بررسی تاثیر اصلاح‌کننده آلی (کود دامی و بیوچار) بر پایداری علف‌کش متری‌بیوزین در خاک

کلثوم عبداللهی[1*]، سید علیرضا موحدی نائینی [2]، مجتبی بارانی مطلق[3]، پونه ابراهیمی[4]، قربانعلی روشنی[5]

(تاریخ دریافت:؟ ۱۳۹۷/۰۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹)

چکیده

کاربرد مداوم و نادرست علف‌کش‌ها می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و زندگی موجودات زنده ایجاد کند. به همین علت آگاهی از پایداری علف‌کش‌ها در خاک، به سبب اهمیت تعیین پتانسیل آن‌ها در آلوده کردن محیط و آسیب‌رسانی به گیاهان زراعی امری ضروری به نظر می‌رسد. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر بیوچار و کود دامی بر پایداری علف‌کش متری‌بیوزین در شرایط اشباع و غیر اشباع خاک در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو نوع ماده آلی اصلاح کننده (کود گاوی و بیوچار) و شرایط رطوبتی (اشباع و غیر اشباع) در ۷ زمان نمونه‌برداری (صفر، ۸، ۱۶، ۳۶، ۶۴، ۹۰و ۱۱۰ روز) بودند. نتایج اندازه‌گیری غلظت علف‌کش در تیمارها از زمان مصرف تا ۱۱۰ روز در هر دو حالت اشباع و غیر اشباع نشان داد که در تیمارهای دارای اصلاح کننده‌های آلی، میزان کاهش غلظت علف‌کش بیشتر از خاک شاهد بود. تجزیه علفکش در خاک مطابق تابع سینتیکی مرتبه اول بود. کمترین ضریب تجزیه (K) مربوط به تیمار شاهد و بیشترین ضریب تجزیه مربوط به تیمار اصلاح کننده بیوچار بود که بیانگر پایداری علف‌کش در تیمار شاهد و تاثیر مثبت اصلاح‌کننده آلی بر افزایش سرعت تجزیه علف‌کش است. نیمه عمر محاسبه شده تیمارهای آزمایش در محدوده ۳۴ تا ۳۸ روز بود، بیشترین نیمه عمر (۳۸ روز) مربوط به تیمار خاک شاهد در شرایط غیر اشباع و کمترین نیمه عمر (۳۴ روز) در تیمار اصلاح کننده بیوچار در شرایط اشباع بود. نتایج آزمایش نشان داد تجزیه علف‌کش در تیمارهای دارای اصلاح‌کننده-های آلی در شرایط رطوبتی اشباع از غیراشباع بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: تابع سینتیکی مرتبه اول، خاک اشباع، خاک غیر اشباع ، ضریب تجزیه، نیمه‌عمر

عبداللهی ک.، موحدی نائینی س.ع.ر، بارانی مطلق م.، ابراهیمی پ.، روشنی ق.ع. ۱۳۹۹. بررسی تاثیر اصلاح‌کننده آلی (کود دامی و بیوچار) بر پایداری علف‌کش متری‌بیوزین در خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۱. صفحه:۱۴۹ -۱۶۱.

۱-دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران (مکاتبه کننده)
۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۳-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۴-دانشیار گروه شیمی، دانشگاه گلستان، ایران
۵-دانشیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
*پست الکترونیک: k.abdolahi@gmail.com

مقدمه

استفاده از علف‌کش‌ها از ملزومات غیر قابل انکار در کشاورزی مدرن محسوب می‌شود. به‌طوری‌که طی پنجاه سال گذشته، این ترکیب‌ها جزء ضروری‌ترین نهاده‌های کشاورزی بوده و افزایش کاربرد آن‌ها از مهم‌ترین پیامدهای افزایش تقاضای محصولات کشاورزی بوده است (Lin *et al*., 2003). علی‌رغم مزیت‌های اقتصادی مصرف علف‌کش‌ها، آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کاربرد غیراصولی و بی‌رویه آن‌ها از اساسی‌ترین چالش-های بخش کشاورزی می‌باشد. چنانچه طی سال‌های اخیر نگرانی‌های زیادی در خصوص حضور علف‌کش‌ها در محیط زیست و آلودگی منابع آبی و خاکی به‌وجود آمده است. ماندگاری علف‌کش‌ها در خاک، از مهم‌ترین عوامل آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کاربرد آن‌ها است که ضمن خسارت به محصولات موجود در تناوب زراعی، سبب آلودگی خاک، آب‌های جاری و سفره‌های آب-زیرزمینی و در نهایت تخریب محیط زیست می‌شود (Khoury *et al*., 2003).

هیدرولیز شیمیایی، تجزیه میکروبی و تجزیه نوری سه راه اصلی تجزیه علف‌کش‌ها در محیط می‌باشند (Saha & Kulshrestha, 2008). رامش و ماسوری (Ramesh & Maheswari, 2003) بیان کردند که دما، رطوبت، اسیدیته خاک، مواد آلی، عملیات خاکورزی، شرایط اقلیمی، نوع محصول، مقدار و روش کاربرد آفت‌کش، انواع ریزموجودات موجود در خاک و نور از عوامل تاثیرگذار بر هیدرولیز شیمیایی و تجزیه میکروبی آفت‌کش‌ها می-باشند. شرایط و عوامل محیطی تاثیر زیادی بر رفتار آفت-کش‌ها در محیط زیست دارد (Cupples *et al*., 2000). از این‌رو برای کاهش خطر آلودگی‌های ناشی از آفت‌کش‌ها لازم است عوامل موثر بر سرنوشت آن‌ها به‌منظور امکان استفاده از پتانسیل‌های لازم جهت کاهش آلودگی‌های احتمالی در محیط شناخته شوند (Briceno & Palma, 2007). خاک به عنوان مخزن اصلی ذخیره و نگهداری آفت‌کش‌ها پس از کاربرد آن‌ها، هم در کارایی و هم در رفتار و سرنوشت آن‌ها در محیط زیست موثر است (Kadian *et al*., 2007). در همین راستا پژوهشگران استفاده از مواد آلی خاک را از روش‌های موثر در تجزیه علف‌کش‌ها در محیط و کاهش اثرات مخرب زیست محیطی آن‌ها می دانند (Mueller *et al*., 2003). مواد آلی خاک از طریق جذب آفت‌کش‌ها و تغییر در فعالیت ریز موجودات خاک بر رفتار آن‌ها تاثیر گذارند. تقویت جمعیت میکروبی خاک از طریق افزودن مواد آلی نقش موثری در تجزیه آفت‌کش‌ها خواهد داشت (Moorman *et al*.,2001; Reimer *et al*., 2005). بیوچار به‌دلیل پتانسیل بهبود باروری خاک، غیر متحرک کردن آلودگی-ها و همچنین روشی مناسب برای ترسیب کربن در خاک به‌عنوان اصلاح‌کننده آلی مورد توجه قرار گرفته است. بیوچار ماده‌ای متخلخل با سطح ویژه بالا حاصل از پیرولیز زیست توده‌های جانوری و گیاهی می‌باشد که می‌تواند اثرات معنی‌داری بر مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، رطوبت خاک، پویایی و کاهش شستشوی عناصر غذایی داشته باشد (Sohi *et al*.,2010). بیسلی و همکاران (Baslee *et al*., 2011) و لو و همکاران (Lu *et al*., 2011) بیان کردند که بیوچار می‌تواند به‌دلیل توانایی بالا در جذب ترکیبات آسیب‌زا مانند آفت‌کش‌ها، هیدروکربن-های حلقوی و فلزات سنگین، در بسیاری از مسائل زیست محیطی مانند کاهش میزان آلودگی و خطر غنی‌شدن آب‌ها، مفید و مؤثر واقع شود. کاربرد نادرست و مداوم علف‌کش‌های دارای نیمه عمر طولانی مانند تریازین[1]ها اثرات منفی بر سلامت بشر، گیاهان و حیوانات دارد (Milosevic & Govedarica, 2002).

ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2018) در بررسی تاثیر بیوچار بقایای ذرت و کود مرغی بر تجزیه حشره‌کش تیاکلوپراید[2] بیان کردند کاربرد بیوچار بدلیل افزایش مواد غذایی و تحریک فعالیت ریزجانداران سبب افزایش تجزیه این حشره‌کش شد. متری‌بیوزین[3] علف‌کشی با ماندگاری بالا و نیمه عمر بین ۳۰ تا ۱۲۰روز از علف‌کش‌های مهم گروه تریازینون‌ها و از بازدارنده‌های فتوسنتز است. این علف‌کش هم در مقیاس جهانی و هم در ایران به‌عنوان یک علف‌کش انتخابی پیش‌کاشت و پیش رویشی، به‌طور گسترده برای کنترل. علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ بسیاری از محصولات زراعی از جمله گوجه فرنگی، سویا، سیب زمینی و نیشکر به کار می‌رود (Maqueda ; Zand *et al*., 2005 *et al*., 2009). استفاده گسترده از

1. *Triazine*
2. *Thiacloprid*
3. *Metribuzin*

علف‌کش متری‌بیوزین در محصولات کشاورزی و ماندگاری آن ن در خاک سبب شده که این علف‌کش پتانسیل نسبتا بالایی برای ایجاد خسارت به محیط زیست را داشته باشد. با توجه به این‌که در ارتباط با تاثیر بیوچار بر ماندگاری علف‌کش متری‌بیوزین در خاک مطالعات اندکی در کشور صورت گرفته است، این مطالعه با هدف پالایش متری‌بیوزین در خاک‌های زراعی با تأکید بر نقش اصلاح‌کننده‌های آلی برتجزیه و نیمه عمر علف‌کش متری‌بیوزین در شرایط آزمایشگاه انجام شد. نتایج این پژوهش در درک مدیریت کاربرد و بقایای این علف‌کش درخاک مفید خواهد بود.

مواد و روش‌ها

انکوباسیون خاک با اصلاح‌کننده های آلی

خاک مورد مطالعه در این پژوهش از مزرعه‌ای که حداقل تا ۵ سال قبل هیچ‌گونه علف‌کش و ماده آلی دریافت نکرده بود در غرب استان گلستان شهرستان بندرگز با عرض جغرافیایی ۳۸درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر سطح خاک از چهار نقطه با فاصله ۱۰۰ متر تهیه شد. پس از نمونه‌برداری، نمونه‌های خاک جمع-آوری‌شده در دمای اتاق، هوا خشک و پس از کوبیدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برای آماده‌سازی اصلاح-کننده آلی خاک، کود گاوی پوسیده از یک واحد دامداری استان گلستان جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد، به‌منظور همگن‌سازی، کود دامی جمع‌آوری‌شده به‌وسیله آسیاب خرد و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برای تهیه بیوچار، بخشی از کود پوسیده جمع‌آوری شده در داخل ظروف دربدار ریخته شد. سپس به‌منظور ایجاد شرایط کم یا بدون اکسیژن درب کوره با گریس نسوز کاملاً درزگیری و نمونه‌های کود گاوی به مدت ۲۴ ساعت در داخل کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد (Lorenz & Lal, 2014). برخی ویژگی‌های خاک (Page, 1985) و مواد اصلاح‌کننده آلی(Klute, 1986) اندازه‌گیری شدند. بعد از آماده‌سازی اصلاح‌کننده-های آلی، تیمارهای آزمایش با اختلاط یک درصد وزنی از ماده اصلاح‌کننده با خاک به صورت تیمارهای خاک + بیوچار (TB)، خاک + کود دامی (TM) و خاک بدون اصلاح‌کننده (T) تهیه شد.ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه و مواد اصلاح‌کننده کاربردی در جدول ۱ نشان داده شده است.

علف‌کش متری‌بیوزین با نام تجاری سنکور با درجه خلوص۷۰ درصد و فرمولاسیون پودر وتابل[1] و نمونه استاندارد شیمیایی آن با درجه خلوص ۹۷ درصد با همکاری سازمان حفظ نباتات استان گلستان از شرکت مشکفام فارس تهیه شد. برای آلوده کردن تیمارهای آزمایش به متری‌بیوزین، ۱۰۰ گرم از تیمارهای آماده شده در مرحله قبل در لوله‌های دربدار ریخته و به نسبت یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با علف‌کش متری‌بیوزین آلوده شد برای این منظور ۲ سی سی از محلول ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر متری‌بیوزین که از طریق انحلال متری‌بیوزین در متانول تهیه شده بود با استفاده از پیپت سرنگی به صد گرم خاک اضافه شد و پس از تبخیر کامل متانول از سطح خاک، درب ظروف بسته و به شدت تکان داده شد تا علف-کش به‌طور یکنواخت با خاک ترکیب شود. برای ایجاد شرایط غیر اشباع در حد ۶۵ درصد ظرفیت زراعی و برای شرایط اشباع به نسبت ۱:۱/۲۵ آب مقطر به نمونه‌های خاک اضافه شد و درب ظروف با کاغذ آلومینیوم منفذدار بسته و در داخل انکوباتور در شرایط تاریکی و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در ۷ دوره‌ی زمانی صفر، ۸، ۱۶، ۳۶، ۶۴، ۹۰ و ۱۱۰روز نمونه‌برداری شدند (Hogg, 2005). در طول آزمایش با توزین ظروف رطوبت نمونه‌های خاک حفظ شد. پس از خروج نمونه‌های خاک در دوره‌های زمانی معین، برای تعیین غلظت باقی‌مانده متری‌بیوزین، نمونه‌ها تا مرحله استخراج متری‌بیوزین از خاک در دمای ۲۵- درجه سلسیوس و در داخل فریزر نگهداری شدند.

استخراج آفت‌کش از خاک

به‌منظور استخراج آفت‌کش متری‌بیوزین از خاک و آنالیز توسط دستگاه HPLC[2]، ده گرم از نمونه‌های خاک به درون لوله های فالکون ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و ۲۰ میلی‌لیتر متانول با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد به آن‌ها اضافه شد و مدت ۱/۵ ساعت با شیکر ۲۵۰ دور در دقیقه تکان داده شد. برای جداسازی فاز مایع (متانول) از فاز جامد (خاک) نمونه‌ها با دور ۳۵۰۰ و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند، فاز مایع توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲

1. Wettable powders

2. High performance liquid chromatography

درون ارلن شیشه‌ای صاف شد. مراحل مذکور برای خاک باقی‌مانده داخل فالکون، دوباره تکرار شد و محلول صاف شده از دو مرحله درون ارلن‌هایی به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و برای جلوگیری از تبخیر حلال درب آن‌ها توسط پارافیلم بسته و در یخچال با دمای ۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها برای تزریق به دستگاه HPLC، برای تغلیظ متری‌بیوزین باقی‌مانده در محلول صاف شده، متانول محلول‌های صاف شده در مرحله قبل با دستگاه روتاری اواپراتور و با تنظیم دمای ۳۹ درجه سلسیوس، به‌طور کامل تبخیر و سپس با استفاده از پیپت سرنگی، ۵ میلی‌لیتر متانول به باقی‌مانده متری‌بیوزین در روتاری اواپراتور اضافه شد و محلول حاصل تا زمان تزریق به دستگاه HPLC در یخچال و دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (Muller *et al*, 2003). دستگاه HPLC مورد استفاده در این آزمایش به همراه پمپ با مدل L7100 ساخت شرکت مرک هیتاچی[1] مجهز به آشکارساز[2] از نوع آرایه فوتونی[3] و یک ستون فاز معکوس C18 (به طول ۲۵ و قطر ۴/۵ سانتی‌متر) بود. فاز متحرک شامل آب دیونیزه شده: متانول با نسبت حجمی ۱:۱ بود. سرعت جریان ۰/۵ میلی‌لیتر در دقیقه و حجم تزریق ۵۰ میکرولیتر بود. طول موج حداکثر جذب ۲۹۰ نانومتر زمان بازداری ۱۱:۸ دقیقه تعیین شد. با آنالیز نمونه‌های خاک شاهد، اختصاصی بودن زمان بازداری ارزیابی شد. شکل ۱ نمونه‌ای از کروماتوگرام آفت‌کش مورد مطالعه را بازمان بازداری ۱۱:۸ دقیقه نشان می‌دهد. عدم وجود پیک‌های زمینه در زمان بازداری علف‌کش مورد نظر نشان می‌دهد که هیچ‌گونه تداخلی بروز نکرده است.

اندازه گیری نیمه عمر

پس از اندازه‌گیری غلظت علف‌کش در بازه‌های زمانی تعریف شده در آزمایش تحلیل نتایج با استفاده از آنالیز رگرسیون توسط نرم‌افزار اکسل انجام شد و برای این منظور داده‌های حاصل به رابطه‌های سینتیکی مرتبه اول (رابطه ۱) و دوم (رابطه ۲) برازش داده شدند.

$$C = C0e^{-Kt} \quad (۱)$$

$$C = \frac{C0}{1 + KtC0} \quad (۲)$$

در این رابطه‌ها،C غلظت علف‌کش (میکروگرم بر سانتی‌متر مکعب خاک)، t زمان (روز) و K ضریب تجزیه علف‌کش (نشان دهنده سرعت تجزیه علف‌کش بر حسب میکروگرم در روز) و C0 غلظت علف‌کش در زمان صفر (میکروگرم بر سانتی‌متر مکعب خاک) است.

بومن (Bowman,1991) بیان کرد که مهم‌ترین روش بیان پایداری علف‌کش‌ها و مقایسه پتانسیل تجزیه آن‌ها تعیین نیمه عمر (DT50) و زمان لازم برای تجزیه‌ی ۹۰ درصد علف‌کش (DT90) است. بر پایه پارامتر k حاصل از رابطه های فوق، مقادیر DT90 و DT50 به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند (Tasli *et al*., 1991).

$$DT50 = \frac{Ln(2)}{K} \quad (۳)$$

$$DT90 = \frac{Ln(10)}{K} \quad (۴)$$

تجزیه و تحلیل آماری

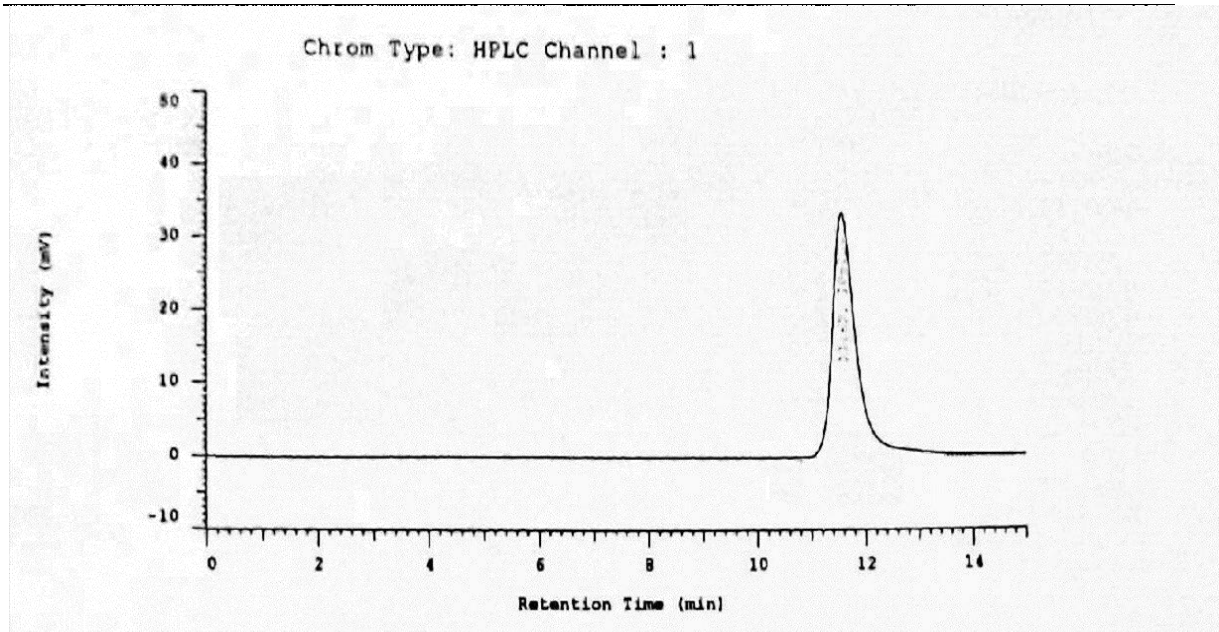
آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو نوع ماده آلی شامل (کود دامی و بیوچار در سطح یک درصد)، شرایط رطوبتی (اشباع و غیر اشباع) در ۷ زمان نمونه‌برداری (صفر، ۸، ۱۶، ۳۶، ۶۴، ۹۰ و ۱۱۰روز) بودند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با نرم‌افزار SAS 9.4 تحلیل شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

1. Merk-Hitachi
2. Detector
3. Photodiode array

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه و مواد اصلاح کننده کاربردی

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the studied soil and used organic amendments

Properties	Electrical conductivity (EC)	pH	Cationic exchange capacity (CEC)	Organic carbon (OC)	Silt	Sand	Clay
			$cmol.kg^{-1}$			%	
Soil	4.2	7.4	10.5	0.61	28	62	10
Manure	7.3	7.8	21.5	25.4	...	...	...
Biochar	8.5	8.2	28.2	33.2	...	...	...



شکل ۱ - کروماتوگرام علف‌کش متری‌بیوزین

Figure 1. chromatogram of Metribuzin herbicide

نتایج و بحث

بررسی کارایی استخراج علف‌کش

به‌منظور بررسی کارایی استخراج علف‌کش از تیمارهای آزمایش بعد ازگذشت یک ساعت از تزریق، علف‌کش متری‌بیوزین استخراج و به دستگاه HPLC تزریق شد. از تقسیم غلظت مشاهده شده از هر تیمار بر غلظت اولیه، کارایی استخراج هر تیمار محاسبه شد. بر اساس نتایج آزمایش، کارایی استخراج متری‌بیوزین در تیمارهای کود دامی و بیوچار به ترتیب ۹۶/۶ و ۹۷/۱۱درصد و در شاهد بدون کاربرد کود آلی (۹۸/۲۲) بود. کارایی بالا در این روش ممکن است به تکرار عملیات شیک، سانتریفیوژ و صاف کردن عصاره مرتبط باشد. پژوهشگران استفاده از محلول متانول و آب را برای استخراج تریازین‌ها از محیط خاک روشی مفید و قابل قبول می‌دانند (Bericeni & Palma, 2007). همچنین تکرار عملیات شیک و سانتریفیوژ در افزایش کارایی استخراج علف‌کش گزارش شده است (Khouri *et al.*, 2003; Henrikson *et al.*, 2004).

