نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۳ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۸۴-۷۳، نیمهٔ دوم ۱۳۹۱

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 3, No. 2, 2012, p. 73-84

ارزیابی حساسیت برخی حبوبات و گیاهان زراعی به بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش متری‌بیوزین در خاک

سیده‌فاطمه فخرراد [1*]، ابراهیم ایزدی دربندی [2]، محمدحسن راشد محصل [3] و محمد حسن‌زاده خیاط [4]

۱- کارشناس ارشد رشتهٔ شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز
۲ و۳- به‌ترتیب استادیار و استاد دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استاد دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۱/۲۴

چکیده

به‌منظورارزیابی حساسیت گیاهان زراعی مختلف به بقایای متری‌بیوزین، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش، شامل هشت گیاه زراعی (لوبیا، عدس، نخود، ذرت، گندم، جو، کلزا و چغندرقند) و هفت غلظت مختلف علف‌کش متری‌بیوزین در خاک (۰، ۰/۰۱۶، ۰/۰۳۲، ۰/۰۶۴، ۰/۱۲۸، ۰/۱۶۰ میلی‌گرم مادهٔ مؤثرهٔ متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) بودند. پس از تعیین درصد سبزشدن گیاهان، بقاء و زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی و ریشهٔ آن‌ها،۳۰روز بعد از سبزشدن‌شان اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی پاسخ گیاهان مورد آزمایش به بقایای متری‌بیوزین، پس از تجزیهٔ واریانس داده‌ها، آنالیز رگرسیون آن‌ها برای تعیین مقدار باقیماندهٔ لازم متری‌بیوزین برای۵۰درصد تلفات در متغیرهای اندازه‌گیری‌شده (ED_{50}) از برازش داده‌های بقاء و زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی و ریشه به معادلات سه و چهارپارامتری لجستیک انجام شد. نتایج نشان داد که بقایای متری‌بیوزین در خاک، تأثیر معنی‌داری بر رویش گیاهان مذکور نداشت؛ اما با افزایش میزان غلظت متری‌بیوزین، وزن خشک تمام گیاهان به‌طور معنی‌داری ($p<0.01$) کاهش پیدا کرد. پاسخ گیاهان مورد مطالعه به بقایای متری‌بیوزین در خاک، متفاوت بود. کمترین (۱/۶درصد) و بیشترین (۸۴/۶درصد) تلفات زیست‌تودهٔ اندام هوایی و بیشترین (۵۵/۸درصد) و کمترین (۱۹/۰درصد) تلفات زیست‌تودهٔ ریشه، به‌ترتیب در ذرت و کلزا مشاهده شد. با توجه به نتایج آزمایش، ذرت با داشتن بالاترین ED_{50} (۰/۱۹میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) به‌عنوان مقاوم‌ترین گیاه و کلزا با کمترین مقدار ED_{50} (۰/۰۱۲میلی‌گرم مادهٔ مؤثرهٔ متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) به‌عنوان حساس‌ترین گیاه به بقایای متری‌بیوزین شناخته شدند. بر اساس نتایج آزمایش، سایر گیاهان زراعی بر اساس شاخص مذکور از نظر حساسیت به بقایای متری‌بیوزین به‌صورت ذرت<لوبیا<نخود<عدس<گندم<جو<چغندرقند<کلزا، طبقه‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: باقیمانده، زیست‌توده، زیست‌سنجی، عدس، لوبیا، نخود

مقدمه

در بین علف‌کش‌های بازدارندهٔ فتوسنتز، متری‌بیوزین از مهم‌ترین علف‌کش‌ها است که به‌طور گسترده‌ای در کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ بسیاری از محصولات زراعی از جمله سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و گندم به‌کار می‌رود (Khoury, 2003). از آنجا که بر اساس مطالعات انجام‌شده، این علف‌کش جزء علف‌کش‌های با ماندگاری متوسط به بالا در خاک می‌باشد، کاربرد گستردهٔ آن در بوم‌نظام‌های زراعی، تبعات زیست‌محیطی زیادی را به‌دنبال داشته است؛ به‌طوری‌که بر اساس گزارش‌های موجود، از پتانسیل آلایندگی بالایی در منابع آب‌های جاری و زیرزمینی و نیز خاک، برخوردار می‌باشد (Wauchope *et al*., 1992). هرچند ماندگاری علف‌کش‌ها در خاک منجر به افزایش طول دورهٔ کنترل علف‌های‌هرز خواهدشد، اما آسیب به گیاهان زراعی موجود در تناوب، از پیامدهای مهم این پدیده می‌باشد که از دیدگاه زراعی، مورد توجه است. در این ارتباط، مطالعات متعددی در علف‌کش‌های مختلف انجام شده است که قریب به اتفاق نتایج آنها، دلالت به این مهم دارند (Ulbrich *et al*., 2005; Jettner *et al*., 1999). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی پاسخ ۲۲گیاه زراعی و علف‌هرز به بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ آترازین توسط Jettner *et al*, (1999) انجام شد، مشاهده شد که علف‌قناری (*Phalaris paradoxa*)، جو، چاودار، شبدر (*Trifolium repense*)، آفتاب‌گردان و گندم، به‌ترتیب حساس‌ترین گیاهان به بقایای آترازین در خاک بودند و

* **نویسنده مسئول:** کارشناس ارشد رشتهٔ شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز،
همراه: ۰۹۳۶۳۲۵۱۹۸۴، fa_fakhr@yahoo.com

در بین گیاهان مذکور، حساسیت علف‌قناری نسبت به سورگوم، بیش از ۵۰برابر بود. بر اساس گزارش نامبردگان، بقایای آترازین ضمن این‌که تناوب محصولات حساسی مثل جو و گندم را با مشکل مواجه می‌کند، در کنترل علف‌های‌هرز حساسی مثل علف‌قناری نیز مؤثرخواهد بود. در آزمایشی که به‌منظور زیست‌سنجی پسماند علف‌کش‌های آترازین، نیکوسولفورون، فورام سولفورون، نیکوسولفورون+ریم‌سولفورون، ریم‌سولفورون+فورام سولفورون با استفاده از گیاه شاخص شاهی (*Lepidum sativum*) انجام شد، مشاهده شد که شاهی، کمترین میزان جوانه‌زنی و طول و وزن‌خشک شاخساره را در تیمار آترازین دارا بود و در بین علف‌کش‌های سولفونیل اوره، نیکوسولفورون بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن‌خشک شاخسارهٔ شاهی داشت (Ghesam *et al.*, 2010). به‌طورکلی بقایای علف‌کش‌ها در خاک، از جمله عوامل محدودکنندهٔ کاشت گیاهان حساس است؛ از این رو، شناسایی گیاهان حساس و نیز رعایت فاصلهٔ زمانی برای کاشت محصول بعدی، از جمله عوامل مدیریتی پسماند علف‌کش‌هاست. Felix *et al*, (2007) بیان کردند که رعایت فاصلهٔ زمانی ۱۲ماه بعد از کاربرد علف‌کش مزوتریون در مزارع ذرت، برای کاشت گیاهان لوبیا، کلم، فلفل، گوجه‌فرنگی و کدو، ضروری است. در مطالعات Osullivan& Thomas (2001) نیز که به‌منظور بررسی اثر بقایای علف‌کشCGA152005 یک‌سال پس از کاربرد آن به‌صورت پس‌رویشی به‌تنهایی و همراه با آترازین در مزارع ذرت، بر روی شِش گیاه سویا، نخود، کلم، گوجه‌فرنگی، فلفل و سیب‌زمینی انجام شد، کلم،گوجه‌فرنگی و فلفل، گیاهان حساسی به بقایای علف‌کش مذکور شناخته شدند. بر اساس مطالعات نامبردگان، به‌طور متوسط، رعایت فاصلهٔ کاشت ۲۲ماه جهت کشت این گیاهان در تناوب با ذرت، ضروری است. در ارتباط با متری‌بیوزین نیز مطالعات پراکنده‌ای در این ارتباط انجام شده است.

