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار 480 g a.i. ha^{-1}	NF	9.7 ^{a}	11.3^{a}	12.4^{b}	25.3^{c}	28.3^{d}	39.4^{f}	38.1^{e}	42.8^{c}
	NP	10 ^{a}	12.8^{a}	15.7^{ab}	21.7^{c}	58^{ab}	54.9^{e}	60.9^{b}	41.8^{c}
	HF	7 ^{a}	11 ^{a}	19.7^{a}	38.7^{a}	60 ^{a}	89.1^{a}	72.8^{a}	51.4^{b}
	NP-HF	6.3 ^{a}	10 ^{a}	18 ^{a}	32.6^{b}	51 ^{c}	82.1^{b}	56.4^{c}	82.2^{a}
۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار 960 g a.i. ha^{-1}	NF	0.29^{b}	2 ^{b}	8 ^{cd}	25.3^{c}	28 ^{d}	41.9^{f}	31.3^{f}	28.5^{e}
	NP	0.47^{b}	1.4 ^{b}	4.9 ^{d}	17.2^{d}	56^{ab}	57.6^{e}	48.5^{d}	36.6^{d}
	HF	0.97^{b}	1.2 ^{b}	11^{c}	38.8^{a}	55^{b}	73.3^{c}	52.3^{cd}	40.4^{cd}
	NP-HF	0.60^{b}	3^{b}	10 ^{c}	30.6^{b}	51 ^{c}	62.7^{d}	49.2^{d}	52.4^{b}

در هرستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی دار نمی‌باشد

NF. Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%): تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic and biological fertilizers

که باکتری‌ها علاوه بر تثبیت ازت هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریز مغذی‌های مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های تنظیم کننده رشد مانند اکسین (IAA)، همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی‌بیوتیک، سیانید هیدروژن و سیدروفور موجب رشد و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان شده و با حفاظت ریشه گیاهان از جمله عوامل بیماری‌زای خاکزی موجب افزایش رشد و نمو و بهبود کیفی گیاه می‌شوند و احتمالاً طریق افزایش فعالیت ریشه و ریزموجودات موجود در منطقه ریشه شرایط لازم برای افزایش تجزیه بیولوژیکی را فراهم کرده است.

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون داده‌های مربوط به زیست توده ریشه و اندام هوایی سورگوم، روند تغییرات زیست توده خشک ریشه و اندام‌های هوایی آن در پاسخ به بقایای تریفلورالین در خاک، از معادله لجستیک ۳ پارامتری تبعیت کرد (جدول ۶). از این‌رو پیش‌بینی و تعیین غلظت باقیمانده تریفلورالین در نمونه‌های خاک مزرعه در طول زمان از تابعیت ماده خشک تولیدی سورگوم به بقایای تریفلورالین در نمونه‌های خاک مزرعه استفاده شد.

جدول ٦- معادلات حاصل از برازش داده‌های مربوط به ماده خشک اندام‌های هوایی و ریشه سورگوم به معادله لجستیکی سه پارامتری در پاسخ به بقایای شبیه‌سازی شده تریفلورالین در خاک

Table 6- Equations from fitting of sorghum shoot and root dry weight to 3 parameter logistic equation in response to simulated trifluralin residues in soil

پارامتر Parameter	معادله لجستیکی سه پارامتره 3 parameter logistic equation
ماده خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	$y = \frac{99.15}{1 + \exp\{0.91(\log(x) - \log(0.048)\}}$
ماده خشک ریشه Root dry weight	$y = \frac{99.03}{1 + \exp\{0.81(\log(x) - \log(0.048)\}}$

با استفاده از برازش داده‌های وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی سورگوم به معادله ۳ پارامتری لجستیکی (جدول ۶) غلظت باقیمانده تریفلورالین در خاک در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه شد. نتایج نشان دادند که با افزایش مقدار کاربرد تریفلورالین از ۴۸۰ گرم به ۹۶۰ گرم در هکتار بقایای تریفلورالین در خاک افزایش یافت (جداول ۷، ۸، ۹ و ۱۰). با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش زیست‌سنجی و بقایای شبیه‌سازی شده برای آزمایش بقایای تریفلورالین در خاک، زیست توده ریشه و اندام هوایی سورگوم تحت تأثیر بقایای تریفلورالین در خاک قرار گرفتند.

