نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۳۶۹-۳۶۲

Journal of Plant Protection
Vol. 26, No. 4, Winter 2013, P. 362-369

ارزیابی تحمل برخی گیاهان زراعی به بقایای علف کش تری بنورون متیل (گرانستار) در خاک

ابراهیم ایزدی دربندی[1*]- محمدحسن راشد محصل[2]- قدریه محمودی[3]- معصومه دهقان[4]

تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۸/۱۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۳/۹

چکیده

تری بنورون متیل با نام تجاری گرانستار یکی از مهمترین علف کش های سولفونیل اوره ها می‌باشد که درکنترل علفهای هرز مزارع گندم ایران کاربرد زیادی دارد. پایداری نسبتاً زیاد این علف‌کش ها در خاک از مهمترین مشکلات زیست محیطی و زراعی مرتبط با کاربرد آنها است. به منظور ارزیابی حساسیت هفت گیاه زراعی عمده به بقایای علف کش گرانستار در خاک آزمایش زیست سنجی در زمستان ۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملا تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل گیاهان زراعی (نخود، عدس، لوبیا، گوجه فرنگی، ذرت، کلزا و چغندرقند) و بقایای شبیه سازی شده علف کش گرانستار در خاک (۰، ۰/۰۰۰۹، ۰/۰۰۰۲، ۰/۰۰۰۴، ۰/۰۰۹ ، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۲ ، میلی گرم در کیلوگرم خاک) بودند. برای تحلیل نتایج آزمایش، یک هفته پس از ظهور گیاهان، درصد سبز شدن آنها تعیین و درصد بقا و مقدار ماده خشک اندام های هوایی و ریشه گیاهان ۳۰ روز پس از سبز شدن آنها اندازه گیری شد. ارزیابی پاسخ گیاهان به بقایای علف کش تری بنورون متیل پس از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از طریق برازش زیست توده تولیدی آنها به معادله‌های ۳ و ۴ پارامتری سیگموئیدی به غلظتهای مختلف علف کش انجام و مقدار باقیمانده علف کش برای کاهش ۵۰ درصد ماده خشک ریشه و اندام های هوایی (ED_{50}) گیاهان مورد مطالعه محاسبه شد. براساس نتایج آزمایش، درصد سبز شدن و رشد ریشه و ساقه در همه گیاهان به شکل کاملاً معنی داری ($P\leq0.01$) تحت تاثیر بقایای علف کش گرانستار قرار گرفت. اما بقاء گرانستار بر درصد بقایای گیاهان مورد مطالعه تاثیری نداشت. بیشترین (۹۶/ ۸۰ درصد) و کمترین (۲۶/۳ درصد) تلفات ماده خشک ساقه بترتیب در کلزا و لوبیا مشاهده شد. با افزایش بقایای گرانستار در خاک رشد ریشه در همه گیاهان مانند ساقه، کاهش معنی داری ($P\leq0.01$) داشت. بطوریکه بیشترین (۹۱/۲۷ درصد) و کمترین (۳۱/۳ درصد) تلفات ماده خشک تولیدی ریشه بترتیب در کلزا و لوبیا مشاهده شد. براساس شاخص (ED50) لوبیا (۰/۰۰۷۸ میلی گرم در کیلو گرم خاک) و چغندر قند (۰/۰۰۰۰۲میلی گرم در کیلو گرم خاک) بترتیب متحمل ترین و حساس ترین گیاهان به بقایای علف کش تری بنورون متیل بودند و سایر گیاهان مورد مطالعه به ترتیب حساسیت بصورت: گوجه فرنگی < لوبیا < نخود < ذرت < عدس < کلزا < چغندرقند، طبقه بندی شدند.

واژه های کلیدی: علف کش های سولفونیل اوره، چغندرقند، ذرت، عدس، کلزا، گوجه فرنگی، لوبیا، نخود

مقدمه

مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد روز افزون علف‌کش‌ها و اثرات سوء آنها بر جانوران و گیاهان ضرورت شناخت اثرات زیست محیطی، بویژه در محیط خاک و آب را بیش از پیش نمایان می‌سازد (۸، ۲۲ و ۲۸). در مسیر تکامل و معرفی علف‌کش‌ها، کشف علف‌کش‌های سولفونیل اوره نقطه عطفی در استراتژی مدرن کنترل علف‌های هرز بود بطوریکه از زمان ساخت کلروسولفورون (اولین علف‌کش بازدارنده سنتز استولاکتات سنتاز) انقلاب عظیمی در علوم بیوشیمی، فیزیولوژی و سم شناسی ایجاد شد (۷). بر اساس آمار موجود تاکنون ۴۸ علف‌کش مختلف از این خانواده در سطح جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۲). این گروه از علف‌کش‌ها با ممانعت از سنتز اسیدهای آمینهٔ ضروری همچون والین، ایزولوسین و لوسین را در گیاهان حساس تقسیم سلولی را، دچار اختلال می‌کنند (۲۳). از مهمترین خصوصیات علف‌کش‌های سولفونیل اوره دارا بودن خاصیت انتخابی بالا، مقدار مصرف کم و سمیت کم آن‌ها برای پستانداران می‌باشد که این مزیت ها از مهمترین دلایل کاربرد گسترده آن‌ها در کنترل علف‌های هرز مزارع است (۹، ۱۶ و ۱۹). علیرغم مزایای مذکور علف‌کش‌های این خانواده، ماندگاری نسبتا زیاد آن‌ها در خاک، از مهمترین مشکلات کاربرد آنها به‌شمار می‌رود که پیامد مستقیم آن آلودگی خاک و آسیب به گیاهان زراعی در تناوب می‌باشد (۱۷). بطوریکه بر اساس گزارش های موجود بقایای آن‌ها در حد ۰/۰۷- ۰/۰۱ نانو گرم در گرم خاک می‌تواند سبب کاهش رشد در گیاهان

