جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

اثر علف‌کش ارادیکان بر کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی و فعالیت اوره‌آز و آریل سولفاتاز در یک خاک آهکی تحت شرایط مزرعه‌ای

مهشید منصورزاده* و فایز رئیسی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۷/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۵)

چکیده

مصرف علف‌کش‌ها می‌تواند جمعیت و فعالیت ریزجانداران خاکزی را تغییر دهد، از این رو بر واکنش‌های بیوشیمیایی خاک نیز تأثیرگذار هستند و معمولاً حاصل‌خیزی خاک و رشد گیاه به تبع آن تغییر می‌یابد. هدف این تحقیق ارزیابی تأثیر سطوح مختلف علف‌کش ارادیکان بر کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی و نسبت آنها و نیز بررسی روند فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و آریل‌سولفاتاز تحت شرایط مزرعه‌ای بود. در این آزمایش، سطوح ۶ و ۹ لیتر در هکتار ارادیکان در خاک‌های تحت کشت ذرت و بدون کشت به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار به یک خاک آهکی اضافه شد. کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی طی دو مرحله (روزهای ۳۰ و۹۰ پس از کشت) و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و آریل‌سولفاتاز در روزهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ پس از شروع آزمایش اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در محیط کشت ذرت با افزایش سطح ارادیکان کربن توده زنده میکروبی در تیمارهای ۶ و ۹ لیتر در هکتار (بین ۱۲ تا ۱۱۶ درصد)، نیتروژن توده زنده میکروبی (به طور متوسط حدود ۵۰ درصد) و نسبت کربن به نیتروژن توده زنده میکروبی (بین ۲۶ تا ۱۱۵ درصد) در مقایسه با شاهد افزایش پیدا کرد. فعالیت اوره‌آز در مرحله اول نمونه‌برداری در هر دو محیط در سطح ۶ لیتر در هکتار حدود ۵۰ درصد کاهش و در سطح ۹ لیتر در هکتار به ترتیب ۳ و ۱۳۷ درصد نسبت به شاهد در محیط کشت شده و کشت نشده افزایش پیدا نمود. با این وجود، در مرحله دوم تفاوت چندانی در فعالیت این آنزیم بین تیمارهای مختلف دیده نشد و در مرحله سوم فعالیت آن در بین تیمارهای مختلف در نوسان بود. این در حالی است که فعالیت آنزیم آریل‌سولفاتاز نیز در خاک تحت کشت ذرت در هر سه مرحله با افزایش سطح سم کاهش (در دامنه ۳۰-۵۰ درصد در سطح ۹ لیتر در هکتار) پیدا کرد و در خاک بدون کشت ذرت از روند خاصی پیروی نکرد. به طور خلاصه، نتایج این تحقیق نشان داد مصرف علف‌کش ارادیکان می‌تواند باعث هم کاهش و هم افزایش توده زنده و فعالیت‌های آنزیمی در خاک‌های آهکی تیمار شده با این علف‌کش شود ولی این تغییرات به سطح مصرف ارادیکان، زمان سپری شده پس از مصرف آن و حضور یا عدم حضور گیاه بستگی دارد.

واژه‌های کلیدی: سم ارادیکان، ریزجانداران خاک، اندازه توده زنده، فعالیت آنزیمی، اثر گیاه، ذرت، اثر ریزوسفری، خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک

---

۱. به ترتیب دانش آموخته کارشناسی‌ارشد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mahshidmansourzadeh@yahoo.com

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مقدمه

علف‌کش‌ها از پر مصرف‌ترین سموم مبارزه با آفات‌گیاهی به حساب می‌آیند، به طوری که ۶۰ درصد سموم مصرف شده در دنیا را به خود اختصاص داده‌اند (۴). کاربرد سموم از یک طرف با از بین بردن عوامل ناخواسته، باعث افزایش کمی و کیفی محصولات شده (۱ و ۱۲) و از طرف دیگر با از بین بردن عوامل طبیعی کنترل آفات، تعادل زیستی را به‌هم زده و گاهی موجب طغیان آفات می‌شود (۱ و ۲). غلظت زیاد برخی از سموم و استعمال نادرست آنها می‌تواند حتی برای محیط زیست و انسان مضر باشد. از این رو و با توجه به عوامل یاد شده، نیاز به استفاده اصولی از این مواد محسوس می‌باشد (۱ و ۲۸).

توده زنده میکروبی (Microbial Biomass) منبع (Sink) و مقصد (Source) عناصر غذایی قابل جذب به ویژه نیتروژن، فسفر و گوگرد برای گیاه محسوب می‌شود و در حاصلخیزی خاک بسیار حائز اهمیت است (۶). بنابراین، کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی شاخص‌های بسیار مهم و حساس کیفیت خاک به خصوص در خاک‌هایی که کربن آلی آنها کمتر از ۲/۵ درصد است، می‌باشند (۳۰) و اندازه‌گیری آنها برای بررسی وضعیت بیولوژیکی و اکولوژیکی خاک بر اثر ایجاد هرگونه آشفتگی و آلودگی در اکوسیستم خاک بسیار مفید است، چرا که از یک سو این شاخص‌ها نسبت به تغییرات ایجاد شده در خاک در کوتاه‌مدت حساس هستند و از سوی دیگر اندازه‌گیری آنها نسبتاً آسان است (۲۵). کاهش توده زنده میکروبی نشان‌دهنده معدنی شدن و افزایش آن حاکی از غیرمتحرک شدن عناصر غذایی در بافت‌های میکروبی است (۱۸). علاوه بر این، نسبت C/N توده زنده میکروبی شاخصی است که سهم نسبی قارچ‌ها و باکتری‌ها را از کل ریزجانداران زنده خاک نشان می‌دهد و به طور معمول بیانگر اثر تغییرات اعمال شده در خاک بر فراوانی این موجودات نیز می‌باشد (۳۰). افزایش این نسبت نشان‌دهنده افزایش فراوانی جمعیت و سهم قارچ‌ها، و برعکس کاهش آن مبین افزایش فراوانی جمعیت باکتریایی در کل جمعیت میکروبی خاک می‌باشد (۳۰). هم‌چنین این نسبت شاخصی برای ارزیابی قابلیت معدنی شدن نیتروژن میکروبی به شمار می‌آید (۱۳، ۲۲ و ۲۴). لذا، عکس‌العمل آن به مصرف علف‌کش‌ها به ارزیابی وضعیت ریزجانداران در خاک‌های آلوده به این ترکیبات سمی کمک می‌نماید. برای مثال، نتایج مطالعه ویسچتی و همکاران (۳۵) روی علف‌کش ریم‌سولفورون نشان داد که این سم سبب کاهش معنی‌دار میزان کربن توده زنده میکروبی در مراحل اولیه پس از کاربرد در مقایسه با خاک شاهد به خصوص در دماهای بالا و نیز سطوح رطوبتی پایین شد. در تحقیق دیگر، ال- قمری و همکاران (۱۱) تأثیر سطوح ۰، ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میکروگرم بر گرم خاک علف‌کش متسولفورون‌متیل را بر کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی در یک خاک لومی شنی تحت شرایط انکوباسیون بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی در غلظت‌های ۰/۱ و ۱ میکروگرم بر گرم در هفت روز اول انکوباسیون نسبت به خاک شاهدکاهش معنی‌دار یافتند. هم‌چنین افزایش مشخص در نسبت MBN (Microbial Biomass Nitrogen) MBC (Microbial Biomass Carbon) در تیمارهای این علف‌کش نسبت به خاک شاهد مشاهده شد. البته این تأثیر زودگذر و موقتی بود و تنها در غلظت‌های بالا معنی‌دار بود. پریه و مانسن (۲۴) نیز در مطالعه‌ای، تأثیر مدیریت‌های مصرف کود و علف‌کش به تنهایی و یا به همراه یکدیگر را بر شاخص‌های کربن توده زنده میکروبی، نیتروژن توده زنده میکروبی و MBC/MBN بررسی کردند. نتایج آنها حاکی از آن است که مصرف علف‌کش و کود هر یک به تنهایی MBC و MBN خاک را کاهش دادند، در حالی که طی این مطالعه نسبت‌های کربن به نیتروژن توده زنده میکروبی، در تیمارهای مختلف با یکدیگر تفاوت چندانی نداشتند.