بر اساس نتایج حاصل از برازش داده‌ها به معادله سینتیکی درجه اول، ضریب تجزیه (k) تریفلورالین در دو تیمار ۴۸۰ و ۹۶۰ گرم ماده مؤثره که با استفاده از گیاه سورگوم پس از تعیین باقیمانده تریفلورالین در خاک بدست آمده، روند معنی‌داری نداشت. مقایسه روند تجزیه تریفلورالین در شرایط کاربرد و عدم کاربرد کود در مزرعه نتایج متناقضی داشت.

جدول ۷- بقایای تریفلورالین (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شده مربوط به معادله زیست توده ریشه سورگوم در زمان‌های مختلف نمونه-برداری از خاک مزرعه در مقدار کاربرد ٤٨٠ گرم ماده مؤثره تریفلورالین در هکتار در تیمارهای کاربرد کود

Table 7- Trifluralin residues estimated (mg kg^{-1} soil) related to root biomass of sorghum equation at different times soil sampling when trifluralin applied at 480 g a.i. ha^{-1}at fertilizer application treatments

روزهای پس از سمپاشی Days after spraying	0	3	7	15	30	60	90	120
NF بقایا (پی پی‌ام) NF Residue (ppm)	0.36	0.34	0.34	0.30	0.28	0.25	0.23	0.18
NP	0.32	0.31	0.31	0.30	0.15	0.12	0.07	0.08
HF	0.34	0.30	0.29	0.26	0.14	0.10	0.06	0.10
NP-HF	0.37	0.31	0.28	0.25	0.17	0.13	0.13	0.04

NF: تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic and biological fertilizers

جدول ۸- بقایای تریفلورالین (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شده مربوط به معادله زیست توده ریشه سورگوم در زمان‌های مختلف نمونه-برداری از خاک مزرعه در مقدار کاربرد ۹۶۰ گرم ماده مؤثره تریفلورالین در هکتار در تیمارهای کاربرد کود

Table 8- Trifluralin residues estimated (mg kg^{-1} soil) related to root biomass of sorghum equation at different times soil sampling when trifluralin applied at 960 g a.i. ha^{-1}at fertilizer application treatments

روزهای پس از سمپاشی Days after spraying	0	3	7	15	30	60	90	120
NF	.034	0.35	0.36	0.30	0.28	0.25	0.23	0.20
NP	0.42	0.45	0.34	0.32	0.16	0.17	0.16	0.16
HF	0.42	0.41	0.34	0.25	0.10	0.05	0.12	0.01
NP-HF	0.40	0.38	0.27	0.25	0.18	0.12	0.15	0.02

NF: تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic and biological fertilizers

جدول ۹- بقایای تریفلورالین (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شده مربوط به معادله زیست توده اندام‌های هوایی سورگوم در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک مزرعه در مقدار کاربرد ٤٨٠ گرم ماده مؤثره تریفلورالین در هکتار در تیمارهای کاربرد

Table 9- Trifluralin residues estimated (mg kg^{-1} soil) related to shoot biomass of sorghum equation at different times soil sampling when trifluralin applied at 480 g a.i. ha^{-1}at fertilizer application treatments

روزهای پس از سمپاشی Days after spraying	0	3	7	15	30	60	90	120
NF	0.38	0.37	0.37	0.30	0.29	0.25	0.26	0.22
NP	0.36	0.36	0.35	0.32	0.13	0.15	0.11	0.15
HF	0.40	0.37	0.33	0.24	0.12	0.08	0.10	0.18
NP-HF	0.41	0.38	0.32	0.27	0.17	0.09	0.14	0.09

NF: تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic and biological fertilizers

جدول ۱۰- بقایای تریفلورالین (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شده مربوط به معادله زیست توده اندام‌های هوایی سورگوم در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری از خاک مزرعه در مقدار کاربرد ۹٦۰ گرم ماده مؤثره تریفلورالین در هکتار در تیمارهای کاربرد کود

