

شبیه‌سازی بقایا و اثرات گیاه‌سوزی برخی علف‌کش‌های مورد استفاده در استان مازندران بر گیاه برنج (*Oryza sativa* L.)

مرجان دیانت*^۱، علی پیرهادی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۴

چکیده

به منظور شبیه‌سازی بقایا و اثرات گیاه‌سوزی برخی از علف‌کش‌های مورد استفاده در برنج آزمایشی در گلخانه بخش تحقیقات علف‌های هرز در موسسه گیاه‌پزشکی کشور به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل نوع علف‌کش در سه سطح (یدوسولفورون + مزوسولفورون (شوالیه)، مت سولفورون متیل + سولفوسولفورون (توتال) و تریفلورالین (ترفلان)) غلظت علف‌کش در ۷ سطح (۰، ۵، ۱۵، ۲۵، ۴۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ درصد میزان توصیه شده) و نوع خاک در دو سطح بودند. خاک‌ها از دو منطقه استان مازندران تهیه شد و پس از انتقال به تهران با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز سم‌پاش، غلظت‌های مختلف علف‌کش‌ها روی آنها تیمار شدند. گیاهچه‌های برنج در مرحله ۱/۵ برگی به گلدان‌های تیمار شده با علف‌کش‌ها منتقل شدند. پس از سی روز طول گیاهچه ریشه‌ها و وزن تر گیاهچه اندازه‌گیری و با شاهد مقایسه شدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بقایای هر سه علف‌کش در هر دو خاک، روی هر سه صفت مورد بررسی در گیاه برنج اثر منفی داشته و با بالا رفتن غلظت بقایا در خاک، میزان بازدارندگی افزایش یافت. بیشترین میزان خسارت بر وزن تر گیاهچه، طول گیاهچه و ریشه برنج توسط علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون نسبت به شاهد ایجاد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که علف‌کش‌های مورد استفاده در گیاهان زراعی که در تناوب با برنج کشت می‌شوند پتانسیل ایجاد خسارت و کاهش این محصول استراتژیک در کشور دارند.

واژه‌های کلیدی: پایداری، خاک، زیست‌سنجی، علف‌کش و منحنی دز-پاسخ.

۱- استادیار، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: m.diyant@srbiau.ac.ir

مقدمه

با شروع کشاورزی توسط بشر همواره دست‌یابی به محصول بیشتر در واحد سطح مورد توجه قرار گرفته است و با ورود علف‌کش‌ها به دنیای کشاورزی و کارایی بالای آنها در کاهش هزینه‌های تولید و همچنین افزایش کیفیت و کمیت محصول، روند مصرف آنها در دنیا و ایران سیر صعودی پیدا کرد، به گونه‌ای که امروزه عملاً حذف علف‌کش‌ها در سیستم‌های زراعی تقریباً غیرممکن به نظر می‌رسد (۱). در تناوب‌های زراعی با مصرف برخی علف‌کش‌ها در کشت‌های بعدی محدودیت بوجود می‌آید زیرا بقایای برخی از علف‌کش‌ها روی برخی گیاهان اثرات سوء ایجاد می‌کنند. پتانسیل پایداری علف‌کش‌ها در خاک متفاوت است. بر اساس منابع موجود خانواده‌هایی از علف‌کش‌ها که دارای علف‌کش‌های پایدار بوده و پتانسیل خسارت به گیاهان بعدی در تناوب را دارا هستند عبارتند از: تریازین‌ها (آترازین)، اوراسیل‌ها (ترباسیل)، فنیل اوره‌ها (دیپورون)، سولفونیل اوره‌ها (مت سولفورون)، دی نیتروآنیلین‌ها (تریفلورالین)، ایمیدازولینون‌ها (ایمازتاپیر) و برخی علف‌کش‌های تنظیم‌کننده‌های رشد از گروه پیریدین‌ها (کلوپیرالید). گروه‌های متعددی از میکروارگانیسم‌ها مانند قارچ‌ها و باکتری‌ها روی تجزیه علف‌کش‌های سولفونیل اوره مانند کلروسولفورون^۳، متسولفورون^۴، کلوریمورون^۵، تیفسولفورون^۶، بن سولفورون^۷ و سولفومترون^۸ فعالیت قابل ملاحظه‌ای دارند (۱۲). به‌طور کلی تجزیه سولفونیل اوره‌ها در خاک‌های گرم و مرطوب با مقدار مواد آلی کمتر و اسیدیته پایین‌تر، سریع‌تر رخ می‌دهد و در شرایط سرد و خشک سرعت تجزیه این علف‌کش‌ها کاهش می‌یابد (۱۵). تحقیقات زیادی در اغلب کشورهای آسیای شرقی و هوایی مشابه کشور ما دارند نشان داده است که بسیاری از گیاهان زراعی حساس مانند چغندر قند، کلزا، آفتابگردان و گیاهان خانواده لگومینوز به یک هزارم میزان اولیه مصرف این علف‌کش‌ها یعنی ۰/۰۱ تا ۰/۰۷ نانوگرم در هر گرم خاک حساس هستند و این یعنی رعایت سه تا هفت سال فاصله کشت مجدد گیاهان حساس در تناوب پس از مصرف این علف‌کش‌ها ضرورت دارد (۲). در آزمایش که توسط منصوری و همکاران (۴) انجام شد اثرات علف‌کش‌های سولفونیل اوره بر کلزا که در تناوب با گندم کشت شده بود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنها نشان