در آزمایشی دیگر که به‌منظور بررسی صدمهٔ بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش متری‌بیوزین بر گیاهان زراعی سورگوم و کدو در شرایط کنترل‌شده انجام شد، گیاهان مذکور به‌عنوان گیاهان حساس به بقایای متری‌بیوزین معرفی شدند به‌طوری‌که غلظت‌های ۰/۶۵ و ۱/۲۵قسمت در میلیون متری‌بیوزین در خاک، بیش از ۵۰درصد صدمه را به‌ترتیب در ریشه و ساقهٔ این گیاهان به‌دنبال داشتند و ریشهٔ هر دو گیاه نسبت به ساقه، حساسیت بیشتری به بقایای متری‌بیوزین در خاک نشان داد. بر اساس گزارش مذکور، با توجه به حساسیت گیاهان مذکور به بقایای متری‌بیوزین، این دو گیاه به‌عنوان گیاهان محک در تشخیص بقایای احتمالی متری‌بیوزین معرفی شدند (Sondhia, 2005). در برخی از مطالعات نیز پتانسیل صدمهٔ این علف‌کش به برخی از ارقام سیب‌زمینی اشاره شده است (James, 2007). Ratsch *et al*, (1986) نیز گزارش کردند که بقایای متری‌بیوزین به‌طور معنی‌داری وزن خشک گیاه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) را کاهش داد. نامبردگان بر اساس نتایج حاصل از مطالعات خود، اشاره کردند که بقایای متری‌بیوزین در خاک می‌تواند در کنترل درازمدت علف‌های هرزی که در مزرعه به‌صورت دوره‌ای سبز می‌شوند، مؤثر و مهم باشند.

از آن‌جا که متری‌بیوزین یکی از علف‌کش‌های مهم کشور است و با توجه به این‌که در ارتباط با تأثیر بقایای این علف‌کش بر تناوب زراعی و نیز ارزیابی حساسیت گیاهان زراعی مختلف، به‌خصوص حبوبات، به آن بقایا در کشور مطالعه‌ای صورت نگرفته است، این آزمایش به‌منظور بررسی حساسیت حبوبات (لوبیا، عدس و نخود) و مقایسهٔ تحمل آنها به بقایای متری‌بیوزین در خاک در مقایسه با سایر گیاهان زراعی و نیز تعیین گیاه یا گیاهان محک در ارزیابی بقایای آن با استفاده از آزمایش زیست‌سنجی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال۱۳۸۹درگلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش، شامل غلظت‌های مختلف علف‌کش متری‌بیوزین در خاک در هفت سطح (۰، ۰/۰۱۶، ۰/۰۳۲، ۰/۰۶۴، ۰/۱۲۸ و۰/۱۶۰ میلی‌گرم مادهٔ مؤثرهٔ متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) که به‌ترتیب شامل۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰و ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شدهٔ متری‌بیوزین (۷۵۰گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) در خاک بودند و نیز گیاهان زراعی در هشت سطح (لوبیا، عدس، نخود، ذرت، کلزا، چغندرقند، گندم و جو)، بودند. برای این منظور پس از تهیهٔ خاکی با بافت لومی‌رسی از مزرعه‌ای که قبلاً حداقل به‌مدت پنج‌سال سابقهٔ مصرف علف‌کش را نداشت، ابتدا محلول ۱۰۰۰قسمت در میلیون متری‌بیوزین با استفاده از فرمولاسیون تجاری آن (WP ۷۵٪) و با درنظرگرفتن درجهٔ خلوص آن، در متانول تجاری تهیه و از این محلول برای تهیهٔ غلظت‌های مورد نظر علف‌کش متری‌بیوزین (۶/۷۲، ۱۳/۴، ۲۶/۸، ۴۰/۳۲، ۵۳/۷ و ۶۷/۲ قسمت در میلیون) برای اختلاط با خاک استفاده شد. برای تهیهٔ محلول‌های فوق از محلول پایه، از معادلهٔ۱ استفاده شد.

$$N_1V1=N2V2 \qquad \text{(معادلهٔ ۱)}$$

در این معادله N1، V1، N2 و V2، شامل محلول با غلظت معلوم (N1) و حجمی از محلول با غلظت معلوم (V1) برای تهیهٔ

حجم مشخصی (V2) از محلول با غلظت مجهول (N2) می‌باشند.

به‌منظور اختلاط کامل علف‌کش با خاک پس از محاسبهٔ وزن خاک هر گلدان با قطر دهانهٔ ۱۵سانتی‌متر (۶۰۰گرم خاک)، با توجه به حجم گلدان‌های مربوط به هر غلظت، خاک مورد نظر (حدود۲۰کیلوگرم) تهیه و برای سهولت در اختلاط و اطمینان از یکنواختی اختلاط علف‌کش متری‌بیوزین درخاک، ابتدا یک‌کیلوگرم از خاک مذکور آماده شد و سپس۵۰میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های تهیه‌شده برای هر غلظت علف‌کش با استفاده از پیپت مدرج به‌طور یکنواخت روی خاک مذکور ریخته و پس از تبخیرکامل متانول، باقیماندهٔ علف‌کش، کاملاً با خاک مخلوط شد. سپس نمونهٔ یک‌کیلوگرمی خاک مخلوط‌شده برای هر غلظت علف‌کش با سایر خاک‌های مربوط به هر تیمار به‌طور کامل و یکنواخت، مخلوط شد. پس از اختلاط و آماده‌سازی، خاک‌های آلوده‌شده با علف‌کش متری‌بیوزین به گلدان‌ها منتقل و بذور گیاهان زراعی بسته به نوع آنها به‌صورت ۱۰عدد لوبیا، ۱۵عدد عدس، ۱۰عدد نخود، ۱۰عدد ذرت، ۱۵عدد کلزا، ۱۵عدد چغندرقند، ۱۵عدد گندم و ۱۵عدد جو در عمق مناسب، کشت شدند. برای ممانعت از آبشویی علف‌کش، گلدان‌ها به‌طور یکنواخت به‌اندازه‌ای آبیاری می‌شدند که فاضلاب خروجی نداشته باشند و در حد ظرفیت‌زراعی مرطوب باشند. یک‌هفته پس از سبزشدن و در مرحلهٔ ۲ تا ۳برگی، گیاهان، تُنُک و تراکم آنها به سه‌بوته در هر گلدان برای لوبیا، نخود و ذرت و پنج‌بوته در هرگلدان برای عدس، گندم، جو، کلزا و چغندرقند، تنظیم شد. در۳۰روز پس از سبزشدن، پس از تعیین درصد بقای گیاهان مورد نظر در هر گلدان، گیاهان از محل طوقه برداشت و پس از خاک‌شویی ریشه، از ساقه جدا و به آزمایشگاه منتقل و به‌مدت ۴۸ساعت در آون و دمای ۶۰درجهٔ سانتی‌گراد خشک شدند. سپس، وزن‌خشک اندام‌های هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتال با دقت هزارم توزین شد. داده‌های مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیهٔ واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵درصد انجام شد. تجزیهٔ رگرسیون داده‌های حاصل نیز با استفاده از نرم‌افزارR و از طریق برازش به داده‌های زیست‌تودهٔ تولیدشدهٔ گیاهان به معادله لجستیک چهارپارامتری انجام شد (معادلهٔ۲) و غلظت لازم برای ۵۰درصد کاهش زیست‌تودهٔ گیاهان زراعی (ED_{50}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش، به‌کار گرفته شدند.