Table 10- Trifluralin residues estimated (mg kg^{-1} soil) related to shoot biomass of sorghum equation at different times soil sampling when trifluralin applied at 960 g a.i. ha^{-1}at fertilizer application treatments

روزهای پس از سمپاشی Days after spraying	0	3	7	15	30	60	90	120
NF	0.43	0.46	0.39	0.30	0.29	0.23	0.27	0.29
NP	0.51	0.47	0.43	0.34	0.14	0.13	0.19	0.20
HF	0.49	0.48	0.37	0.24	0.15	0.08	0.17	0.23
NP-HF	0.50	0.44	0.38	0.28	0.18	0.09	0.19	0.17

NF: تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic and biological fertilizers

بطوری‌که کاربرد کود آلی و زیستی بقایای تریفلورالین را در زمان‌های نمونه‌برداری بطور قابل توجهی کاهش داد (جداول ۷، ۸، ۹ و ۱۰). ضریب تجزیه تریفلورالین در کاربرد ۴۸۰ گرم ماده مؤثره زیست توده ریشه پس از ۱۲۰ روز در تیمارهای کود زیستی، آلی و اثر متقابل آن‌ها به ترتیب ۲/۵، ۵/۸ و ۴/۶ برابر نسبت به تیمار فاقد کود بود. نیمه‌عمر محاسبه شده توسط گیاه سورگوم در کاربرد ۴۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار تریفلورالین ۱۳۰، ۵۱، ۲۲ و ۲۷ روز و در تیمار ۹۶۰ گرم ماده مؤثره به ترتیب ۱۱۹، ۵۴، ۱۷ و ۳۸ روز به ترتیب مربوط به تیمار شاهد بدون کود، کود زیستی، آلی و اختلاط آن‌ها بود. روند تغییرات برای DT_{90} (زمان لازم برای تجزیه ۹۰ درصد غلظت اولیه تریفلورالین) نیز نتایج مشابهی داشت (جدول ۱۱). ضریب تجزیه (k) تریفلورالین در کاربرد ۴۸۰ گرم ماده مؤثره با استفاده از آزمون زیست توده اندام‌های هوایی تیمارهای کود زیستی، آلی و مخلوط آن‌ها ۲، ۸ و ۶ برابر نسبت به تیمار شاهد فاقد کود بود. ضریب تجزیه بدست آمده برای ۹۶۰ گرم ماده مؤثره تریفلورالین نیز تقریباً از این روند تبعیت می‌کرد (جدول ۱۱). محتوی مواد آلی خاک مهم‌ترین عامل در کمیت جذب تریفلورالین در خاک است و در این ارتباط کربن بیشترین نقش را دارد (۶ و ۷). در این رابطه جنی و خانا (۱۳) در آزمایش خود نشان دادند که کودهای زیستی حاوی باکتری ریزوبیوم و باکتری‌های تثبیت کننده فسفر می‌توانند اثرات سوء علف‌کش‌های

دی‌نیتروآنیلین را کاهش داد و استفاده از آن‌ها بـه عنـوان کودهـای بیولوژیکی باعث افزایش عملکرد محصول نیز می‌شـوند. ترنتانایلـد و همکاران (۲۷) در آزمـایش تعیـین بقایـای تریفلـورالین در خـاک بـا استفاده از روش آنالیز دستگاهی در مزرعه نشـان دادنـد کـه بقایـای تریفلورالین در خاک بدون کاشت گیاه ۴۰ تا ۷۰ درصد و در خاکی که گیاه زراعی در آن کشت شده ۱۶ تا ۲۳ درصد میزان کاربرد علف‌کش در خاک بود، نامبردگان نشان دادند که ریشه گیاهان نیـز مـی‌توانـد بقایای علف‌کش تریفلورالین را در خاک تحت تـأثیر قـرار دهنـد. بـر اساس گزارش آن‌ها کودهای آلی به همـراه عناصـر غـذایی یکـی از راه‌های اصلی افزایش جمعیت ریزجانداران خاک می‌باشـد و افـزایش بیشتر جمعیت میکروبی باعث تخریب بیشتر بقایای علف‌کش در خاک می‌شود (۱۴). راتد و همکاران (۲۰) نشان دادند که استفاده از کودهای دامی باعث کاهش بقایای علف‌کـش‌هـای دی‌نیتـروآنیلین در خـاک می‌شوند. لذا با توجه به نتایج مذکور استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌تواند علاوه بر کاهش بقایـای علـف‌کـش تریفلـورالین از طریـق افزایش جمعیت میکروبی باعث افزایش گسترش ریشـه گیاهـان بـه عنوان عامل ثانوی مؤثر بر جمعیت میکروبـی و تجزیـه تریفلـورالین، افزایش عملکرد محصول را نیز سبب شوند.

