بررسی حساسیت برخی حبوبات و گیاهان زراعی به پسماند علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون (شوالیه) در خاک

ابراهیم ایزدی دربندی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی حساسیت گیاهان زراعی نخود، لوبیا، عدس، کلزا، چغندرقند و گوجه‌فرنگی به بقایای علف‌کش شوالیه در خاک، آزمایشی در شرایط کنترل شده در سال ۱۳۸۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل گیاهان زراعی مذکور در ۶ سطح و غلظت بقایای علف‌کش شوالیه در خاک در ۷ سطح (صفر، ۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۳۷، ۰/۰۰۷۹، ۰/۰۱۵، ۰/۰۳۱ و ۰/۰۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. یک هفته پس از سبز شدن گیاهان، درصد سبز شدن آنها اندازه‌گیری شد و درصد بقا، زیست‌توده اندام هوایی و ریشه آنها ۳۰ روز پس از سبز شدن تعیین گردید. نتایج نشان داد که صفات مذکور در همه گیاهان مورد بررسی به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) در حضور پسماند علف‌کش کاهش یافتند و با افزایش بقایای شوالیه در خاک میزان سبز شدن، زیست‌توده تولیدی اندام هوایی و ریشه کاهش یافت. لوبیا کمترین تلفات زیست‌توده اندام هوایی (۴۴٪) و ریشه (۶۶/۷۸٪) را داشت و گوجه‌فرنگی بیشترین تلفات زیست توده اندام هوایی (۹۶/۳۸٪) و ریشه (۸۹/۴۶٪) را داشت. براساس شاخص ED_{50}، نخود ($۷/۹۱\times۱۰^{-۳}$ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) متحمل‌ترین و گوجه‌فرنگی (۳×۱۰^{-۴} میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) حساس‌ترین گیاه به بقایای علف‌کش شوالیه در خاک شناخته شدند و سایر گیاهان بررسی شده بین این دو به‌صورت گوجه‌فرنگی< چغندرقند< کلزا < عدس< لوبیا < نخود قرار گرفتند. به‌طورکلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که پسماند علف‌کش شوالیه در خاک می‌تواند به گیاهان زراعی در تناوب خسارت وارد کند و توجه به درجه حساسیت آنها در برنامه‌ریزی تناوب مهم است.

واژه‌های کلیدی: بقایای علف‌کش، چغندرقند، عدس، کلزا، گوجه‌فرنگی، لوبیا، نخود

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: eizadi2000@yahoo.com

مقدمه

گندم و جو از نظر سطح زیر کشت رتبه اول در بین محصولات زراعی را به خود اختصاص داده‌اند. از آنجا که در گندم عملیات وجین معمول نبوده و سایر روش‌های مکانیکی مبارزه با علف‌های هرز نیز کارایی لازم را ندارند، لذا کنترل شیمیایی و استفاده از علف‌کش‌ها مهم‌ترین روش مبارزه با علف‌های هرز گندم می‌باشد. در این ارتباط، سولفونیل اوره‌ها از مهم‌ترین علف‌کش‌هایی هستند که در مزارع گندم ایران علیه علف‌های هرز کاربرد دارند. این گروه از علف‌کش‌ها از بازدارنده‌های استولاکتات سنتاز می‌باشند که به‌صورت پس‌رویشی در مراحل اولیه رشد گندم به‌کار می‌روند (۱۷). علی‌رغم این‌که علف‌کش‌های مذکور اغلب پس‌رویشی هستند، اما فعالیت خاکی و جذب ریشه‌ای نسبتاً زیادی دارند. از این‌رو، از مهم‌ترین خصوصیات این علف‌کش‌ها این است که می‌توانند برای مدت طولانی در خاک به‌صورت فعال باقی‌مانده و با جذب شدن از طریق سیستم ریشه، علف‌های هرزی را که در طول فصل رشد سبز می‌شوند کنترل کنند (۱ و ۲). هر چند این ویژگی در برنامه مدیریت علف‌های هرز بسیار مفید است و یکی از اهداف استفاه از علف‌کش‌ها بقای آنها در خاک و کنترل طولانی مدت علف‌های هرز در طی فصل رشد می‌باشد (۹). با وجود این، براساس مطالعات انجام شده، این علف‌کش‌ها به‌دلیل این‌که از ماندگاری خوبی در خاک برخوردارند، پتانسیل وارد آوردن خسارت بر رشد و کاهش عملکرد محصولات موجود در تناوب را نیز دارند (۱۰ و ۱۳).

در آزمایشی که توسط سانتین- مونتانیا و همکاران (۱۲) در شرایط کشت هیدروپونیک و به منظور ارزیابی حساسیت هفت گیاه زراعی به بقایای سینوسولفورون انجام شد، گیاهان مورد بررسی از نظر حساسیت به بقایای سینوسولفورون به‌صورت جو< گوجه‌فرنگی< ماشک< پیاز< ذرت< کتان طبقه‌بندی شدند. براساس گزارش نامبردگان، در غلظت بسیار کم سینوسولفورون (۰/۰۰۱ و ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر) تلفات ماده خشک در گوجه‌فرنگی، جو، ماشک و پیاز به‌ترتیب ۴۳، ۷۴، ۹ و ۸۸ درصد بود. آنها اظهار کردند که علف‌کش‌های خانواده سولفونیل اوره در غلظت‌های بسیار کم هم قادر به خسارت زدن به گیاهان زراعی حساس هستند. در کانادا، هفت سال پس از کاربرد کلروسولفورون به‌میزان ۴۰ گرم در هکتار، کاشت عدس با مشکل مواجه شد (۱۰).