بررسی روند تجزیه علف‌کش با زمان

نتایج آزمایش بیانگر تاثیر معنی‌دار طول دوره انکوباسیون بر روند تجزیه علف‌کش متری‌بیوزین اســـت (جدول ۲). تجزیه متری‌بیوزین در روزهای آغازین پس از کاربرد، سرعت کمی داشت ولی پس از گذشت یک هفته تجزیه از روند سریع‌تری برخوردار شد. در تمامی تیمارها از نظر غلظت باقی‌مانده آفت‌کش بین زمان صـــفر و ۸ روز، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما این اختلاف در سایر زمان‌ها معنی‌دار بود ($P<0.01$). غلظت علف‌کش، یک هفته پس از کاربرد در تیمارهای آزمایش حدود ۹۰ درصد مقدار اولیه و در ۱۶ روز بعد از کاربرد به ۶۴ درصد مقدار اولیه رسید.

جدول۲- اثر زمان انکوباسیون بر تجزیه متری‌بیوزین

Table 2. Effect of time on degradation of Metribuzin

Time (day)	0	8	16	36	64	90	110
T	0.98[a]	0.92[a]	0.64[b]	0.54[c]	0.34[d]	0.21[e]	0.12f
TM	0.97[a]	0.92[a]	0.63[b]	0.48[c]	0.29[d]	0.17[e]	0.11e
TB	0.96[a]	0.90[a]	0.64[b]	0.51[c]	0.32[d]	0.15[e]	0.11f

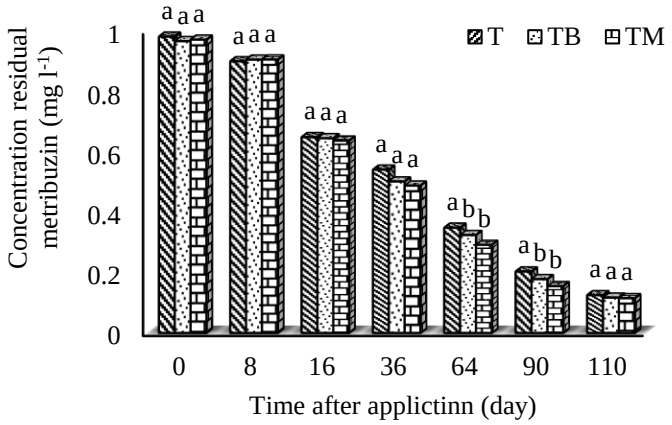
در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.

Values with same letter within a row have not statistically significant difference ($P < 0.01$).

این روند کاهشی تا پایان آزمایش ادامه داشت و در پایان ۱۱۰ روز غلظت علف‌کش باقی‌مانده در اصلاح کننده‌های آلی با ۸۸ درصد کاهش، ۱۲ درصد مقدار اولیه بود. عدم اختلاف معنی‌دار غلظت سم و سرعت پایین تجزیه در هفته اول را شاید بتوان به عدم سازگاری اولیه جمعیت های میکروبی خاک با متری‌بیوزین نسبت داد. با توجه به این که خاک مورد آزمایش در طی سال‌های قبل از اجرای این آزمایش سابقه دریافت هیچ علف‌کشی نداشت. پژوهش‌های انجام شده در مورد تجزیه زیستی سموم علف‌کش گروه تریازین نشان داده هر سمی در خاک توسط گروه خاصی از ریزجانداران تجزیه می‌شود و سمومی که برای اولین بار در یک خاک بکار می‌روند، در ابتدا به دلیل پایین بودن جمعیت ریزجانداران سازگار به تجزیه آن با رکود تجزیه مواجه خواهند بود رابرت و الکساندر (Roberts & Alexander,1994) در تحقیقات خود به اهمیت سابقه کاربرد آفت‌کش در سازگاری ریزجانداران خاک به آن‌ها اشاره کرده‌اند.

بررسی روند تجزیه علف‌کش درتیمارهای آزمایش

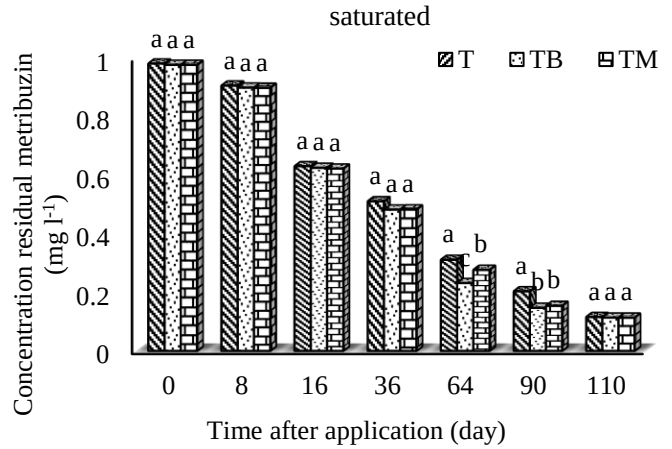
نتایج مقدار غلظت باقی‌مانده علف‌کش در تیمارهای آزمایش از زمان مصرف تا ۱۱۰ روز پس از آن در شرایط اشباع و غیر اشباع در شکل‌های ۲ و ۳ آمده است. کاهش غلظت متری‌بیوزین در هر مرحله زمانی در تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهدکه بیشترین میزان کاهش غلظت علف‌کش در شرایط غیر اشباع و اشباع در تیمارهای کود دامی و بیوچار بوده است. در پژوهش‌ها به نقش اصلاح کننده‌های آلی خاک در افزایش تجزیه آلاینده‌های محیطی از جمله علف‌کش‌ها اشاره شده است (Moorman *et al*.,2001; Manuel *et al*., 2007). مواد آلی بستر مناسبی برای رشد و تغذیه ریز جانداران خاک محسوب شده و با افزایش فعالیت آن‌ها زمینه لازم برای افزایش تجزیه علفکش‌ها فراهم می‌شود (Fan,2009). در خاک غیراشباع اگرچه در این آزمایش افزودن ماده اصلاح‌کننده آلی در سطح یک درصد به خاک منجر به کاهش غلظت باقی‌مانده علف‌کش متری‌بیوزین نسبت به تیمار شاهد شد اما اختلاف مشاهده شده بین تیمارها از لحاظ آماری تا ۶۴ روز پس از کاربرد آفتکش معنی‌داری نبود ($p\leq0.05$) و تنها در ۶۴ و ۹۰ روز پس از کاربرد علف‌کش اختلاف معنی‌دار بین تیمارها مشاهده شد. در ۱۱۰ روز پس از آزمایش نیز اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود. بر اساس شکل ۲ در شرایط غیر اشباع بیشترین غلظت علف‌کش در تمامی دوره انکوباسیون مربوط به تیمار خاک بدون اصلاح‌کننده (T) بوده است که اختلاف معنی‌داری در هفته نهم و سیزدهم با تیمار خاک و کود دامی (TM) و خاک و بیوچار (TB) داشت ($P\leq0.05$). غلظت علف‌کش در ۶۴ و ۹۰ روز انکوباسیون در تیمارهای کود دامی و بیوچار به ترتیب برابر (۰/۲۹، ۰/۱۵) و (۰/۳۲، ۰/۱۷) میلی‌گرم بر لیتر بود که اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۲). کمتر بودن غلظت علف‌کش در تیمارهای اصلاح‌کننده آلی را می‌توان در افزایش مواد مغذی و تحریک فعالیت ریزجانداران در اثر مواد آلی محتمل دانست و کمتر بودن غلظت در TM نسبت به TB شاید بدلیل سهولت فراهم‌آوری و دسترسی مواد غذایی برای ریزجانداران در تیمار کود دامی نسبت به بیوچار باشد. دنیس و نیلور (Denis & Neylor, 1985). در بررسی اثر مواد آلی مختلف در تجزیه متری‌بیوزین بیان کردند که نوع و ماهیت اصلاح کننده‌های آلی نقش موثری در تجزیه متری‌بیوزین دارد. این پژوهشگران بیان کردند که تجزیه متری‌بیوزین با کاربرد کوددامی نسبت به کاه گندم و بقایای خشک یونجه بیشتر است و کاه گندم در تجزیه علف‌کش از بقایای خشک یونجه موثرتر است. در شرایط اشباع بیشترین غلظت علف‌کش در تمام دوره زمانی مربوط به تیمار شاهد بود که مانند شرایط غیر اشباع تنها در ۶۴ و ۹۰ روز پس از انکوباسیون اختلاف معنی‌داری با تیمارهای TM و TB داشت ($p\leq0.05$) (شکل ۳).