داد که علف‌کش متسولفورون متیل + سولفوسولفورون با ۲۰/۳ درصد کاهش عملکرد نسبت به شاهد بیشترین کاهش عملکرد را سبب شد. پس از آن بیشترین کاهش عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) را علف‌کش‌های سولفوسولفورون به مقدار ۵۱ گرم ماده مؤثره در هکتار با ۱۷/۳ درصد کاهش عملکرد، سولفوسولفورون به مقدار ۴۲ گرم ماده مؤثره در هکتار با ۱۳/۵۳ درصد کاهش عملکرد و علف‌کش کلروسولفورون (مگاتن) با ۱۳/۳۲ درصد کاهش ایجاد کردند. یعقوبی اشرفی و همکاران (۶) در آزمایشی روی باقیمانده‌های کلروسولفورون در گیاه شاهی با استفاده از روش زیست‌سنجی به این نتیجه رسیدند که جوانه‌زنی این گیاه تحت تأثیر بقایای علف‌کش قرار نگیرد ولی ارتفاع نهایی گیاه به طور معنی‌داری توسط این علف‌کش کاهش پیدا کرد. آنها با توجه به حساسیت بیشتر وزن خشک نسبت به ارتفاع گیاه به این نتیجه رسیدند که کاهش وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با کاهش ارتفاع شاخص بهتری برای شناسایی باقیمانده این علف‌کش است. ولی الله پور و همکاران (۵) طی آزمایشی روی بقایای سموم مصرف شده در شالیزارها بر گیاهان در تناوب شامل کاهو (*Lactuca sativa* L.)، شاهی (*Lepidium sativum* L.) و تربچه (*Rhaphanus sativus* L.) به این نتیجه رسیدند که بقایای این علف‌کش‌ها روی این گیاهان اثر منفی دارد. نتایج نشان دهنده این بود که بقایای علف‌کش بوتاکلر روی وزن ساقه و وزن کل بوته شاهی اثر داشته است. بقایای علف‌کش آنیلوفوس + اتوکسی سولفورون (سان رایس پلاس) به طور معنی‌داری منجر به کاهش ساقه محصول کاهو شد. کاهو نیز به ترتیب از لحاظ ساقه و ریشه و شاهی از لحاظ وزن ساقه و وزن کل متأثر از بقایای علف‌کش اگزادپارژیل بود ولی گیاه تربچه به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار نرفت. آزمایشاتی روی علف‌کش تریفلوکسی سولفورون (انوک) که در پنبه مصرف می‌شود انجام پذیرفت و در آنها میزان بقای این علف‌کش و همچنین پتانسیل خسارت وارد شده به گیاهان تناوب شامل ذرت (*Zea mays* L. ssp. *mays*)، سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)، برنج و سویا (*Glycin max* (L.) Merr.) بررسی شد و مشاهده شد که حساسیت ذرت و سورگوم دانه‌ای به این علف‌کش نسبت به برنج و سویا بیشتر است. این آزمایش در دو منطقه که از لحاظ اسیدیته خاک متفاوت بودند انجام شد و مشاهده شد که پایداری علف‌کش در خاکی که اسیدیته کم‌تری داشت بیشتر بود. نتیجه دیگری که در این آزمایش به دست آمد این بود که کاشت این چهار گیاه پس از ۲۰۹ روز از سپری شدن مصرف علف‌کش در خاک، هیچ محدودیتی

- 3 Chlorsulfuron
- 4 Metsulfuron
- 5 Chlorimuron
- 6 Thifensulfuron
- 7 Bensulfuron
- 8 Sulfometron

نظر از دو منطقه مختلف از توابع شهرستان پل سفید تهیه شد (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده در آزمایش

نوع خاک	pH	درصد کربن آلی	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت
الف	۷/۱	۱/۹۵	۱۹	۴۵	۳۶
ب	۷/۶	۱/۸۶	۱۲	۴۹	۳۹