$$f(n,(b,c,d,e)) = c + \frac{d-c}{1+exp\{b(\log(x)-\log(e)\}} \quad \text{(معادلهٔ۲)}$$

در این معادله b، شیب منحنی، c حد پایین منحنی (پاسخ وقتی‌که بیشترین مقدار علف‌کش استفاده شد)، e غلظتی از علف‌کش که سبب۵۰درصد کاهش در مقدار پاسخ می‌شود (ED_{50}) و d حد بالای منحنی (پاسخ وقتی‌که میزان کاربرد علف‌کش صفر است)، می‌باشد. یادآوری می‌شود زمانی‌که در معادلهٔ لجستیک چهارپارامتری، اثر متغیر c از نظر آماری معنی‌دار نبود، با حذف آن، از معادلهٔ سه‌پارامتری برای این منظور استفاده شد (Santín-Montanyá *et al.*, 2006; Gunther *et al.*, 2006).

نتایج و بحث

نتایج نشان دادند که بقایای علف‌کش متری‌بیوزین در خاک بر روی سبزشدن هیچ‌یک از گیاهان مورد مطالعه، تأثیری نداشت؛ به‌طوری‌که میزان سبزشدن همهٔ گیاهان، بیش از۹۰درصد بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). در این ارتباط، Wibaba *et al*, (2009) نیز در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی اثرات سمیت علف‌کش‌های پاراکوات، گلایفوسیت و گلیفوزینیت آمونیوم بر گیاهان زراعی ذرت و کدو انجام دادند، گزارش کردند که بقایای علف‌کش‌های مذکور در مقادیر توصیه‌شده، تأثیر معنی‌داری بر سبزشدن گیاهان مذکور نداشتند. Izadi (2009) در آزمایشات زیست‌سنجی علف‌کش آترازین بر گیاهان زراعی عدس، نخود، گندم، جو، کلزا، گوجه‌فرنگی، پیاز و لوبیا و نیز Hadizadeh (2010) در بررسی تأثیر بقایای علف‌کش سولفوسولفورون بر گیاهان سویا، لوبیا، آفتابگردان، عدس، نخود، سورگوم، ذرت، جو و چغندرقند، گزارش کردند که بقایای این علف‌کش‌ها در خاک بر سبزشدن گیاهان مذکور، تأثیر معنی‌داری نداشتند. از آنجا که متری‌بیوزین از علف‌کش‌های بازدارندهٔ فتوسنتز در فتوسیستمII است و نحوهٔ عمل علف‌کش‌های مذکور، بازدارندگی انتقال الکترون در جریان عمل فتوسنتز است، نتیجهٔ فوق دور از انتظار نیست و انتظار بر این است که عمل علف‌کش متری‌بیوزین پس از سبزشدن گیاه و شروع عمل فتوسنتز گیاه ظاهر شود (Andrew & Rend, 2010). اما از آنجا که این احتمال وجود دارد که متابولیت‌های حاصل از تجزیهٔ یک علف‌کش، اثرات متفاوتی از مولکول مادر خود داشته باشند (Henriksen *et al*., 2002; Jettner *et al*., 1999)، لذا جهت اطمینان از اثرات سوء احتمالی متابولیت‌های متری‌بیوزین، صفت مذکور نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در این ارتباط، مطالعات Ghesam *et al*, (2010) نیز نشان داده است که در برخی از علف‌کش‌ها از جمله آترازین و سولفونیل اوره، احتمالاً متابولیت‌های آنها منجر به کاهش درصد سبزشدن گیاه شاهی شده‌اند.

بر اساس نتایج حاصل، بقایای علف‌کش متری‌بیوزین در خاک، تأثیر کاملاً معنی‌داری ($p<0.01$) بر زیست‌تودهٔ ریشه، اندام‌های هوایی و بقای گیاهان مورد بررسی داشتند (جدول۱و

شکل۱) و با افزایش باقیماندهٔ متری‌بیوزین در خاک، زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی، ریشه و بقاء، در همهٔ گیاهان به‌طور معنی‌داری ($p<0.01$) کاهش یافت (جدول۲). بیشترین کاهش در زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی بدون اختلاف معنی‌داری در کلزا (۸۴/۶درصد) و چغندرقند (۸۰/۶درصد) و کمترین کاهش بدون اختلاف معنی‌داری در لوبیا (۱/۶درصد) و عدس (۱/۵درصد) مشاهده شد و نخود، گندم، ذرت و جو به‌ترتیب ۳۰/۳، ۵۷/۷، ۲۳/۳۰ و ۶۷/۳درصد تلفات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی را داشتند. به‌طور مشابه، میانگین درصد تلفات وزن خشک ریشهٔ گیاهان مورد بررسی نیز با افزایش غلظت بقایای متری‌بیوزین، افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین تلفات بدون اختلاف معنی‌داری در چغندرقند و کلزا (۸۰/۵درصد) و جو (۷۷/۵درصد) و کمترین تلفات زیست‌تودهٔ ریشه، بدون اختلاف معنی‌داری در ذرت (۲۹/۲درصد)، نخود (۲۷/۹درصد)، لوبیا (۱۹/۰درصد) و عدس (۲۹/۷درصد) مشاهده شد. با بررسی منابع مختلف، نتایج متناقضی در این زمینه مشاهده شده است. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی اثر بقایای علف‌کش متری‌بیوزین، یک‌سال بعد از کاربرد در مزرعهٔ سیب‌زمینی با مقادیرکاربرد ۰/۵، ۱/۰ و۱/۵کیلوگرم در هکتار انجام شد، بقایای علف‌کش مذکور در هیچ‌کدام از مقادیر کاربرد، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد چاودار زمستانه و شبدر نداشت؛ درحالی‌که کاربرد آن حتی در مقادیرکم (۰/۵کیلوگرم در هکتار)، ۱۳درصد خسارت در علف‌قناری را در پی داشت و عملکرد جو در مقادیر کاربرد بالاتر (یک‌کیلوگرم در هکتار)، ۱۱درصد کاهش یافت (Ivany, 1983).