در آزمایشی دیگر، پس از کاربرد کلروسولفورون به میزان ۳۵ گرم در هکتار در گندم زمستانه، بقایای علف‌کش در خاک به گیاهانی چون لوبیا، یونجه و ذرت در ۸۰ و ۱۸۰ روز پس از کاربرد علف‌کش آسیب رساند، در حالی‌که چغندرقند و کلزا به‌ترتیب ۲۷۵ و ۱۴۰ روز پس از کاربرد آسیب دیدند (۵). بقایای حاصل از کاربرد علف‌کش کلروسولفورون در مونتانا، زیست‌توده چغندرقند و لوبیا را یک‌سال بعد از کاربرد و زیست‌توده عدس را سه سال پس از کاربرد کاهش داد (۳). آلونسو- پرادوس و همکاران (۱) در مطالعه‌ای که به منظور بررسی بقایای علف‌کش سولفوسولفورون، یک‌سال پس از کاربرد آن انجام دادند، مشاهده کردند که بقایای علف‌کش مذکور سبب خسارت معنی‌داری بر آفتابگردان شد ولی بر جو و ماش تأثیری نداشت. در مطالعه‌ای دیگر که به منظور بررسی اثر علف‌کش سولفوسولفورون به‌کار رفته در کشت گندم بر گیاهان تناوبی ذرت و سویا انجام گرفت دیده شد که بقایای این علف‌کش تأثیر نامطلوبی بر ذرت و سویا نداشت، ولی عمکرد دانه سورگوم و آفتابگردان به‌ترتیب ۵۸ و ۱۷ درصد کاهش یافت (۸).

براساس نتایج حاصل از مطالعات پور آذر و همکاران (۱۱) که به منظور بررسی تأثیر بقایای علف‌کش‌های شوالیه، آپیروس، مگاتن، بروماسید+ تاپیک، توتال و آتلانتیس به‌کار رفته در کشت گندم بر محصولات تناوبی ماش و ذرت انجام شد، مشاهده شد که بقایای علف‌کش‌های مگاتن و دزهای ۵۶ و ۶۸ گرم در هکتار آپیروس مصرف شده به‌ترتیب با ۳۷، ۲۴ و ۲۱ درصد کاهش محصول ماش و ۳۶، ۱۰ و ۱۷ درصد کاهش محصول ذرت بیشترین اثر منفی را بر این گیاهان داشتند. مزوسولفورون+ یدوسولفورون (شوالیه) یکی از علف‌کش‌های

خانواده سولفونیل اوره است که در مزارع گندم ایران در مرحله ۲ تا ۳ برگی علف‌های هرز و به مقدار ۳۰۰ تا ۴۰۰ گرم در هکتار استفاده می‌شود (۱۷). از بین مطالعات انجام شده در ارتباط با این علف‌کش، تأثیر بقایای احتمالی این علف‌کش بر سایر محصولات تناوبی کمتر مطالعه شده است. از این‌رو این مطالعه به منظور بررسی تأثیر و پتانسیل خسارت‌زایی بقایای این علف‌کش بر برخی محصولات زراعی در تناوب با گندم (مانند نخود، لوبیا، عدس، کلزا، چغندرقند و گوجه‌فرنگی) در شرایط کنترل شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در پاییز سال ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. میانگین دمای روزانه و شبانه گلخانه به‌ترتیب ۲۵ و ۱۸ درجه سلسیوس و طول روز ۱۲ ساعت بود. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در خاک (صفر، ۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۳۷، ۰/۰۰۷۹، ۰/۰۱۵، ۰/۰۳۱ و ۰/۰۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، که به‌ترتیب شامل صفر، ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد مقدار توصیه شده مزوسولفورون+ یدوسولفورون (۴۰۰ گرم در هکتار) هستند و گیاهان زراعی در هفت سطح [نخود (رقم ILC482)، لوبیا (رقم درخشان)، عدس (توده رباط)، کلزا (رقم اکاپی)، چغندرقند (رقم دورتی) و گوجه‌فرنگی (رقم فلات)] بودند. گیاهان مذکور معمولاً از گیاهان تناوبی پس از گندم هستند که علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در آنها به‌کار می‌رود. برای این منظور، خاکی به نسبت ۱:۱:۱ شن، خاک و خاک برگ تهیه شد و در گلخانه غلظت‌های مورد نظر مزوسولفورون+ یدوسولفورون برای اختلاط با خاک، پس از تهیه محلول مادر ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مزوسولفورون+ یدوسولفورون در آب مقطر، از رقیق کردن آن به‌دست آمد. به منظور اختلاط کامل و همگن علف‌کش با خاک، ابتدا یک کیلوگرم خاک برای هر غلظت علف‌کش تهیه شد و حجم محاسبه شده محلول مزوسولفورون+ یدوسولفورون 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 به‌طور مساوی تقریباً ۵۰ میلی‌لیتر از محلول آبی به خاک اضافه شود. بلافاصله پس از تبخیر کامل آب از سطح خاک، باقی‌مانده علف‌کش به‌طور کامل با خاک مخلوط شد. سپس نمونه خاک مخلوط شده با بخش دیگر خاک مربوط به هر غلظت علف‌کش کاملاً مخلوط شد و پس از انتقال به گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر، بذر گیاهان زراعی، بسته به نوع گیاه، به تعداد ۱۰ تا ۲۰ عدد در ۱۵ مهرماه در عمق مناسب کشت شد. برای ممانعت از آبشویی علف‌کش، گلدان‌ها به‌طور 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 آنها در هر گیاه محاسبه و گیاهان تنک و تراکم آنها به پنج بوته در هر گلدان تنظیم شد. سی روز پس از سبز شدن، بعد از تعیین درصد بقا با استفاده از معادله ۱، گیاهان مورد نظر در هر گلدان را برداشته و پس از خاک‌شویی ریشه، به آزمایشگاه منتقل شدند و به منظور خشکاندن به‌طور مجزا در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. سپس وزن خشک اندام هوایی و ریشه با ترازوی دقیق تعیین شد (۶).

