نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۹۷-۸۵

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 85-97

بررسی اثر باقی‌مانده مصرف چند علف‌کش سولفونیل اوره گندم (*Triticum aestivum* L.) در کشت حفاظتی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)

محمدحسن هادی‌زاده[1*]- سید حسین حسینی کیا[2]-سید حسین ترابی[3]- کمال حاج محمدنیا قالیباف[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر باقی‌مانده‌ی چند علف‌کش سولفونیل اوره مورد استفاده در کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) بر پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، آزمایشی در دو بخش مزرعه و گلخانه در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار در شهرستان سرخس طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارها شامل پنج علف‌کش سولفوسولفورون (۲۶/۶ گرم در هکتارآپیروس ۷۵٪)، مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر (۱/۵ لیتر در هکتار آتلانتیس ۲/۱٪)، تریاسولفورون+دایکمبا (۱۶۵ گرم در هکتار لینتور ۷۰٪)، تریاسولفورون+تربوترین (۲۵۰ گرم در هکتار لوگران اکسترا ۶۴٪) و متسولفورون+سولفوسولفورون (۴۰ گرم در هکتار توتال ۸۰٪) بودند که در مرحله رشد پنج‌برگی گندم به میزان توصیه‌شده مصرف شدند. یک تیمار شاهد بدون علف‌کش (وجین دستی علف‌های هرز) نیز در نظر گرفته شد. آزمون زیست‌سنجی باقی‌مانده علف‌کش در گلخانه با تهیه نمونه خاک از تیمارهای مذکور بلافاصله پس از برداشت گندم و کشت گلدانی گیاهان پنبه، ذرت، جو و کلزا اجرا شد. نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که بقایای علف‌کش‌های توتال، آپیروس و آتلانتیس به علت وجود علف‌کش‌های پایدار مت‌سولفورون‌متیل، سولفوسولفورون و مزوسولفورون در ترکیب خود، باعث مسمومیت پنبه در ابتدای رویش به صورت توقف در رشد بوته‌ها و کاهش وزن خشک اندام هوایی شدند. ریشه پنبه در مزرعه فقط تحت تأثیر باقی‌مانده علف‌کش توتال قرار گرفت. علایم ظاهری خسارت از جانب هیچ تیماری در پنبه پایدار نبود، به طوری‌که توقف در رشد پنبه به مرور جبران شد و در نهایت تعداد غوزه و عملکرد محصول تحت تأثیر معنی دار باقی‌مانده علف‌کش‌ها قرار نگرفت. بر اساس نتایج آزمایش گلخانه‌ای، باقی‌مانده علف‌کش‌های توتال، آتلانتیس و آپیروس وزن خشک اندام هوایی پنبه و علف‌کش‌های توتال و آپیروس موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به شاهد شدند. میزان مسمویت گیاهان در آزمایش گلخانه برای کلزا بیشترین و برای ذرت کمترین مقدار بود. میزان اثر باقی‌مانده علف‌کش‌ها بر اساس میانگین صفات گیاهان آزمون برای علف‌کش لینتور کمترین و برای علف‌کش توتال بیشترین بود.

واژه‌های کلیدی: جو، زیست‌سنجی، ذرت، علایم خسارت چشمی، کشت دوم، کلزا

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) گیاه مناسبی در تناوب با گندم (*Triticum aestivum* L.) در مناطق کم آب و گرم مانند سرخس، مناطق جنوب خراسان و بعضی از مناطق پرباران شمالی مانند گرگان است (۲۳). در مناطق کم آب، کشت دوم پنبه بلافاصله پس از برداشت گندم به ویژه در شرایط شخم حفاظتی امکان‌پذیر است، ولی ممکن است به باقی مانده علف‌کش‌های اختصاصی گندم حساسیت نشان دهد. مسئله باقی مانده علف‌کش‌ها نه تنها از نظر کشاورزی بلکه از لحاظ سلامت محیط زیست و جریان آب‌های زیرزمینی و سطحی نیز حایز اهمیت است، ولی متأسفانه تحقیقات کافی در خصوص اثر باقی مانده علف‌کش‌های گندم بر پنبه در کشور صورت نگرفته است. تعداد هفت ترکیب حاوی علف‌کش‌های سولفونیل اوره برای گندم در ایران به ثبت رسیده است که شامل تریبنورون متیل (گرانستار)، تربوترین+تریاسولفورون (لوگران اکسترا)، سولفوسولفورون (آپیروس)، سولفوسولفورون+متسولفورون-متیل (توتال)، یدوسولفورون متیل+مزوسولفورون متیل+ مفن پایر (شوالیه و