جدول ۱۱- پارامترهای برآورد شده توسط معادله سینتیکی درجه اول ازماندگاری علف‌کش تریفلورالین با استفاده از گیاه سورگوم

Table 11- Parameters estimated by first order kinetic equation from the persistence of the herbicide trifluralin using sorghum

مقدار کاربرد علف-کش (گرم در هکتار) Herbicide dose(g. ha-1)	مواد آلی Organic matter	K (میلی‌گرم در کیلوگرم در روز) K (mg kg-1 day-1)	C_0 (درصد) (%)	DT_{50} (روز) (Day)	DT_{90} (روز) (Day)	سطح احتمال Probability level	R^2
وزن خشک ریشه Root dry weight							
480	NF	0.0053 (0.0001)*	105	130	434	0.0001	0.97
	NP	0.0134 (0.0026)	99	51	171	0.0020	0.90
	HF	0.0308 (0.0097)	104	22	74	0.0188	0.93
	NP-HF	0.0248 (0.0081)	107	27	92	0.0220	0.92
960	NF	0.0058 (0.0012)	95	119	396	0.0027	0.91
	NP	0.0127(0.0036)	97	54	181	0.0124	0.87
	HF	0.0412 (0.0094)	95	17	56	0.0045	0.96
	NP-HF	0.0179 (0.0042)	94	38	128	0.0051	0.93
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight							
480	NF	0.0048 (0.0009)*	99	144	479	0.0013	0.96
	NP	0.0099 (0.0040)	97	70	232	0.0470	0.80
	HF	0.0392 (0.0142)	95	18	58	0.0328	0.90
	NP-HF	0.0288 (0.0076)	101	24	80	0.0093	0.94
960	NF	0.0048(0.0009)*	99	144	479	0.0013	0.89
	NP	0.0058(0.0024)	94	119	397	0.0506	0.83
	HF	0.0129(0.0052)	95	53	178	0.0427	0.78
	NP-HF	0.0359(0.0173)	97	19	64	0.0835	0.77
	NF	0.0169(0.0057)	94	41	136	0.0247	0.85

*خطای استاندارد

Standard error

NF: تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic and biological fertilizers

DT50 و DT90 به ترتیب نشانگر نیمه عمر و مدت زمانی است ۹۰ درصد علف‌کش در خاک تجزیه می‌شود

DT50 and DT90 are hale time and the time that required 90% of herbicide residue degrade in soil

K ضریب تجزیه (گرم در کیلوگرم خاک در روز) و C0 غلظت اولیه تریفلورالین در خاک (درصد نسبت به شاهد)

K, coefficien of degradation (gr kg-1 soil day-1) and C0 initial concentration of trifluralin in soil (percent of control)

بر اساس نتایج حاصل از آزمون زیست‌سنجی تیمار کودی آلی و زیستی در مقادیر کاربرد ۴۸۰ و ۹۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار به طور معنی‌داری پایداری این علف‌کش را در خاک کاهش داد، همانطور که در جدول ۱۲ و جدول ۱۳ مشاهده می‌شود تیمارهای کودی بر نیمه عمر تریفلورالین در خاک تأثیر داشته‌اند. با توجه به نتایج حاصل به نظر می‌رسد مصرف توأم کودهای آلی و بیولوژیکی در شرایط مزرعه می‌تواند خسارت بقایای باقیمانده این علف‌کش را در خاک نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها بیشتر کاهش دهد. از سوی دیگر استفاده از گیاه سورگوم می‌تواند به عنوان یک شاخص زیستی مطلوب در آزمایشات زیست‌سنجی جهت تعیین بقایای احتمالی علف‌کش تریفلورالین در خاک مورد استفاده قرار گیرد (شکل‌های ۳ و ۴).