شکل ۲- مقایسه غلظت باقی‌مانده متری‌بیوزین در تیمارهای آزمایش در طول زمان انکوباسیون در شرایط غیراشباع. میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.

Figure 2. Means comparison remaining of Metribuzin in treatment during incubation time in none saturated condition.

Values with same letter within a column have not statistically significant difference ($P \leq 0.05$).



شکل ۳- مقایسه غلظت باقی‌مانده متری‌بیوزین در تیمارهای آزمایش در طول زمان انکوباسیون در شرایط اشباع. میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.

Figure 3. Means comparison remaining of Metribuzin in treatment during incubation time in saturated condition.

Values with same letter within a column have not statistically significant difference ($P \leq 0.05$).

کمترین غلظت علف‌کش در شرایط اشباع مربوط به تیمار بیوچار بود. غلظت علف‌کش در تیمارهای T، TM و TB در ۶۴ و ۹۰ روز انکوباسیون به ترتیب برابر (۰/۳۱، ۰/۲۷، ۰/۲۳) و (۰/۲۰، ۰/۱۵، ۰/۱۴) بود. اختلاف بین تیمار TM و TB تنها در ۶۴ روز پس از انکوباسیون معنی‌دار بود.

مقایسه نیمه عمر تیمارهای آزمایش

دو فاکتور DT50 (زمانی‌که ۵۰ درصد آفت‌کش در خاک تجزیه می‌شود) و DT90 (زمانی‌که ۹۰ درصد علف‌کش در خاک تجزیه می‌شود) از شاخص‌های مهم پایداری علف-کش در خاک محسوب می‌شوند. در این پژوهش به‌منظور محاسبه نیمه عمر، داده‌های آزمایش با توابع مرتبه اول و دوم برازش داده شد که بر مبنای ضریب تبیین R^2 و خطای استاندارد (SE) محاسبه‌شده تابع سینتیکی مرتبه اول به خوبی بر داده‌های آزمایش منطبق بود.

جدول۳- مقایسه معادلات سینتیک مرتبه اول و دوم

Table3. Parameter estimates of the first order and second order model

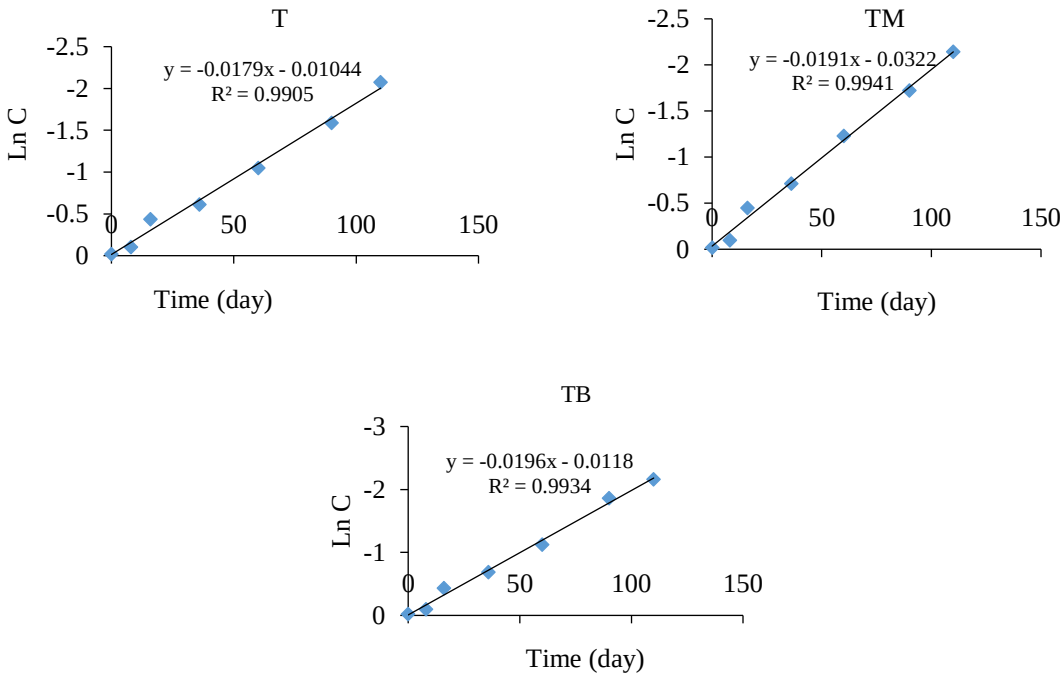
		First order kinetic $C_t=C_0e^{-kt}$		Second order kinetic $C=C_0/1+ktC_0$	
		SE	R^2	SE	R^2
Non saturated	T	0.075	0.99	1.07	0.89
	TM	0.068	0.99	0.84	0.93
	TB	0.072	0.99	1.02	0.87
Saturated	T	0.86	0.98	0.94	0.89
	TM	0.11	0.98	1.01	0.95
	TB	0.07	0.99	0.88	0.92

ضریب تبیین R^2 در برازش داده‌ها با تابع سینتیکی مرتبه اول برای تمامی تیمارها بالاتر از ۹۰ درصد و SE محاسبه-شده نیز کمتر از یک بوده است (جدول ۳). بسیاری از پژوهشگران نیز این این رابطه را برای تجزیه اغلب علف-کش‌ها از جمله متری‌بیوزین در مزرعه و آزمایشگاه مناسب‌ترین رابطه عنوان کرده‌اند (Henrikson *et al*.,2004; Hu *et al*., 2017). مقدار C_0 و K (ضریب تجزیه) از برازش معادله مرتبه اول بر داده‌های آزمایش در جدول ۴ و اشکال ۵ و ۶ ارائه شده است.