۱ و ۳- استادیار پژوهش و محقق بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
(*- نویسنده مسئول: Email: mh.hadizadeh@gmail.com)
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت علف‌های هرز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گلبهار
۴- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jpp.v33i1.70176

آتلانتیس)، یدوسولفورون متیل+مزوسولفورون متیل+ دیفلوفنیکان+مفن پایر (اتللو) و تریاسولفورون+دایکمبا (لنتور) می‌باشند (۲۲). مهم‌ترین ویژگی‌های ترکیبات این خانواده شامل مقدار مصرف بسیار کم در واحد سطح، فعالیت زیستی زیاد، طیف علف‌کشی گسترده، کم‌خطر برای پستانداران و حشرات، حساس بودن ذاتی به تجزیه، جذب وابسته به pH ذرات خاک و آب‌شویی متوسط تا زیاد آن‌ها است (۴ و ۱۰). نحوه عمل علف‌کش‌های این خانواده جلوگیری از عمل آنزیم استولاکتات سینتاز (ALS) یعنی آنزیم کلیدی مسیر سنتز اسیدهای آمینه لوسین، ایزولوسین و والین است (۳). پایداری علف‌کش ها در مزرعه برای حفظ اثربخشی آن‌ها لازم است، ولی نباید آنقدر طولانی باشد که باعث جلوگیری از رشد گیاهان زراعی حساس در تناوب شود (۲۸). با اینکه نیمه عمر کوتاه ترحاکی از پایداری کمتر علف‌کش است، اما لزوماً دلیلی بر سمی نبودن بقایای هرچند اندک برای محصولات حساس بعدی نیست (۱۱). مطالعات متعدد حاکی از آن است که در شرایط خاک های قلیایی، سرد، خشک و با ماده آلی کم، تجزیه علف‌کش‌های سولفونیل اوره به مراتب کندتر است و بقایای آن در غلظت‌های سمی تا بیش از یک فصل دوام می‌آورد (۲). زمان مصرف علف‌کش‌های سولفونیل اوره در گندم معمولاً پس رویشی و در بهار است و فاصله کم بین زمان کاربرد علف‌کش با کشت محصول بعدی یا با کشت دوباره، در مواردی منجر به خسارت ناشی از باقی‌مانده آن‌ها به محصول بعد شده است (۱۹). اثرات سمی سولفوسولفورون در مطالعات مزرعه‌ای برروی نخود (*Cicer arietinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) یک سال پس از کاربرد در گندم مشاهده شد (۲۷). بقایای سمی سولفوسولفورون در شرایط سرد و pH بالا با گذشت یک سال از زمان کاربرد، باعث خسارت به محصولات حساس مانند جو، عدس (medic *Lens culinaris*)، سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) شد (۱۶ و۲۰). مطالعه اثر بقایای پنج علف‌کش سولفونیل‌اوره بکار رفته در گندم بر روی محصولات تناوبی پس ازآن نشان داد که علف‌کش تریاسولفورون در مقدار ۲۲ گرم در هکتار پس از گذشت یکسال از مصرف، اثر سوء روی یونجه (*Medicago sativa* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، عدس، نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.)، سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) داشت (۲۱). هنگامی که گیاهان زراعی ماش (*Vigna radiate* L.) و ذرت در تناوب با گندم قرار گرفتند، بقایای علف‌کش‌های کلروسولفورون (۲۰ گرم در هکتار از ماده تجارتی مگاتن) و سولفوسولفورون (۵۶ و ۶۸ گرم در هکتار از ماده تجارتی آپیروس ۷۵٪) در گندم به ترتیب 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 (۲۵). مصرف فلوکاربازون + کلروسولفورون (۹۰+۴۷ گرم در هکتار) در گندم باعث خسارت جزئی به پنبه در کشت سال بعد شد (۲۴). در مطالعه‌ای در هند، نتایج نشان داد که اثر نامطلوب باقی مانده علف‌کش‌های یدوسولفورن+مزوسولفورون و سولفوسولفورون بر ذرت و سورگوم، ولی نه بر پنبه، مشاهده شد (۲۶). در عین حال در یک تحقیق دیگر زیست توده پنبه ۴/۵ ماه پس از مصرف ۳ علف‌کش سولفونیل اوره شامل متسولفورون (۴ گرم)، تریاسولفورون (۲۶ گرم) و کلروسولفورون (۱۵ گرم در هکتار) در خاک با اسیدیته ۷/۸ تا ۸/۶ بسته به منطقه آزمایش از ۲۳ تا ۶۷ درصد کاهش نشان داد (۶).