[درصد بقاء =(تعداد گیاهان ۳۰ روز پس از سبز شدن) / (تعداد گیاهان اولیه پس از سبز شدن و تنک) ×۱۰۰] [۱]

پس از حصول داده‌های لازم، تجزیه واریانس آنها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد. تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل نیز با استفاده از نرم‌افزار R و از برازش زیست‌توده اندام هوایی گیاهان به معادله سیگموئیدی چهار پارامتری استفاده شد (معادله ۲) و غلظت‌های علف‌کش

جدول ۱. میانگین مربعات مربوط به درصد جوانه‌زنی، درصد بقا و وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان زراعی در صورت وجود بقایای مزوسولفورون+یدوسولفورون

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	درصد سبز شدن	بقا (درصد)
گیاه	۵	۵۷۴۹/۲۴۳**	۳۰۳۲/۸۷۷ **	۵۸۴۷/۵۱۴ **	۱۵۹۰۲/۷۸۳ **
پسماند علف‌کش	۶	۱۵۷۷۰/۲۳۴**	۱۷۴۲۲/۵۸**	۵۰۲۰/۲۸۵ **	۷۱۰۷/۶۳۸ **
گیاه× پسماند علف‌کش	۳۰	۸۳۷/۷۹۲**	۳۷۵/۵۲۹ **	۷۹/۱۹۷ **	۲۳۵۹/۸۰۱ **
خطا	۸۴	۴۰۵/۲۸۰	۱۶۴/۹۶۵	۸۸/۷۹۲	۶۶۱/۳۸۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۳/۳۴	۱۹/۲۶	۱۵/۱۰	۱۶/۶۸

**: معنی‌دار در سطح ۱٪

برای ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد بازدارندگی رشد گیاهان زراعی (ED_{10}، ED_{30} و ED_{50}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به‌کار گرفته شدند:

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

[۲]

که b شیب منحنی، c حد پایین منحنی (پاسخ زیست‌توده گیاه زمانی که باقی‌مانده علف‌کش حداکثر است)، e غلظتی از علف‌کش که باعث ۵۰٪ بازدارندگی رشد می‌شود و d حد بالای منحنی (زمانی‌که باقی‌مانده علف‌کش در خاک به سمت صفر میل می‌کند) و x غلظت علف کش در خاک است. در مواردی که در معادله فوق پارامتر c از نظر آماری معنی‌دار نشد، آن را حذف و معادله سه پارامتری سیگموئیدی برای برازش داده‌های حاصل مورد استفاده قرار گرفت (۶ و ۱۲).

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که همه شاخص‌های مورد مطالعه گیاهان (رشد ریشه، ساقه، درصد سبز شدن و بقا) به‌طور معنی‌دار ($P<0/001$) تحت تأثیر بقایای علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون قرار گرفتند (جدول ۱) و با افزایش بقایای علف‌کش این صفات به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (جدول ۲). از سوی دیگر، گیاهان مورد مطالعه در پاسخ به بقایای علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در خاک اختلاف معنی‌دار ($P<0/001$) با هم داشتند (جداول ۱ و ۲ و شکل‌های ۱ و ۲). براساس نتایج آزمایش، پاسخ گیاهان مورد مطالعه به تغییرات غلظت مزوسولفوران+یدوسولفوران در خاک از رابطه لجستیک تبعیت می‌کرد که با سایر مطالعات انجام شده در این ارتباط مطابقت دارد (۱۲). با توجه به روند تغییرات زیست‌توده گیاهان، در بین حبوبات مطالعه شده در این آزمایش لوبیا و نخود متحمل‌ترین و عدس حساس‌ترین گیاهان به بقایای علف‌کش مزوسولفوران+ یدوسولفوران بودند (شکل ۱). به‌طوری‌که متوسط تلفات زیست‌توده اندام هوایی در غلظت‌های مختلف علف‌کش در عدس (۵۶/۱۲٪) و در لوبیا (۴۴٪) بود (شکل ۱ و جدول ۲) و نخود با ۴۸/۴۹٪ تلفات زیست‌توده اندام هوایی پس از عدس از نظر حساسیت در رتبه دوم قرار گرفت. براساس نتایج حاصل به نظر می‌رسد با توجه به اختلاف در واکنش حبوبات به بقایای علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون، می‌توان از این مهم در تدوین برنامه تناوب زراعی و در مدیریت بقایای علف‌کش مذکور استفاده کرد. سایر مطالعات انجام شده در این زمینه بیانگر حساس بودن حبوبات به بقایای علف‌کش‌ها می‌باشند. هالاوی و همکاران (۵) در مقایسه دو گیاه عدس و نخود برای تعیین بقایای احتمالی کلروسولفورون، مت‌سولفورون متیل و ترایا سولفورون در خاک دریافتند که عدس به بقایای علف‌کش مذکور حساس‌تر و نسبت به نخود گیاه مناسب‌تری برای تعیین

جدول ۲. مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه، درصد سبز شدن و درصد بقای گیاهان زراعی در غلظت‌های مختلف علف‌کش شوالیه در خاک