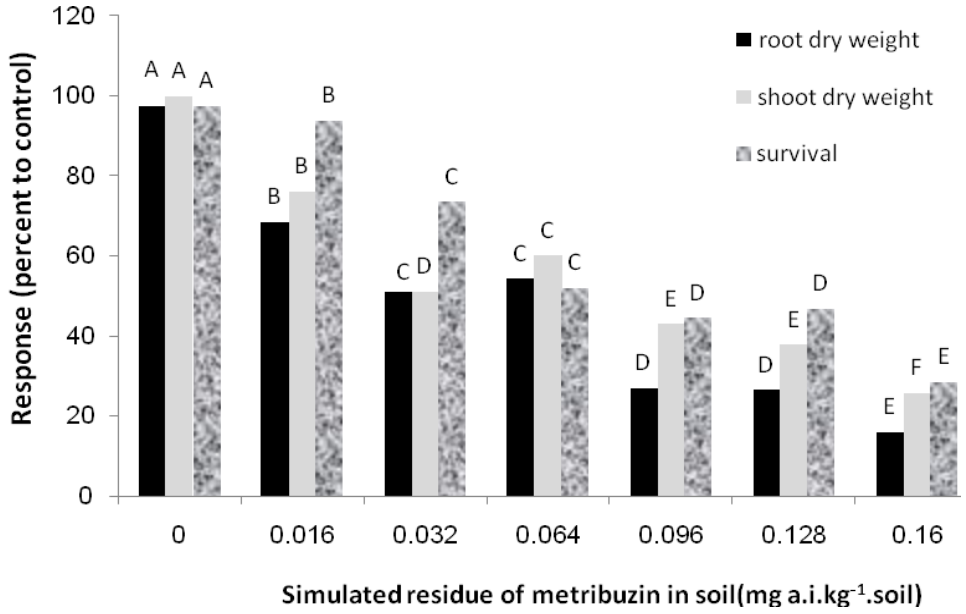
بر اساس نتایج حاصل، پاسخ گیاهان مورد مطالعه به بقایای متری‌بیوزین درخاک متفاوت بود (شکل۲)؛ با این حال، پاسخ همهٔ آنها به افزایش غلظت متری‌بیوزین در خاک از رابطه لجستیک پیروی می‌کرد (جدول۲) که در تطابق با نتایج سایر مطالعات انجام‌شده در این ارتباط می‌باشد (Seefeldt *et al.*,1995; Wang, 2002). به‌جُز عدس و کلزا، واکنش زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی تمام گیاهان مورد بررسی، از معادلهٔ سه‌پارامتری تبعیت می‌کرد (جدول۳). با توجه به نتایج مذکور، در بین غلات مورد بررسی، ذرت تحمل بالاتری به بقایای علف‌کش متری‌بیوزین در مقایسه با گندم و جو داشت؛ به‌طوری‌که نقطهٔ شروع تأثیرگذاری بقایای متری‌بیوزین در زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی و ریشه برای جو و گندم (۰/۱۶میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) با اختلاف معنی‌داری، کمتر از ذرت (به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۹۶میلی‌گرم متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) بود. از سوی دیگر، هرچند درصد بقای جو و گندم از غلظت ۰/۰۳۲متری‌بیوزین در خاک کاهش معنی‌داری یافت، اما بقای ذرت تحت تأثیر افزایش باقیماندهٔ متری‌بیوزین در خاک قرار نگرفت (جدول ۲).

جدول ۱- میانگین مربعات مربوط به درصد بقاء، زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی و ریشه حاصل تجزیه واریانس داده‌ها (درصد نسبت به شاهد)
Table 1. Mean square related to crops survival, shoot and root dry weight (% of control)

منابع تغییر Source of variation		درجه آزادی df	درصد بقاء Survival	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight
گیاه زراعی	Crop	7	24908.98**	21240.0**	30565.46**
غلظت علف‌کش	Herbicide concentration	6	22148.80**	25760.97**	20274.08**
گیاه زراعی× غلظت علف‌کش	Crop× herbicide concentration	42	2590.2**	1897.11**	2405.26**
خطا	Error	168	50.5	442.38	159.30
ضریب تغییرات	CV	-	13.8	15.5	18.4

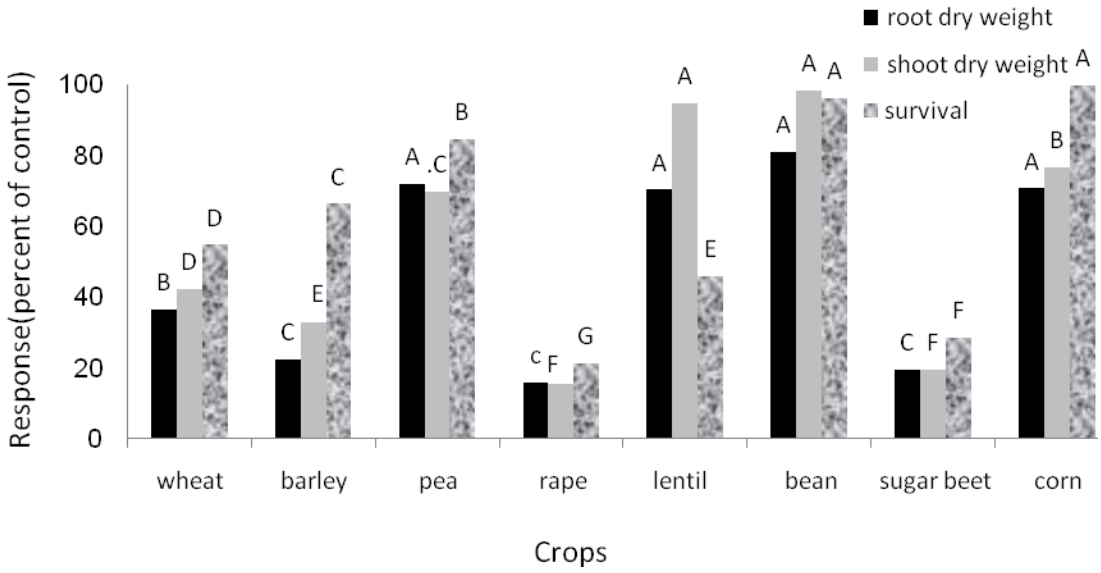
**: معنی‌داری در سطح آماری ۱درصد.

**: Significant at %1.



شکل۱-مقایسهٔ میانگین اثرات سادهٔ غلظت‌های مختلف علف‌کش متری‌بیوزین در خاک بر صفات گیاهان زراعی مختلف

Fig. 1. Mean comparison the simple effects of different concentrations of Metribuzin herbicide residue in soil to different crops characteristics



شکل۲- مقایسهٔ میانگین اثرات سادهٔ پاسخ صفات گیاهان زراعی به بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش متری‌بیوزین در خاک

Fig. 2. Mean comparison the simple effects of crops response to Metribuzin simulated residue in soil

بر اساس نتایج آزمایش، در بین حبوبات مورد بررسی نیز لوبیا با ۰/۱۶ و بیش از ۰/۱۶میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک به‌ترتیب در اندام‌های هوایی و ریشه، تحمل بیشتری به بقایای متری‌بیوزین در مقایسه با نخود با ۰/۰۶۴ و ۰/۱۲۸میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک و عدس با ۰/۰۳۲ و ۰/۰۹۶میلی‌گرم مادهٔ مؤثرهٔ متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک، به‌ترتیب در اندام‌های هوایی و ریشه داشت.

به‌طورکلی نتایج فوق نشان از تفاوت در حساسیت گیاهان زراعی مختلف به بقایای علف‌کش متری‌بیوزین در خاک دارند (جدول۲ و شکل۲). در بسیاری از مطالعات مربوط به آزمایشات زیست‌سنجی بقایای علف‌کش‌ها، شاخص ED_{50} (دوزی از علف‌کش که باعث ۵۰درصد خسارت در گیاهان می‌شود) از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی حساسیت گیاهان به بقایای علف‌کش و طبقه‌بندی آنها بر این اساس می‌باشد.