با توجه به مطالب مذکور، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر باقی‌مانده علف‌کش‌های خانواده سولفونیل اوره مصرف شده در گندم بر پنبه‌ی کاشت شده بعد از گندم در همان سال در نظام خاک‌ورزی حفاظتی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در منطقه سرخس در طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۶۰ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی از استان خراسان رضوی، به اجرا درآمد. میانگین بارندگی سالانه‌ی منطقه ۱۹۱/۹ میلی‌متر و میانگین تبخیر و تعرق بر اساس روش تورنت وایت ۱۰۶۷/۹ میلی‌متر گزارش شده است. میانگین درجه حرارت سالانه ۱۷/۹ درجه، حداقل مطلق ۱۸/۶- درجه و حداکثر مطلق ۴۶/۶ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است. بر این اساس، میانگین حداکثر دمای منطقه‌ی اجرای تحقیق در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد ۳۵ درجه ی سانتی‌گراد بود. به‌طور میانگین ۳۵ روز یخبندان سالانه در منطقه گزارش شده است که بیشترین آن‌ها مربوط به بهمن ماه است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی بلر خشک و بر اساس اقلیم نمای آمبرژه خشک و از نظر دمایی معتدل محسوب می‌شود (۱۴). مشخصات خاک محل اجرای تحقیق بر اساس آزمون خاک، نسبتاً سنگین با بافتی سیلیتی رسی و نسبتاً شور و قلیایی ($pH=8.2, EC= 5.62\ dS.m^{-1}$) بود که نماینده خاک اکثر اراضی کشاورزی منطقه‌ی سرخس است که به‌طور معمول تحت کشت پنبه قرار می‌گیرند.

آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. پنج علف‌کش سولفونیل اوره شامل موارد جدول ۱ در مرحله رشدی سه تا پنج برگی گندم مصرف شدند.

جدول ۱- مشخصات علف‌کش‌های تیمار شده در آزمایش

Table 1- Characteristics of herbicide treatments in the experiment

نام عمومی Common name	نام تجارتی Trade name	مقدار مصرف در هکتار Application rate (in hectare)
سولفوسولفورون	آپیروس ۷۵٪	۲۶/۶ گرم
Sulfosulfuron	Apyros® 75%WG	26.6 g
مزوسولفورون + یدوسولفورون + مفن پایر	آتلانتیس ۱/۲٪	۱/۵ لیتر
Mesosulfuron + iodosulfuron + mefenpyre	Atlantis® 1.2% OD	1.5 l
تریاسولفورون + دایکمبا	لنتور ۷۰٪	۱۶۵ گرم
Triasulfuron + dicamba	Lenture® 70% WG	165 g
تریاسولفورون + تربوترین	لوگران اکسترا ۶۴٪	۲۵۰ گرم
Triasulfuron + terbutryn	Logran Extra® 64% WG	250 g
متسولفورون + سولفوسولفورون	توتال ۸۰٪	۴۰ گرم
Metsulfuron + sulfosulfuron	Total® 75% WG	40 g