جدول ۱۲- مقادیر t و مقایسات خطوط برازش داده شده در تیمارهای کود آلی و زیستی و مقادیر کاربرد تریفلورالین در خاک در زیست توده ریشه

Table 12- T values and comparison of organic and biological fertilizers and trifluralin concentration in soil fitted lines in root weight

	NFH2	NPH2	HFH2	NP-HFH2
NFH1	0.38 ns	2.05 ns	3.81**	3**
NPH1	2.71*	0.16 ns	2.86*	0.91 ns
HFH1	2.57*	1.81 ns	0.74 ns	1.29 ns
NP-HFH1	2.34*	1.37 ns	1.32 ns	0.76 ns

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد و ۵ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد

** And * respectively significant at one percent and 5 percent and ns no significant difference shows.

NF: تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic fertilizers and biological

H1: کاربرد ۴۸۰ گرم تریفلورالین در هکتار. H2: کاربرد ۹۶۰ گرم تریفلورالین در هکتار

H1: of 480 and H2: 960 gr $ha^{-1}$of trifluralin.

جدول ۱۳- مقادیر t و مقایسات خطوط برازش داده شده در تیمارهای کود آلی و زیستی زیست توده اندام‌های هوایی در مقادیر کاربرد تریفلورالین

Table 13- T values and comparison of organic fertilizers and biological fitted in the shoot biomass at the level of applied trifluralin

	NFH2	NPH2	HFH2	NP-HFH2
NFH1	0.4 ns	1.55 ns	1.82 ns	2.10*
NPH1	0.89 ns	0.46 ns	1.52 ns	1.01 ns
HFH1	0.65 ns	1.75 ns	0.15 ns	1.45 ns
NP-HFH1	2.91**	1.72 ns	0.39 ns	1.25 ns

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد و ۵ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد

** and * respectively significant at one percent and 5 percent and ns no significant difference shows

NF: تیمار شاهد بدون کود، NP: کود زیستی، HF: کود آلی، NP-HF: کود آلی و زیستی

NF: control without fertilizer, NP: bio-fertilizer, HF: organic fertilizers, NP-HF: organic fertilizers and biological

H1: کاربرد ۴۸۰ گرم تریفلورالین در هکتار. H2: کاربرد ۹۶۰ گرم تریفلورالین در هکتار

H1: the application of trifluralin of 480 g per hectare. H2: the application of trifluralin of 960 g ha

منابع

1- Rezaei A.S. 2004. The concepts of probability and statistics. Publications carefully. Isfahan University of Technology. 431 p.

2- Zand A., Mousavi., and Heidari A. 2008. Herbicides and their application. Jihad Daneshghahi Publications y of Mashhad. 572 p.

3- Anna M., Jeff J., and Irvine S. 2008. Evaluating a Mustard Root-Length Bioassay for Predicting Crop Injury from Soil Residual Flucarbazone. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 39: 413-420.

4- Barzoei M., Izadi-Darbandi E., Rashed Mohassel M.H., Rastgoo M., and Hassanzadeh Khaiat M.H. 2012. Evaluation of sensitivity of some crops to trifluralin residue in soil. Unpublished report.