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین وزن‌خشک اندام‌های هوایی، ریشه و درصد بقای گیاهان زراعی (درصد نسبت به شاهد) در غلظت‌های مختلف بقایای متری‌بیوزین در خاک

Table 2. Mean comparison of crops shoot, root dry weight and plants survival (% of control) in different Metribuzin concentration residue in soil

گیاه زراعی Crops	غلظت علف‌کش (میلی‌گرم مادهٔ مؤثره در کیلوگرم خاک) Herbicide concentration (mg a.l. kg^{-1} soil)	درصد بقاء Survival (%)	وزن خشک اندام‌های هوایی (درصد) Shoot dry weight (%)	وزن خشک ریشه (درصد) Root dry weight (%)
گندم Wheat	0	100.0^{a}	100.0^{c-e}	100.0^{b}
	0.016	100.0^{a}	76.3^{f-h}	62.1^{c-f}
	0.032	90.0^{a-c}	55 0.$^{i-l}$	41.7^{e-j}
	0.064	27.5^{g-i}	22.6^{o-q}	30.8^{f-l}
	0.096	16.2^{i}	24.5^{n-q}	11.8^{i-l}
	0.128	50.0^{e}	17.4^{p-r}	9.9^{j-l}
	0.16	.0^{j}	0. 0^{r}	0.0^{l}
جو Barely	0	100.0^{a}	100.0^{c-e}	100.0^{b}
	0.016	100.0^{a}	72.9^{g-i}	43.0
	0.032	67.5^{d}	42.53^{r}	15.4^{l}
	0.064	38.7^{e-g}	26.5^{m-q}	6.2^{kl}
	0.096	42.5^{e-f}	14.8^{qr}	2.8^{l}
	0.128	16.2^{i}	14.9^{qr}	5.3^{kl}
	0.16	78.7cd	0.0^{r}	0.0^{ll}
نخود Chickpea	0	100.0^{a}	100^{c-e}	103.2^{b}
	0.016	100.0^{a}	85.0^{d-g}	103.2^{b}
	0.032	100.0^{a}	84.1^{d-g}	98.9^{b}
	0.064	98.2	73.5^{g-i}	84.1^{b-c}
	0.096	82.5^{b-c}	59.0^{h-j}	57.1^{c-g}
	0.128	33.0^{f-h}	47.6^{j-l}	38.9^{e-k}
	0.16	100.0^{a}	38.6^{k-o}	22.5^{g-l}
کلزا Rape seed	0	50.0^{e}	100.0^{c-e}	100^{b}
	0.016	0٠0^{j}	7.8^{q-r}	11.3^{i-l}
	0.032	0.0^{j}	0.0^{r}	0.0^{i}
	0.064	0.0^{j}	0.0^{r}	0.0^{i}
	0.096	0.0^{j}	0.0^{r}	0.0^{i}
	0.128	0.0^{j}	0.0^{r}	0.0^{i}
	0.16	0.0^{j}	0.0^{r}	0.0^{i}
عدس Lentil	0	100.0^{a}	100.0^{c-e}	100.0^{b}
	0.016	100.0^{a}	126.2^{b}	100.2^{b}
	0.032	97.5^{a}	104.0^{c-d}	89.9^{b-c}
	0.064	20.0^{h-i}	184.0^{a}	147.4^{a}
	0.096	2.5^{j}	60.9^{h-j}	24.9^{g-l}
	0.128	2.5^{j}	46.0^{j-m}	20.7^{h-l}
	0.16	0^{j}	43.0^{j-n}	9.5^{j-l}
لوبیا Common bean	0	100.0^{a}	100.0^{c-e}	100.0^{b}
	0.016	100.0^{a}	113.7^{b-c}	81.3^{b-c}
	0.032	100.0^{a}	94.4^{c-f}	89.2^{b-c}
	0.064	100.0^{a}	94.6^{c-f}	78.1^{b-d}
	0.096	95.7^{a-b}	125.7^{b}	73.2^{b-e}
	0.128	79.0^{c-d}	99.2^{c-e}	82.0^{b-c}
	0.16	100.0^{a}	61.5^{h-j}	62.6^{c-f}
چغندرقند Sugar beet	0	100^{a}	100^{c-e}	79.0^{b-d}
	0.016	0٠0^{j}	36.0^{l-p}	57.50^{c-g}
	0.032	0.0^{j}	0٠0^{r}	0.0^{i}
	0.064	0.0^{j}	^{r}0.0	0.0^{i}
	0.096	0.0^{j}	^{r}0.0	0.0^{i}
	0.128	0.0^{j}	0^{r}.0	0.0^{i}
	0.16	0^{j}	0.0^{r}	0.0^{l}
ذرت Corn	0	100.0^{a}	100.0^{c-e}	100.0^{b}
	0.016	100.0^{a}	90.2^{d-g}	88.0^{b-c}
	0.032	100.0^{a}	70.0^{g-i}	87.2^{b-c}
	0.064	100.0^{a}	79.0^{e-h}	87.1^{b-c}
	0.096	100.0^{a}	58.4^{h-k}	45.4^{d-i}
	0.128	100.0^{a}	77.0^{f-h}	54.7^{c-h}
	0.16	100.0^{a}		32.8^{f-l}

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، بر اساس شاخص مذکور در بین حبوبات مورد مطالعه، عدس حساس‌ترین گیاه به بقایای متری‌بیوزین بود؛ به‌طوری‌که کمترین ED_{50} ریشه (۰/۰۸۵میلی‌گرم ماده مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) و ساقه (۰/۰۰۹میلی‌گرم ماده مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) را به‌خود اختصاص داد و بعد از آن، نخود و لوبیا، متحمل‌ترین گیاهان بودند (جدول۳). در سایر مطالعات، حبوبات و به‌ویژه عدس، از مهم‌ترین گیاهان شاخص و حساس به بقایای علف‌کش‌ها معرفی شده‌اند و این ویژگی، شاخصهٔ مهمی در استفاده از آنها برای تعیین بقایای علف‌کش‌ها با استفاده از آزمون‌های زیست‌سنجی است (Ghosheh & EL-Shatnwim, 2003; Santín-Montanyá *et al.*, 2006).

Izadi (2008) نیز در ارزیابی تأثیر بقایای آترازین بر گیاهان زارعی مختلف گزارش کرد که در بین حبوبات مورد مطالعه، عدس نسبت به نخود و لوبیا حساسیت بیشتری به بقایای آترازین داشت و نخود، متحمل‌ترین گیاه به بقایای آترازین بود.

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش در سایر گیاهان، بیشترین و کمترین شاخص ED_{50} متری‌بیوزین، به‌ترتیب در ذرت (۰/۱۹میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک)، و کلزا (۰/۰۱۲میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) مشاهده شد (جدول ۳). بر این اساس، به‌نظر می‌رسد در بین گیاهان مورد مطالعه، لوبیا، نخود و ذرت متحمل‌ترین و کلزا حساس‌ترین گیاهان به بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش متری‌بیوزین باشند و حساسیت سایر گیاهان مورد مطالعه به بقایای علف‌کش متری‌بیوزین بر اساس پارامتر ED_{50}، به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: (جدول۳)