فعالیت‌های آنزیمی در خاک از دیگر شاخص‌های بیوشیمیایی است که برای ارزیابی اثر آلاینده‌ها به ویژه سموم دفع آفات، بر کیفیت خاک و پایداری اکوسیستم همواره مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۶). مطالعات بسیار نشان داده‌اند که اگر

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

سموم دفع آفات در سطوح معمول مصرف شوند، تأثیر مهارکنندگی آنها بر فعالیت آنزیم‌ها موقتی می‌باشد و پس از گذشت چند هفته یا چند ماه فعالیت آنها به سطح اولیه خود باز می‌گردد (۳۷). یک نوع آفت‌کش می‌تواند تحت شرایطی در یک خاک فعالیت یک آنزیم را کاهش و در خاک دیگر فعالیت همان آنزیم را افزایش دهد که به روابط پیچیده بین سموم دفع آفات و جمعیت میکروبی و نیز واکنش این مواد با آنزیم‌ها و با کلوئیدهای خاک ارتباط دارد (۱۴). اثر مهارکنندگی آفت‌کش‌ها بر آنزیم‌ها به میزان مصرف این سموم بستگی دارد که باید به اندازه‌ای باشد که بتواند با مولکول‌های آنزیم‌ها واکنش دهد و نیز به مدت زمان ماندگاری و هم‌چنین ترکیب شیمیایی این مواد و ترکیبات سمی حاصل از تجزیه آنها وابسته است (۱۴، ۲۶ و ۲۹). در مطالعهٔ بهکی و خان (۷) مشخص گردید در سال اول پس از کاربرد آترازین و کربوفوران در خاک فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و آریل‌سولفاتاز افزایش یافتند. میشرا و مانجومانی (۲۰) مشاهده کردند که تو-فور-دی، بوتاکلر و اکسی فلورفن هیچ گونه تأثیر مهارکنندگی بر فعالیت اوره‌آز نداشتند.

اما به نظر می‌رسد حضور گیاه و اثر آن بر خاک مجاور ریشه‌ها (ریزوسفر) بر عکس‌العمل ریزجانداران به علف‌کش‌ها تأثیرگذار باشد. هم‌چنین، جمعیت میکروبی خاک تحت تأثیر میزان مواد آلی، pH، رطوبت، تهویه و درجه حرارت خاک قرار می‌گیرد و برخی از این عوامل در خاک محل فعالیت ریشه‌ها متفاوت از سایر نقاط خاک (یعنی خاک غیر ریزوسفری) است (۹). نتایج مطالعات روابط متقابل گیاه-میکروب در ریزوسفر مشخص می‌کند که جامعه میکروبی نقش مهمی در تخریب زیستی اغلب سموم و در نتیجه حمایت از گیاه در برابر اثرات زیانبار ترکیبات وارد شده به خاک از جمله علف‌کش‌ها دارند (۹). حضور گیاه نیز ممکن است آثار زیانبار سموم به ویژه علف‌کش‌ها را بر جمعیت و فعالیت‌های میکروبی، و آنزیمی خاک کاهش دهد. با این وجود، این اثرات مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند و از دیدگاه اکولوژیکی بررسی اثر سموم دفع آفات بر روابط متقابل میکروب- خاک حائز اهمیت می‌باشد. ارادیکان (s-Ethyl di Propyl Thio Carbamate) (EPTC) یک علف‌کش از گروه تیوکاربامات است که به صورت انتخابی و سیستمیک عمل کرده و علیه علف‌های هرز یک ساله و چند ساله در مزارع لوبیا، لگوم‌ها، سیب‌زمینی و ذرت استفاده می‌شود. این علف‌کش جزو علف‌کش‌های قبل از کاشت می‌باشد و مقدار مصرف آن ۴-۶ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک جهت علف‌های هرز ذرت می‌باشد (۳). در ساختمان این علف‌کش یک اتم نیتروژن و گوگرد وجود دارد که به گروه عامل C=O متصل شده است (۳ و ۲۵). نیمه عمر ارادیکان در خاک‌های لومی مرطوب و در دمای ۲۷-۲۱ درجه سلسیوس تقریباً یک هفته است و در سایر منابع نیمه عمر آن تا ۳۰ روز نیز ذکر شده است (۱۹). اثرات مصرف ارادیکان بر رشد گیاه و فعالیت‌های میکروبی خاک تا اندازه‌ای ناشناخته است و اغلب مطالعات اثر این علف‌کش را بر پارامترهای رشد گیاه نشان می‌دهند. با این حال، اطلاعات اندکی در مورد تأثیر آن بر فعالیت‌های آنزیمی و توده زنده میکروبی خاک در منابع علمی، به ویژه در خاک‌های آهکی ایران، دیده می‌شود. به‌طورکلی و براساس نتایج تحقیقات انجام شده در چند دههٔ گذشته، اثر سموم بر فعالیت موجودات زنده (فعالیت حیاتی خاک) و آنزیم‌های خاک بسیار متناقض است.

به نظر می‌رسد که اثر سموم بر فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک به نوع سم، غلظت سم، شرایط فیزیکی محیط و خصوصیات خاک (بافت، نوع رس، ترکیب جمعیت میکروبی و میزان مادهٔ آلی) بستگی دارد. از این رو، در این تحقیق به بررسی اثر سطوح مختلف علف‌کش ارادیکان که از سموم متداول در ایران است، بر کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی و نیز فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و آریل‌سولفاتاز در یک خاک آهکی تحت شرایط مزرعه‌ای پرداخته خواهد شد. در این تحقیق فرض بر این است که مصرف علف‌کش ارادیکان سبب کاهش توده زنده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک می‌شود و این کاهش در سطوح بالاتر این علف‌کش بیشتر است و کشت

گیاه ذرت از آثار زیانبار این علف‌کش بر توده زنده میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی خاک می‌کاهد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی اثر مصرف سطوح مختلف علف‌کش ارادیکان (Eradican [EPTC]) تحت شرایط مزرعه‌ای بر اندازه توده میکروبی خاک و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و آریل‌سولفاتاز صورت گرفت. تیمارهای این آزمایش شامل الف)سه سطح سم ارادیکان به صورت مایع به میزان ۰ ، ۶ و ۹ لیتر در هکتار و ب) دو محیط تحت کشت ذرت و بدون کشت (بایر) بودند که در سه تکرار به صورت کرت‌های خرد شده (Split plot) با در نظر گرفتن عامل کشت و عدم کشت به عنوان فاکتور اصلی (Main plot) و مقادیر (دوزهای) مختلف سم به عنوان فاکتور فرعی (Sub-plot) در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. برای اجرای طرح زمین مورد نظر در قالب ۳۶ کرت به ابعاد ۵×۳ مترمربع با در نظر گرفتن ۱ متر فاصله بین کرت‌های فرعی و ۲ متر بین کرت‌های اصلی به صورت جوی و پشته کرت‌بندی گردید و در هر کرت تعداد ۴ ردیف جوی و پشته ایجاد شد. جوی‌های آبیاری به گونه‌ای ایجاد شدند که آب کرت‌ها با یکدیگر مخلوط نگردد. کودهای فسفات آمونیوم به میزان۷۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و کود اوره به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیز به صورت سرک برای تأمین نیتروژن و فسفر مورد نیاز به تمامی کرت‌ها اضافه شد. اعمال سطوح مختلف ارادیکان قبل از کاشت صورت گرفت و جهت اعمال سطوح مربوط به این علف‌کش پس از محاسبه مقدار مورد نظر برای هر کرت و مخلوط کردن آن با آب برای رسیدن به غلظت مورد نظر، با استفاده از سمپاش به صورت یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش و سپس با خاک مخلوط شد. پس از این مرحله، زمین به منظور ترکیب یکنواخت سموم و نیز رسیدن رطوبت به حدی که بتوان کشت ذرت را به آسانی انجام داد، آبیاری شد. در مرحله بعد در نیمی از کرت‌ها کشت ذرت انجام پذیرفت. واریته انتخابی ذرت (*Zea mays* L.)، بذر علوفه‌ای ۷۰۴ (Single cross 704) بود. کشت ذرت با رعایت ۷۵ سانتی‌متر فاصله بین ردیف‌ها و ۱۵ سانتی‌متر فاصله بین بوته‌ها در عمق ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متری سطح خاک صورت گرفت. آبیاری زمین مورد نظر به روش جوی و پشته (هر چهار روز یکبار) و مراقبت‌های لازم شامل وجین علف‌های هرز درصورت نیاز و نیز مصرف کود نیتروژن به صورت سرک طی فصل کشت انجام گرفت. تمامی عملیات اجرا شده روی کرت‌های کشت شده عیناً بر کرت‌های کشت نشده نیز اعمال شد. مدت زمان رشد گیاه ذرت از زمان کاشت تا برداشت ۱۰۰ روز به طول انجامید و در اوایل آبان ماه هنگامی که دانه‌های ذرت علوفه‌ای به مرحلهٔ خمیری رسیدند (۶۰ تا ۷۰ درصد رطوبت) محصول به طور کامل، به صورت دستی برداشت گردید. ولی نمونه‌برداری جهت انجام آزمایش‌های بیولوژیکی همچنان تا ۳۵ روز پس از برداشت گیاه صورت پذیرفت. بافت خاک لوم رسی شنی (با میانگین رس ۲۵ درصد) است و میزان شوری خاک $EC=۰/۴۳\ dS\ m^{-1}$ بود. درصد کربن آلی خاک نیز ۰/۴۳٪ است.