غلظت‌های به‌کار رفته شده برای هر کدام از علف‌کش‌ها، غلظتی بود که طی آزمایشات برای ثبت علف‌کش توسط سازمان حفظ نباتات کشور گزارش شده است. این مقدار برای علف‌کش شوالیه ۴۰۰ گرم در هکتار، برای علف‌کش توتال ۴۵ گرم در هکتار و برای علف‌کش ترفلان ۲ لیتر در هکتار در نظر گرفته شد (۳). خاک پیش از اینکه در گلدانها ریخته شوند با استفاده از الک ۴ میلیمتری الک شده و به مقدار مساوی در گلدان‌ها ریخته شد. بذر برنج مورد نظر از رقم هاشمی انتخاب شد و برای حذف بذور ناسالم، بذور در محلول آب نمک ۱۵٪ قرار گرفتند. سپس بذور برای مدت ۱۲ ساعت در آب خیسانده شدند و در مرحله بعد در رطوبت ۷۰٪ قرار داده شده تا جوانه‌ها ظاهر شوند و گیاهچه‌ها تا مرحله ۱/۵ برگی رشد نموده و پس از آن به گلدان‌ها منتقل شدند. گلدان‌ها به گلخانه منتقل شدند و درجه حرارت گلخانه روی ۲۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. پیش از آنکه نشاها به گلدان‌ها منتقل شوند و برای سم‌پاشی از دستگاه شبه‌ساز سم‌پاش تراکتور استفاده شد. این دستگاه به نحوی کالیبره شده بود که ۱۹۴ لیتر در هکتار و با فشار ۲ بار سم‌پاشی را انجام داد و بر همین اساس محلول‌های استوک با غلظت‌های مختلف تهیه شد بر اساس توصیه فنی پس از ثبت علف‌کش‌ها، میزان ۳ سی سی سیتوگیت در ۵/۰ لیتر محلول علف‌کش نیز همراه با توتال و شوالیه مصرف شد. برای شبه‌سازی این آزمایش به حالت مزرعه‌ای، گلدان‌ها در شرایط غرقابی قرار گرفتند و آب همیشه حدود ۳ سانتی‌متر روی سطح خاک حفظ شد. پس از یک ماه گیاهان کف بر شدند و برای اندازه‌گیری طول و وزن تر اندام هوایی به آزمایشگاه منتقل شدند. برای اندازه‌گیری‌های طول ریشه‌ها، خاک گلدان‌ها شسته شدند تا ریشه‌ها سالم و بدون آسیب‌دیدگی مورد اندازه‌گیری قرار گیرند. اطلاعات به‌دست آمده با نرم‌افزارهای SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. منحنی‌های دز-پاسخ با استفاده توابع سیگموئیدی با کمک نرم‌افزار Sigmaplot رسم شدند.

ندارد و پس از این مدت هیچ‌گونه آثار خسارت گیاه‌سوزی یا کاهش طول اندام هوایی در این گیاهان دیده نشد (۸). با توجه به اهمیت گیاه برنج در کشور، در مورد اثرات باقی‌مانده علف‌کش‌های مختلف روی این گیاه تحقیقات چندانی صورت نگرفته است. شناخت رفتار علف‌کش‌های تریفلورالین (ترفلان)، سولفوسولفورون + متسولفورون (توتال) و علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون (شوالیه) در خاک‌های مختلف در استان مازندران با استفاده از زیست‌سنجی با گیاه برنج اطلاعاتی را در مورد میزان دقیق مصرف این علف‌کش، پایداری آن در خاک‌هایی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت، و فاصله زمانی کشت مجدد برنج را برای کشاورزان امکان‌پذیر می‌نماید. هدف از انجام این پژوهش بررسی زیست‌سنجی علف‌کش‌هایی است که معمولاً در تناوب برنج در استان مازندران استفاده می‌شود و بررسی گیاه‌سوزی این علف‌کش‌ها بر گیاه برنج و همچنین تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر پایداری این علف‌کش‌ها هدف اصلی این تحقیق بوده است. بررسی پایداری علف‌کش‌های مورد استفاده در محصولات تناوبی با گیاه زراعی برنج نه تنها به مشخص شدن اثرات آنها بر این محصول مهم کشور کمک خواهد نمود بلکه با انجام آزمایش‌های تکمیلی می‌توان با به‌دست آوردن نیمه عمر هر یک از این علف‌کش‌ها در خاک‌های مورد مطالعه، دوام و پایداری این علف‌کش‌ها را نیز پیش‌بینی نمود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی (RCBD) با سه تکرار در آبان ۱۳۸۹ در گلخانه بخش تحقیقات علف‌های هرز در موسسه گیاه‌پزشکی کشور انجام شد. فاکتورها شامل نوع علف‌کش در سه سطح (تریفلورالین^۹ از گروه دی‌نیتروانیلین‌ها و علف‌کش‌های یدوسولفورون^{۱۰} + مزوسولفورون^{۱۱} با نام تجاری شوالیه و مت سولفورون^{۱۲} + سولفوسولفورون^{۱۳} با نام تجاری توتال، از گروه سولفونیل‌اوره‌ها)، غلظت علف‌کش در هفت سطح (۰، ۵، ۱۵، ۲۵، ۴۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ درصد غلظت توصیه شده) و نوع خاک در دو سطح بود. علف‌کش‌هایی که برای این تحقیق انتخاب شدند از علف‌کش‌هایی بودند که در گیاهانی که اغلب در تناوب با برنج قرار می‌گرفتند، به مصرف می‌رسیدند. برای انجام این آزمایش خاک مورد

- 9 Trifluralin
- 10 Iodosulfuron
- 11 Mesosulfuron
- 12 Metsulfuron
- 13 Sulfosulfuron

نتایج و بحث

طول گیاهچه. همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد اثرات ساده و اثرات متقابل نوع علف‌کش × نوع خاک، غلظت علف‌کش × نوع خاک و نوع علف‌کش × غلظت علف‌کش معنی‌دار است.

اثر متقابل نوع خاک × نوع علف‌کش. در بررسی اثرات متقابل نوع خاک × نوع علف‌کش، بیشترین و کم‌ترین میزان درصد بازدارندگی طول گیاهچه برنج نسبت به شاهد به ترتیب ۵۱٪ در خاک A و در حضور علف‌کش شوالیه و ۳۹٪ در خاک B و در حضور علف‌کش ترفلان مشاهده شد. به نظر می‌رسد که میزان مواد آلی در خاک روی بقایای علف‌کش شوالیه تاثیر بیشتری دارد زیرا وقتی هر کدام از علف‌کش‌ها را به تفکیک در خاک‌ها مورد بررسی قرار گیرند بیشترین اختلاف در میزان درصد بازدارندگی طول گیاهچه مربوط به علف‌کش شوالیه است. میزان و مقدار فرم فعال زیستی قابل دسترس علف‌کش‌های سولفونیل اوره تابعی از شرایط خاک است به نحوی که ممکن است کارایی علف‌کش در کنترل علف‌های هرز در خاک‌هایی با درصد مواد آلی و رس بالا و اسیدیته پایین، تقلیل یابد. تاثیر میزان درصد رس موجود در خاک مانند تاثیر مواد آلی است که با بالا رفتن این مواد در خاک از میزان فرم فعال زیستی علف‌کش‌ها کاسته می‌شود (۱۷).