مطابق جدول ۴ کمترین ضریب تجزیه (k) در شرایط اشباع و غیر اشباع مربوط به تیمار خاک و بیشترین ضریب تجزیه مربوط به تیمار خاک و بیوچار بود. افزودن یک درصد مواد آلی ضریب تجزیه را ۱/۰۹برابر در تیمار بیوچار و ۱/۰۶ برابر در تیمار کود دامی نسبت به خاک شاهد افزایش داد. نیمه عمر محاسبه شده تیمارهای آزمایش شرایط اشباع و غیر اشباع در محدوده ۳۸ تا ۳۴روز بود که بیشترین نیمه عمر در تیمار خاک ۳۸ روز و کمترین نیمه عمر در تیمار بیوچار ۳۴روز بود. کاهش نیمه عمر متری‌بیوزین در تیمارهای اصلاح‌کننده در شرایط اشباع و غیراشباع با نتایج خوری و همکاران (Khoury *et al*., 2003) مطابقت دارد. این پژوهشگران کاهش نیمه عمر متری‌بیوزین را با مصرف کود دامی از ۱۵ روز به ۱۲ روز گزارش کردند. ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2005) در بررسی اثر بیوچار بقایای گندم بر پایداری آفت‌کش بنزونیتریل در خاک، افزایش تجزیه این آفت‌کش را با افزایش سطوح بیوچار از ۰/۱ به یک درصد گزارش و بیان کردند افزایش مواد غذایی خاک تحت تاثیر بیوچار سبب تحریک فعالیت ریزجانداران شده است.

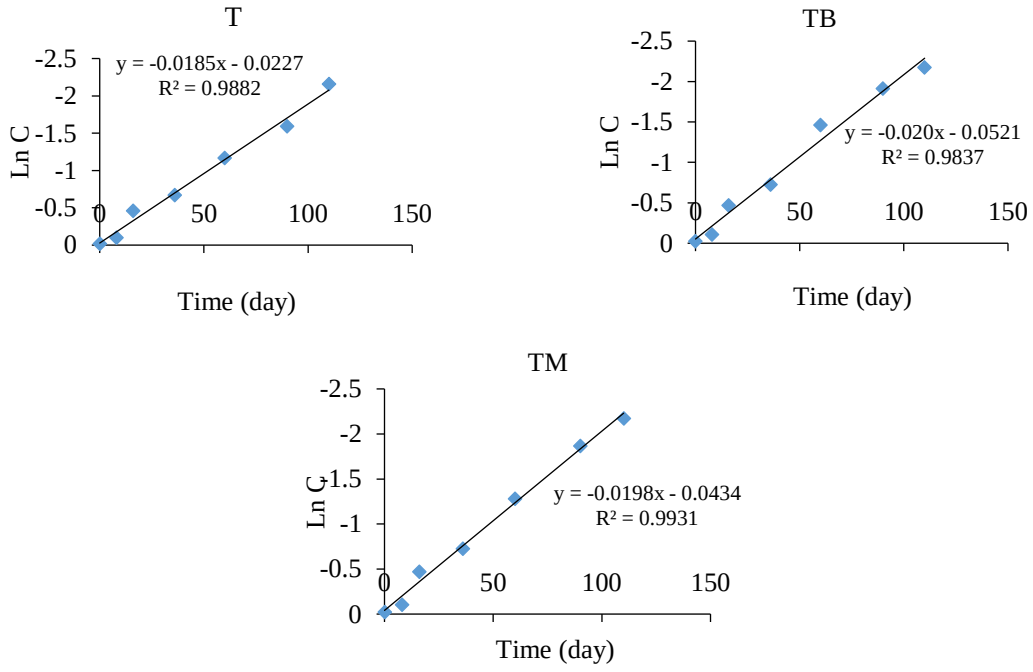
افزایش فراهمی عناصر غذایی و بهبود حاصلخیزی خاک در اثر کاربرد بیوچار بوسیله پژوهشگران گزارش شده است (Gaskin, 2010; Lehman, 2013). به عقیده لهمان (Lehman, 2003) بیوچار منبع مستقیمی برای عناصر غذایی می‌باشد که نوع بیوچار و نوع خاک و زمان تماس این دو نیز در این امر تاثیر گذار است. واسیلو و همکاران (Vassilv *et al*., 2013) بیوچار حاصل از فضولات دامی را منبع ارزشمندی از عناصر غذایی گزارش کردند که سبب بهبود رشد گیاه می‌شود.

جابلونوسکی و همکاران (Joblonouski *et al*., 2010) با افزودن بیوچار چوب درختان جنگلی که در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس پیرولیز شده بودند، افزایش تجزیه آفت-کش آترازین را در اثر افزایش فعالیت میکروبی ناشی از فراهمی بستر غذایی مناسب گزارش کردند. در خصوص تاثیر مواد اصلاح‌کننده آلی بر پایداری آفت‌کش‌ها گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. سینگ (Singh, 2008) افزایش پایداری آفت‌کش متری‌بیوزین را در اثر کاربرد کمپوست نیشکر و پنا و همکاران (Pena *et al*.,2015) نیز افزایش نیمه عمر متری‌بیوزین از ۲۲ روز به ۵۱ روز در اثر کاربرد ضایعات زیتون به خاک را گزارش کردند و دلیل آن را جذب سطحی آفت‌کش روی سطوح مواد آلی و در دسترس نبودن آن برای ریزجانداران تجزیه کننده آفت-کش گزارش کردند. بر اساس پژوهش‌های انجام شده مواد آلی در خاک هم در افزایش جذب آفت‌کش و هم در افزایش تجزیه زیستی می‌تواند تاثیرگذار باشند (Gatenga ,2003; Bericeno & Palma, 2007).



شکل ۴- نمودار مرتبه اول در شرایط غیر اشباع برای تیمارهای خاک (T)، خاک و بیوچار (TB)، خاک و کوددامی (TM)

Figure 5. Plot of the first order in none saturated condition for treatments soil (T), soil and biochar (TB) and soil and manure (TM)



شکل۵- نمودار مرتبه اول در شرایط اشباع برای تیمارهای خاک (T)، خاک و بیوچار (TB)، خاک و کوددامی (TM)

Figure 5. Plot of the first order in saturated condition for treatments soil (T), soil and biochar (TB) and soil and manure (TM), Ln C(Ln Metribuzin concentration)

پژوهشگران اعتقاد دارند اگرچه بافت سنگین یا مواد آلی سبب جذب سطحی بیشتر آفت‌کش‌ها می‌شود و دسترسی ریزجانداران را برای آن‌ها کاهش می‌دهد اما به‌دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب نقش تجزیه شیمیایی (هیدرولیزی) این ترکیبات در خاک افزایش خواهد یافت (Sterk, 2005; Itoh *et.al*, 2003). برخی پژوهشگران نیز معتقدند که بسته به نوع ماده آلی اثرات متفاوتی در تجزیه آفت‌کش‌ها مشاهده می‌شود. هانس (Hanse, 1987) کاهش تجزیه سموم آترازین، دیورین و لینوران را در اثر افزودن کمپوست لجن فاضلاب به خاک و افزایش تجزیه و کاهش نیمه عمر این آفت‌کش‌ها را در اثر افزودن کود گاوی به خاک گزارش کرد.