۱،۳،۴و۲- به ترتیب استادیار، استاد و دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: eizadi2000@yahoo.com)

حساس شود (۱۵). در ارزیابی حساسیت نخود وعدس به بقایای علف کش های تریاسولفورون، کلروسولفورون و مت سولفورون متیل گزارش شده است که نخود نسبت به عدس به بقایای علف‌کش های مذکور مقاومتر است (۹). گاتنر و همکاران (۱۰) در آزمایش زیست-سنجی که به منظور ارزیابی تحمل گیاهان مختلف به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره و تعیین میزان آبشویی و رواناب آن‌ها انجام شد، مشاهده کردند که آفتابگردان حساسیت بیشتری از عدس و شلغم به این گروه از علف‌کش‌ها دارد. در آزمایشی به منظور زیست‌سنجی پسماند علف‌کش‌های آترازین، نیکوسولفورون، فورام-سولفورون، نیکوسولفورون+ ریم‌سولفورون، ریم‌سولفورون+ فورام-سولفورون در زمین تحت کشت شاهی [1]، مشاهده شد که در تیمار آترازین، شاهی کمترین میزان جوانه زنی، طول و وزن خشک شاخساره را دارا بود و در بین خانواده علفکش‌های سولفونیل‌اوره، نیکوسولفورون بیشترین تاثیر را بر کاهش وزن خشک شاخساره شاهی داشت.

تری بنورون متیل با نام تجاری گرانستار، از مهمترین علف-کش‌های این خانواده است که برای مبارزه با علف‌های‌هرز پهن‌برگ مزارع گندم در دنیا (۴ و ۵) و ایران (۲) مورد استفاده قرار می‌گیرد و با مقدار کاربرد ۱۰ تا ۲۰ گرم ماده تجاری در هکتار قادر به کنترل دامنه وسیعی از دو لپه‌ای ها و تک لپه ایهای یکساله و برخی از چند ساله‌ها در غلات می‌باشد (۲). از آنجا که تاکنون مطالعاتی در ارتباط با اثرات باقیمانده علف‌کش تری بنورون متیل در خاک بر محصولات زراعی موجود در تناوب انجام نشده است. این بررسی به منظور ارزیابی تاثیر بقایای آن بر محصولات زراعی که در تناوب با گندم قرار می‌گیرند و شناخت گیاهان زراعی متحمل به بقایای این علف‌کش در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، در پاییز سال ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل غلظت‌های مختلف علف‌کش تریبنورون متیل (DF ۰/۷۵) در خاک (۰، ۰/۰۰۰۹، ۰/۰۰۰۲، ۰/۰۰۰۴، ۰/۰۰۰۹ ، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک) که به ترتیب معادل صفر، ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ درصد مقدار توصیه شده آن (۱۵ گرم در هکتار) در خاک بودند و گیاهان زراعی در هفت سطح (لوبیا، عدس، نخود، ذرت، کلزا، چغندرقند و گوجه‌فرنگی) بودند. برای این منظور خاکی به نسبت ۱:۱:۱ شن، خاک و خاک برگ تهیه شد و در گلخانه غلظت-های مورد نظر علف کش گرانستار پس از تهیه محلول ۱۰۰۰ قسمت در میلیون آن در آب مقطر، از رقیق کردن آن بدست آمدند. به منظور اختلاط کامل و همگن علف‌کش با خاک ابتدا ۱ کیلوگرم از خاک برای هر غلظت علف‌کش تهیه شد و سپس حجم محاسبه شده محلول گرانستار را برای غلظت مورد نظر با استفاده از بورت مدرج به خاک اضافه شد. برای کاهش خطای احتمالی در تهیه غلظت‌های مورد نظر، محاسبات و تهیه محلول‌های علف‌کش طوری انجام شد که برای هر غلظت بطور مساوی تقریبا ۵۰ سی سی از محلول آبی به خاک اضافه شود. پس از تبخیر کامل آب از سطح خاک علف‌کش به طور کامل با خاک مخلوط شد. سپس نمونه خاک مخلوط شده با بخش دیگر خاک مربوط به هر غلظت علف‌کش کاملا مخلوط شد و پس از انتقال به گلدانهایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر، بذور گیاهان زراعی بسته به نوع گیاه زراعی به تعداد ۱۰تا ۲۰ عدد در عمق مناسب کشت شدند. برای ممانعت از آبشویی علف‌کش، گلدان‌ها به طور یکنواخت در حدی آبیاری شدند که فاضلاب خروجی نداشته باشند. یک هفته پس از سبز شدن گیاهان و در مرحله ۲ تا ۳ برگی، درصد سبز شدن هر گیاه محاسبه و گیاهان تنک شدند و تراکم آن‌ها به سه بوته در هر گلدان تنک شد. ۳۰ روز پس از سبز شدن، بعد از تعیین درصد بقا، گیاهان مورد نظر در هر گلدان را برداشت کرده و پس از خاکشویی ریشه و جدا کردن آن از ساقه، به آزمایشگاه منتقل و در پاکت هایی مجزا (ریشه و ساقه هر یک از گیاهان) در آون و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت، جهت خشکاندن قرار داده شدند. سپس وزن خشک اندام هوایی و ریشه آنها با ترازوی هزارم توزین شدند (۳ و ۱۳).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC، انجام شد و مقایسات میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح ۵ درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل نیز با استفاده از نرم افزار R و از برازش داده‌ها به معادله لجستیک چهار پارامتری، زیست توده ساقه گیاهان استفاده شد (معادله ۱) و غلظت‌های علف‌کش برای ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد بازدارندگی رشد گیاهان زراعی (ED_{10}، ED_{30} و ED_{50}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش بکار گرفته شدند.