5- Beckie H., Friesen J.V., and Nawolske K. E. 1990. A rapid bioassay to detect trifluralin-resistant green foxtail (*Setaria viridis*). Weed Technology, 4: 505-508.
6- Bellinaso M. L., Greer C.V., Peralba M., Henriques J., and Gaylard E. C. 2006. Biodegradation of the herbicide trifluralin by bacteria isolated from soil. 43: 191–194.
7- Eser F., Akaliker H., and Daric C. 2007. The Effects of Glyphosate Isopropylamine and Trifluralin on the Carbon Mineralization of Olive Tree Soils. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31: 297-302.
8- Farenhorst A. 2007. Influence of crop residues on trifluralin mineralization in a silty clay loam soil. Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 42: 265-269.
9- Fenoll S. J., Ruiz E., Hellín P., Lacasa A., and Flores P. 2010. Enhanced Dissipation of Oxyfluorfen, Ethalfluralin, Trifluralin, Propyzamide, and Pendimethalin in Soil by Solarization and Biosolarization. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 2433–2438.
10- Frank A. M., Richard K., Zollinger M.S., Mullen Mc., and Orval Swenson R. 1998. Trifluralin Reduces Oat Establishment and Yield But Not Quality. Department of Cereal Science and Department of Plant Sciences. North Dakota State University. www.ndsu.nodak.edu/cereal-science.
11- Gerwing P. D., and Mc Kercher R. B. 1992. The relative persistence of trifluralin (545 EC and 5 G) and ethafluralin in prairie soils. Canadian Journal of Soil Science, 72: 255-266.
12- Illionis Agricultural pest managment. 2008. Herbicide Persistence and How to Test for Residues in Soils hand book. http://ipm.illinois.edu/pubs/iapmh/15chapter.pdf
13- Jeenie P., and Khanna S. V. 2011. In Vitro Sensitivity of Rhizobium and Phosphate Solubilising Bacteria to Herbicides. Indian Journal of Microbiology. 51: 230-233.
14- Kanissery R.G., and Gerald K. S. 2011. Biostimulation for the Enhanced Degradation of Herbicides in Soil. Review Article. Hindawi Publishing Corporation. Applied and Environmental Soil Science. 10.1155/2011/843450
15- Loux M. M., Liebl R. A., and Slifc F. W. 1992. Availability and persistence of imazaquin, imazethapyr, and clomazone in soil. Weed Science, 37: 259-267.
16- Morrison I. N., Nawolsky K. M., Marshall G. M., and Smith A. E. 1989. Recovery of spring wheat (*Triticum aestivum*) injured by trifluralin. Weed Science, 37: 784-789.
17- Nawolsky K. M., Morrison I. N., Marshall G. M., and Smith A. E. 1992. Growthand yield of flax (*Linumus itatissimum*) injured by triflluralin. Weed Science. 40: 460-464.
18- Osullivan J., Thomas R.J., and Bouw W.J. 1998. Effect of imazethapyr and imazamox soil residues on several vegetable crops grown in Ontario. Canadian Journal of Plant Science, 78: 647-651.
19- Rahman A. 2006. Persistence of terbacil and trifluralin under different soil and climatic conditions. Weed Research, 17: 145–152.
20- Rathod P.H., Patel R.B., and Jhala A. J. 2010. Persistence and management of dinitroaniline herbicides residues in sandy loam soil. International Journal of Environment and Sustainable Development, 9: 53-57.
21- Rivera Cruz M. C., Narcıa A. T., Ballona G. C., Kohler J., Caravaca F., and Rold A. 2008. Poultry manure and banana waste are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. Soil Biology and Biochemistry, 40: 3092–3095.
22- Santelman P.W., Webe J.B., and Wiese A.F. 1971. A Study of Bioassay Technique Using Promotryne. Weed Science, 19: 170-174.
23- Shaner D.L., and Henry W.B. 2007. Field history and dissipation of atrazine and metolachlor in colorado journal of Environmental Quality. 36: 128-134.
24- Sharm D. P., Rashid A., and Evans I. 2001. Plant Bioassay Techniques for Identifying Herbicide Residues in Soil. Research Scientist Crop & Plant Management Alberta Research Council Inc. Agdex 609-1.
25- Smith A., and Albert E. 1995. Handbook of Weed Management Systems. marcel dekker.inc//new york. page: 736.
26- Turgut C., Erdogan O., Ates D., Gokbulut D., and Cutright T. J. 2010. Persistence and behavior of pesticides in cotton production in Turkish soils. Environmental Monitoring and Assessment, 162: 201-208.
27- Triantafyllidis V., Dimitra S. M., George H., and Konstantinou M. 2010. Persistence of trifluralin in soil of oilseed rape fields in Western Greece. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 90: 344-356.