ذرت< لوبیا<نخود<عدس<گندم<جو<چغندرقند<کلزا

باتوجه به نتایج حاصل از معادلات لجستیک برازش‌داده‌شده، نتایج مشابهی نیز برای ریشه مشاهده شد (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که در بین حبوبات، بیشترین شیب درصد تلفات ریشه نسبت به شاهد در غلظت‌های مختلف متری‌بیوزین، به‌ترتیب در عدس(۶/۹)، نخود (۲/۸) و لوبیا (۰/۵) مشاهده شد، هر چند مقدار این شیب (پارامتر b) در عدس و لوبیا، کمتر از زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی بود؛ اما میزان ED_{50} مربوط به ریشهٔ همهٔ حبوبات مورد مطالعه، کمتر از زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی بود و این مسئله نشان‌دهندهٔ حساسیت بیشتر ریشه گیاهان مذکور به بقایای علف‌کش نسبت به زیست‌تودهٔ اندام هوایی است. از آنجا که ریشه در تماس مستقیم با بقایای علف‌کش است، به‌نظر می‌رسد این مسئله در حساسیت بیشتر ریشه نسبت به ساقه مؤثر است. همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، از آنجا که علف‌کش متری‌بیوزین، یک علف‌کش بازدارندهٔ فتوسنتز محسوب می‌شود، احتمالاً تأثیر سوء ناشی از باقیماندهٔ متری‌بیوزین، مربوط به متابولیت‌های حاصل از تجزیهٔ آن می‌باشد. در این ارتباط،Henriksen *et al*, (2002) و Jettner *et al*, (1999) نیز به نقش احتمالی سمیت متابولیت‌های این علف‌کش در خاک به گیاهان زراعی اشاره کرده‌اند. Sondhia (2005) نیز در مطالعه‌ای مشابه که به‌منظور تعیین حساسیت سورگوم و کدو به بقایای متری‌بیوزین انجام داد، ضمن اشاره به حساسیت گیاهان مذکور به بقایای متری‌بیوزین، ریشهٔ آنها را نسبت به ساقه و اندام‌های هوایی، حساس‌تر گزارش کرد. به‌نظر می‌رسد در این مطالعه هم، علت وجود تناقض در تأثیر متری‌بیوزین بر ریشهٔ گیاهان نسبت به ساقه آنها با توجه به مکانیسم عمل آن، احتمالاً ناشی از اثرات سوء متابولیت‌های سمّی آن باشد که نیاز به مطالعات و بررسی‌های بیشتری دارد.

با توجه به این مهم در مطالعات مربوط به زیست‌سنجی باقیماندهٔ علف‌کش‌ها، رشد ریشهٔ گیاهان محک، از شاخص‌های مهم در ارزیابی حساسیت گونه‌ها به بقایای علف‌کش و تعیین مقادیر احتمالی بقایای آنها به‌شمار می‌رود و محققان، آن را با توجه به شرایط آزمایش و نوع علف‌کش به‌عنوان وسیله‌ای برای تشخیص بقایای علف‌کش استفاده می‌کنند (Geisel *et al*., 2002). در این ارتباط، Szmigielski *et al*, (2010) طول ریشهٔ گیاه خردل را به‌عنوان شاخص بسیارخوبی برای تعیین بقایای احتمالی علف‌کش‌های سولفونیل اوره در خاک‌هایی که تاریخچهٔ کاربرد این علف‌کش‌ها در آنها معلوم نیست، بیان کرده و نتایج حاصل از این روش را با روش‌های شیمیایی و آنالیز دستگاهی، قابل‌مقایسه دانسته‌اند. در مطالعه‌ای مشابه، Geisel *et al*, (2008) نیز ریشهٔ گیاه خردل را به‌عنوان شاخص خوبی برای تعیین بقایای علف‌کش‌های خانوادهٔ سولفونیل اوره معرفی کرده‌اند.

در بررسی روند تغییرات ریشهٔ غلات مورد مطالعه، گیاه جو، باوجود این‌که بیشترین میزان پارامتر d (۱۰۱/۲) را داشت، با داشتن بیشترین شیب تغییرات در زیست‌تودهٔ هوایی (b=۱/۴) و ریشه (b=۲/۶) و کمترین میزان ED_{50} ریشه (۰/۰۱ میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) و زیست‌تودهٔ اندام هوایی (۰/۰۲میلی‌گرم مادهٔ مؤثرهٔ متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک)، حساس‌ترین غلهٔ مورد

بررسی شناخته شد؛ به‌طوری‌که هر چند تأثیر سوء آن بر ریشهٔ گیاهان جو و گندم در غلظت ۰/۰۱۶میلی‌گرم مادهٔ مؤثره در کیلوگرم خاک مشابه بود، اما در مجموع، گیاه جو تلفات زیست‌تودهٔ بیشتری (۹۹/۴درصد) در مقایسه با گندم (۶۲/۱درصد) داشت و گیاه ذرت با داشتن کمترین تلفات زیست‌توده (۲/۳درصد) و بالاترین ED_{50} ریشه (۰/۱۱میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) و ساقه (۰/۱۹میلی‌گرم ماده مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک)، مقاوم‌ترین گیاه در این گروه شناخته شد. در سایر مطالعات انجام‌شده در این زمینه، نتایج متناقضی در مورد سایر علف‌کش‌ها و گیاهان به‌دست آمده است. برای مثال، در مطالعهٔ انجام‌شده توسط Alonso-Prados *et al*, (2002) مشاهده شد که بقایای حاصل از کاربرد علف‌کش سولفوسولفورون، هفت و نُه‌ماه بعد از کاربرد آن به‌میزان توصیه‌شده و دوبرابر میزان توصیه‌شده، اثری بر روی جو و ماشک نداشتند؛ درحالی‌که باعث کاهش ارتفاع و وزن‌خشک ساقه و ریشهٔ گیاه آفتاب‌گردان در کاربرد آن به میزان دوبرابر مقدار توصیه‌شده شدند.

بر مبنای مطالعات Ulbrich *et al*, (2005) که به‌منظور بررسی اثرات مربوط به بقایای علف‌کش‌های ایمازاپیک و ایمازاپیر بعد از کاربرد آنها در ذرت انجام شد، مشاهده شد که در میان گیاهان سویا، لوبیا، کدو، گندم و ذرت، سویا مقاوم‌ترین گیاهان، گندم و لوبیا دارای حساسیت متوسط و ذرت و کدو به‌عنوان حساس‌ترین گیاهان شناخته شدند. نامبردگان اشاره کردند که گیاه کدو می‌تواند به‌عنوان شاخص بسیار مطلوبی برای مشخص‌کردن زمان مناسب برای کاشت گیاهان تناوبی بعد از کاربرد محصولات تیمارشده با ایمازاپیر و ایمازاپیک، باشد.

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، درکمترین غلظت باقیماندهٔ متری‌بیوزین در خاک، لوبیا و کلزا به‌ترتیب کمترین و بیشترین درصد تلفات زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی (صفر و ۹۲/۲درصد) و ریشه (۱۸/۶ و ۸۸/۷درصد) را به‌خود اختصاص دادند و هرچند در بیشترین غلظت علف‌کش، میزان خسارت به زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی و ریشه برای گندم، جو، چغندرقند و کلزا به صددرصد رسید (جدول ۲)، اما ED_{50} کلزا از همهٔ گیاهان کمتر بود (جدول ۳). از این رو، در بین گیاهان مورد بررسی در آزمایش، گیاه کلزا و بعد از آن چغندرقند، حساس‌ترین گیاهان به بقایای علف‌کش متری‌بیوزین شناخته شدند؛ به‌طوری‌که تنها کمترین غلظت بقایای متری‌بیوزین (۰/۰۱۶میلی‌گرم مادهٔ مؤثره متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک) را تحمل کرده و در این غلظت، کمترین مادهٔ خشک ریشه و ساقه را نسبت به سایر گیاهان مورد آزمایش به‌خود اختصاص دادند و بعد از این غلظت تمام پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در گیاهان مذکور بدون اختلاف معنی‌داری با بالاترین غلظت بقایای متری‌بیوزین به صفر رسید. در این ارتباط Sekutowski & Sedowski (2006) نیز کلزا و چغندرقند را به‌عنوان حساس‌ترین گیاهان به بقایای علف‌کش‌های خانوادهٔ سولفونیل اوره معرفی کرده‌اند.