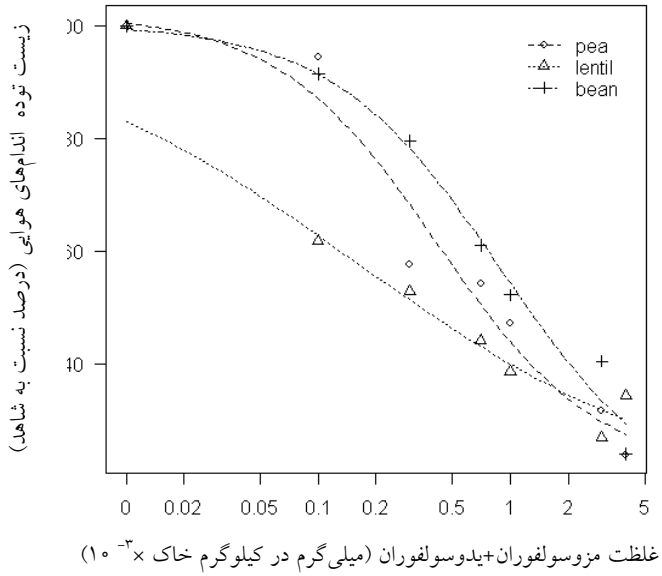
گیاه	غلظت علف‌کش	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	سبز شدن (درصد)	بقا (درصد)
لوبیا	۰	۱۰۰ a	۱۰۰ a	۱۰۰ a	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱۵	۹۱/۵۲۰ a	۵۵/۵۵۰ b	۸۱/۶۱ b-e	۱۰۰ a
	۰/۰۰۳۷	۶۶/۶۰۰ b	۳۹/۳۴۰ c	۷۱/۴۲ d-h	۱۰۰ a
	۰/۰۰۷۹	۶۱/۰۷۰ bc	۳۱/۶۹۰ cd	۷۱/۴۲ d-h	۱۰۰ a
	۰/۰۱۵	۵۲/۲۴۰ b-e	۲۷/۳۲۲ c-f	۶۶/۶۶ d-j	۱۰۰ a
	۰/۰۳۱	۴۰/۴۸۰ d-g	۳۰/۶۰۰ c-d	۵۷/۱۴ h-k	۱۰۰ a
	۰/۰۴۷	۲۴/۰۴۰ g-k	۱۴/۷۵۰ e-j	۴۲/۷۱ kl	۶۶/۶۶ a
نخود	۰	۱۰۰ a	۱۰۰ b	۹۵/۲۳ ab	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱۵	۹۴/۴۷۵ a	۶۰/۷۳ c-d	۹۰/۴۷ a-c	۱۰۰ a
	۰/۰۰۳۷	۵۷/۶۷۲ b-d	۵۱/۸۴ c-d	۹۰/۴۷ a-c	۸۸/۸۸ a
	۰/۰۰۷۹	۵۴/۶۹۶ b-e	۴۹/۳۸ c-e	۷۶/۱۸ c-g	۸۸/۸۸ a
	۰/۰۱۵	۴۷/۱۴۵ c-f	۶۱/۶۸ c-g	۶۶/۶۶ d-j	۶۶/۶۶ a
	۰/۰۳۱	۱۳/۶۷۵ f-i	۴۰/۴۹ c-h	۶۶/۶۶ d-j	۶۶/۶۶ a
	۰/۰۴۷	۲۳/۷۵۶ h-l	۲۱/۷۷ f-j	۵۲/۳۷ i-k	۵۵/۵۵ a
عدس	۰	۱۰۰ e-h	۱۰۰ d-i	۹۰/۴۷ a-c	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱۵	۶۱/۷۶ h-l	۵۲/۳۰ f-j	۸۰/۹۴ b-e	۱۰۰ a
	۰/۰۰۳۷	۵۲/۹۴ h-m	۴۸/۴۶ g-j	۶۶/۷۵ d-j	۱۰۰ a
	۰/۰۰۷۹	۴۴/۱۱ i-m	۴۲/۳۰ h-j	۶۶/۷۵ d-j	۱۰۰ a
	۰/۰۱۵	۳۸/۷۲ i-m	۳۵/۳۸ ij	۶۲/۰۸ f-j	۱۰۰ a
	۰/۰۳۱	۷۲/۳۸ i-m	۲۹/۲۳ j	۶۲/۰۸ f-j	۱۰۰ a
	۰/۰۴۷	۲۶/۹۶ i-m	۱۳/۰۷ j	۵۲/۵۶ i-k	۷۷/۷۷ a
چغندرقند	۰	۱۰۰ g-j	۱۰۰ e-j	۹۱/۶۶ a-c	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱۵	۶۵/۳۰ i-m	۲۴/۰۵ j	۸۳/۳۳ c-f	۱۰۰ a
	۰/۰۰۳۷	۴۲/۱۷ j-m	۱۷/۷۲ j	۷۹/۱۶ e-j	۷۷/۷۷ a
	۰/۰۰۷۹	۳۱/۲۹ j-m	۱۳/۹۲ j	۷۰/۸۳ e-j	۶۶/۶۶ a
	۰/۰۱۵	۲۵/۱۷ k-m	۱۲/۶۲ j	۵۴/۱۶ h-k	۶۶/۶۶ a
	۰/۰۳۱	۱۵/۶۴ l-m	۳/۷۹ j	۵۰/۰۰ kl	۶۶/۶۶ a
	۰/۰۴۷	۰/۰۰ m	۰/۰۰ j	۵۰/۰۰ kl	۰/۰۰ b
کلزا	۰	۱۰۰ j-m	۱۰۰ j	۸۸/۳۳ a-d	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱۵	۱۰۰ j-m	۷۵/۰۰ j	۷۶/۶۶ c-f	۱۰۰ a
	۰/۰۰۳۷	۸۵/۱۸ j-m	۶۰/۰۰ j	۶۳/۳۳ e-j	۱۰۰ a
	۰/۰۰۷۹	۷۷/۷۷ j-m	۱۵/۰۰ j	۶۳/۳۳ e-j	۱۰۰ a
	۰/۰۱۵	۴۰/۷۴ m	۰/۰۰ j	۵۳/۳۳ h-k	۰ b
	۰/۰۳۱	۰/۰۰ m	۰/۰۰ j	۴۰/۰۰ kl	۰ b
	۰/۰۴۷	۰/۰۰ m	۰/۰۰ j	۴۰/۰۰ kl	۰ b
گوجه‌فرنگی	۰	۱۰۰ i-m	۱۰۰ j	۵۵/۷۷ g-k	۱۰۰ a
	۰/۰۰۱۵	۲۲/۹۷ m	۴۵/۴۵ j	۵۵/۳۳ h-k	۶۶/۶۶ a
	۰/۰۰۳۷	۲۰/۲۷ m	۱۸/۱۸ j	۳۹/۹۹ kl	۰ b
	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰ m	۰/۰۰ j	۳۳/۳۳ l	۰ b
	۰/۰۱۵	۰/۰۰ m	۰/۰۰ j	۱۷/۷۷ m	۰ b
	۰/۰۳۱	۰/۰۰ m	۰/۰۰ j	۸/۸۸ mn	۰ b
	۰/۰۴۷	۰/۰۰ m	۰/۰۰ j	۰ n	۰ b