اثر متقابل نوع خاک × غلظت علف‌کش. هرچند دلیل تفاوت طول گیاهچه در دو نوع خاک در غلظت‌های کم نسبت به مقادیر بالای علف‌کش مشخص نیست ولی روابط پیچیده حاکم بر اثرات اسیدیته، ماده آلی و تاثیر آنها بر جذب و تجزیه علف‌کش در خاک احتمالا دلیل این تفاوت است. با توجه به اینکه بافت هر دو خاک تقریبا یکسان میباشد اثر متقابل نوع خاک و غلظت علف‌کش تنها در غلظت‌های ۵ و ۱۵ درصد میزان توصیه شده در خاک A و B اختلاف معنی‌داری دیده شد. می‌توان نتیجه گرفت که نقش خاک در بروز خسارت به گیاهان حساس در غلظت‌های پایین نسبت به غلظت‌های بالاتر، پررنگ‌تر است. با افزایش غلظت بقایا میزان خسارت وارد شده روند صعودی داشت (جدول ۳).

اثر متقابل نوع علف‌کش × غلظت علف‌کش. با افزایش

جدول ۲. میانگین مربعات صفات مورد بررسی

وزن تر گیاهچه	طول ریشه‌ها	طول گیاهچه	درجه آزادی	منابع تغییرات
۷۳/۸۹ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۳۹۲/۶۴*	۱	نوع خاک
۶۸۴/۸۷**	۳۹۹/۰۲**	۳۳۹/۳۷**	۲	نوع علف‌کش
۱۴۸۵۶/۰۵**	۱۶۲۲۱/۰۵**	۱۶۰۳۶/۶۱**	۶	غلظت علف‌کش
۳۵۶/۰۷**	۹۲۹/۱۳**	۳۶۱/۸۰**	۲	نوع خاک × نوع علف‌کش
۲۳/۷۸ ^{ns}	۴۲۲/۷۴**	۱۶۶/۱۵*	۶	نوع خاک × غلظت علف‌کش
۷۴/۹۶ ^{ns}	۱۴۶/۱۶**	۱۳۲/۱۹*	۱۲	نوع علف‌کش × غلظت علف‌کش
۴۳/۱۷ ^{ns}	۱۱۰/۱۱*	۹۶/۱۷ ^{ns}	۱۲	نوع خاک × نوع علف‌کش × غلظت علف‌کش
۴۹/۳۶	۳۲/۲۵	۵۸/۴۱	۸۴	خطا

**اختلافات معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و * اختلافات معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ^{ns} نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن.

جدول ۳. اثر متقابل خاک × غلظت علف‌کش بر درصد کاهش طول گیاهچه برنج

نوع خاک	غلظت‌های علف‌کش (درصد میزان توصیه شده)					
	۰	۵	۱۵	۲۵	۴۰	۱۰۰
الف	۰ h	۲۹/۲۰ f	۳۶/۷ e	۴۳/۸۱ de	۵۷/۴۴ c	۷۲/۴۸ b
ب	۰ h	۱۹/۷۱ g	۲۶/۳۵ fg	۳۷/۷۳ e	۵۰/۷۴ cd	۷۵/۱۶ b

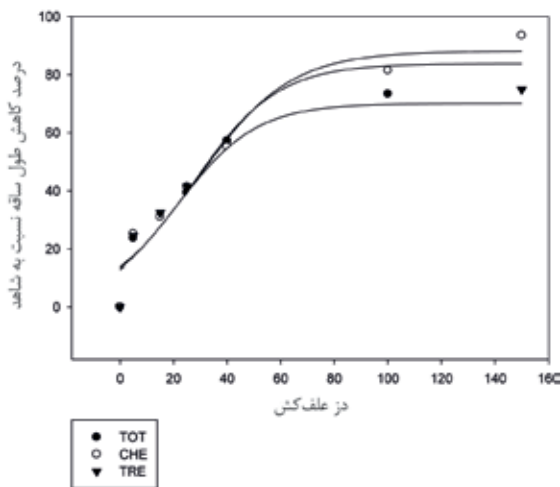
حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح ۰/۵ است.

جدول ۴. اثرات متقابل نوع خاک × نوع علف‌کش بر درصد کاهش طول گیاهچه برنج

نوع خاک	علف‌کش*	
	شوالیه	ترفلان
الف	۴۴/۱۵ a	۴۳/۴۲ bc
ب	۴۶/۷۶ ab	۳۹/۳۱ c

*توتال (متسولفورون + سولفوسولفورون) - شوالیه (مزوسولفورون + یدو سولفورون) - ترفلان (تریفلورالین) - حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح ۰/۵ است.