ابعاد هر کرت گندم سه متر (شش ردیف ۵۰ سانتی‌متری) در طول ۱۰ متر در نظر گرفته شد که روی هر ردیف سه خط بذر گندم رقم پیشگام کشت گردید. بین هر دو بلوک دو متر پیاده رو منظور شد. برداشت گندم در تاریخ ۹۳/۰۳/۱۰ انجام شد و پنبه رقم ورامین (*G. hirsutum* L. Var. Varamin) بلافاصله (مطابق نظام حفاظتی توصیه شده در منطقه که برای صرفه‌جویی در آبیاری صورت می‌گیرد) در ۱۲ خرداد ماه ۱۳۹۳ کشت شد (جدول ۲). برای کشت پنبه از دستگاه مخصوصی استفاده شد و بذور پنبه در بقایا درست در محل گندم سال گذشته در هر کرت کشت شدند. پس از سبز شدن گیاهان به فاصله ۷، ۱۴، ۳۶ و ۶۴ روز، علایم ظاهری خسارت برابر روش EWRC[1] ثبت شد (۳۲). همچنین در سه نوبت به فاصله ۱۵ روز از یک ماه پس از سبز شدن، ارتفاع بوته‌ها اندازه‌گیری شد. وزن خشک گیاهچه به تفکیک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها در یک نوبت پس از کشت (۳۰ روز بعد در مرحله دو برگ حقیقی) با کادر اندازی و نمونه‌گیری تخریبی از هر کرت محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک ساقه و ریشه، گیاهچه های پنبه از خاک مرطوب خارج گردید و پس از شستشوی ریشه از قسمت طوقه قیچی شد و درون پاکت‌های جداگانه به آون منتقل گردیدند. برای اندازه‌گیری در هیچ یک از کرت ها برای مهار علف‌های هرز پنبه علف‌کشی مصرف نشد و وجین علف‌های هرز به‌طور دستی انجام شد. مصرف کود طبق توصیه آزمون خاک و سایر عملیات داشت طبق توصیه زراعی انجام شد. از وسط هر کرت پنج بوته پنبه انتخاب و تعداد غوزه‌های باز شده و کل غوزه‌ها شمارش شدند. عملکرد وش پس از برداشت پنبه از ردیف‌های وسط به طول هشت متر اندازه‌گیری شد. همزمان با برداشت گندم از هر تیمار، نمونه خاک کافی جهت انجام آزمایش زیست‌سنجی تهیه شد. در آزمایش زیست‌سنجی در گلخانه بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی خراسان رضوی، چهار آزمایش جداگانه به‌طور همزمان برای چهار گیاه آزمون شامل پنبه، کلزا، ذرت و جو طراحی و اجرا شد. هر آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تعداد نه عدد بذر از گیاه آزمون مورد نظر آزمایش در هر گلدان کاشته شد و آبیاری با فواصل مشخص و بر حسب نیاز انجام شد. سه هفته بعد گیاهچه‌ها از گلدان‌ها خارج شدند و میانگین وزن خشک بخش هوایی و ریشه بوته‌ها برای هر گلدان اندازه‌گیری شد و نسبت به شاهد بدون علف‌کش مورد مقایسه قرار گرفت. داده‌ها پس از ثبت و مرتب شدن در نرم افزار مایکروسافت اکسل در محیط SAS 9.1 تحلیل شدند. مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ انجام شد.

جدول ۲- تقویم عملیات زراعی آزمایش

Table 2- Implementation date of the important field operations during the experiment

عملیات زراعی Field operation	تاریخ Date
کشت گندم	۱۳۹۲/۰۸/۰۱
Wheat sowing	23-10-2013
مصرف علف‌کش	۱۳۹۲/۰۹/۰۲
Herbicide application	23-11-2013
برداشت گندم	۱۳۹۳/۰۳/۱۰
Wheat harvest	31-05-2014
کشت مستقیم پنبه	۱۳۹۳/۰۳/۱۲
Cotton direct seeding	02-06-2014
برداشت پنبه	۱۳۹۳/۰۹/۰۵
Cotton harvest	26-11-2014

نتایج و بحث

الف) آزمایش مزرعه‌ای

اثر باقی‌مانده علف‌کش‌ها بر رشد بوته پنبه

نتایج تجزیه واریانس اثر باقی‌مانده علف‌کش‌های مصرف شده در گندم بر صفات مربوط به رشد بوته‌های پنبه در آزمایش مزرعه‌ای

1- European weed research council

حاکی از اختلاف معنی‌دار ($p\leq0.05$) بین اثر علف‌کش‌ها و شاهد بدون علف‌کش بر ارتفاع بوته‌ی پنبه فقط در نوبت نمونه‌گیری ابتدای رویش (۳۰ روز پس از سبز شدن) بود (جدول ۳). همچنین اثر باقی‌مانده‌ی علف‌کش‌ها بر وزن خشک بخش هوایی و ریشه بوته‌های پنبه‌ای که در ابتدای رشد (یک ماه پس از سبز شدن) برداشت شدند، به ترتیب در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر باقی‌مانده‌ی علف‌کش‌های مصرفی در گندم بر رشد پنبه در آزمایش مزرعه‌ای (۱۳۹۳)

Table 3- Analysis of variance results for herbicide residue effects in cotton growth (2014)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی Df	میانگین مربعات برای صفات پنبه M.S of cotton traits				
		ارتفاع بوته Plant height (cm)			وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
		۰۵/۰۱ 23Jul	۰۵/۱۵ 06Aug	۰۵/۳۰ 21Aug		
بلوک Block	3	15.134^{ns}	45.081^{ns}	697.700^{ns}	1.582^{ns}	0.0551^{ns}
تیمار Treatment	5	51.546*	41.403^{ns}	35.870^{ns}	16.492**	0.358*
خطا Error	15	16.626	28.550	123.540	3.007	0.087
ضریب تغیرات C.V.(%)		18.05	12.28	14.15	15.23	24.41