پسماند احتمالی علف‌کش‌های فوق در خاک است. اوستن و واکر (۱۰) نیز عدس را نسبت به نخود گیاه حساس‌تری به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل اوره معرفی کرده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر که به منظور ارزیابی تأثیر بقایای آترازین بر گیاهان زارعی مختلف انجام شد، نخود و عدس به‌ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین حبوبات به بقایای علف‌کش آترازین بودند و لوبیا تحمل بیشتری نسبت به عدس و نخود داشت (۶).

با توجه به نتایج آزمایش، در بین سایر گیاهان مورد بررسی نیز اختلاف معنی‌داری در تحمل به پسماند علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در خاک دیده شد. نگاهی به روند تغییرات زیست‌توده تولید شده اندام هوایی گیاهان مذکور، در پاسخ به غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون، نشان می‌دهد که گوجه‌فرنگی حساس‌ترین و کلزا متحمل‌ترین گیاهان به بقایای علف‌کش مزوسولفوران+یدوسولفوران بودند. به‌طوری‌که متوسط تلفات زیست‌توده اندام هوایی در گوجه‌فرنگی و کلزا به‌ترتیب ۹۶/۸ و ۴۹/۳ درصد بود. از طرفی، در گوجه‌فرنگی در غلظت ۰/۰۰۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک علف‌کش شوالیه، زیست‌توده اندام هوایی صفر شد. حال این‌که این مسأله در کلزا در غلظت‌های زیادتری از شوالیه در خاک (۰/۰۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) اتفاق افتاد (شکل ۲ و جدول ۲). از سوی دیگر، در بین گیاهان مذکور، چغندرقند با متوسط تلفات زیست‌توده اندام هوایی (۷۰٪) نسبت به کلزا حساس‌تر بود. این نتایج ضمن این‌که نشان از آسیب‌پذیری شدید گوجه‌فرنگی و چغندرقند به بقایای علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون در خاک دارند، دلالت بر تنوع ژنتیکی تحمل گیاهان زراعی مختلف دارند و این مسأله می‌تواند در اعمال برنامه تناوب زراعی مطلوب، پس از کاربرد مزوسولفوران+یدوسولفوران در گندم مفید باشد.

روند تغییرات رشد ریشه گیاهان مورد آزمایش نیز نشان داد که با افزایش بقایای علف‌کش مزوسولفوران+یدوسولفوران، رشد ریشه آنها نیز مانند اندام هوایی تحت تأثیر قرار گرفته و به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جداول ۱ و ۲). براساس نتایج آزمایش، می‌توان گیاهان مورد مطالعه را براساس تحمل رشد ریشه آنها به‌صورت لوبیا> کلزا> نخود–چغندرقند> گوجه‌فرنگی> عدس طبقه‌بندی کرد که به‌ترتیب دارای ۶۶/۷۸، ۷۳/۱۶، ۸۵/۳۸، ۸۷/۹۷، ۸۹/۳۹ و ۹۵/۲۱ درصد تلفات رشد ریشه بودند. بر این اساس، در بین حبوبات، عدس به‌طور متوسط با ۹۵/۲۱٪ تلفات رشد ریشه، حساس‌ترین گیاه و لوبیا با متوسط با ۶۶/۷۸٪ تلفات رشد ریشه متحمل‌ترین حبوبات به پسماند علف‌کش شوالیه بودند. در بین سایر گیاهان، گوجه‌فرنگی با ۸۹/۱۶٪ تلفات رشد ریشه حساس‌ترین گیاه بود. به‌طوری‌که با از بین رفتن گیاهان از غلظت ۰/۰۰۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم شوالیه رشد ریشه آن متوقف شد و کلزا با متوسط ۷۳/۱۶٪ تلفات زیست‌توده ریشه از تحمل بیشتری نسبت به چغندرقند و گوجه‌فرنگی برخوردار بود (جدول ۲). از آنجا که ریشه در مقایسه با اندام هوایی در تماس مستقیم با بقایای علف‌کش است، انتظار می‌رود که نسبت به اندام هوایی گیاهان به بقایای علف کش آسیب پذیرتر باشد. این مسأله با توجه به فعالیت زیاد خاکی علف‌کش‌های سولفونیل اوره و از آنجایی که علف‌کش‌های مذکور علاوه بر نحوه عمل اصلی آنها (بازدارندگان سنتز اسیدهای امینه)، ممانعت‌کننده رشد و تقسیم سلولی در مناطق رشد از جمله مریستم‌های انتهایی ریشه هستند اهمیت بیشتری دارد.