در آزمایشی که در شرایط کنترل‌شده و به‌منظور بررسی اثرات بقایای آترازین+آلاکلر و فوماسولفورون بر روی گیاه کلزا انجام شد، بقایای شبیه‌سازی‌شدهٔ علف‌کش‌های مذکور، وزن‌خشک زیست‌تودهٔ هوایی و ریشهٔ گیاه کلزا را به‌طور معنی‌داری کاهش دادند و پاسخ آنها به بقایای علف‌کش مذکور از رابطهٔ لجستیک پیروی می‌کرد. بر اساس آزمایش مذکور، خسارت ناشی از بقایای آترازین+آلاکلر، بیشتر از فوماسولفورون بود؛ به‌طوری‌که میزان ED_{50} برای آترازین+آلاکلردر زیست‌تودهٔ هوایی در محدودهٔ ۲۸/۳۶ تا ۳۰/۳۵ و در ریشه، در محدودهٔ ۲۸/۳۶ تا ۳۴/۰۲ بود و این مقدار، برای فوماسولفورون در زیست‌تودهٔ هوایی، ۳۹/۰۲ تا ۵۸/۷۶ و برای ریشه، ۲۱/۴۴ تا ۵۷/۸۷ میلی‌گرم مادهٔ مؤثرهٔ متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک بود (Peyvastegan & Farahbaksh, 2011).

به‌طورکلی، بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، بقایای بسیار کمی از علف‌کش متری‌بیوزین حتی در حد ۰/۰۱۲میلی‌گرم مادهٔ مؤثرهٔ متری‌بیوزین در کیلوگرم خاک، می‌تواند به گیاهان زراعی که در تناوب با محصولاتی هستند که این علف‌کش در آنها به‌کار می‌رود، صدمه وارد کند؛ ازاین‌رو رعایت فاصلهٔ زمانی بعد از کاربرد متری‌بیوزین، ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا، انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای و تکمیلی در مناطق مختلف و بافت‌های متفاوت خاک و همچنین استفاده از روش آنالیز دستگاهی برای تعیین غلظت باقیماندهٔ علف‌کش مذکور پس از برداشت محصول قبلی و مقایسهٔ آن با روش‌های زیست‌سنجی، توصیه می‌شود. از سوی دیگر، بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش به‌نظر می‌رسد استفاده از گیاهان چغندرقند و کلزا می‌تواند به‌عنوان شاخص خوبی در آزمایش‌های زیست‌سنجی جهت تعیین بقایای احتمالی علف‌کش متری‌بیوزین به‌حساب آید؛ با این حال، انجام آزمایش‌های تکمیلی در این ارتباط، توصیه می‌شود.

جدول۳- پارامترهای برآوردشده حاصل از برازش داده‌های مربوط به زیست‌تودهٔ اندام‌های هوایی، ریشه و بقای گیاهان زراعی به معادلات سه و چهارپارامتری

Table 3. Parameters estimated of shoot, root dry weight and survival data fitted to 3 and 4 logistic equations

گیاه زراعی Crop	صفات اندازه گیری Measurement traits	c	b	d	ED50	ED90	P value
نخود Chickpea	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	-*	1.4(0.44)**	95.72(5.45)	$0.12(10^{-2})$	0.59(0.27)	0.0002
	ریشه Root dry weight	-	2.8(0.38)	102.04(2.85)	$0.10(4\times10^{-3})$	$0.23(2.4\times10^{-2})$	0.001
	بقا Survival	-	1.0(0.085)	99.91(0.1)	$0.14(10^{-4})$	$0.185(4\times10^{-4})$	0.006
لوبیا Bean	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	-	17.5 (20.12)	100.55(2.43)	$0.16(5\times10^{-3})$	0.186(0.03)	0.0001
	ریشه Root dry weight	-	0.5 (0.21)	91.16(4.67)	0.72(0.53)	44.67(104.92)	0.021
	بقا Survival	-	8.0 (0.26)	100.00(0.10)	$0.18(10^{-3})$	$0.24(3\times^{10-3})$	0.001
عدس Lentil	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	44.5 (5.71)	27.4(70.96)	108.75(4.03)	0.09 (0.009)	0.10(0.014)	0.0002
	ریشه Root dry weight	-	6.9(3.64)	98.71(6.01)	0.085(0.005)	0.12(0.02)	0.002
	بقا Survival	-	6.92(0.68)	100.02(0.89)	$0.052(10^{-3})$	$0.072(10^{-3})$	0.0001
کلزا Rape	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	$0.1\ 5(10^{-4})$	$10.5(4\times10^{-3})$	$100(2.9\times10^{-3})$	$0.012(9\times10^{-7})$	$0.015(5\times10^{-7})$	0.001
	ریشه Root dry weight	-	-	-	-	-	-
	بقا Survival	0.1(0.25)	3.2(1.06)	99.99(0.46)	$0.015(10^{-4})$	$0.029(6\times10^{-4})$	0.0009
چغندرقند Sugar beet	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	-	$12.5(7\times10^{-4})$	$100.0(2\times10^{-3})$	$100(4\times10^{-3})$	$0.015(5\times10^{-7})$	0.0007
	ریشه Root dry weight	-	$12.0(6\times10^{-4})$	100(5×10-3)	$149.1(5\times10^{-6})$	$0.017(10^{-6})$	0.0007
	بقا Survival	-	-	-	-	-	-
ذرت Corn	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	-	0.8(0.29)	100.05(7.02)	0.19(0.06)	2.83(3.175)	0.0006
	ریشه Root dry weight	-	2.54(0.61)	94.74(4.40)	0.11(0.06)	0.26(0.05)	0.001
	بقا Survival	-	-	-	-	-	-
گندم Wheat	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	-	1.5(0.27)	99.93(7.03)	$0.035(5\times10^{-3})$	0.14(0.03)	0.0002
	ریشه Root dry weight	-	1.3(0.22)	99.41(6.76)	$0.025(4\times10^{-3})$	0.13(0.032)	0.001
	بقا Survival	-	2.71(0.54)	102.87	0.05(0.056)	0.12(0.019)	0.008
جو Barely	زیست‌تودهٔ هوایی Shoot dry weight	-	1.4(0.27)	101.19(7.01)	$0.024(4\times10^{-3})$	0.11(0.03)	0.001
	ریشه Root dry weight	-	2.6(1.26)	100.07(6.73)	0.1 (0.0002)	0.032(0.01)	0.001
	بقا Survival	-	2.3(0.48)	102.2(5.34)	$0.9(8\times10^{-4)}$	$0.23(4.3\times10^{-3})$	0.0006