میزان کربنات کلسیم معادل خاک ۴۷ درصد و pH آن ۸/۴۷ بود. نیتروژن کل ۰/۰۳۴ درصد و فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۱۵/۷ و ۹۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. به منظور اندازه‌گیری برخی پارامترهای بیولوژیک شامل سنجش فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و آریل‌سولفاتاز به صورت ماهیانه در مجموع ۳ مرحله و اندازه‌گیری کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی در ۲ مرحله طی فصل رشد، از تمامی کرت‌ها از عمق ۳۰-۰ cm نمونه خاک تهیه و پس از گذراندن از الک ۲ میلی‌متری به صورت تازه به آزمایشگاه برای انجام آزمایش‌ها منتقل گردید. با استفاده از لوله‌های فلزی از هر کرت ۵ الی ۶ نمونه از عمق ۳۰-۰ cm برداشت و پس از مخلوط کردن این نمونه‌ها و الک کردن آنها یک نمونه ۱۰۰ گرمی تازه از هر کرت تهیه شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز (۳۲) و آریل‌سولفاتاز (۳۱) با اضافه کردن سوبسترای

مناسب در شرایط استاندارد (دمای ۳۷ درجه سلسیوس) سنجش و براساس وزن خشک بیان شد (۵). هم‌چنین کربن (۱۶ و ۲۷) و نیتروژن (۱۷) توده زنده میکروبی به روش تدخین با کلروفرم‌انکوباسیون اندازه‌گیری گردید (۵). اثر بازدارندگی علف‌کش ارادیکان بر شاخص‌های بیولوژیکی مورد بررسی، به صورت درصد بازدارندگی (PI) محاسبه شد:

$$\text{Percentage Inhibition}\left(\text{PI}\right)=\frac{V_0-V_p}{V_0}\times 100$$

که در آن V_0 مقدار شاخص بیولوژیکی در تیمار شاهد (بدون سم) و V_p مقدار شاخص بیولوژیکی در تیمارهای آلوده به ارادیکان است. تجزیه و تحلیل‌های آماری شامل تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فیشر (Fisher's protected LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. قبل از انجام آنالیزهای آماری، نرمال بودن باقیمانده داده‌ها و همگن بودن واریانس تیمارها با استفاده از نرم‌افزار آماری MINITAB نسخه ۱۴ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

کربن توده زنده میکروبی (MBC)

در این تحقیق کربن توده زنده میکروبی در دو مرحله (۳۰ و ۹۰ روز پس از کاشت) اندازه‌گیری گردید. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که در مرحله اول نوع محیط و اثر متقابل محیط×سطح سم هر دو بر کربن توده زنده میکروبی اثر معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۵$) داشته‌اند ولی سطح سم تأثیر معنی‌دار ($P \geq ۰/۰۵$) بر این شاخص نداشت. با این وجود در مرحله دوم هر سه شاخص محیط، سطح سم و اثرات متقابل آنها به ترتیب در سطوح ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۱ بر کربن توده زنده میکروبی اثر معنی‌دار داشتند. در محیط کشت ذرت در مرحله اول بالاترین سطح ارادیکان سبب افزایش این شاخص به میزان ۱۱۶ درصد نسبت به شاهد شده است (جدول ۲ و ۳) که احتمالاً به دلیل حضور و فعالیت بیشتر ریزجانداران به‌خصوص میکروب‌های مؤثر در تجزیه ارادیکان در ریزوسفر ذرت می‌باشد. درصورتی‌که در روز ۹۰ در محیط کشت تیمار $6\ L\ ha^{-1}$ بالاترین میزان کربن توده میکروبی (۱۳۸درصد بیشتر از شاهد) را دارا بود و تیمار $9\ L\ ha^{-1}$ با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت. از آنجا که در این مرحله قسمت اعظم ارادیکان تجزیه گردیده است احتمالاً این تفاوت‌ها ناشی از تغییر سایر عوامل محیطی در ریزوسفر این تیمارها به وجود آمده است. در محیط کشت نشده در مرحله اول (بدون اختلاف معنی‌دار) و دوم (دارای اختلاف معنی‌دار) بالاترین سطح ارادیکان، کمترین میزان کربن توده میکروبی را داشته است که این کاهش شاید ناشی از فعالیت کمتر میکروب‌های تجزیه‌کننده ارادیکان در خاک غیر ریزوسفری است و ارادیکان بر میکروب‌های بومی خاک تأثیر سوء داشته است. هم در مرحله اول و هم در مرحله دوم میزان کربن توده زنده میکروبی در محیط کشت ذرت بیشتر از محیط کشت نشده می‌باشد و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۲) که به دلیل وجود ریشه و ترشحات آن به عنوان منبع غذا و انرژی برای ریزجانداران این نتیجه دور از انتظار نیست. با این وجود، تحقیق تو (۳۳) نشان داد که مصرف علف‌کش ارادیکان تأثیری بر میزان کربن توده زنده میکروبی نداشت که علت آن را تحمل مواد شیمیایی توسط ریزجانداران بومی خاک دانست. هم‌چنین در مطالعه جیک لایتیس و همکاران (۱۵) نیز مشاهده شد علف‌کش‌های آترازین و نیکوسولفورون هیچ‌گونه تغییری در میزان کربن توده زنده میکروبی ایجاد نکردند. در صورتی که مطالعه ویسچتی و همکاران (۳۵) نشان داد که مصرف علف‌کش ریم سولفورون متیل در سطوح بالا سبب کاهش کربن توده زنده میکروبی شد که با یافته‌های به دست آمده در این تحقیق متناقض هستند.

نیتروژن توده زنده میکروبی (MBN)

نیتروژن توده زنده میکروبی از جمله شاخص‌های حساس به حضور آلاینده‌ها و سموم دفع آفات است که در این تحقیق در

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر علف‌کش ارادیکان بر کربن (MBC) و نیتروژن (MBN) توده زنده میکروبی و نسبت آنها (اعداد آماره F هستند)

منابع تغییرات	درجه آزادی	MBC		MBN		MBC/MBN	
		مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم
نوع محیط	۱	۷۴/۱ *	۲۳۱ **	۱۱۰ **	۵۹۳۹ ***	۱۱/۸ n.s	۹/۰ n.s
سطح سم	۲	۶/۶ n.s	۱۲۲ ***	۳۶/۹ **	۱۲۵ ***	۱/۲ n.s	۲/۷ n.s
محیط×سطح سم	۲	۱۷/۵ *	۸۳/۹ ***	۵۰/۳ **	۷۷/۷ **	۳۰/۲ **	۸۷/۷ ***

*: P<۰/۰۵، **: P<۰/۰۱، ***: P<۰/۰۰۱ و n.s: غیرمعنی‌دار

جدول ۲. اثر سطوح مختلف علف‌کش ارادیکان بر کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی و نسبت آنها در خاک‌های تحت کشت ذرت و بدون کشت. اعداد میانگین (n=۳) هستند و مقادیر انحراف استاندارد در پرانتز نشان داده شده‌اند.