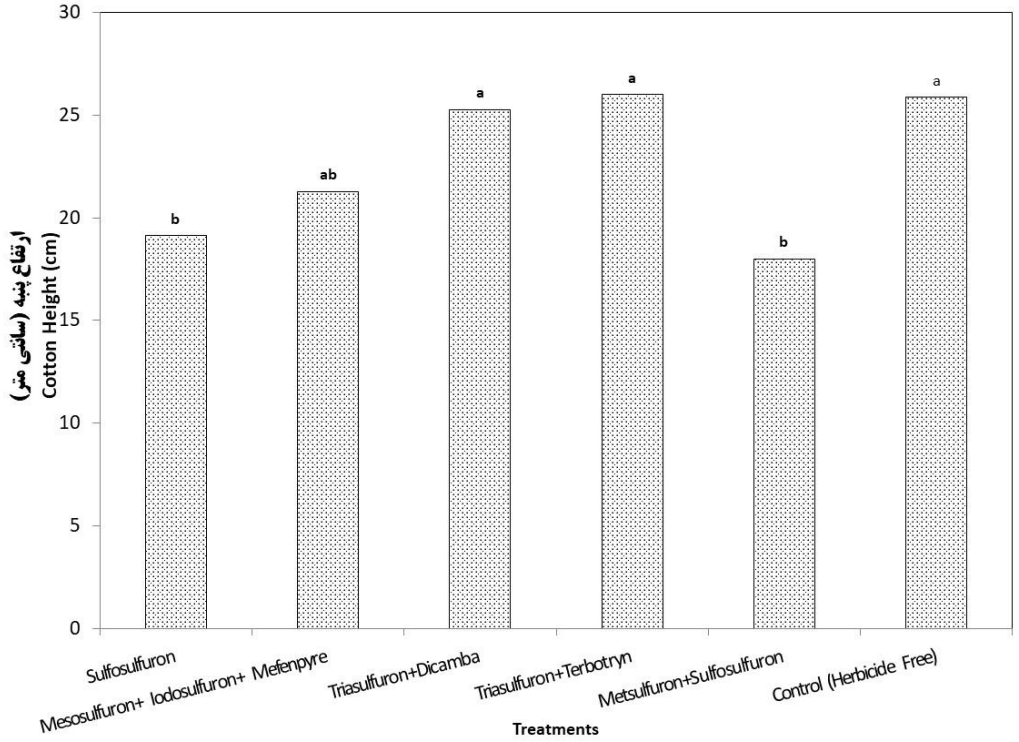
**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و غیر معنی‌دار هستند