طول گیاهچه توسط علف‌کش ترفلان در مقایسه با دوز علف‌کش دیگر در غلظت پایین تر ایجاد می‌شود.



شکل ۱. منحنی دز-پاسخ درصد بازدارندگی رشد گیاهچه برنج نسبت به شاهد در غلظت‌های مختلف. در این شکل منظور از دز علف‌کش همان درصد کاربرد علف‌کش نسبت به دوز پیشنهاد شده می‌باشد. علف‌کش سولفوسولفورون + متسولفورون (توتال) با TOT و علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون (شوالیه) با CHE و علف‌کش تریفلورالین (ترفلان) با TRE مشخص شده‌اند.

غلظت‌ها به ترتیب درصد بازدارندگی نسبت به شاهد در گیاهچه‌های برنج افزایش یافت و این خسارت در علف‌کش شوالیه در غلظت ۱/۵ برابر میزان توصیه شده، به حدود ۹۳/۵ درصد رسید که بالاترین میزان درصد بازدارندگی نسبت به شاهد بود (جدول ۵ و شکل ۱). در اکثر غلظت‌ها اختلاف معنی‌داری دیده شد و تنها در غلظت ۱۵ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در هر سه علف‌کش میزان خسارت وارد شده به طول گیاهچه در گیاه برنج در غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ درصد در یک گروه آماری قرار گرفتند. هر چقدر غلظت علف‌کش در خاک بیشتر باشد، احتمال انتقال علف‌کش از کلونیدها به محلول خاک بیشتر است و برعکس. رابطه بین غلظت هر علف‌کش در خاک با میزان آن در محلول خاک یک رابطه مستقیم است. همان‌طور که سینگ و همکاران (۱۶) پس از تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت علف‌کش ترفلان در خاک میزان خسارت وارد شده به گیاه یولاف افزایش پیدا کرده است در اینجا نیز غلظت علف‌کش‌ها و میزان خسارت وارد شده در غلظت‌های مختلف این موضوع را تایید می‌کند. همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد ۵۰ درصد بازدارندگی

جدول ۵. اثرات متقابل نوع علف‌کش × غلظت علف‌کش بر درصد کاهش طول گیاهچه برنج

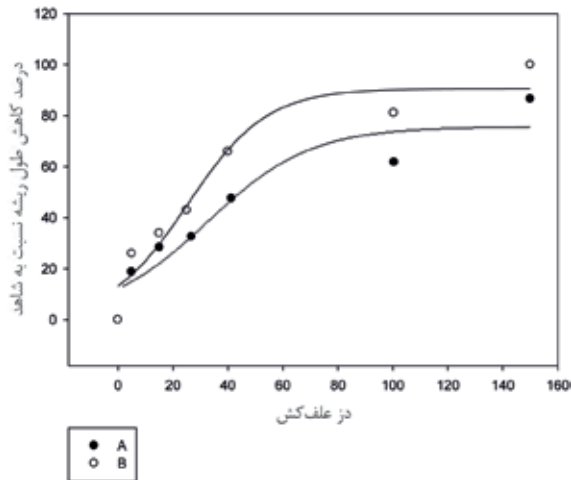
نوع علف‌کش*	غلظت علف‌کشا (درصد مقدار توصیه شده)**						
	۱۵۰	۱۰۰	۴۰	۲۵	۱۵	۵	۰
توتال	۹۳/۴۸ a	۷۳/۳۶ bc	۵۷/۲۰ de	۳۹/۳۹ fg	۳۱/۱۲ gh	۲۳/۶۷ h	۰ i
شوالیه	۹۳/۴ a	۸۱/۴۸ bc	۵۵/۲۲ de	۴۱/۴۱ fg	۳۱/۰۲ gh	۲۵/۲۰ h	۰ i
ترفلان	۷۴/۹ a	۶۶/۶۵ bc	۴۹/۵۶ de	۴۱/۵۳ fg	۳۲/۴۴ gh	۲۴/۵۱ h	۰ i

* توتال (متسولفورون + سولفوسولفورون) - شوالیه (مزوسولفورون + یدوسولفورون) - ترفلان (تریفلورالین)
**میزان توصیه شده برای علف‌کش‌های توتال، شوالیه و ترفلان به ترتیب ۴۵ گرم، ۴۰۰ گرم و ۲ لیتر در هکتار میباشد. - حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح ۰.۵٪ است.

جدول ۶. فرمول معادله خط و ضریب تبیین شکل ۱.

علف‌کش	معادله لجستیک	ضرایب	P	ضریب تبیین
توتال	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$a = 83/8118$	۰/۰۰۰۴	۰/۸۹
		$b = 15/7317$	۰/۰۴۶۷	
		$x_0 = 26/8482$	۰/۰۱۰۲	
شوالیه	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$a = 88/0992$	۰/۰۰۰۲	۰/۹۲
		$b = 17/2389$	۰/۰۳۳۱	
		$x_0 = 28/7930$	۰/۰۰۶۸	
ترفلان	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$a = 70/0786$	۰/۰۰۰۴	۰/۸۷
		$b = 14/7660$	۰/۰۴۸	
		$x_0 = 21/2801$	۰/۰۱۶۹	

علف‌کش در خاک ب مشاهده شد. میزان بازدارندگی این علف‌کش در کلیه غلظت‌ها در خاک ب بیشتر بوده است (شکل ۲ و جدول ۸).