نوع محیط	سطح ارادیکان	MBC (mg C kg^{-1})		MBN (mg N kg^{-1})		MBC/MBN (mg C/mg N)	
	(L ha^{-1})	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم
کشت	۰	۱۵۴ (۴/۹) bc	۱۴۹ (۶/۷) c	۱۰/۲ (۰/۱) b	۱۰/۳ (۰/۵) cd	۱۵/۲ (۰/۶) bc	۱۴/۵ (۰/۶) b
	۶	۱۷۳ (۹/۳) b	۳۵۵ (۸/۸) a	۱۵/۷ (۰/۶) a	۲۲/۰ (۰/۶) a	۱۱/۰ (۰/۵) cd	۱۶/۱ (۰/۲) b
	۹	۳۳۴ (۳۹/۰) a	۱۳۲ (۸/۳) c	۱۴/۸ (۰/۱) a	۱۲/۹ (۰/۴) b	۲۲/۵ (۲/۶) a	۱۰/۲ (۰/۴) d
	$\bar{X}$	۲۲۰ A	۲۱۲ A	۱۳/۶ A	۱۵/۰ A	۱۶/۲ A	۱۳/۶ A
عدم کشت	۰	۱۱۸ (۱۰/۵) bc	۱۸۸ (۳/۱) b	۹/۴ (۰/۵) bc	۱۱/۹ (۰/۱) bc	۱۲/۶ (۰/۵) bcd	۱۵/۹ (۰/۳) b
	۶	۱۳۵ (۳/۳) bc	۱۵۴ (۲/۵) bc	۸/۳ (۰/۵) c	۱۱/۷ (۰/۲) bc	۱۶/۳ (۰/۶) b	۱۳/۲ (۰/۳) c
	۹	۸۳/۸ (۷/۷) c	۸۴/۹(۶/۸) d	۱۰/۰ (۰/۲) b	۴/۵ (۰/۲) d	۸/۴ (۰/۸) d	۱۸/۸ (۱/۰) a
	$\bar{X}$	۱۱۲ B	۱۴۲ B	۹/۲ B	۹/۳ B	۱۴/۵ A	۱۶/۰ A
	LSD (۰/۰۵)	۲۵/۹	۳۶/۸	۱/۳	۲/۱	۴/۹	۱/۷

MBC، کربن بیوماس میکروبی و MBN= نیتروژن توده زنده میکروبی

حروف کوچک مقایسه میانگین‌های سطوح سم و حروف بزرگ مقایسه میانگین‌های بین دو محیط را نشان می‌دهد و حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار (P≥۰/۰۵) هستند.

روزهای ۳۰ و ۹۰ اندازه‌گیری شد و نتایج تجزیه واریانس آن در جدول ۱ گزارش شده است. در مرحله اول نوع محیط، سطح سم و اثر متقابل محیط و سطح سم هر سه بر نیتروژن توده زنده میکروبی دارای اثر معنی‌دار (P ≤ ۰/۰۱) بودند. پس از طی ۳۰ روز از کاشت ارادیکان موجود در محیط کشت در سطح ۶ و ۹ لیتر در هکتار به ترتیب سبب افزایش ۵۴ و ۴۶ درصدی نیتروژن توده زنده میکروبی در مقایسه با شاهد شده است (جدول ۲) که احتمالاً ناشی از حضور باکتری‌های مؤثر در تجزیه ارادیکان در ریزوسفر می‌باشد که از این علف‌کش به عنوان منبع عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و انرژی در تولید

جدول ۳. اثر بازدارندگی (PI) علف‌کش ارادیکان بر کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن توده زنده میکروبی در خاک‌های تحت کشت ذرت و بدون کشت (اعداد به صورت درصد می‌باشند)

نوع محیط	سطح ارادیکان ($L\ ha^{-1}$)	MBC		MBN		MBC/MBN	
		مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم
کشت	۶	−۱۲	−۱۳۸	−۵۴	−۱۱۵	۲۷	−۱۱
	۹	−۱۱۶	۱۱	−۴۶	−۲۶	−۴۸	۲۹
عدم کشت	۶	−۱۴	۱۸	۱۲	۲	−۲۹	۱۷
	۹	۲۹	۵۵	−۷	۶۲	۳۴	−۱۹

اعداد مثبت درصد بازدارندگی و اعداد منفی درصد تحریک‌کنندگی را نشان می‌دهند.

بیشتر توده زنده میکروبی استفاده کرده‌اند. این در حالی است که در محیط کشت نشده تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ میزان نیتروژن توده زنده میکروبی را ۱۱ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داده است و در سطح $۹\ L\ ha^{-۱}$ حدود ۷ درصد این شاخص بیشتر از شاهد بود (جدول ۳). این نتایج شاید دلیل بر عدم تأثیر چندان این علف‌کش بر میکروفلور بومی خاک باشد و تفاوت‌ها بیشتر به دلیل تغییرات مکانی در خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد آزمایش باشد.

در مرحله دوم نیز نوع محیط، سطح سم و اثر متقابل آنها بر این شاخص اثر معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۰۱$) داشتند. در روز ۹۰ میزان نیتروژن توده زنده میکروبی در شرایط کشت ذرت در تیمارهای ۶ و ۹ لیتر در هکتار به ترتیب ۱۱۴ و ۲۶درصد بیش از شاهد بود (جدول ۳). از آنجا که پس از گذشت ۹۰ روز از کاربرد این علف‌کش (با توجه به نیمه عمر آن) قسمت اعظم آن تجزیه شده است، احتمالاً به دلیل افزایش بیوماس ریشه و ترشحات آن (به عنوان منبع کربن و برخی عناصر غذایی) و از آنجا که میکروب‌ها با کمبود نیتروژن (به دلیل اضافه کردن کود اوره) نیز مواجه نیستند این شاخص افزایش یافته است و علت اختلاف بین دو تیمار ۶ و ۹ لیتر در هکتار احتمالاً به دلیل بیشتر بودن متابولیت‌های مضر باقیمانده از این علف‌کش در تیمار $۹\ L\ ha^{-۱}$ در قیاس با سطح $۶\ L\ ha^{-۱}$ است که باعث کمتر شدن این شاخص نسبت به تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ شده است. در حالی که در محیط کشت نشده تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ با شاهد تفاوت چندانی نداشت ولی این شاخص در تیمار $۹\ L\ ha^{-۱}$ کمتر (۶۲ درصد) از دو تیمار دیگر بود. از آنجا که فعالیت ریزجانداران در محیط فاقد گیاه کمتر از ریزوسفر است پس از تجزیه سم توسط ریزجاندارانی که قادرند از این سم استفاده کنند، فعالیت آنها در تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ به سطح اولیه باز گشته است و در تیمار $۹\ L\ ha^{-۱}$ به دلیل غلظت بالاتر سم و احتمالاً وجود برخی متابولیت‌های مضر باقیمانده از آن در خاک، نیتروژن توده زنده میکروبی در مقایسه با شاهد کمتر است. اثر این علف‌کش بر نیتروژن توده زنده میکروبی چندان مورد بررسی قرار نگرفته است. با این حال در این باره مطالعه ال قمری و همکاران (۱۱) نشان داد علف‌کش متسولفورون متیل در هفته اول پس از کاربرد، نیتروژن توده زنده میکروبی را کاهش داد. هم‌چنین در تحقیق پریه و مانسن (۲۴) مشخص شد که نیتروژن توده زنده میکروبی بر اثر کاربرد علف‌کش کاهش یافت که با نتایج به دست آمده در این تحقیق متناقض است.

نسبت کربن به نیتروژن توده زنده میکروبی

یکی از شاخص‌هایی که برای ارزیابی تأثیر آفت‌کش‌ها بر فعالیت ریزجانداران استفاده می‌شود، نسبت کربن به نیتروژن توده زنده میکروبی است. تغییر این نسبت دلیل واضحی بر تغییر میزان جمعیت میکروبی خاک و نیز شاخص خوبی از تغییر ساختار جامعه میکروبی خاک است (۱۰). برای این شاخص نیز جدول ۱ نشان می‌دهد در هر دو مرحله اثرات نوع محیط و سطح سم بر این شاخص غیرمعنی‌دار ($P \geq ۰/۰۵$) بود، در حالی که اثرات متقابل آنها در محیط کشت شده و کشت نشده به ترتیب در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ معنی‌دار بودند. نتیجه مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) حاکی از آن است که در مرحله اول در محیط کشت شده تیمار $۹\ L\ ha^{-۱}$ سبب افزایش معنی‌دار ۴۸ درصدی این شاخص نسبت به شاهد شده است، که ممکن است ناشی از اثر مثبت این علف‌کش بر قارچ‌های خاک باشد که با تحریک جمعیت آنها نسبت به باکتری‌ها این نسبت افزایش یافته است و یا این افزایش ناشی از تثبیت عناصر غذایی در بدن ریزجانداران در پاسخ به ورود این علف‌کش باشد. ولی در تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ این نسبت در مقایسه با شاهد ۲۷ درصد کاهش یافته است، که می‌تواند نشانه افزایش جمعیت باکتری‌ها نسبت به قارچ‌ها و معدنی شدن بیشتر عناصر غذایی باشد.