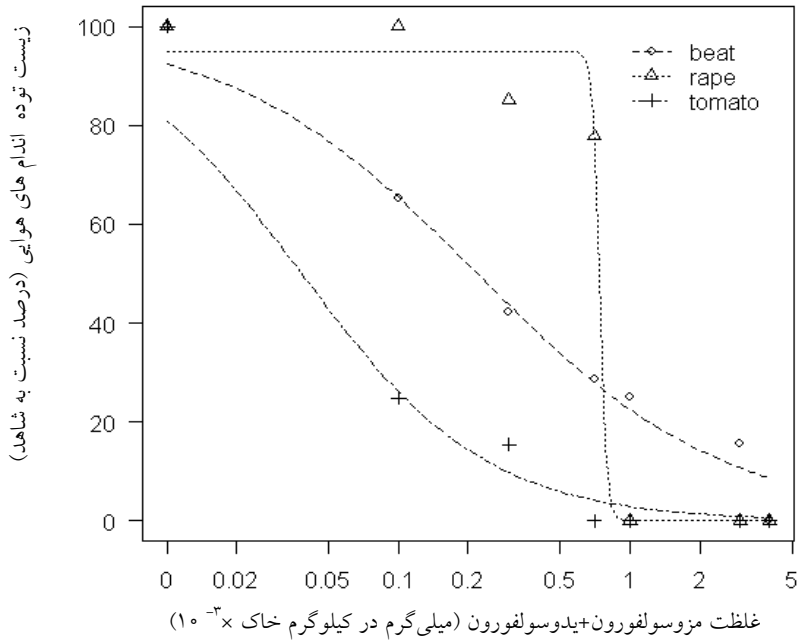
با این حال، عکس‌العمل اندام‌های گیاهان مختلف به بقایای علف‌کش ممکن است متفاوت باشد و به‌طورکلی با توجه به این‌که جداسازی اندام زیرزمینی گیاه نسبت به اندام هوایی آنها کاری دشوار و همراه با خطای احتمالی است و در آزمایش حاضر نیز علی‌رغم دقت زیاد در این ارتباط امکان خطا و اتلاف زیست‌توده ریشه در مرحله شستشوی آن وجود دارد، لذا مقایسه زیست‌توده اندام هوایی جهت ارزیابی حساسیت گیاهان مورد مطالعه از دقت بیشتری برخوردار بوده و منطقی‌تر است. به‌طوری‌که در اغلب مطالعاتی که در این زمینه انجام می‌شود، رشد اندام هوایی گیاهان بیشتر ملاک ارزیابی قرار می‌گیرد



شکل ۱. پاسخ ماده خشک نخود (◊)، عدس (Δ) و لوبیا (÷) به غلظت‌های مختلف پسماند علف‌کش شوالیه در خاک

(۱۴ و ۱۶). با این وجود، در مطالعات دقیق مربوط به زیست‌سنجی باقی‌مانده علف‌کش‌ها، رشد ریشه، به‌ویژه در گیاهان حساس، شاخص مهمی در ارزیابی حساسیت گونه‌ها به بقایای علف‌کش‌ها می‌باشد و در این ارتباط بسته به نوع علف‌کش و گیاه زراعی، نتایج مختلفی گزارش شده است (۴، ۵ ۶ و ۷). ویکاری و همکاران (۱۵)، در ارزیابی استفاده از زیست‌سنجی در تعیین بقایای علف‌کش 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 مت‌سولفورون متیل با استفاده از روش‌های آنالیز دستگاهی، آزمایش زیست‌سنجی ریشه عدس معیار مناسبی برای تعیین بقایای مت‌سولفورون بود. حال این‌که ویباوا و همکاران (۱۶) در مطالعه‌ای که به منظور بررسی اثرهای سمیت علف‌کش‌های پاراکوات، گلایفوسیت و گلیفوزینیت آمونیوم بر گیاهان زراعی ذرت و کدو انجام دادند، گزارش کردند که بقایای علف‌کش‌های مذکور در مقادیر مختلف کاربرد تأثیری بر رشد و بقای گیاهان فوق، به‌ویژه طول و وزن ریشه آنها، نداشتند. ژمیگیلسکی و همکاران (۱۴) نیز در ارزیابی روش زیست‌سنجی خردل در تعیین بقایای احتمالی علف‌کش فلوکاربازون، ضمن اشاره به حساسیت زیاد ریشه خردل به بقایای غیر قابل تشخیص فلوکاربازون، با استفاده از روش‌های تشخیص کروماتوگرافی، گزارش کردند که این روش نسبت به روش شیمیایی در تعیین بقایای علف‌کش مذکور بهتر است. به‌طوری‌که براساس ارزیابی نامبردگان، این روش بیش از ۸۸٪ نتایج قابل قبولی را در تعیین بقایای فلوکاربازون ارایه داد. نتایج این آزمایش نیز ضمن اشاره به حساسیت رشد ریشه گیاهان مورد مطالعه نشان می‌دهد که در بین گیاهان مطالعه شده، رشد ریشه کلزا نسبت به ساقه آن حساس‌تر است و احتمالاً گیاه مناسبی در آزمایش‌های زیست‌سنجی مربوط به بقایای علف‌کش تریبنورون متیل باشد. لذا احتمالاً 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 زیست‌سنجی قبل از کاشت دارد.