شکل ۲. مقایسه درصد کاهش طول ریشه گیاهچه برنج در دو نوع خاک در علف‌کش توتال. در این شکل دز علف‌کش براساس درصد میزان توصیه شده می‌باشد.

طول ریشه برنج. بر اساس نتایج آنالیز واریانس داده‌های مربوط به طول ریشه برنج، کلیه اثرات به جز اثر نوع خاک معنی‌داری شده است.

اثر متقابل نوع خاک × غلظت علف‌کش × نوع علف‌کش. در هر سه علف‌کش با افزایش غلظت طول ریشه برنج کاهش یافت. در غلظت ۵ درصد میزان توصیه شده میزان خسارت وارد شده بر ریشه برنج در حضور علف‌کش ترفلان در خاک الف از سایر علف‌کش‌ها کمتر بود. در بالاترین غلظت که ۱۵۰ درصد میزان توصیه شده (۱/۵ برابر مقدار توصیه شده) بود تیمارها در دو گروه قرار گرفتند. در یک گروه علف‌کش‌های توتال در خاک الف و ترفلان در خاک الف و ب و در گروه دیگر تیمار شوالیه در خاک‌های الف و ب و علف‌کش توتال در خاک الف قرار گرفتند.

بر اساس نتایج جدول ۷ به ترتیب کم‌ترین و بیشترین میزان درصد کاهش طول ریشه برنج در غلظت‌های مختلف در غلظت ۵ درصد میزان توصیه شده علف‌کش توتال در خاک الف و در غلظت ۱/۵ برابر میزان توصیه شده این

جدول ۷. اثرات متقابل نوع خاک × غلظت علف‌کش × نوع علف‌کش بر درصد کاهش طول ریشه گیاهچه برنج

غلظت علف‌کش (درصد میزان توصیه شده)							نوع علف‌کش	نوع خاک
۱۵۰	۱۰۰	۴۰	۲۵	۱۵	۵	۰		
۸۶/۶۰ bc	۵۵/۶۱ ghi	۴۸/۱۷ lmno	۳۱/۸۱ qrst	۲۸/۴۳ rstu	۱۸/۷۴ u	۰ ^v	توتال	الف
۹۶/۴۰ ab	۷۴/۷۲ def	۶۸/۸۷ efg	۶۰/۳۲ ghij	۴۹/۳۱ jklmn	۳۰/۱۲ rstu	۰ ^v	شوالیه	
۸۰/۰۱ cd	۵۹/۷۱ ghijk	۵۲/۳۹ ijklm	۵۳/۹۱ ijklm	۴۸/۵۸ klmn	۴۴/۸۱ lmnop	۰ ^v	ترفلان	
۱۰۰ a	۸۱ cd	۶۵/۹۳ fgh	۴۳/۰۲ mnopq	۳۳/۹۴ pqrst	۲۵/۹۸ stu	۰ ^v	توتال	ب
۹۵/۵۶ ab	۸۹/۱۷ abc	۵۵/۲۸ hijkl	۳۳/۸۹ pqrst	۳۰/۶۹ rstu	۲۵/۵۶ stu	۰ ^v	شوالیه	
۸۳/۳۶ cd	۷۹/۵۱ cde	۵۶/۰۶ hijkl	۳۹/۴۲ nopqr	۳۵/۸۹ opqrs	۲۳/۵۱ tu	۰ ^v	ترفلان	

* توتال (متسولفورون + سولفوسولفورون) - شوالیه (مزو سولفورون + یدو سولفورون) - ترفلان (تریفلورالین) - حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح ۰.۵ است.

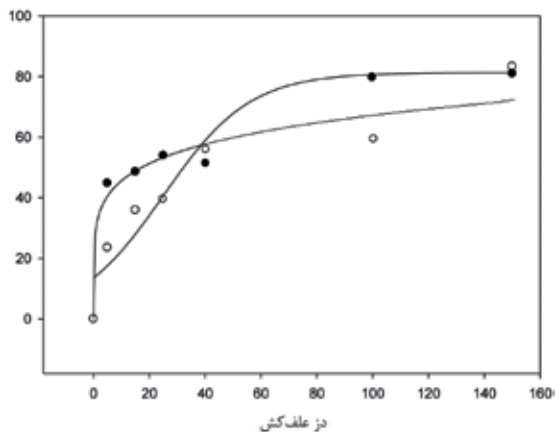
جدول ۸. معادله خط و ضریب تبیین نمودارها در علف‌کش توتال

نوع خاک	معادله لجستیک	ضرایب	P	ضریب تبیین
خاک الف	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$a = 75/7096$	۰/۰۰۰۹	۰/۸۵
		$b = 18/9547$	۰/۰۹۴۵	
		$x_0 = 1633/31$	۰/۰۲۵۹	
خاک ب	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$a = 90/6612$	۰/۰۰۰۳	۰/۹۰
		$b = 14/3544$	۰/۰۰۳۵	
		$x_0 = 25/3780$	۰/۰۷۵۱	