$$f(y) = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(X)-\log(e))} \qquad (۱)$$

که در آن y پاسخ گیاه (وزن خشک اندام هوایی و ریشه)، b، شیب منحنی، c، حد پایین منحنی (پاسخ ماده خشک گیاه زمانی که باقیمانده علف‌کش حداکثر است)، e، غلظتی از علف‌کش که باعث ۵۰ درصد بازدارندگی رشد می‌شود و d، حد بالای منحنی (زمانی که باقیمانده علف‌کش در خاک به سمت صفر میل می‌کند. در مواردی که در معادله ۴ پارامتری اثر پارامتر c از نظر آماری معنی دار نشد آنرا حذف و از معادله سه پارامتری لجستیک برای ارزیابی پاسخ زیست توده گیاهان مذکور استفاده شد (۱۹).

1-*Lepidium sativum*

نتایج و بحث

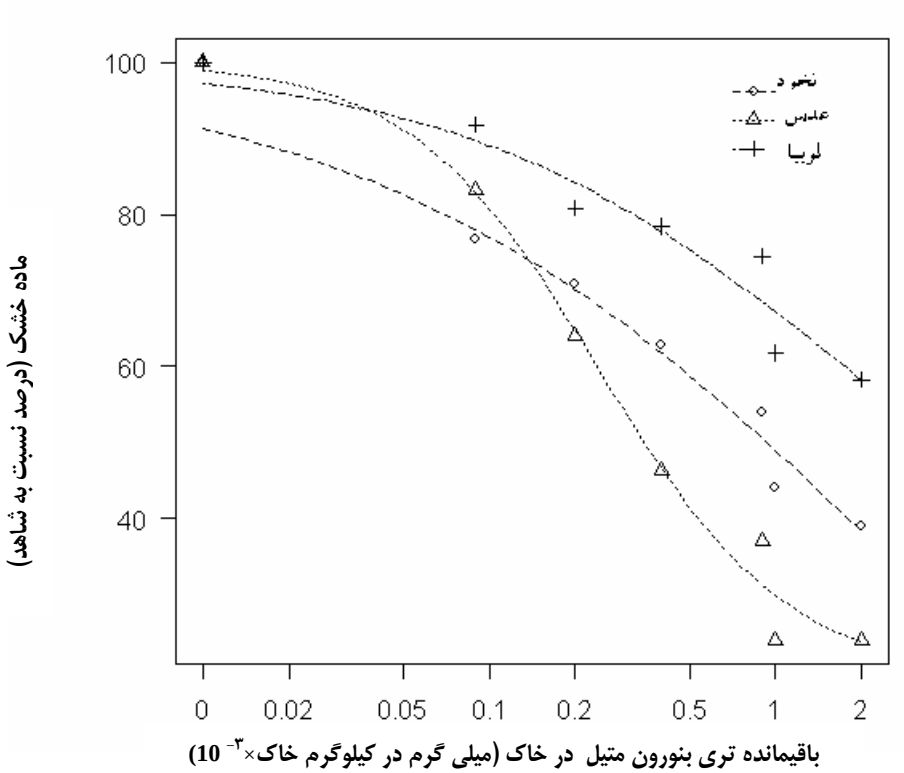
بر اساس نتایج حاصل از آزمایش همه شاخص‌های مورد مطالعه (رشد ریشه، ساقه، درصد سبز شدن و بقا) در همه گیاهان بطور معنی داری ($p\leq$۰/۰۱)، تحت تاثیر بقایای علف‌کش تری بنورون متیل (گرانستار) قرار گرفتند و با افزایش بقایای علف کش صفات مورد بررسی بطور معنی داری کاهش یافتند (جدول ۱ و ۲). همچنین براساس نتایج حاصل، گیاهان مورد مطالعه در پاسخ به بقایای علف-کش تری بنورون متیل در خاک اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) با هم داشتند (جدول های ۱ و ۲ و شکل‌های ۱ و ۲).