میزان نیمه عمر محاسبه‌شده در این آزمایش ۳۴ تا ۳۸ روز بود که در محدوده نیمه عمر گزارش شده برای علف کش‌متری بیوزین (۳۰ تا ۱۲۰روز) توسط محققین بود و زمان لازم برای تجزیه ۹۰ درصد علف‌کش نیز ۱۱۵ تا ۱۲۸ روز بود که در محدوه اعداد گزارش شده توسط هنریکسون و همکاران (۱۲۷ تا ۱۱۳روز) قرار داشت (Henrikson *et al*., 2004). بر اساس یافته‌های این آزمایش کاربرد مواد آلی نقش مهمی در افزایش تجزیه سریع‌تر علف‌کش متری‌بیوزین و کاهش زیست ماندگاری آن در خاک داشت اگر چه بین تیمار بیوچار و کود دامی از نظر نیمه عمر و تجزیه نود درصد متری‌بیوزین اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p\leq0.05$) ولی تیمار بیوچار موثرتر بود. بر اساس جدول ۴ در حالت غیراشباع، نیمه عمر علف‌کش متری‌بیوزین در تیمارهای T ، TM و TB به ترتیب برابر ۳۸، ۳۶ ،۳۵ روز و در حالت اشباع برابر ۳۷، ۳۵، ۳۴ روز و تجزیه ۹۰ درصد تیمارهای فوق در حالت غیر اشباع برابر ۱۲۸، ۱۱۷، ۱۲۱ و برای شرایط اشباع برابر ۱۲۴، ۱۱۵، ۱۱۶ روز بود که بیانگر اختلاف یک تا چهار روزه بین پایداری سم در تیمارهای اشباع و غیر اشباع است. سینگ (Sing, 2008) در بررسی اثر بقایای نیشکر به خاک در دو حالت اشباع و غیر اشباع بیان کرد که کاربرد مواد اصلاح کننده در حالت غیر اشباع سبب افزایش پایداری علف‌کش و در حالت اشباع سبب کاهش پایداری آفت‌کش شد و نیمه عمر علف‌کش در شرایط غیر اشباع از ۳۳ روز در تیمار شاهد به ۴۲ روز در تیمار حاوی مواد اصلاح‌کننده و در شرایط اشباع از ۴۱ روز در تیمار شاهد به ۳۹ روز در تیمار اصلاح کننده کاهش یافته است. مولبا (Mulba, 2008) نیز در مطالعات خود در رابطه با تجزیه متری‌بیوزین در دو خاک سیلتی لوم و سیلتی کلی لوم در دو حالت غیر اشباع و اشباع بیان کرد که در خاک سیلتی لوم تجزیه در شرایط اشباع و در خاک سیلتی کلی لوم در شرایط غیر اشباع شدیدتر بود. اگرچه عده‌ای عقیده دارند در شرایط مزرعه پایداری سموم در شرایط اشباع به‌دلیل شستشوی سم از لایه سطحی و انتقال آن به عمق خاک و مصون ماندن آن از تجزیه نوری و بیولوژیک بیشتر می‌باشد (Noshadi *et al*., 2013). در این آزمایش افزایش تجزیه در شرایط اشباع احتمالا بدلیل کاهش جذب سطحی علف‌کش روی مواد آلی در اثر رقابت با مولکول‌های آب و در نتیجه، افزایش تجزیه شیمیایی (هیدرولیز) می‌باشد. همچنین شرایط اشباع در این آزمایش (شرایط آزمایشگاهی) به‌دلیل تهویه کافی و فعال بودن میکروب‌های هوازی با شرایط اشباع در مزرعه که تهویه ناکافی است و تنها میکروب‌های بی‌هوازی فعالند متفاوت است.

جدول۴- مقادیر ضریب تجزیه(K) و نیمه عمر (روز)

Table 4. Degradation rate (K_{deg}, day^{-1}) and half- life (T1/2, day)

	treatment	R^2	K	DT50	DT90
Non saturated	T	0.98	0.179	38.29^{a}	128^{a}
	TB	0.99	0.0196	35.15^{ab}	121^{ab}
	TM	0.99	0.0191	36.67^{b}	117^{b}
Saturated	T	0.98	0.0185	37.26^{a}	124^{a}
	TB	0.98	0.020	$34.4a^{b}$	115^{ab}
	TM	0.99	0.0198	35^{b}	116.29^{b}

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که مواد آلی و شرایط اشباع روند تجزیه متری‌بیوزین را تسریع و نیمه عمر آن را کاهش داد. همچنین در بین اصلاح‌کننده‌های آلی کاربردی تیمار بیوچار موثرتر از کود دامی بود. در مجموع نتایج این آزمایش ضمن اشاره به اهمیت نقش شرایط رطوبتی و

مواد آلی خاک برماندگاری متری‌بیوزین نشان می‌دهندکه توجه به ویژگی‌های خاک در مدیریت کاربرد علف‌کش‌ها نقش مهمی دارد. برای تکمیل نتایج پژوهش می‌توان تنفس میکروبی را به‌عنوان شاخصی برای فعالیت میکروبی خاک و تاثیرگذاری بر تجزیه میکروبی علف‌کش و همچنین فعالیت برخی آنزیم‌ها را در خاک اندازه‌گیری کرد. همچنین با توجه به این‌که تعمیم نتایج آزمایشگاهی به مزرعه‌ای مشکل است، پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه و در جهت بررسی تاثیر اصلاح‌کننده‌های آلی بر پایداری و تجزیه متری‌بیوزین انجام شود.

References

Beesley L., Moreno-Jiménez E., Gomez-Eyles JL., Harris E., Robinson B., and Sizmur T. 2011. A review biochars'potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. *Environmental Pollution*, 159 (3):269–3282.

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.

Bowman B. 1991. Mobility and dissipation studies of metribuzin in planfield sand using field lysimeters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10: 573-579.

Cupples A.M., Sims G. K., Hultgren R. P. and Hart S. E. 2000. Effect of soil conditions on the degradation of cloransulam-methyl. *Environmental Quality*, 29 (3):786-794.

Dennis R.P., and Naylor D. 1985. Metribuzin degradation kinetics in organically amended soil. *Journal of Weed science*, 33(2): 267-270.

Fan M., 2009. Fate and transport of herbicides in a sandy soil in the presence of antibiotics in poultry manures. M.Sc. Thesis, McGill University, Montreal, Quebec.109p.

Gaskin J. W., Speir R. A., Harris K., Lee, R. D. Morris L. A., and Fisher D. S., 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal*, 102: 623-633.

Hance R. J., 1987. Herbicide behavior in the soil, with particular references to the potential for ground water contamination in Huston D. H., and Roberts T.R., (Ed.), Wiley, Chichester, England, pp. 223-247.

Henriksen T., Svensmark B., and Juhler R. K., 2004. Degradation and sorption of metribuzin and primary metabolites in a sandy soil. *Environmental Quality*, 33: 619-627.

Hogg, S. 2005. Essential microbiology. Jon Wiely and Sons, Ltd., West Sussex, England. 468p.

Hu C., Li A., Lin Y., Ling X., Cheng M. 2017. Degradation kinetics and DBP formation during chlorination of metribuzin. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 80: 255-261

Itoh K., Ikushima T., Suyama K., and Yamamato H. 2003. Evaluation of pesticide effects on microbial comunities in a paddy soil comparing with that caused by soil flooding. *Journal of Pesticide Science*. 28: 51-54.

Jablonowski N.D., Hamacher G., Accinelli C., Berns A.E., Meng F., and Martinazzo R. 2010. Influence of biochar and activated char amendment on the biodegradation of 14 Catrazine in atrazine adapted soils from Belgium and Brazil. Setac Europe 20th Annual Meeting, Seminar, Seville, Spain, pp.21-22.

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

Kaake R. H., Roberts D.J., Stevenson. T.O., Crawford R.L., and Crawford. D.L. 1992. Bioremediation of soils contaminated with the herbicide 2-sec-butyl-4, 6- dinitrophenol (dinoseb). *Applied Environmental Microbiology*, 50: 1683-1689.