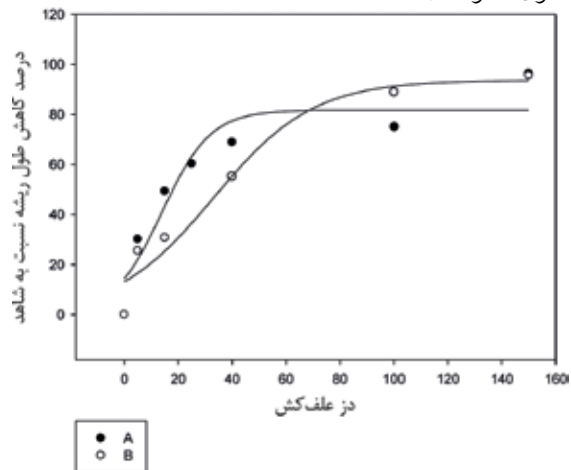
جدول ۱۱. اثر متقابل نوع خاک × نوع علف‌کش بر وزن تر گیاهچه برنج

نوع خاک	علف‌کش*		
	توتال	شوالیه	ترفلان
الف	۵۴/۲۲ c	۶۱/۹۱ a	۵۴/۱۳ c
ب	۵۹/۴۱ ab	۵۷/۱۸ bc	۴۹/۰۶ d

* توتال (متسولفورون + سولفوسولفورون) - شوالیه (مزو سولفورون + یدو سولفورون) - ترفلان (تریفلورالین) - حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح ۰.۵٪ است.



درصد کاهش طول ریشه توسط علف‌کش‌های شوالیه و ترفلان در دو نوع خاک با علف‌کش توتال متفاوت بود به گونه‌ای که در غلظت‌های پایین‌تر درصد بازدارندگی این علف‌کش‌ها در خاک الف بیشتر بود (شکل‌های ۳ و ۴ و جداول ۹ و ۱۰).



شکل ۳. مقایسه درصد کاهش طول ریشه گیاهچه برنج در دو نوع خاک در علف‌کش شوالیه. در این شکل دز علف‌کش براساس درصد میزان توصیه شده می‌باشد.

شکل ۴. مقایسه درصد کاهش طول ریشه گیاهچه برنج در دو نوع خاک در علف‌کش ترفلان. در این شکل دز علف‌کش براساس درصد میزان توصیه شده می‌باشد.

وزن تر گیاهچه برنج. پس از آنالیز واریانس داده‌های مربوط به وزن تر گیاهچه برنج، تنها اثرات نوع علف‌کش، غلظت علف‌کش و اثر متقابل نوع خاک × نوع علف‌کش معنی‌داری بود.

جدول ۹. معادله خط و ضریب تبیین نمودارها در علف‌کش شوالیه

نوع خاک	معادله لجستیک	ضرایب	P	ضریب تبیین
خاک الف	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$7336/a = 81$	$0.06/0$	۸۳٪
		$0.230/b = 9$	$0.841/0$	
		$8899/x_0 = 13$	$0.340/0$	
خاک ب	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$6830/a = 93$	$0.02/0$	۹۳٪
		$4227/b = 18$	$0.282/0$	
		$1859/x_0 = 33$	$0.049/0$	

جدول ۱۰. معادله خط و ضریب تبیین نمودارها در علف‌کش ترفلان

نوع خاک	معادله لجستیک	ضرایب	P	ضریب تبیین
خاک الف	$f = a * x^b$	$a = 30/8513$	0.0017	۰/۹۳
		$b = 0.1689$	0.0087	
خاک ب	$f = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$	$a = 81/2770$	0.0002	۰/۹۳
		$b = 15/5072$	0.0292	
		$x_0 = 24/9569$	0.0069	

محصولاتی مانند گندم، جو، کلزا، صیفی‌جات و برخی سبزیجات در تناوب با برنج قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه در هنگام کاشت یا مرحله داشت برای مبارزه با علف‌های هرز این محصولات اغلب از علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره و تریفلورالین استفاده می‌شود، مسئله پایداری و بقایای این علف‌کش‌ها و بروز گیاه‌سوزی روی گیاه برنج کاشته شده در تناوب، از موضوعاتی است که تا کنون بسیار کم و یا اصلاً مورد بررسی قرار نگرفته است. نکته مهمی که در رابطه با تناوب‌های زراعی وجود دارد این است که با تناوب در کاشت محصولات مختلف، تناوب در مصرف علف‌کش‌ها نیز باید رعایت شود. در رابطه با گیاه برنج با کمی دقت متوجه می‌شویم که علف‌کش‌هایی که در چند سال اخیر برای این گیاه به ثبت رسیده و مورد استفاده قرار گرفتند همگی از گروه سولفونیل‌اوره‌ها هستند و در این شرایط می‌بینیم که در تناوب گندم و برنج یا جو و برنج، و با رواج مصرف علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره در گندم، جو و برنج در حقیقت هیچ‌گونه تنوعی از نظر نحوه عمل علف‌کش‌های مصرف شده، وجود ندارد و همگی آنها مربوط به یک گروه شیمیایی و دارای نقطه اثر یکسانی هستند و مصرف پی در پی یک گروه خاص از علف‌کش‌ها ممکن است باعث تجمع آنها در خاک مزرعه، ایجاد سمیت برای گیاهان زراعی در تناوب‌های بعدی و زمینه ساز مشکلات دیگری شوند.

اثر متقابل نوع خاک × نوع علف‌کش. در هر سه علف‌کش اختلاف معنی‌داری بین دو نوع خاک وجود داشت. کمترین و بیشترین خسارت وارد شده به ترتیب مربوط به علف‌کش شوالیه در خاک الف و علف‌کش ترفلان در خاک ب بود.