روند پاسخ گیاهان مورد بررسی به تغییرات بقایای علف‌کش تری بنورون متیل در خاک بصورت لجستیکی بود (شکل ۱ و ۲) که مشابه سایر مطالعات انجام شده در این ارتباط می باشد (۹، ۱۸ و ۲۸). بر اساس نتایج بدست آمده و با توجه به روند تغییرات زیست توده، در بین حبوبات مطالعه شده در این آزمایش لوبیا متحمل‌ترین و عدس حساسترین گیاهان به بقایای علف‌کش تری بنورون متیل بودند (شکل ۱) بطوریکه متوسط تلفات ماده خشک اندام های هوایی در غلظت‌های مختلف علف‌کش در عدس (۴۵/۵ درصد) و لوبیا (۲۶/۸۳ درصد) بود (شکل ۱ و جدول ۲) و نخود با متوسط تلفات ۳۶/۷۴ درصد زیست توده پس از لوبیا قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد با توجه به تنوع حبوبات مورد مطالعه در پاسخ به به بقایای علف‌کش تری بنورون متیل در خاک، می‌توان از این مهم در تدوین برنامه تناوب زراعی و انتخاب گیاهان متحمل تر پس از کاربرد گرانستار در گندم، استفاده کرد. مطالعات انجام شده در این زمینه بیانگر حساس بودن حبوبات به بقایای علف کش‌ها می‌باشند. هالووی وهمکاران (۱۱) در بین گیاهان زراعی کلزا، نخود، عدس و یونجه، عدس را به عنوان حساس‌ترین گیاه زراعی به بقایای علف‌کش‌های کلروسولفورون، تریاسولفورون و مت‌سولفورون معرفی کردند. اوستن و والکر (۱۶) نیز عدس را نسبت به نخود گیاه حساستری به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل اوره معرفی کرده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر که به منظور ارزیابی تاثیر بقایای آترازین بر گیاهان زارعی مختلف انجام شد، نخود و عدس به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین حبوبات به بقایای علف‌کش آترازین بودند و لوبیا تحمل بیشتری نسبت به عدس و نخود داشت (۱). با توجه به نتایج آزمایش در بین سایر گیاهان مورد بررسی، نیز اختلاف معنی داری در تحمل به بقایای شبیه سازی شده علف کش تری بنورون متیل وجود داشت. با توجه به روند تغییرات ماده خشک تولید شده ساقه و ریشه گیاهان مذکور در پاسخ به غلظت‌های مختلف علف کش تری بنورون متیل، مشاهده شد که کلزا حساسترین و گوجه‌فرنگی متحمل‌ترین گیاهان به بقایای گرانستار بودند. بطوریکه کلزا در کمترین غلظت علف‌کش تری بنورون متیل (۰/۰۰۰۰۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک) بیشترین تلفات ماده خشک (۸۹/۱۴ درصد) را نسبت به شاهد داشت. حال اینکه گوجه‌فرنگی در بیشترین میزان بقایای گرانستار در خاک (۰/۰۰۲ میلی گرم در کیلو گرم خاک) ۶۰ درصد تلفات ماده خشک را داشت (شکل ۲ و جدول ۲) و ذرت با متوسط تلفات زیست توده اندام هوایی (۶۴ درصد) نسبت به کلزا متحمل‌تر بود. این نتایج ضمن اینکه نشان از آسیب پذیری شدید کلزا به بقایای علف‌کش تری بنورون متیل در خاک دارند، همچنین نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی تحمل گیاهان زراعی مختلف می-باشد، که می تواند در اعمال برنامه تناوب زراعی مطلوب، پس از کاربرد تری بنورون متیل در گندم مفید باشد.

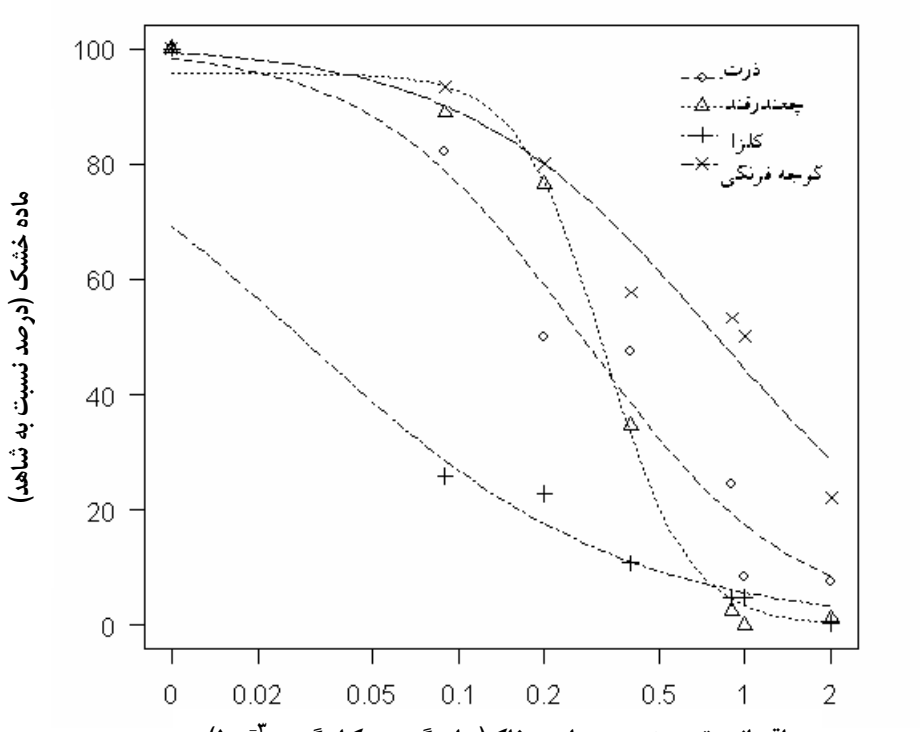
روند تغییرات رشد ریشه گیاهان مورد آزمایش نیز نشان داد که با افزایش بقایای علف‌کش تری بنورون متیل، رشد ریشه آنها نیز مانند ساقه تحت تاثیر قرار گرفته و بطور معنی داری ($p\leq$۰/۰۱) کاهش یافت (جدول ۱ و ۲). بر اساس نتایج آزمایش، می‌توان گیاهان مورد مطالعه را بر اساس حساسیت رشد ریشه آنها به ترتیب بصورت چغندرقند، ذرت، عدس، گوجه‌فرنگی، لوبیا و نخود، طبقه بندی کرد که بترتیب دارای ۹۱/۲۷ ، ۶۴/۱۷ ، ۵۸/۱۴ ، ۴۶/۵۰ ، ۴۳/۳ ، ۳۱/۳ و ۱۸ درصد تلفات رشد را داشتند. بر این اساس در بین حبوبات، عدس بطور متوسط با ۵۸/۱۴ درصد تلفات رشد ریشه حساس‌ترین گیاه و نخود بدون تاثیر معنی دار بقایای تری بنورون متیل بر ریشه آن متحمل‌ترین حبوبات بودند. در بین سایر گیاهان کلزا، با ۹۱/۲۷ درصد تلفات رشد ریشه حساسترین و گوجه‌فرنگی متحمل‌ترین گیاهان بودند (جدول ۲).