** ،* and ^{ns} are significant at 1%, 5% and non-significant, respectively.

در ابتدای رشد پنبه در مزرعه، بیشترین تأخیر در رشد بوته ناشی از باقی‌مانده علف‌کش‌های مت‌سولوفورن-متیل+سولفوسولفورون[1] و سولفوسولفورون بود که ارتفاع بوته را نسبت به شاهد بدون علف‌کش کاهش دادند (شکل ۲). با وجود اختلاف معنی‌دار اثر علف‌کش‌ها بر ارتفاع بوته پنبه در نوبت اول نمونه‌گیری، در نوبت‌های بعدی پنبه پس از دریافت کود، تأخیر در رشد را جبران کرد و در نتیجه این اختلاف معنی‌دار نشد. به‌نظر می‌رسد مت‌سولفورون عامل اصلی آسیب بیشتر علف‌کش توتال (متسولفورون+سولفوسولفورون) به پنبه بود. این علف‌کش در خاک از پایداری نسبی بالایی برخوردار است. در تحقیقاتی که در خاک‌های مختلف انجام شده است نیمه عمر این علف‌کش به طور میانگین ۵۲ روز بدست آمده است که بیشتر از سایر علف‌کش‌های استفاده شده در این آزمایش بوده است (۲۸). براساس گزارشات منتشر شده، بقایای مت‌سولفورون متیل استفاده شده در گندم بیشترین عامل خسارت ناشی از باقی مانده علف‌کش‌ها بر پنبه در آمریکا بوده است (۳۱). میانگین نیمه عمر سولفوسولفورون (جزء دیگر علف‌کش توتال) در خاک‌های مختلف ۴۲ روز بوده است. این علف‌کش در خاک‌های مختلف بسته به pH و بافت، نیمه عمری بین ۳۲ و ۵۳ روز داشته است (۲۸). بر این اساس، این علف‌کش هم ترکیبی نسبتاً پایدار در خاک محسوب می‌شود و می‌تواند بالقوه دارای باقی‌مانده خطر ساز برای محصولات زراعی بعد از گندم باشد. همان‌طور که در این آزمایش ملاحظه شد این علف‌کش علاوه بر کمک در حفظ اثر بازدارندگی باقی‌مانده متسولفورون+سولفوسولفورون بر پنبه، موجب آسیب سولفوسولفورون هم به پنبه شد (شکل ۱). در آزمایش منصوری و همکاران (۱۸) باقی‌مانده سولفوسولفورون بر پنبه تأثیری نداشت. این اختلاف بین این آزمایش و تحقیق منصوری می‌تواند ناشی از دو عامل باشد؛ نخست این که ثابت شده است که آزمایش گلخانه‌ای در آزمون بقایای علف‌کش‌ها (کاری که ایشان انجام دادند) بر پنبه ممکن است دقت لازم را ارائه ندهند (۳۱) و به همین دلیل آزمون مزرعه‌ای به این منظور توصیه شده است. دوم این که ثابت شده است که در خاک‌های قلیایی، سرد و خشک با pH بالا (نمونه خاک این آزمایش) سولفوسولفورون پایداری بیشتری از خود نشان داده است (۱۳)، به‌طوری که نیمه عمری معادل ۵۳ روز تحت این شرایط برای این علف‌کش به‌ثبت رسیده است (۲۸). بر اساس نتایج این تحقیق، علف‌کش آتلانتیس که پیش مخلوط مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ مفن پایر است نیز دارای حدی از باقی‌مانده بود که توانست رشد بوته‌ی پنبه را تحت تأثیر قرار دهد (شکل‌های ۱ و ۲). مزوسولفورون و یدوسولفورون هر دو جزء این ترکیب عمدتاً به وسیله فعالیت میکروبی خاک تجزیه می‌شوند. میانگین نیمه عمر مزوسولفورون در خاک‌های مختلف ۳۸ روز گزارش

۱- جهت اطلاع از اسامی تجارتی علف‌کش‌های آزمایش، به قسمت مواد و روش مراجعه شود.

شده است (۲۸). در مورد یودوسولفورون نتایج آزمایشات مختلف نشان داده‌اند که نیمه عمر این علف‌کش کوتاه‌تر از مزوسولفورون و در حد ۸/۵ روز بوده است (۲۸). بنابراین اگر بخواهیم اتفاقات این آزمایش را بر اساس نیمه عمر علف‌کش‌های مورد مقایسه توجیه کنیم، می‌توان نتیجه گرفت که بازدارندگی مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر بر صفت ارتفاع اندام بوته پنبه ناشی از مزوسولفورن بوده است که نیمه عمری به مراتب طولانی‌تر از یدوسولفورن دارد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود این نتایج دلیل محکمی بر منطقی بودن نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر هستند. نیمه عمر تریاسولفورن که در علف‌کش‌های لوگران اکسترا (تریاسولفورون+تربوترین) و لینتور (تریاسولفورون+دایکمبا) وجود دارد ۱۹ روز گزارش شده است (۲۸). همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شد، باقی‌مانده این دو علف‌کش تأثیری بر رشد بوته پنبه نداشتند.