نسبت کربن به نیتروژن توده زنده میکروبی در محیط کشت نشده در تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ نسبت به شاهد ۲۹ درصد بیشتر و در تیمار $۹\ L\ ha^{-۱}$ حدود ۳۴ درصد کاهش یافته است، که نشان می‌دهد سطوح مختلف این علف‌کش تأثیرات متفاوت بر ترکیب جمعیت میکروبی خاک غیر ریزوسفری دارد. در مرحله دوم بر عکس مرحله اول در محیط کشت میزان این شاخص در تیمار $۹\ L\ ha^{-۱}$ به طور معنی‌دار (۲۹ درصد) در مقایسه با شاهد کاهش یافته است و در محیط کشت نشده میزان این نسبت در تیمار $۹\ L\ ha^{-۱}$ حدود ۱۹ درصد بیشتر و در تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ حدود ۱۷ درصد کمتر از شاهد می‌باشد (جدول ۳). در این مرحله چون قسمت اعظم این علف‌کش تجزیه شده است این تفاوت‌ها احتمالاً به دلیل تأثیر سایر شرایط محیطی مؤثر بر فعالیت ریزجانداران باشد که این نتیجه در شرایط مزرعه‌ای غیرطبیعی نیست. تاکنون مطالعه‌ای در مورد تأثیر ارادیکان بر این شاخص انجام نشده است ولی بررسی‌هایی روی سایر علف‌کش‌ها صورت گرفته است. برای مثال، در پژوهش ال قمری و همکاران (۱۱) گزارش شد علف‌کش متسولفورون متیل سبب افزایش موقت نسبت کربن به نیتروژن توده زنده میکروبی شد که تا حدودی با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در حالی که مطالعه پریه و مانسن (۲۴) عدم تأثیرپذیری این شاخص را در درازمدت بر اثر مصرف علف‌کش‌ها نشان داد.

فعالیت آنزیمی خاک

اوره آز

آنزیم اوره‌آز واکنش هیدرولیز اوره به آمونیاک و دی اکسید کربن را کاتالیز می‌کند (۳). بنابراین به دست آوردن اطلاعات درباره طبیعت فعالیت اوره‌آز در خاک برای ارتقای استراتژی‌های مورد استفاده در مدیریت نیتروژن خاک و کود اوره سودمند است (۱۶). جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس اثر ارادیکان بر فعالیت اوره‌آز را نشان می‌دهد. چنانچه مشاهده می‌شود تأثیر نوع محیط، سطح علف‌کش ارادیکان و اثرات متقابل آنها در هر سه مرحله بر فعالیت اوره‌آز معنی‌دار بوده است. بررسی روند تغییرات این آنزیم در تیمارهای ارادیکان نشان می‌دهد که در مرحله دوم در هر دو محیط فعالیت اوره‌آز نسبت به مرحله اول کاهش یافته است و در ادامه در روز ۹۰ بیش از دو برابر نسبت به روز ۳۰ افزایش یافته است. از آنجا که در محیط کشت نشده گیاه وجود ندارد و تنها ریزجانداران مسئولیت تولید اوره‌آز را به عهده دارند احتمالاً در روز ۳۰ به وجود آمدن تنش محیطی نظیر تغییر در میزان رطوبت یا حرارت خاک باعث شده به طور موقت فعالیت ریزجانداران خاک و در نتیجه تولید این آنزیم کاهش یابد. مقایسه فعالیت اوره‌آز بین دو محیط مشخص می‌کند که در روزهای ۳۰ و ۹۰ فعالیت این آنزیم در محیط کشت ذرت بیش از محیط کشت نشده است که به دلیل

جـدول ۴. نتایج تجزیه واریـانس اثر علف‌کش ارادیـکان بر فعالیت آنزیم‌ها ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از مصرف (اعداد آماره F هستند)

منابع تغییرات	درجه آزادی	اوره آز			آریل سولفاتاز		
		زمان نمونه برداری پس از شروع آزمایش					
		۳۰	۶۰	۹۰	۳۰	۶۰	۹۰
نوع محیط	۱	۱۲۷**	۴۰/۰*	۸۷/۰*	۱۰۱۰۸***	۱۷۹**	۸۱/۶*
سطح سم	۲	۲۵۵***	۱۷/۳*	۶۴/۵***	۴۵/۷**	۱/۹ n.s	۱۳۲***
محیط×سطح سم	۲	۴۶/۱**	۱۴/۹*	۲۴۸***	۳۷/۷**	۴/۲ n.s	۴۶۲***

*: P < ۰/۰۵، **: P < ۰/۰۱ ، ***: P < ۰/۰۰۱ و n.s : غیرمعنی‌دار

فعالیت ریشه‌ها و نیز فعالیت بیشتر ریزجانداران ریزوسفر نسبت به خاک بدون گیـاه اسـت. در صـورتی کـه در مرحلـه دوم در محیط کشت نشده اوره‌آز فعالیت بیشتری دارد که نشان می‌دهد ریزجانداران و ریشه‌ها در ریزوسفر به تنش محیطی ایجاد شـده بیشتر از ریزجانداران بومی خاک کشت نشده حساس بـوده‌انـد. در مرحله اول بررسـی مقایـسه میـانگین‌هـا (جـدول ۵) نـشان می‌دهد در هر دو محـیط بیـشترین فعالیـت اوره‌آز در بـالاترین سطح ارادیکان مشاهده شد که شاید به دلیل ارزش غـذایی ایـن علف‌کش می‌باشد و کمترین فعالیت اوره‌آز در سـطح $۶\ L\ ha^{-۱}$ رخ داده است که احتمالاً این علف‌کش در ایـن غلظـت اثـرات سوء بر ریزجانداران گذاشته است.

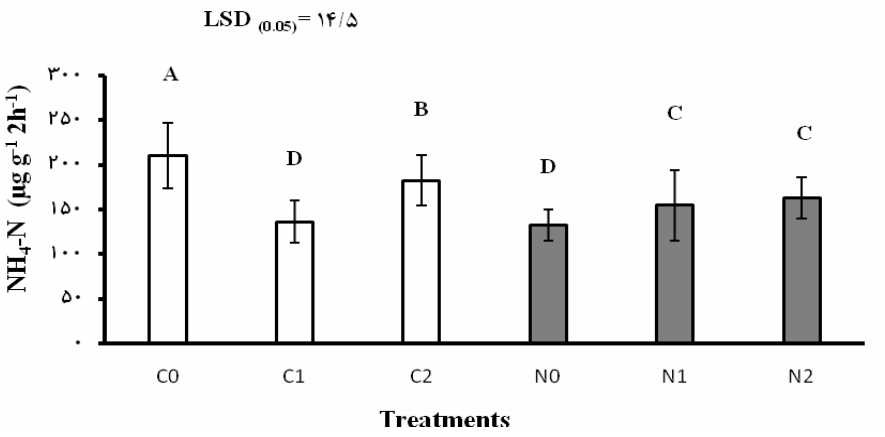
در روز ۶۰ در محـیط دارای ذرت کـشت شـده، سـطوح مختلف ارادیکان با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند و در محـیط بدون گیاه تنها بالاترین سطح ارادیکان به طور معنی‌دار فعالیـت اوره‌آز را کاهش (۲۹ درصد) داده است. به دلیل تجزیـه بخـش اعظم ایـن علـف‌کـش ایـن نتـایج دور از انتظـار نیـست، و در بالاترین سـطح ارادیکـان باقیمـانده ایـن سـم بیـشتـر بـوده و توانسـته است فعالیت ایـن آنـزیم را کـاهش دهـد. بررسـی جدول ۵ نشـان می‌دهد ۹۰ روز پـس از مـصرف ارادیکـان در محیط کشت شده کمترین فعالیت این آنزیم در سـطح $۶\ L\ ha^{-۱}$ بوده است در حالی کـه در محـیط کـشت نـشده همـین تیمـار بیشترین فعالیت اوره‌آز را نسبت به تیمارهای دیگـر داراسـت. از آنجا که در این مرحله بقایای این علف‌کش ناچیز است این تناقض احتمالاً به دلیل تغییرات مکانی سـایر عوامـل محیطـی (در مقیاس کوچک) رخ داده است. بررسـی شـکل ۱ (میـانگین فعالیت اوره‌آز طـی ۹۰ روز آزمـایش) نـشان مـی‌دهـد فعالیـت اوره‌آز در محیط کشت شده در تیمار شاهد بیشترین و در تیمار $۶\ L\ ha^{-۱}$ کمترین مقدار را دارا می‌باشد که شاید ناشـی از تـأثیر سمی این سم در مهار فعالیت آنزیم باشـد.