جدول ۱- میانگین مربعات(MS) تجزیه واریانس مربوط به درصد سبز شدن، درصد بقاء و وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان زراعی به بقایای علف کش تری بنورون متیل در خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد سبز شدن	درصد بقاء	وزن‌خشک ریشه	وزن‌خشک اندام هوایی
گیاه	۶	۳۱۶۴/۲**	۱۷۱/۳۴**	۰/۱۷۳**	۰/۸۴**
باقیمانده علفکش	۶	۵۴۵۷/۰۵**	۲۰۶/۶۴**	۰/۰۶**	۰/۲۴**
گیاه× باقیمانده علفکش	۳۶	۱۲۹/۱۵**	۱۵۳/۷۱**	۰/۰۱**	۰/۰۱**
خطا	۹۸	۵۶/۸۵	۱۵۸/۷۴	۱/۴۹	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (CV)	-	۱۱/۸۱	۱۲/۵	۲۰/۵۲	۱۷/۳۵



شکل ۱- پاسخ ماده خشک نخود، عدس و لوبیا درغلظت‌های مختلف تری بنورون متیل در خاک



شکل ۲- پاسخ ماده خشک ذرت، چغندرقند، کلزا و گوجه فرنگی در غلظت‌های مختلف تریبنورون متیل در خاک

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه، درصد سبز شدن و درصد بقا غلظت‌های مختلف علفکش تری بنورون متیل (گرانستار) در گیاهان زراعی مختلف

گیاه زراعی	بقایای علف کش(میلی گرم در کیلوگرم خاک)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	درصد سبزشدن	درصد بقاء
نخود	۰	۰/۱۴ op	۰/۴۹ e-g	۹۰/۴۷ a-e	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۰۹	۰/۱۳ p	۰/۴۲ f-h	۸۰/۹۵ c-f	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۲	۰/۲۰ k-m	۰/۴ g-i	۶۶/۶۶ g-i	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۴	۰/۲۳ gh	۰/۴ g-i	۶۶/۶۶ g-i	۱۰۰ a
	۰/۰۰۹	۰/۱۵ n-p	۰/۲۱ j-m	۵۲/۳۸ i-n	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱	۰/۲۱ j-l	۰/۲۵ j-l	۴۲/۸۵ l-q	۸۸/۸۸ a
	۰/۰۰۲	۰/۲۲ ij	۰/۱۸ k-o	۴۲/۸۵ l-q	۸۸/۸۸ a
لوبیا	۰	۰/۳۵ d	۰/۸۲ a	۹۰/۴۷ a-e	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۰۹	۰/۲۷ f	۰/۷۷ ab	۷۶/۱۸ e-h	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۲	۰/۲۵ g	۰/۶۶ b-d	۶۶/۶۶ g-i	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۴	۰/۲۳ c-f	۰/۶۰ c-e	۶۱/۹۰ h-j	۱۰۰ a
	۰/۰۰۹	۰/۲۳ hi	۰/۶۰ cd	۵۲/۳۸ i-n	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱	۰/۲۳ c-f	۰/۵۰ e-g	۵۲/۳۸ i-n	۱۰۰ a
	۰/۰۰۲	۰/۲۳ gh	۰/۴۷ e-h	۴۲/۶ j-p	۱۰۰ a
عدس	۰	۰/۱۹ m	۰/۲۴ j-l	۱۰۰ a	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۰۹	۰/۱۵ no	۰/۲۰ j-n	۹۱/۶۷ a-e	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶ n	۰/۱۹ j-o	۷۹/۱۷ d-g	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۴	۰/۱۰ qr	۰/۱۱ l-q	۸۳/۳۳ b-f	۱۰۰ a
	۰/۰۰۹	۰/۰۶ s	۰/۱۱ l-q	۷۹/۱۷ d-g	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱	۰/۰۹ r	۰/۱۰ l-q	۶۶/۶۷ g-i	۱۰۰ a
	۰/۰۰۲	۰/۶۱ st	۰/۰۹ m-q	۵۴/۱۷ i-m	۱۰۰ a
کلزا	۰	۰/۴۶ a	۰/۵۶ d-f	۸۶/۶۷ a-f	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۵ st	۰/۰۸ m-q	۷۳/۳۳ f-h	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۲	۰/۱۰ qr	۰/۴۱ gh	۵۶/۶۷ i-l	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۴	۰/۰۵ tu	۰/۰۶ m-q	۶۶/۶۷ g-i	۱۰۰ a
	۰/۰۰۹	۰/۰۲ x-z	۰/۰۷ m-q	۵۳/۳۳ i-m	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱	۰/۰۲ x-z	۰/۰۴ o-q	۴۶/۶۷ k-p	۱۰۰ a
	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱ W	۰ q	۳۶/۶۷ o-q	۷۷/۷۷a
ذرت	۰	۰/۴۱ b	۰/۴۸ e-g	۹۵/۲۴ a-c	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۰۹	۰/۳۸ c	۰/۴۰ g-i	۹۵/۲۴ a-c	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۲	۰/ ۳۲ e	۰/۳۳ h-j	۸۵/۷۱ a-f	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۴	۰/۲ lm	۰/۲۷ i-k	۷۶/۱۸ e-h	۱۰۰ a
	۰ /۰۰۹	۰/۱۱ q	۰/۱۸ k-o	۶۶/۶۶ g-i	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱	۰/۰۱ yz	۰/۰۱ n-q	۵۷/۱۴ i-l	۸۸/۸۸a
	۰/۰۰۲	۰/۰۱ yz	۰/۰۵ n-q	۳۸/۰۹ n-q	۷۶/۶۶b
چغندرقند	۰	۰/۰۴ t-v	۰/۱۶ k-p	۹۵/۸۳ ab	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۲۷ u-x	۰/۱۰ l-q	۹۱/۶۷ a-d	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲ v-y	۰/۱۳ k-q	۷۹/۱۷ d-g	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱ yz	۰/۰۷ m-q	۵۴/۱۷ i-m	۱۰۰ a
	۰/۰۰۹	۰/۰۱ z	۰/۰۴ o-q	۵۸/۳۳ i-k	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲ w	۰/۰۱ pq	۴۵/۸۳ k-p	۱۰۰ a
	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴w	۰/۰۲ pq	۶۷/۴۱ m-q	۱۰۰ a
گوجه فرنگی	۰	۰/۰۴ t-v	۰/۱۵ k-p	۵۱/۱۱ j-o	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۴ t-w	۰/۱۰ l-q	۴۸/۸۹ j-p	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۲	۰/۰۳ u-x	۰/۰۸ m-q	۴۰ m-q	۱۰۰ a
	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲ w-z	۰/۰۷ m-q	۴۰ m-q	۱۰۰ a
	۰/۰۰۹	۰/۰۲ w-z	۰/۰۶ n-q	۳۷/۷۸ n-q	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱	۰/۰۲ w-z	۰/۰۶ n-q	۳۵/۵۵ pq	۸۷/۷۷
	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶y	۰/۰۰۷ pq	۲۸/۸۸ q	۸۷/۷۷