نتایج نشان داد که بقایای هر سه علف‌کش روی رشد گیاهچه‌های برنج اثر منفی داشته و با بالا رفتن غلظت بقایا در خاک، میزان خسارت به گیاه برنج نیز افزایش پیدا می‌کند. این نتیجه با تحقیقات پاریش و همکاران (۱۳) در مورد گیاهان نخود و جو نیز مطابقت دارند. این محققین گزارش کردند که با بالاتر رفتن میزان بقایای علف‌کش سولفوسولفورن در خاک، میزان خسارت وارد شده به هر دو گیاه که در تناوب با گندم کاشته شده بودند، افزایش پیدا کرده است. رابطه بین باقیمانده علف‌کش در خاک و میزان خسارت وارد شده به گیاهان حساس در تناوب، یک رابطه مستقیم است، زیرا با بالا رفتن میزان بقایا، میزان باقیمانده علف‌کش در محلول خاک افزایش پیدا خواهد کرد و با توجه به حضور بیشتر باقیمانده علف‌کش در منطقه حضور ریشه و جذب این مواد توسط گیاه پتانسیل بروز خسارت به گیاهان حساس افزایش پیدا خواهد کرد (۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۴). به دلیل تنوع اقلیمی در ایران، تناوب‌های زراعی گوناگونی در مناطق مختلف وجود دارد. در مناطق شمالی کشور که برنج یکی از محصولات اصلی زراعت محسوب شده و معمولاً هر سال کشت می‌شود،

منابع

- ۱- ایران نژاد، ح. و ن. شهبازیان. ۱۳۸۳. زراعت غلات - جلد اول گندم. انتشارات کارنو.
- ۲- رضانی، م. ک. بهمن ۱۳۸۸. پایداری علف‌کش‌ها در خاک و پیامدهای آن بر گیاهان زراعی در تناوب. مجموعه مقالات سومین کنگره علوم علف‌های هرز ایران.
- ۳- زند، ا. م. ع. باغستانی، م. بیطرفان و پ. شیمی. ۱۳۸۶. راهنمای علف‌کش‌های ثبت شده در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۶۶ صفحه.
- ۴- منصوری، ح.، ا. زند، م. ع. باغستانی و م. توکلی. ۱۳۸۷. تاثیر علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در تناوب با گندم. دانش علف‌های هرز. ۴، (۱): ۷۵ تا ۸۳.
- ۵- ولی‌الله پور، م. م. ح. راشد محصل، م. ع. باغستانی، م. ع. لکزیان و ا. حسن‌زاده خیاط. ۱۳۸۸. بررسی اثر بقایای علف‌کش‌های مصرفی رایج در شالیزارها بر رشد برخی سبزیجات در استان مازندران. علوم و صنایع کشاورزی، ۲۲ (۲): ۶۱ تا ۷۰.
- ۶- یعقوبی اشرفی، ز. م. بهشتیان، ص. صادقی و ا. یونسی. ۱۳۸۶. زیست‌سنجی پسماند علف‌کش کلروسولفورون در خاک با استفاده از گیاه شاخص شاهی (*Lepidium sativum* L.). پژوهش در علوم کشاورزی، ۳ (۲): ۱۷۸ تا ۱۸۴.
- 7- Anderson, J.J. and J.J. Dulka. 1985. Environmental fate of sulfometuron methyl in aerobic soils. J. Agri. Food Chem. 33: 596-602.
- 8- Bradford, W., M. Minton., A. Matocha and S. A. Sensemen. 2008. Rotational crops response to soil applied trifloxysulfuron. Weed Technol. 22: 425-430
- 9- Cranmer, B.K. and R.L. Zimdahl. 1999. Sorption, dissipation, and leaching of metsulfuron in Colorado soils. Weed Sci. 47: 353-359.

- 10- Hager, A.G. and D. Nordby. 2007. Illinois Agricultural Pest Management Handbook. Pp: 343-350
- 11- Ian, D. and M.C. Donald. 2009. A whole plant bioassay system for the detection of ALS/AHAS herbicides residues in soils and determination of safe planting intervals for sensitive crops. The university of Guelph
- 12- Joshi, M.M., H.M. Brown and J.A. Romesser. Degradation of chlorsulfuron by soil microorganisms. 1985. Weed Sci. 33: 888-893
- 13- Parrish, S.K., Euler, J.P.R., Grogna, M., Spirtlet, A. Walker, F. Macvicar, H. and Cullington, J.E. 1995. Field, glasshouse and laboratory investigation into the rate of degradation of MON 37500 in European soils. Br.Crop port.Conf. Weeds. 2: 667-672
- 14- Pons, N. and E. Barriuso. 1998. Fate of metsulfuron-methyl in soils in relation to pedo-climatic conditions. Pes. Sci. 53: 311-323.
- 15- Russel, M. H., J.L. Saladini and F. Lichtner. 2002. Sulfonylurea herbicides. Pesticide outlook. 166-173.
- 16- Singh, K., K. Archana., R. Ran and S. Samunder. 2010. Effect of different temperature regimes on persistence of imazethapyr and trifluralin. Indian J. Weed Sci. 42: 1-2.
- 17- Szmigielski, A.M., J.J. Schoenau., E.N. Johnson., F.A. Holm and K.L. Sapsford. 2011. Determination of thiencazone in soil by the mustard root length bioassay. Weed Sci. 60:468-473.