براساس نتایج حاصل، واکنش گیاهان مورد بررسی به بقایای علف‌کش شوالیه در پارامترهای درصد سبز شدن و بقای متفاوت بود. بر این اساس، درصد سبز شدن در همه گیاهان تحت تأثیر حضور بقایای مزوسولفورون+یدوسولفورون قرار گرفت. حال



شکل ۲. پاسخ ماده خشک چغندر قند(◊)، کلزا (Δ) و گوجه‌فرنگی (+) به غلظت‌های مختلف پسماند علف‌کش شوالیه در خاک

جدول ۳. پارامترهای برآورد شده توسط مدل سه پارامتری لگاریتمی لجستیکی

گیاه	b	D	ED10	ED30	ED50	سطح احتمال
نخود	۰/۷۲ (۰/۱)*	۱۰۲/۵ (۵/۳۶)	۳/۸۹×۱۰^-۴ (۰/۰۲×۱۰^-۳)	۲/۷۴×۱۰^-۳(۰/۰۷×۱۰^-۳)	۷/۹۱×۱۰^-۳(۰/۱۷×۱۰^-۳)	p<۰/۰۰۰۷
عدس	۰/۳۶ (۰/۰۸)	۱۰۰ (۵/۷۱)	۹/۴۲×۱۰^-۶(۰/۰۰)	۹/۴۲×۱۰^-۶(۰/۰۳×۱۰^-۳)	۳/۶×۱۰^-۳(۰/۱۶×۱۰^-۲)	p<۰/۰۴
لوبیا	۰/۸۲ (۰/۱۳)	۱۰۱ (۵/۲۱)	۰/۹۹×۱۰^-۴(۰/۰۴×۱۰^-۳)	۴/۵۸×۱۰^-۳(۰/۱۳×۱۰^-۳)	۱/۲۷×۱۰^-۲(۰/۲۵×۱۰^-۳)	p<۰/۰۰۰۴
چغندرقند	۰/۸۱ (۰/۱۱)	۹۹/۸۶ (۵/۱)	۰/۰۱×۱۰^-۲(۰/۰۰۷×۱۰^-۳)	۰/۰۷×۱۰^-۲(۰/۰۴×۱۰^-۳)	۰/۲۱×۱۰^-۲(۰/۰۴×۱۰^-۳)	p<۰/۰۲۸
کلزا	۲۳/۶۵ (۹۳/۱)	۹۵/۰۶ (۲/۹۵)	۰/۶۷×۱۰^-۲(۰/۰۷×۱۰^-۳)	۰/۷۱×۱۰^-۲(۰/۰۷×۱۰^-۳)	۰/۷۴×۱۰^-۲(۰/۱۸×۱۰^-۳)	p<۰/۰۲۸
گوجه‌فرنگی	۱/۰۷ (۰/۳۳)	۹۹/۹۵ (۵/۱)	۰/۰۰۴×۱۰^-۲(۰/۰۰)	۰/۰۱×۱۰^-۲(۰/۰۱×۱۰^-۳)	۰/۰۳×۱۰^-۲(۰/۰۱×۱۰^-۳)	p<۰/۰۰۱

*: خطای استاندارد

این‌که بسته به نوع گیاه زراعی، پاسخ بقای گیاهان به پسماند علف‌کش متفاوت بود. به‌طوری‌که با وجود عدم تأثیر پسماند مزوسولفورون+ یدوسولفورون بر بقای گیاهان زراعی لوبیا، نخود و عدس اما بقای چغدرقند، کلزا و گوجه‌فرنگی را تحت تأثیر قرار داد و به‌طور معنی‌داری کاهش داد. بر این اساس، به نظر می‌رسد برای جبران کاهش تراکم گیاهان زراعی حساس به بقایای علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون نیاز به کشت آنها در تراکم‌های بیشتر باشد.

در آزمایش‌های زیست‌سنجی، استفاده از شاخص‌های ED_{10}، ED_{30} و به‌خصوص ED_{50} (غلظت‌های علف‌کش برای ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد بازدارندگی رشد گیاهان) از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی حساسیت گیاهان به بقایای علف‌کش‌ها و طبقه‌بندی آنها بر این اساس می‌باشد (۵ و ۱۲). براساس نتایج حاصل از این آزمایش و برآورد پارامتر ED_{50} حاصل از برازش

داده‌های زیست‌توده اندام هوایی گیاهان مورد مطالعه به معادلات ۳ و ۴ پارامتری سیگموییدی، حساسیت آنها به بقایای علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون را می‌توان به‌ترتیب به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد (جدول ۳):