منابع

1. Alonso-Prados, J.L., Hernandez- Sevillano, E., Llanos, S., Villarroya, M., and Baudin, J.M.G. 2002. Effects of Sulfosulfuron soil residues on barley (*Hordeum vulgare*), sunflower (*Helianthus annuus*) and common vetch (*Vicia sativa*). Crop Protection 21: 1061-1066.
2. Anderew, H.C., and Rend, P.H. 2010. Herbicide and plant physiology. Second edition. Willey Blackwell publication.289. p.
3. Felix, J., Doohan, D.J., and Bruins, D. 2007. Differential vegetable crop responses to Mesotrione soil residues a year after application. Crop Protection. 26:1395-1403.
4. Fuscaldo, F., Bedmar, F., and Monterubbianesi, G. 1999. Persistence of Atrazine, Metribuzin and Simazine herbicides in two soils. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 34: 2037-2044.
5. Geisel, B.G., Schoenau, J., Holm, F.A., and Johnson, E.N. 2008. Interactions of ALS-Inhibiting herbicide residues in three prairie soils. Weed Science 56: 624-627.
6. Ghesam, A., Alizadeh, M., Bihamta and Ashrafy, Y. 2010. Bioassay to used herbicide residue in corn (*Zea mays* L.) using Cress (*Lepidium sativum*) as sensitive plant. The Proceeding of Iranian Third Weed Science Congress 2: 348-350. (In Persian with English Summary)
7. Ghosheh, H.Z., and Shatnwim, K. 2003. Broadleaf weed control in chickpeas (*Cicer arietinum*), (*Vicia faba*) and lentils (*Lens culinaris*). Acta Agronomica Hungarica 51: 437-444.
8. Hadizadeh, M. 2010. Bioassay study of Sulfosulfuron herbicide. The Proceeding of Iranian Third Weed Science Congress 2: 523-526.(In Persian with English Summary)
9. Henriksen, T., Svensmark, B., and Juhler, R.K. 2002. Analysis of Metribuzin and transformation products in soil by pressurized liquid extraction and liquid chromatographic-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography 957: 79-87.
10. Ivany, J.A., Sadler, J.M., and Kimball, E.R. 1983. Rate of Metribuzin breakdown and residue effects on rotation crops. Canadian Journal of Plant Science 63: 481-487.
11. Izadi Darbandy, E. 2009. Evaluation of Atrazine persistence in laboratory and field conditions and its effect on soil microbial activity. PhD. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)
12. James, S.R. 2007. Sensitivity of potato selection AO96160-3 to Metribuzin. Central Oregon Agricultural Research Center. Annual Report extension. In: Oregon State. www.edu.catalog.html.sr.sr1084-e.sr1084_21.pdf
13. Jettner, R.J., Walker, S.R., Churchett, J.D., Blamey, F.P.C., Adkins, S.W., and Bell, K. 1999. Plant sensitivity to Atrazine and chlorsulfuron residues in a soil free system. Weed Research 39: 57-65.
14. 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. Weed Research 43: 252-259.
15. Osullivan, J., and Thomas, R.J. 2001. Injury and yield effects on crops grown in CGA 152005-Treated Soil. Weed Technology 15: 594-597.
16. Peyvastegan, A., and Farahbakhsh, A. 2011. The residual effects of different doses of Atrazine, Alachlor and Foramsulfuron on the growth and physiology of rape seed (*Brassica napus* L.). World Academy of Science, Engineering and Technology. 74.
17. Ratsch, H.C., Johndro, D.J., and Farlane, J.C. 1986. Growth inhibition and morphological effects of several chemicals in *Arabidopsis thaliana* (L.)Henh. Environmental Toxicology and Chemistry 5: 55-60.
18. Santín-Montanyá, I., Alonso-Prados, J.L., Villarroya, M., and García-Baudín, J.M. 2006. Bioassay for determining sensitivity to Sulfosulfuron on seven plant species. Journal of Environmental Science and Health 41: 781-793.
19. Seefeldt, S.S., and Jensen, J.E. 1995. Log-logistic analysis of herbicides dose-response relationship. Weed Technology 9: 218-227.
20. Sekutowski, T., and Sadowski, J. 2006. Use of bioassays for assessment of residues level of herbicides active ingredients in soil. Pesticides/Pestycydy 2: 59-64.
21. Sondhia, S. 2005. Phytotoxicity and persistence of Metribuzin residues in black soil. Toxicological and Environmental Chemistry 83: 389-397.
22. Szmigielski, A.M., Schoenau, J.J., Lervine, A., and Schilling, B. 2010. Evaluation a mustard root length bioassay for predicting crop injury from soil residual Flucarbazone. Communications in Soil Science and Plant Analysis 39: 413-420.
23. Ulbrich, A.V., Souza, J.R., and Shaner, D. 2005. Persistence and carryover effect of Imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. Weed Technology 19: 986-991.

24. Wang, C.Y. 2002. Effect of Glyphosate on tuber sprouting and growth of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). Weed Technology 16: 477-481.
25. Wauchope, R.D., Buttler, T.M., Hornsby, A.G., Augustijn-Beckers, P.W.M., and Burt, J.P. 1992. SCS.ARS.CES Pesticide properties database for environmental decision making. Review. Environmental Contamination Toxicology 123: 1-157, 8-21.
26. Wibaba, W., Mohammad, R.B., Puteh, A.B., Omar, D., Shukor, A., and Abdulah, S.A. 2009. Residual phytotoxicity effects of Paraquat, Glyphosate and Glufosinate-ammonium herbicides in soil from field treated plots. International Journal of Agriculture and Biology 11: 214-216.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 3, No. 2, 2012, p. 73-84

Evaluation of some pulses and other crops sensitivity to Metribuzin simulated soil residue

Fakhrerad[1*], F., Izadi Darbandi[2], E., Rashed Mohassel[3], M.H. & Hassanzadeh-Khayat[4], M.

1- MSc., College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2&3- Assistant Professor and Professor in Weed Sciences, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively
4- Professor of pharmaceutical, Mashhad University of Medical Sciences, Faculty of Pharmacy

Received: 9 August 2011
Accepted: 13 April 2012

Abstract

To evaluate the sensitivity of different crops included some pulses to simulated metribuzin soil residues, an experiment was conducted in completely randomized design with factorial arrangement and four replications in Research Greenhouse of College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Treatments included of 8 crops (chickpea, common bean, lentil, corn, wheat, barley, rape seed and sugar beet) and concentrations of metribuzin simulated residue in soil at 6 levels (0, 0.016, 0.032, 0.064, 0.128 and 0.160 mg a.i. kg^{-1} soil). Plants survival percentage and shoot and root biomass were measured 30 days after emergence. Plants response to metribuzin soil residue fitted with 3 and 4 parameters logistic equations to the shoot and root biomass data as a function of the herbicide soil residue concentrations and was used to calculate the dose for 50% of measured traits (ED_{50}). Results showed that the survival and shoot and root growth were affected by metribuzin soil residue, significantly ($p<0.01$), but crop emergence was not affected. Increasing the metribuzin soil residue, reduced all above mentioned parameters, significantly ($p<0.01$) in all crops. Crops showed different response ($p<0.01$) to metribuzin soil residue. The highest (84.5%) and the lowest (1.6%) shoot dry weight lost were observed in rape seed and corn, respectively. The highest (55.8%) and the lowest (19.1%) root biomass lost were observed in rape seed and sugar beet, respectively. Based on ED_{50} parameter, corn (0.19 mg a.i. metribuzin kg^{-1} soil) and rape seed (0.012 mg a.i. metribuzin kg^{-1} soil) appeared the most tolerant and the most sensitive crops to metribuzin soil residue, respectively. The other crops sensitivity to metribuzin soil residue followed the following order: rape seed>sugar beet>barley>wheat> lentil>chickpea>common bean>corn.

Key words: Bean, Bioassay, Biomass, Chickpea, Lentil, Residue

* **Corresponding Author:** fa_fakhr@yahoo.com , Mobile.: 09363251984