در صورتی کـه در محـیط کـشت نـشده فعالیـت اوره‌آز در تیمارهای حاوی ارادیکان از تیمـار شـاهد انـدکی بیـشتر اسـت احتمالاً به خاطر کمتر بـودن منـابع غـذایی و انـرژی در خـاک غیرریزوسفری این ترکیب بـا دارا بـودن عناصـری چـون کـربن و نیتروژن و گوگرد توانسته فعالیت ریزجانداران تولید کننـده آنـزیم را اندکی تحریک نماید. اثـر ارادیکـان بـر فعالیـت اوره‌آز تـاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. بـا ایـن حـال، مطالعـات مختلـف صورت گرفته درباره تغییـر فعالیت این آنزیـم در نتیجـه کـاربرد سایر آفت‌کش‌ها مشخص شد، مصرف برخی آفت‌کش‌ها از جملـه گلی‌فوزیت (۸)، توفوردی، بوتاکلر و اکسی فلـورفن (۲۰)، قـارچ کش کـویین تـوزن (۲۱) و اسـتامپیرید (۳۶) اثـر مهارکننـدگی بـر فعالیت اوره آزنداشتند. در صورتی که در بررسی برنز (۸) به مهـار فعالیت این آنزیم توسط آفـت‌کـش کاربامیـل اشـاره شـده اسـت.

جدول ۵. اثر سطوح مختلـف علف‌کش ارادیکان بر فعالیت اوره آز و آریل سولفاتاز در خاک‌های تحت کشت ذرت و بدون کشت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از کاشت گیاه. اعداد میانگین (n=۳) هستند و مقادیر انحراف استاندارد در پرانتز نشان داده شده‌اند.

نوع محیط	سطح ارادیکان ($L\ ha^{-1}$)	اوره آز ($\mu g NH^{+}_{4}\ g^{-1} 2\ h^{-1}$)			آریل سولفاتاز ($\mu g PNP\ g^{-1}\ h^{-1}$)		
		۳۰	۶۰	۹۰	۳۰	۶۰	۹۰
کشت	۰	۲۲۶(۷/۴) a	۷۵/۱(۱/۲) b	۳۳۰(۱۴/۷) a	۷۲۴(۶/۹) a	۴۹/۸(۴/۷) a	۱۸۶(۸/۷) a
	۶	۱۱۴(۷/۶) b	۶۸/۱(۲/۳) b	۲۲۷(۵/۶) d	۵۹۵ (۷/۵) b	۴۵/۷(۲/۰) a	۷۶/۳(۲/۹) b
	۹	۲۳۲(۳/۹) a	۶۹/۴(۳/۲) b	۲۴۶(۳/۳) c	۵۳۲(۱۵/۰) c	۳۳/۰(۱/۵) a	۸۵/۰(۲/۸) b
	$\bar{X}$	۱۹۰ A	۷۰/۰ B	۲۶۸ A	۶۱۷ B	۴۲/۹A	۱۱۶A
عدم کشت	۰	۹۳/۹(۳/۶) b	۱۰۱(۶/۶) a	۲۰۳(۸/۴) e	۷۳۷(۱۰/۲) a	۲۵/۲(۱/۴) a	۳۱/۹(۲/۴)c
	۶	۵۰/۵(۵/۶)c	۱۰۶(۲/۲) a	۳۰۷(۶/۰) b	۷۴۵(۵/۵) a	۳۸/۸(۴/۸) a	۲۰۰(۶/۳) a
	۹	۲۲۲(۸/۸) a	۷۱/۰(۲/۱) b	۱۹۵(۴/۴) e	۷۲۴(۸/۵) a	۳۳/۸(۰/۵) a	۴۳/۳(۲/۷)c
	$\bar{X}$	۱۲۲ B	۹۲/۵ A	۲۳۵ B	۷۳۶ A	۳۲/۶ B	۹۲/۰ B
	LSD (۰/۰۵)	۲۵/۲	۱۳/۳	۱۸/۶	۴۲/۴	–	۱۸/۱

میانگین‌ها با حروف کوچک مقایسه میانگین سطوح سم و حروف بزرگ مقایسه بین دو محیط است و حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار ($P \geq ۰/۰۵$) هستند.



شکل ۱. اثـر تیمـارهای مختلف علـف‌کش ارادیکان بر متوسط فعالیت آنزیم اوره آز (C و N به ترتیب مربوط بـه محـیط کـشت و بـدون کشت و اعداد ۰، ۱ و ۲ سطـوح مختلف سـم می‌باشند). اعداد هر ستون میانگین سه مرحله است و حروف مشترک بالای ستون‌ها براساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار ($P \geq ۰/۰۵$) می‌باشند. خطوط عمودی انحراف استاندارد را نشان می‌دهند.

جدول ۶. اثر بازدارندگی (PI) علف‌کش ارادیکان بر فعالیت آنزیم‌های اوره آز و آریل سولفاتاز در خاک‌های تحت کشت ذرت و بدون کشت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از کاشت گیاه (اعداد به صورت درصد می‌باشند).

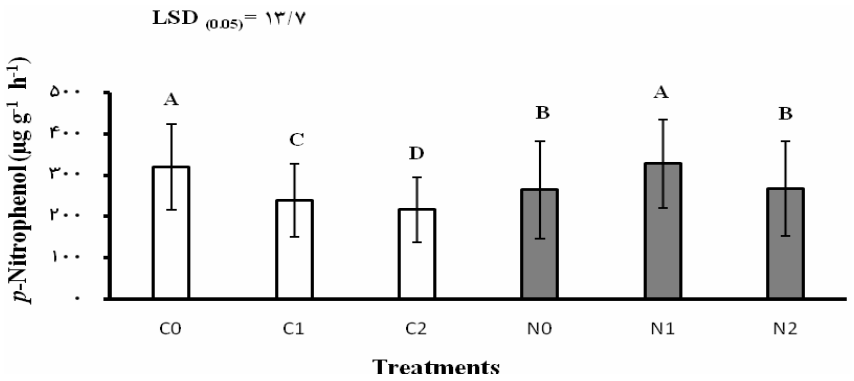
نوع محیط	سطح ارادیکان ($L\ ha^{-1}$)	اوره آز			آریل سولفاتاز		
		۳۰	۶۰	۹۰	۳۰	۶۰	۹۰
کشت	۶	۴۹/۷	۹/۳	۳۱/۴	۱۷/۹	۸/۳	۵۸/۹
	۹	−۲/۵	۷/۵	۲۵/۵	۲۶/۶	۳۳/۸	۵۴/۳
عدم کشت	۶	۴۶/۱	−۵/۳	−۵۱/۳	−۱/۱	−۵۴/۲	−۵۲۶
	۹	−۱۳۷	۲۹/۴	۴/۲	۱/۸	−۳۴/۲	−۳۵/۵

اعداد مثبت درصد بازدارندگی و اعداد منفی درصد تحریک کنندگی را نشان می‌دهند.