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

در ارتباط با حساسیت گیاهان مختلف به بقایای سولفونیل اوره‌ها گزارش‌های مختلفی منتشر شده است. در مزارع تحت تیمار با علف‌کش مت‌سولفورون متیل و تریا سولفورون، گزارش شده است که کلزا، ذرت، عدس، نخود، سیب‌زمینی و چغندرقند آسیب دیدند. در حالی‌که جو و آفتابگردان حساسیتی به بقایای علف‌کش مذکور نشان ندادند. هم‌چنین با کاربرد مت‌سولفورون و تریاسولفورون، محصولات تناوبی از جمله کلزا، ذرت، عدس، نخود، سیب‌زمینی و چغندرقند به بقایای آنها حساسیت نشان دادند، اما جو، کتان و گندم نسبت به آنها متحمل بودند (۱۲). در آزمایشی مزرعه‌ای که به منظور بررسی تأثیر باقیمانده علف‌کش سولفونیل اوره بر کلزا انجام شده گزارش شده که بقایای علف‌کش سولفوسولفورون در خاک منجر به خسارت و کاهش عملکرد کلزا در تناوب با گندم شد و با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش از ۴۲ به ۵۲ گرم ماده مؤثره در هکتار، تلفات عملکرد کلزا از ۱۳/۵ درصد به ۱۷/۵ درصد افزایش یافت (۱۱).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد با وجود کاربرد بسیار اندک علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون و با توجه به ماندگاری نسبتاً زیاد آن در خاک، بقایای آن در تناوب‌های زراعی نخود، لوبیا، عدس، کلزا، چغندرقند و گوجه‌فرنگی را دچار محدودیت می‌کند. لذا ایجاد فاصله زمانی مناسب برای کشت گیاهان مذکور ضرورت دارد. از سوی دیگر، از آنجا که ماندگاری و زیست ماندگاری علف‌کش‌ها متأثر از عوامل متعددی است (۱۳)، انجام آزمایش‌های بیشتر در این ارتباط، به‌ویژه در شرایط واقعی مزرعه‌ای و نیز انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی و آنالیز دستگاهی پس از برداشت محصولاتی که با علف‌کش تیمار شده‌اند و قبل از کاشت محصولات بعدی، پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Alonso-prados, J. L., E. Hernadez-Sevillano, S. Llanos, M. Villarroya and J. M. Garcia- Baudin. 2002. Effects of sulfosulfuron soil residues on barley (*Hordeum vulgare*), sunflower (*Helianthus annus*) and common vetch (*Vicia sativa*). *Crop Protection* 21: 1061-1066.
2. Brewester, W. D. and B. Appleby. 1983. Response of wheat (*Triticum aesativum*) and rotational crops to chlorsulfuron. *Weed Science* 31: 861-865.
3. Carda, K. M., D. Mulugeto, P. K. Fay and E. S. Davis. 1991. The residual properties of triasulfuron in Montana. *Proceeding of Western Society of Weed Science* 44: 80-82.
4. Gunther, P., A. Rahman and W. Pestemer. 1989. Quantitative bioassays for determining residues and availability to plants of sulphonylurea herbicides. *Weed Research* 29: 141-146.
5. Halloway, K. I., R. S. Kookna, D. M. Noy, J. G. Smith and N. Wilhelm. 2006. Crop damage caused by residual Acetolacetate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 1323-1331.
6. Izadi, E., M. H. Rashed Mohassel, M. Dehghan and G. Mahmoodi. 2011. Evaluation of sulfosulforun (Apyrus) soil residue effect on 7 crops in rotation of wheat. *Iranian Journal of Weed Science* 6: 53-64. (In Farsi).
7. Jettner, R. J., S. R. Walker, J. D. Churchett, F. P. C. Blamey, S. W Adkins and K. Bell. 1999. Plant sensitivity to atrazine and chlorsulfuron residues in a soil-free system. *Weed Research* 39: 287-295.
8. Kelley, J. P. and T. F. Peeper. 2003. Wheat (*Triticum aestivum*) and rotation crop response to MON 37500. *Weed Technology* 17: 55-59.
9. Moyer, J. R. and W. M. Hamman. 2001. Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crop. *Weed Technology* 15: 42-47.

10. Osten, V. A. and S. R. Walker. 1998. Paroling intervals for sulfonylurea herbicides are short in semi-arid subtropics of Australia. *Australia Journal of Experimental Agriculture* 38: 71-76.
11. Pour Azar, R., E. Zand, M. A. Baghestani, H. Mansoori and R. Deihimfard. 2009. Response of some crops grown in rotation with wheat to the residues of sulfonylurea herbicides in Khuzestan province. *Journal of Agroecology* 1: 29-35. (In Farsi).
12. Santin-Montanya, I., J. L. Alonso-Prados, M. Villarroya and J. M. Garcia-Baudin. 2006. Bioassay for determining sensitivity to sulfosulfuron on seven plant species. *Journal of Environmental Science and Health* 41: 781-793.
13. Strek, H. J. 2005. The science of DuPont's soil residual herbicides in Canada. PP. 31-44. *In:* Van Acker, R. C. (Ed.), Soil Residual Herbicides: Science and Management, Volume 3, Sainte Anne-ed Bellevue, Quebec, Canada.
14. Szmigielski, A. M., J. J. Schoenau and A. I. Brian Schilling. 2008. Evaluating a mustard root-length bioassay for predicting crop injury from soil residual flucarbazone. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39: 413-420.
15. Vicari, A., P. Catizone and R. L. Zimdahle. 1994. Persistence and mobility of chlorosulfuron and metsulfulorun under different soil and climatic conditions. *Weed Research* 34: 147-155.
16. Wibawa, W., R. B. Mohamad, A. B. Puteh, D. Omar, A. S. Juraimi and S. A. Abdullah. 2009. Residual phytotoxicity effects of paraquat, glyphosate and glufosinate-ammonium herbicides in soils from field treated plots. *International Journal of Agriculture and Biology* 11: 214-216.
17. Zand, E., S. K. Mousavi and A. Heidari. 2009. Herbicides and Their Application. Mashhad Jehad-e-Daneshghahi Publication, 567 p. (In Farsi).