از آنجا که ریشه در مقایسه با ساقه در تماس مستقیم با بقایای علف‌کش است، انتظار می‌رود که نسبت به اندام های هوایی گیاه به بقایای علف کش، آسیب پذیرتر باشد. بطوریکه با این حال عکس العمل اندام‌های گیاهان مختلف به بقایای علف‌کش تفاوت دارد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه نیز مشاهده می‌شود که با وجود عدم تاثیرگذاری بقایای تری بنورون متیل بر رشد ریشه نخود، در کلزا منجر به تلفات ۹۱/۲ درصدی شده که نسبت به اندام های هوایی آن اختلاف داری داشت. در مطالعات مربوط به زیست سنجی باقیمانده علف‌کش‌ها، رشد ریشه، به ویژه در گیاهان حساس شاخص مهمی در ارزیابی حساسیت گونه‌ها به بقایای علف‌کش‌ها می باشد و در این ارتباط بسته به نوع علف‌کش و گیاه زراعی نتایج مختلفی گزارش شده است (۸، ۱۱ و ۱۴). ویکاریا و همکاران (۲۴)، در ارزیابی استفاده از زیست سنجی در تعیین بقایای علف کش مت‌سولفورون متیل، حساسیت رشد ریشه عدس را شاخص مطلوبی در تعیین بقایای احتمالی علف‌کش مذکور دانسته‌اند. نامبردگان گزارش کردند که با وجود عدم تشخیص بقایای مت سولفورون متیل با استفاده از روش‌های آنالیز دستگاهی، آزمایش زیست سنجی ریشه عدس معیار مناسبی برای تعیین بقایای مت سولفورون بود. حال اینکه ویبابا و همکاران (۲۵) در مطالعه‌ای که به منظور بررسی اثرات سمیت علف‌کش‌های پاراکوات، گلایفوسیت و گلوفوسینیت آمونیوم بر گیاهان زراعی ذرت و کدو انجام دادند، گزارش کردند که بقایای علف‌کش‌های مذکور در مقادیر مختلف کاربرد تاثیری بر رشد و بقای گیاهان فوق، بویژه طول و وزن ریشه آنها نداشتند. نتایج این آزمایش نیز ضمن اشاره به حساسیت رشد ریشه گیاهان مورد مطالعه نشان می‌دهند که در بین گیاهان مطالعه شده، رشد ریشه کلزا نسبت به ساقه آن حساس‌تر است و احتمالا گیاه مناسبی در آزمایشات زیست سنجی مربوط به بقایای علف‌کش تری بنورون متیل باشد. لذا احتمالا در تناوب با مزارع گندمی که تحت تیمار این علف‌کش بوده‌اند خسارت خواهد دید و قرار دادن آن نسبت به سایر گیاهان در تناوب با گندم نیاز به احتیاط بیشتر و انجام آزمایشهای زیست سنجی قبل از کاشت دارد.