شکل ۱- میانگین ارتفاع بوته پنبه ۳۰ روز پس از سبز شدن در تیمارهای آزمایش

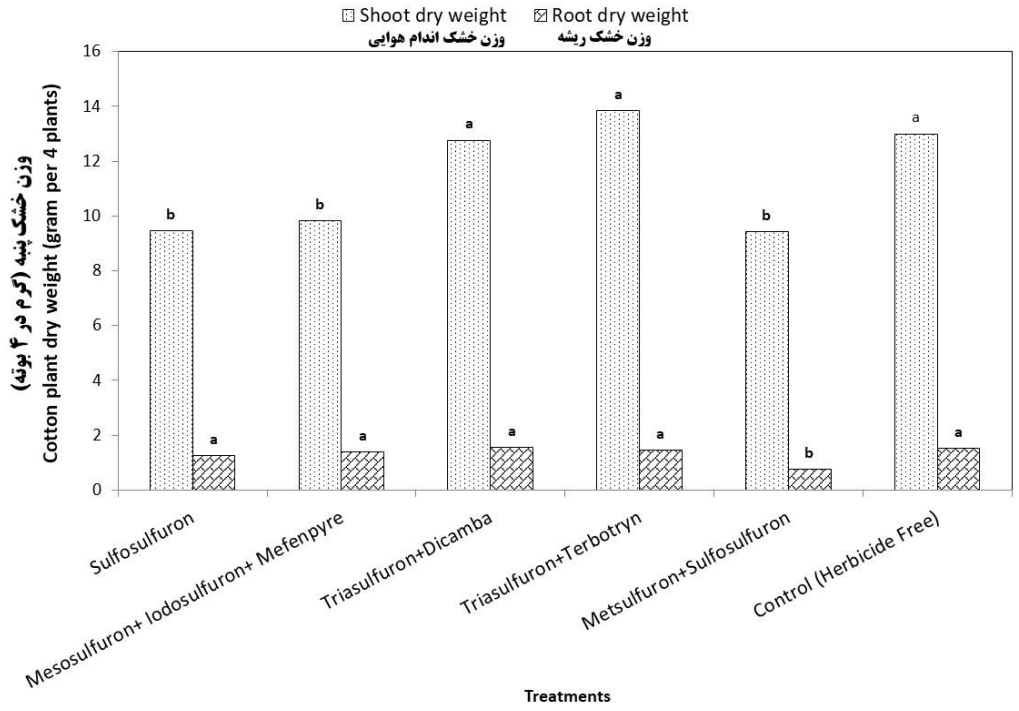
اختلاف ستون‌های دارای حروف غیر مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

Figure 1- Average of cotton height (30 days after emergence, 23-07-2014) in experimental plots

Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to the LSD tests at the 0.05 probability level

باقی‌مانده علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن‌پایر هم موجب بازدارندگی در رشد بوته پنبه شد، اما اختلاف آن با شاهد معنی‌دار نشد. همچنین تیمارهای تریاسولفورون+تربوترین و تریاسولفورون+دایکمبا با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱). اثر باقی‌مانده علف‌کش‌ها بر وزن خشک بخش هوایی و ریشه بوته‌های پنبه‌ای که در ابتدای رشد (یک ماه پس از سبز شدن) برداشت شدند، به ترتیب در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ معنی‌دار شد (جدول ۳). همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، علف‌کش متسولفورون+سولفوسولفورون باعث کاهش معنی‌دار ماده خشک بخش هوایی و ریشه، و علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر فقط باعث کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی پنبه شدند. اثر باقی مانده علف‌کش‌های استفاده شده در گندم، هر دو ماده خشک تولیدی در بخش هوایی و ریشه را در ابتدای رویش پنبه کاهش دادند (شکل ۲)، ولی پس از ۵۰ روز به تدریج رشد بوته جبران گردید و در نهایت عملکرد تحت تأثیر قرار نگرفت. علف‌کش‌های متسولفورون+سولفوسولفورون، سولفوسولفورون و مزوسولفورون+ یدوسولفورون+مفن پایر علاوه بر کاهش ارتفاع بوته‌های پنبه (شکل ۱) وزن خشک اندام هوایی آن‌ها را نیز نسبت به شاهد بدون علف‌کش کاهش دادند (شکل ۲). در ارتفاع بوته با وجود تأثیر منفی باقی‌مانده مزوسولفورون+ یدوسولفورون+مفن پایر، اختلاف

این تیمار با شاهد معنی‌دار نشد، در حالی که وزن خشک اندام هوایی این تیمار با شاهد در دو گروه متفاوت آماری قرار گرفتند. این امر نشان می‌دهد که مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر در هر حال آسیب خود را به پنبه در ابتدای رشد وارد کرده است. دلایل این رخدادها در بخش قبلی بحث شد. اما در خصوص وزن خشک ریشه نتایج متفاوتی بدست آمد. در این صفت تنها اثر باقی مانده متسولفورون+سولفوسولفورون نسبت به شاهد معنی‌دار شد (شکل ۲) و سایر علف‌کش‌ها وزن خشک ریشه پنبه را نسبت به شاهد کاهش ندادند. مطالعات قبلی گزارش کردند توقف رشد پنبه معلول بقایای سولفونیل‌اوره‌ها در خاک بوده است که مانع رشد و توسعه ریشه شده‌اند (۱۸ و ۳۱). منصوری و همکاران (۱۸) نتیجه گرفتند در بین علف‌کش‌های سولفوسولفورون، کلروسولفورون، مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر و متسولفورون+سولفوسولفورون فقط باقی مانده متسولفورون+سولفوسولفورون توانست فقط یک صفت و آن هم رشد ریشه را در پنبه تحت تأثیر قرار دهد.