آریل سولفاتاز

سولفاتازها هیدرولیز استرهای سولفات آلی را کاتالیز می‌کنند که در میان آنها آریل‌سولفاتاز نقش برجسته‌ای در معدنی شدن گوگرد ایفاد می‌کند. اهمیت این آنزیم در معدنی شدن گوگرد با استناد به یافته‌هایی است که نشان می‌دهد قسمت اعظم کل گوگرد در سطح خاک به شکل‌های آلی وجود دارد (۵). نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد که در مرحله اول اثر محیط ($P \leq ۰/۰۰۱$) و سطح سم و اثر متقابل محیط و سطح سم ($P \leq ۰/۰۱$) بر فعالیت آریل‌سولفاتاز معنی‌دار بودند. در روز ۶۰ تنها اثر نوع محیط معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۱$) شد در حالی که اثر سطح علف‌کش ارادیکان و اثرات متقابل محیط و سطح سم بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار ($P \geq ۰/۰۵$) نبود. در مرحله سوم نیز هر سه عامل نوع محیط، سطح سم و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۵$) بر فعالیت آریل‌سولفاتاز داشتند. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد که در مرحله اول فعالیت آریل سولفاتاز در محیط کشت شده به طور معنی‌دار کمتر (۱۹ درصد) از محیط کشت نشده است، که شاید به دلیل وقفه ناگهانی در فعالیت ریزجانداران مؤثر در تولید آریل‌سولفاتاز باشد. در حالی که در روزهای ۶۰ و ۹۰ به طور معنی‌دار فعالیت آن در محیط کشت شده بیش (به ترتیب ۳۱ و ۲۶ درصد) از محیط کشت نشده بود. احتمالاً علت این افزایش حضور ریشه و ترشحات آن به عنوان منبع اصلی کربن برای ریزجانداران تولید کننده این آنزیم و نیز تجزیه ارادیکان است.

کاهش شدید فعالیت این آنزیم در تمامی سطوح در مرحله دوم رخ داده است که بخشی از این کاهش در روز ۹۰ جبران شده است که نشان از مهار فعالیت آنزیم به دلیل ایجاد تنش در خاک در این مرحله می‌باشد. بررسی سطوح سم (جدول ۵) مشخص می‌سازد که در مرحله اول در محیط کشت با افزایش سطح سم فعالیت این آنزیم کاهش یافته است. چنانچه گفته شد شاید در این مرحله فعالیت موجودات ساکن ریزوسفر که در تولید این آنزیم نقش دارند به علت حضور این علف‌کش دچار وقفه ناگهانی شده است. در حالی که در محیط کشت نشده سطح سم اثر معنی‌دار بر فعالیت آن نداشته است ($P \geq ۰/۰۵$). در مرحله دوم نیز همان طور که ذکر شد (جدول ۴) سطح سم تأثیر معنی‌دار بر فعالیت آریل‌سولفاتاز نداشت ($P \geq ۰/۰۵$). در نهایت در روز ۹۰ در محیط کشت شده فعالیت آنزیم مذکور در تیمار شاهد به طور معنی‌دار بیش (حدود ۵۵ درصد) از



شکل ۲. اثـر تیمـارهای مختلف علـف‌کش ارادیکان بر متوسط فعالیت آنزیم آریل سولفاتاز (C و N به ترتیب مربوط بـه محـیط کـشت و بدون کشت و اعداد ۰، ۱ و ۲ سطـوح مختلف سـم می‌باشند). اعداد هر ستون میانگین سه مرحله است و حروف مشترک بالای ستون‌ها بـر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار ($P \geq ۰/۰۵$) می‌باشند. خطوط عمودی انحراف استاندارد را نشان می‌دهند.

تیمارهای حاوی ارادیکان است که نشان می‌دهـد ریزجانـداران ریزوسفر نسبت به بقایای حاصل از تجزیـه ارادیکـان حـساس هستند و اثر سمی بر آنها گذاشته است. در حالی کـه در محـیط کشت نشده فعالیت آریل‌سولفاتاز در تیمار $۶ L ha^{-۱}$ بـه شـدت (بیش از ۵۰۰ درصد) بیشتر از دو تیمار دیگـر اسـت. شـاید در ایـن مرحلـه متابولیـت‌هـایی از تجزیـه ارادیکـان در خـاک باقی‌مانده‌اند که گوگرد موجود در آن بـرای ریزجانـداران بـومی خاک قابل استفاده بوده و فعالیت این آنزیم افزایش یافته است.

مقایسه میانگین فعالیت این آنزیم در تیمارهای مختلف طـی ۹۰ روز در شکل ۲ مشخص می‌کند که در محیط کـشـت شـده با افزایـش سطح ارادیکـان فعالیـت آریل‌سولفاتاز کاهش یافتـه است و در محیط کشت نشده تنها سطح $۶ L ha^{-۱}$ اثر مثبت بـر فعالیت این آنزیم داشته است که حاکی از متفاوت بودن ترکیب جمعیت میکروبی در دو محیط و پاسخ متفاوت آنها به حـضور این علـف‌کـش مـی‌باشـد. نتـایج متفـاوتی دربـاره اثـر کـاربرد آفت‌کش‌ها بر فعالیت آریـل‌سـولفاتاز گـزارش شـده اسـت. در مطالعـه‌ای گـزارش شـد کـه آتـرازین و کربوفـوران فعالیـت آریل‌سولفاتاز را افزایش دادنـد (۷). تحقیـق عمـر و عبدالـساتر (۲۳) نیز نشان داد تیمار خاک بـا سـموم برومینـال و سـلکرون سبب ایجـاد نوسان (کم و زیاد شدن) فعالـیت آریـل‌سـولفاتاز گردید، اما مهار فعالیت این آنزیم توسط این دو آفت‌کش فرآیند غالب بود. در تحقیقی دیگر تأثیر منفی سم توفوردی بر فعالیـت آریل‌سولفاتاز گزارش گردید (۳۴).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که اغلب شـاخص‌هـای بیولوژیکی اندازه‌گیری شده و فعالیت آنزیم‌ها در محیـط کشت شده بیشـتر از محیط کشت نشده بود که نشـان می‌دهد حضـور گیاه از آثار زیانبار این علف‌کش می‌کاهد. در محیط کشت ذرت با افزایش سطح علف‌کش ارادیکان کربن توده زنده میکروبـی و در هر دو محیط نیتروژن توده زنده میکروبی بـا افـزایش سـطح سم افزایش پیدا کرد، ولی نسبت کربن به نیتـروژن تـوده زنـده میکروبی در تیمارهای مختلف در هر دو محیط و هر دو مرحله نمونه‌برداری از روند خاصـی پیـروی نکـرد. ایـن نتـایج نـشان می‌دهد که احتمالاً ارادیکان با دارا بودن کربن و عناصر غـذایی اثرات مثبت بر فعالیت ریزجانداران خاک داشته است. نتایج این آزمایش همچنین نشان داد، فعالیت اوره‌آز در مرحله اول در هر دو محیط نسبت به شاهد در سطح $۶ L ha^{-۱}$ کاهش و در سطح $۹ L ha^{-۱}$ افزایش یافت. در مرحله دوم فعالیـت اوره آز چنـدان تحت تأثیر این علف‌کش قرار نگرفت و در مرحلـه سـوم نیـز

فعالیت این آنزیم در بین تیمارهای مختلف دو محیط از روند خاصی پیروی نکرد. فعالیت آریل‌سولفاتاز در مراحل اول و سوم نمونه‌برداری در محیط کشت ذرت با افزایش سطح سم کاهش یافت و در مرحله دوم فعالیت این آنزیم در هر دو محیط تحت تأثیر تیمارهای ارادیکان قرار نگرفت که نشان می‌دهد تأثیر سطوح مختلف ارادیکان بر فعالیت این دو آنزیم در دو محیط متفاوت بود. به طور خلاصه، مصرف این علف‌کش می‌تواند باعث هم کاهش و هم افزایش فعالیت‌های میکروبی در خاک شود که این تغییرات به سطح سم، زمان سپری شده پس از مصرف آن و حضور یا عدم حضور گیاه بستگی دارد.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد برای اجرا و پشتیبانی این تحقیق قدردانی و تشکر می‌کنند.

منابع مورد استفاده

۱. رخشانی، ا. ۱۳۸۱. *اصول سم‌شناسی کشاورزی* (چاپ اول). انتشارات فرهنگ جامع، تهران.

۲. سایت آفتاب، ۱۳۸۹.http://www.aftab.ir

۳. سایت علمی دانشجویان ایران، ۱۳۸۸. http://www.daneshju.ir/forum/showpost

۴. عرفان منش، م. و م. افیونی م . ۱۳۸۱. *آلودگی محیط زیست، آب، خاک و هوا* (چاپ دوم). انتشارات ارکان، اصفهان.