واکنش گیاهان مورد بررسی به بقایای علف‌کش تری بنورون متیل در صفات درصد سبز شدن و بقاء متفاوت بود. بطوریکه درصد سبز شدن در همه گیاهان تحت تاثیر حضور بقایای تری بنورون متیل قرار گرفت. حال این‌که بقای گیاهان تحت تاثیر بقایای علف‌کش قرار نگرفت بر این اساس به نظر می‌رسد برای جبران کاهش تراکم گیاهان زراعی حساس به بقایای علف‌کش تری بنورون متیل نیاز به کشت با تراکم‌های بالاتر باشد.

بر اساس مطالعات انجام شده در این ارتباط، استفاده از شاخص‌های ED_{10}، ED_{30} و بخصوص ED_{50} از مهمترین شاخص‌های ارزیابی حساسیت گیاهان به بقایای علف کش ها و طبقه بندی آنها بر این اساس می‌باشد (۱۱ و ۱۸) بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش و برآورد پارامتر ED_{50} از رشد اندام های هوایی گیاهان مورد مطالعه به ترتیب حساسیت آنها به بقایای علف‌کش تری بنورون متیل را می‌توان بصورت زیر طبقه بندی کرد (جدول ۳).

گوجه‌فرنگی < لوبیا < نخود < ذرت < عدس < کلزا <. چغندرقند

در ارتباط با حساسیت گیاهان مختلف به بقایای سولفونیل اوره‌ها گزارشهای مختلفی شده است. در مزارع تحت تیمار با علفکش مت سولفورون متیل و تریا سولفورون، گزارش شده است که کلزا، ذرت، عدس، نخود، سیب زمینی و چغندرقند آسیب دیدند درحالیکه جو و آفتابگردان حساسیتی به بقایای علفکش مذکور نشان ندادند. همچنین با کاربرد مت سولفورون و تریا سولفورون، محصولات در تناوبی از جمله کلزا، ذرت، عدس، نخود، سیب زمینی و چغندر قند به بقایای آنها حساسیت نشان دادند اما جو، کتان و گندم نسبت به آنها متحمل بودند (۱۵).

جدول ۳- پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش مدل‌های سه و چهار پارامتری به داده‌های ماده خشک اندام های هوایی گیاهان مورد مطالعه در بقایای گرانستار شبیه سازی شده در خاک

گیاه	b	c	D	ED_{50}	R^2	سطح معنی داری
نخود	۰/۵۶(۰/۰۸)*	–	۹ /۷ (۳/۹)	۰/۹۱× ۱۰ $^{-۳}$(۰/۲۵ × ۱۰ $^{-۳}$)	۰/۹۱	۰/۰۰۲
عدس	۱/۳۱ (۰/۳۵)	۱۸/۹ (۷/۸)	۱۰۰(۴/۵)	۰/۲۴× ۱۰ $^{-۳}$(۰/۰۵× ۱۰ $^{-۳}$)	۰/۸۴	۰/۰۰۰۳
لوبیا	۰/۵۸ (۰/۱۲)	–	۱۰۰(۳/۸)	۳/۴× ۱۰ $^{-۳}$ (۰/۵۷ × ۱۰ $^{-۳}$)	۰/۸۹	۰/۰۴۵
ذرت	۱/۱۸ (۰/۱۷)	-	۱۰۰/۲(۵/۹۱)	۰/۲۶× ۱۰ $^{-۳}$(۰/۰۴× ۱۰ $^{-۳}$)	۰/۹۶	۰/۰۱۲
چغندرقند	۲/۹۲ (۰/۶۵)	-	۹۵/۷(۴/۹۲)	۰/۰۲× ۱۰ $^{-۳}$(۰/۰۱× ۱۰ $^{-۳}$)	۰/۸۹	۰/۰۰۰۱
کلزا	۰/۷۸ (۰/۲۵)	-	۹۹/۹۹(۶/۰۵)	۰/۱۹× ۱۰ $^{-۳}$(۰/۰۲× ۱۰ $^{-۳}$)	۰/۷۴	۰/۰۰۰۵
گوجه‌فرنگی	۰/۹۸ (۰/۱۷)	-	۱۰۰/۶(۵/۶)	۷/۸× ۱۰ $^{-۳}$(۰/۱۴× ۱۰ $^{-۳}$)	۰/۷۸	۰/۰۴۳

*- خطای استاندارد

با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد با وجود کاربرد بسیار اندک علف‌کش تری بنورون متیل و با توجه به ماندگاری نسبتا بالای آن در خاک (۲۳)، بقایای آن در تناوب‌های زراعی که شامل گیاهان مطالعه شده باشند را دچار محدودیت می‌نماید. لذا ایجاد فاصله زمانی مناسب برای کشت گیاهان مذکور، ضرورت دارد. از سوی دیگر از آنجا که ماندگاری و زیست ماندگاری علف‌کش‌ها متاثر از عوامل متعددی است (۲۱)، انجام آزمایشات بیشتر در این ارتباط، بویژه در شرایط واقعی مزرعه‌ای و نیز انجام آزمایشات زیست سنجی و آنالیز دستگاهی پس از برداشت محصولاتی که با علف‌کش تیمار شده‌اند و قبل از کاشت محصولات بعدی پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- ایزدی دربندی الف. ۱۳۸۷. ارزیابی ماندگاری آترازین در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای، تاثیر آن بر فعالیت میکروبی خاک و زیست بومهای زراعی . پایان‌نامه دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- مصلی نژاد ه.، نوروزیان م. و محمدبیگی الف. ۱۳۸۱. فهرست آفات، بیماریهای گیاهی، علفهای هرز و سموم توصیه شده. سازمان حفظ نباتات، وزارت جهاد کشاورزی. ۱۱۲ صفحه.