Khoury R., Geahchan A., Coste C. M., Cooper J. F., and Bobe A. 2003. Retention and degradation of metribuzin in sandy loam and clay soils of Lebanon. *Journal of Weed Research*, 43: 252-259.

Klute A. 1986. *In*: Klute A. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd edition. Agronomy Monog.9. ASA and SSSA, Madison, WI, 1188p.

Lehmann J., Silva Jr J. P., Steiner C., Nehls T., Zech W., and Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil, 249: 343-357*.

Lin C. H., Lerch R. N., Garrett E., Johnson W. G., Jordann D., and Georg M. F. 2003. The effect of five forage species on transport and transformation of atrazin and isoxaflutole (Balance) in lysimetre Leachate. *Journal of Agricultureal and Food Chemistry*, 49: 3859-3863.

Lorenz K., and Lal R. 2014. Biochar application to soil for climate change mitigation by soil organic carbon sequestration. *Plant Nutrition and Soil Science*, 177: 651-670.

Lou L., Wu B., Wang L., Luo L., Xu X., Hou J. 2011 Sorption and Eco toxicity of pentachlorophenol polluted sediment amended with rice-straw derived biochar. *Bioresource Technology*, 102:4036–4041.

Manuel A. E., Mejuto J.C., Garcia-Rio L. 2007. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of ground water resources, Agriculture. *Journal of Ecosystems and environment*, 123: 247-260.

Maqueda C., Villaverde J., Sopena. F., Undabeytia S., and Morillo S. 2009. Effects of Soil Characteristics on Metribuzin Dissipation Using Clay-Gel-Based Formulations. *Agricultural Food Chemistry*. 2009. 57: 3273–3278.

Milosevic N.A., and Govedarica M.M. 2002. Effect of herbicides on microbiological properties of soil. Proceedings for Natural Sciences,102: 5-21.

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

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

Mulbah C. K., Porthouse J. D., Jugsujinda, A., Delaune, R. D. and Johnson, A. B. 2000. Impact of redox conditions on metolachlor and metribuzin degradation in Mississippi flood plain soils. J. *Environmental Science. Health*, 35: 689–702.

Noshadi E., Homaei M., Mahmoodian M., ad Abbasi F. 2013. Transmission and degradation of herbicides in soil in different irrigation systems. Soil and Water Research, 45(3): 255-263. (In Persian)

Page A.L. 1985. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. Agron. Monog.9. ASA and SSSA, Madison, WI, 1097p.

Pena D., Lopez –Pinerio A., Albarran A.,Rato J., Sanchez-Llerena J., Becerra D., Ramirez B. 2015. De-oiled two-phase olive mill waste may reduce water contamination by metribuzin. *Science of the Total Environment*, 541(15): 638-645.

Ramesh A., and Maheswari A.R. 2003. Dissipation of sulfosulfuron in soil and wheat plant under predominant cropping conditions and in a simulated model ecosystem. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 3396-3400

Reimer M., Farenhorst A., and Gaultier J. 2005. Effect of manure on trifluralin mineralization in soil. *Journal of Environmental Science and Health*, 40, 605–617.

Robertson B. K., and Alexander M. 1994. Growth-linked and biodegradation: possible reason for occurrence or absence of accelerated pesticide biodegradation. *Journal of Pesticide Science*, 41: 311-318.

Saha S., and Kulshrestha G. 2008. Hydrolysis kinetics of the sulfonylurea herbicide sulfosulfuron. *Environmental Contamination and Toxicology*, 88(12):891-898.

Singh N. 2008. Bio compost from sugar distillery effluent: effect on metribuzin degradation. sorption and mobility. *Journal of pest management science*, 64:1057-106.

Sohi S., Krull E., Lopez-Capel E. and Bol R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in agronomy*, 105:47-82.

-Strek H. J. 2005. The Science of soil residual herbicides in Canada. In: Van AckerR.C. (ed.), Soil residual herbicides: Science and Management. Topics in Canadian weed science,Volume 3. Sainte Anne-de Bellevue, Quebec, pp. 31-44.

Tasli S., Patty L., Boetti H., Ravanel P., Vachaud G., Schrff C., Favre-Bonvin J., Kauadji M., and Tissut M. 1996. Persistence and leaching of atrazine in corn culture in the experimental site of La Cote Saint Andre. *Environmental Contamination and Toxicology, 30:203-212.*

Vassilev N., Martos E., Mendes G., Martos V. and Vassileva M. 2013. Biochar of animal origin: a sustainable solution to the global problem of high-grade rock phosphate scarcity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 1799-1804.

Zand E., Baghestani M. A., Shimi P., Faghih S. A. 2002. Analysis of Herbicides management in Iran. Tehran: Department of weed Research, plant protection Research Institute, 41p.

Zhang P., Sheng G., Feng Y., Miller D.M. 2005. Role of wheat residue-derived char in the biodegradation of benzonitrile in soil: nutritional stimulation versus adsorptive inhibition. *Environmental Science and Technology*, 39(14): 5442–5448.

Zhang P., Hungven S., Loujun M., Chao R. 2018. Biochars change the sorption and degradation of thiacloprid in soil: Insights into chemical and biological mechanisms. *Environmental Pollution*, 236 (14), 158-167.

Evaluation the Effect of Organic Amendments (Manure and Biochar) on Metribuzin Herbicide Persistence in Soil.

Kolsoom Abdollahi[1*], Seyed Alireza Movahedi Naeini[2], Mojtaba Barani Motlagh[3], Pooneh Ebrahimi[4],Ghorbanali Roshani[5]

(Received: December 2018 Accepted: January 2019)

Abstract

The continuous and incorrect application of herbicides can cause irreparable damage to the environment and life of living beings. Knowledge about the persistence of pesticides in soil is necessary due to the importance of identifying their potential for contamination of the environment and damage to crops. This study was conducted to investigate the effect of manure and biochar on the stability of metribuzin under saturated and unsaturated conditions in a completely randomized design with factorial arrangement. The treatments were two organic amendments (manure and biochar) and moisture condition (saturated and unsaturated) in 7 sampling times (0, 8, 16, 36, 64, 90 and 110 days). The results of measured concentration of herbicide in the treatments from the time of consumption up to 110 days in both saturated and unsaturated states showed that in treatments with organic amendments, reduced concentration of herbicide was higher than control soil. Degradation of herbicide followed first-order kinetics in the soil. A minimum degradation coefficient (k) was observed in control soil and maximum degradation coefficient was observed in biochar treatment that indicates the herbicide stability in control treatment and the positive effect of organic modifiers on increasing the rate of degradation of herbicide. The half-life of treatments was in the range of 34 to 38 days, maximum half-life (38 days) was related to the control soil in unsaturated condition and minimum half-life (34 days) was observed in biochar treatment in saturated moisture. The results of the experiment showed that degradation of herbicide in treatments with organic amendments under saturated moisture was higher than unsaturated condition.

Keywords: First-order kinetic, Saturated soil, Unsaturated soil, Degradation coefficient, Half-life,

Abdollahi K., Movahedi Naeini S.A.R., Barani Motlagh M., Ebrahimi P., Roshani G.A. 2019. Evaluation the effect of organic amendments (manure and biochar) on Metribuzin herbicide persistence in soil. *Applied Soil Research*. 8(1): 149-161.

1. PhD student, Department of Soil Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2. Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. Associate Professor, Department of Chemistry, Golestan University, Gorgan, Iran
5. Associate Professor, Cotton Research institute of iran, Agricultural *Research*, Education and Extension *Organization* (AREEO),Gorgan, Iran

* Corresponding Author Email: k.abdolahi@gmail.com