5. Alef, K. and P. Nannipieri. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, UK.
6. Anderson, T. H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. Agric. Ecosys. and Environ. 98: 285-293.
7. Behki, R. and S. U. Khan. 1997. Impact of repeated long-term application of atrazine on soil properties and bound residues formation. Final coordination meeting organized by the joint FAO/IAEA division of nuclear techniques in food and agriculture. 24-28 May, Hangzhou, Zhejiang, People's Republic of China. pp. 37-42.
8. Burns, R. G. 1978. Enzyme activity in soil, some theoretical and practical considerations. PP. 73-75. *In:* R. G. Burns (Ed.), Soil Enzymes. Academic Press, New York, London.
9. Buyanovsky, G. A., R. J. Kremer, A. M., Gajda and H.V. Kazemi. 2004. Effects of corn plants and rhizosphere populations on pesticide degradation. Bull. Environ. Contamin. and Toxicol. 55:689-696.
10. Digrak, M. and S. Ozcelik. 1998. Effects of some pesticides on soil microorganisms. Bull. Environ. Contamin. and Toxicol. 60:916-922.
11. EL-Ghamry, A. M., J. Xu and Z. Xie. 2000. Changes in soil biological properties with the addition of metsulfuron-methyl herbicide. J. Zhejiang Univ. Sci. 1:442-447.
12. Glover-Amengor, M. and F.M. Tetteh. 2008. Effect of pesticide application rate on yield of vegetables and soil microbial communities. West Afr. J. Appl. Ecol. 12:1-7.
13. Hassink, J. 1994. Effect of soil texture on the size of the microbial biomass and on the amount of C and N mineralized per unit of microbial biomass in Dutch grassland soils. Soil Biol. and Biochem. 26:1573-1581.
14. Ismail, B. S., K. F. Yapp and O. Omar. 1998. Effects of metsulfuron-methyl on amylase, urease, and protease activities in two soils. Aust. J. Soil Res. 36:449-465.
15. Jakelaitis, A., A. A. Silva, L. R. Fereira, A. F. Silva, J. L. Pereira and R. Vivan. 2006. Effects of herbicides on corn (*Zea mays*) and *Brachiaria brizantha* intercropping. Pesquisa Agropecuaria Tropical 6:53-60.
16. Jenkinson, D. S. and D. S. Powlson. 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil fumigation with chloroform. Soil Biol. and Biochem. 8:167-177.
17. Jenkinson, D. S. and J. N. Ladd. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. PP. 415-471. *In:* E. A. Paul and J. N. Ladd (Eds.), Soil Biochemistry. Volume 5, Marcell Dekker, New York.
18. Landi, L., G. Renella, J. L. Moreno, L. Flachini and P. Nannipieri. 2000. Influence of cadmium on the metabolic quotient, L:D-glutamic acid respiration ratio and enzyme activity; microbial biomass ratio under laboratory conditions. Biol. and Fertil. of Soils 32:8-16.
19. Meister, R.T. 1992. Farm Chemicals Handbook '92. Meister Publishing Company, Ohio, USA.

20. Mishra R. R. and B. Manjumani. 1986. Effect of herbicides butachlor, 2,4-D and oxyfluorfen on enzyme activities and CO_2 evolution in submerged paddy field soil. Plant and Soil 96:287-291.
21. Nannipieri P. 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. PP.238-244. *In:* C. E. Pankhurst B. M. Double V. V. S. Gupta and P. R. Grace (Eds.), Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems CSIRO, East Melborne, Australia,
22. Ohtenon, R., A. D. Munson and D. Brand. 1992. Soil microbial community response to silvicultural intervention in coniferous plantation ecosystems. Ecol. Appl. 2:363-375.
23. Omar S. A. and M. A. Abdel-Sater. 2001. Microbial populations and enzyme activities in soil treated with pesticides. Water, Air and Soil Pollut. 127:49-63.
24. Perie, C. and A. D. Munson. 2000. Ten-year responses of soil quality and conifer growth to silvicultural treatments. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64:1815-1826.
25. Plant and Soil Sciences e-library, 2008. http://www.plant and soil. unl/crop technology 2005.
26. Rahmansyah, M., S. Antonius and N. Sulistinah. 2009. Phosphatase and urease instability caused by pesticides present in soil improved by grounded rice straw. J. Agric. and Biol. Sci. 4:56-62.
27. Raiesi, F. 2004. Soil properties and N application effects on microbial activities in two winter wheat cropping systems. Biol. and Fertil. Soils. 40:88-92.
28. Rao, P. S. C., R. S. Mansell, L. B. Baldwin and M.F. Laurent. 2003. Pesticides and their behavior in soil and water. Florida Cooperative Extension Service Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, USA.
29. Rasool, N. and Z. A. Reshi. 2010. Effect of the fungicide Mancozeb at different application rates on enzyme activities in a silt loam soil of the Kashmir Himalaya, India. Tropical Ecol. 51:199-205.
30. Suman, A., M. Lal, A. K. Singh and A. Gaur. 2006. Microbial biomass turnover in Indian subtropical soils under different sugarcane intercropping systems. Agron. J. 98:698-704.
31. Tabatabai, M. A. and J. M. Bremner. 1970. Arylsulphatase activity of soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 34:427-429.
32. Tabatabai, M. A. and J. M. Bremner. 1972. Assay of urease activity in soil. Soil Biol. and Biochem. 4:479-487.
33. Tu, C. M. 1996. Effect of selected herbicides on activities of microorganisms in soils. Environ. Sci. and Health. 31:1201-1214.
34. Valerie, B., S. Rejean and D. Louise. 2006. Effect of 2,4-D contamination on soil functional stability evaluated using the relative soil stability index. Chemosphere 64:1713-1721.
35. Vischetti, C., P. Perucci and L. Scarponi. 2000. Relationship between rimsulfuron degradation and microbial biomass content in a clay loam soil. Biol. and Fertil. Soils 31:310-314.
36. Yao, H. M., L. Zhen-hua and Y. Hai-ping. 2006. Influence of acetamiprid on soil enzymatic activities and respiration. Eur. J. Soil Biol. 42:120-126.
37. Zahir, A. Z., A. R. M. Muhammad and A. Muhammad. 2001. Soil enzyme research: A review. J. Biol. Sci. 1:299-307.

The Effect of Eradican (EPTC) on Microbial Biomass C and N, and Urease and Arylsulphatase Activities in a Calcareous Soil under Field Conditions

M. Mansourzadeh* and F. Raiesi[1]

(Received : Sep. 27-2010 ; Accepted : Jan. 14-2011)

Abstract

The application of herbicides as organic chemical compounds to control pest and weeds may affect the population and activity of microorganisms, and this may have an influence on biochemical processes that are important for soil fertility and plant growth. The primary objective of this study was to evaluate different loading rates of eradican (EPTC) on soil microbial biomass C and N, microbial biomass C/N ratio and the activities of urease and arylsulphatase under field conditions. In this experiment, loading rates of 6 and 9 L ha^{-1} eradican were applied to a calcareous soil cultivated with corn (*Zea mays* L.) and left uncultivated using split-plots arranged in a completely randomized block design with three replications. The experiment was conducted in the Kabootarabad's Agricultural Research Center, Isfahan. Soil microbial biomass C and N were determined at 30th and 90th days after the onset of experiment and the activities of urease and arylsulphatase were assayed at 30th, 60th and 90th days. Results showed that in soils cultivated with corn microbial biomass C increased with increasing eradican levels; and in both cultivated and uncultivated soils microbial biomass N and microbial biomass C/N ratios were increased over the control. At 30th day, urease activity at 6 L ha^{-1} level reduced, while at 9 L ha^{-1} level it increased compared with the control soils. At 60 day, there was no significant difference in the urease activity between the treatments. At 90th day, the activity of urease showed slight fluctuations. There was a reduction in arylsulphatase activity of the cultivated soils by increasing the loading rates of eradican during the experiment, and in uncultivated soils no trend was observed. Briefly, the use of eradican can cause either reduced or increased microbial biomass sizes and enzyme activities in calcareous soils These changes, however, depend largely upon the application rate of eradican, time elapsed since eradican application (i.e., sampling date) and the presence or absence of plant.

Keywords: Eradican herbicide, Soil microorganisms, Biomass size, Enzyme activity, Plant influence, Corn, Rhizosphere effects, Dryland soils.

1. Grad. MSc. Student and Assoc. Prof. of Soil Sci., Respectively, College of Agric., Shahrekord Univ., Shahrekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: mahshidmansourzadeh@yahoo.com