3- Alonso Prados J.L., Hernandez, Sevillano E., Lianos S., Villarroya M., and Baudin J.M. 2002. Effects of sulfosulfuron soil residues on barley (*Hordeum vulgare*), sunflower (*Helianthus annuus*) and common vetch (*Vicia sativa*). Crop Protection. 21: 1061-1066.

4- Beyer E.M ., Duffy M.F., Hay J.V., and Sclueter D.D. 1988. Sulfonylurea. In: Keamey, P. C and D.D, Kaufman. Herbicide : Chemistry, Degradation, mode of action(vol. 3, pp:117-189). New York, NY: Dekker.

5- Brown H.M. 1990. Mode of action crop selectivity, and soil relations of sulfonylurea herbicides. Pesticide Sci, 29: 263- 281.

6- Crank Q.C.B., and Fuller J. 2001. Plant invaders: the threat to natural Ecosystems. Earths can publications, London, UK.

7- Estela M.A., Blancaveer A., and Kazayukiitih U. 2001. Resistance of rotalaindica Koehne var. uliginosaa koehne to sulfonylurea herbicide weed Biology and management 1: 209-215.

8- Gunther P., Rahman A., Peastemer W. 1989. Quantitative bioassays for determining residues and availability to plants of sulfonylurea herbicides. Weeds Res. 29:141-146.

9- Ghassam A.H., Alizadeh M., Bihamta R., and Ashrafi Y. 2010. Bioassay to use herbicide residue in corn using Cress (*Lepidium sativum*) as sensitive plant. 3rd Iranian weed science congress. Babolsar. 17-18 February.

10- Gunther P., Pestemer W., Rahman A., and Nordmeyer H. 1993. A bioassay technique to study the leaching behavior of sulfonylurea herbicides in different soils. Weed Res. 33: 177- 185.

11- Halloway K.L, Kookana R.S., Noy D.M., Smith J.G., and Wilhelm N. 2006. Crop damage caused by residual Acetolactate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. 46:1323-1331.

12- Heap I. 2000. International survey of herbicide- resistant weeds(online). www. Weed Science. Com.

13- Hernandez E., Villarroye M., Chueca M.C., Aloso Prados J.L., and Baudin J.M. 1999. A rapid sensitive bioassay method for sulfonylurea herbicides. In procouncil:Brighton, UK, weeds. 2: 711-716.

14- Jettner R.J., Walker S.R., Churchett J.D., Blamey F.PC., Adkins S.W., and Bell K. 1999. Plant sensitivity to atrazine and chlorsulfuron residues in a soil-free system . weed Res. 39: 287-295

15- Moyer J.R., and Hamman W.M. 2001. Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crops. Weed technol 15: 42-47.

16- Osten V.A., and Walker S.R. 1998. Recroping intervals for sulfonylurea herbicides are short in semi-arid subtropics of Australia. 38:71-76.

17- Saari L.L., Cotterman J.L., and Thill D.L. 1994. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In: Herbicide resistance in plants: Biology and Biochemistry. (eds SB Powles and JAM Holtum), 83-140. Lewis Publishers, Boca raton, FL.

18- Santin-Montanya I., Alonso-Prados J.L., Villarroya M., and Garcia-Baudin J.M. 2006. Bioassay for determining sensitivity to sulfosulfuron on seven plant species. Journal of Environmental Science and Health. 41: 781-793.

19- Shinn S.L., Thill D.C., Price W.J. 1999. Volunteer Barley *(Hordeum vulgare)* control in winter wheat (*Triticum aestivum*) with MON 37500. Weed Technol. 13:88-93.

20- Sondhia S. 2006. Determination of terminal residues of haloxyfop- p-ethy in onion. Indian journal.of plant prot ction, 34: 258-259.
21- Strek H.J. 2005. The Science of Dupoint's soil residual herbicides in Canada. Pages 31-44 in R. C. Van Acker, ed. Soil residual herbicides: Science and Mnagement. Topics in Canadian weed science, volume3. Sainte Anne-de Bellevue, Quebec.
22- Szmigielski A.M., Schoenau J.J., Lervine A., and Schilling B. 2010. Evaluation a mustard root bioassay for predicting crop injury from soil residual flucarbazone. Communications in soil science and plant analysis. 39: 413- 420.
23- Teaney S.R., Armstrong L., and Bentley K. 1995. A new sulfonylurea for postemergence grass and broadleaf weed control in cereals. In: Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference, weeds, Brighton, UK, 49- 56.
24- Vicari A., Catizone P., and Zimdahle R.L.1994. Persistence and mobility of chloro sulfuron and metsulfulorun under different soil and climatic conditions. Weed Res. 1994, 34, 147-155.
25- Wibaba W., Mohamad 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.
26- Xu J., Wang H., and Xie Z. 2002. Dynamics of extractable and bound residues of ^{14} C metsulfuron-methyl in soils. 17 WCCS, Thailand, pp. 1674-1677.
27- Yardim E.N., and Edwards C.A. 2002. Effects of weed control practices of surface- dwelling arthropod preators in tomato agroeco systems. Phytoparasitica 3: 379-386.
28- Zhang W.M., Megiffen M.E., Beker J.O., Ohr H.D., Sims J.J., and Kallenbach R.L. 1997. Dose response of weeds to methyl and methyl bromid.Weed Res. 37: 181- 189