شکل ۲- میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه پنبه ۳۰ روز پس از سبز شدن در تیمارهای آزمایش

اختلاف ستون‌های دارای حروف غیر مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

Figure 2- Average of cotton shoot and root dry weight (30 days after emergence, 23-07-2014) in experimental plots

Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to the LSD tests at the 0.05 probability level

اثر باقی‌مانده علف‌کش‌ها بر عملکرد پنبه در مزرعه

در مزرعه اختلاف بین تعداد غوزه و عملکرد وش پنبه هیچ یک از علف‌کش‌ها با شاهد بدون علف‌کش معنی دار نشد (جدول ۴). همچنین هیچگونه علایم گیاه سوزی معنی‌داری در بوته‌های پنبه مشاهده نشد (جدول نشان داده نشده است).

عملکرد غوزه بین ۱/۷۲ و ۲/۹۰ تن و عملکرد وش بین ۱/۲ و ۱/۴ تن در هکتار در شش تیمار آزمایش در تغییر بود (با توجه به معنی دار نشدن داده های میانگین، نشان داده نشداند). کمترین عملکرد غوزه به مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ مفن پایر و بیشترین به متسولفورون+ سولفوسولفورون تعلق گرفت. عملکرد غوزه در شاهد اندکی کمتر از متسولفورون+سولفوسولفورون و ۲ تن در هکتار بدست آمد. کمترین عملکرد وش به مزوسولفورون+یدوسولفورون+ مفن پایر و بیشترین به تریاسولفورون+دایکمبا تعلق گرفت.

از آنجا که اثر بازدارندگی باقی‌مانده هیچ کدام از علف‌کش‌های استفاده شده در گندم بر رشد و نمو بوته پنبه پایدار نبود، اختلاف بین تعداد غوزه و صفات عملکرد در هیچ کدام از علف‌کش‌ها با شاهد بدون علف‌کش معنی‌دار نشد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثر باقی‌مانده‌ی علف‌کش‌های مصرفی در گندم بر عملکرد پنبه در آزمایش مزرعه‌ای
Table 4- Analysis of variance results for herbicide residue effects in cotton yield

		میانگین مربعات برای عملکرد پنبه M.S of cotton yield		
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی Df	تعداد غوزه† Boll number	عملکرد غوزه‡ Boll yield	عملکرد وش Fiber yield
بلوک Block	3	16.111^{ns}	0.356^{ns}	0.170^{ns}
تیمار Treatment	5	1.500^{ns}	0.079^{ns}	0.019^{ns}
خطا Error	15	9.478	0.319	0171
ضریب تغییرات C.V.(%)		15.39	29.33	22.19

ns غیر معنی‌دار است. † تعداد غوزه در ۵ بوته هر کرت، ‡ عملکرد غوزه بر حسب تن در هکتار

^{ns} is non-significant. † Boll number in five plants at plot, ‡ Boll yield in ton per hectare

تحقیقات نشان داده‌اند علایم خسارت علف‌کش‌ها در پنبه به چهار شکل توقف رشد، زردی (کلروز)، خشکیدگی (نکروز) و بد شکلی (۳۱) بروز می‌کند، اما در تحقیق حاضر علایم خسارت باقی‌مانده سولفونیل اوره‌ها در خاک بیشتر به‌صورت توقف در رشد پنبه بود. به‌طور کلی به‌علت خاک نامناسب مزرعه، عملکرد پنبه در این آزمایش کمتر از حد انتظار بود. گزارشات کمی در خصوص تأثیر باقی‌مانده سولفونیل اوره‌ها بر عملکرد پنبه تحت شرایط مزرعه منتشر شده است. در کشور ما معدود گزارشاتی که در این زمینه وجود دارند حاصل یک بررسی گلخانه‌ای با استفاده از گیاهان آزمون هستند که یکی از این گیاهان آزمون پنبه بوده است (۱۸). در این تحقیقات هر چند عملکردها بررسی نشده است، ولی بر مبنای تأثیر جزئی باقی‌مانده علف‌کش‌های سولفونیل اوره بر پنبه که فقط بر ارتفاع بوته و طول ریشه گیاه‌چه‌ها جوان معنی‌دار شده است، می‌توان انتظار داشت که تأثیر آن‌ها بر عملکرد پنبه نمی‌تواند معنی‌دار باشد. این در حالی است که تأثیر باقی‌مانده سولفونیل اوره‌ها بر بیشتر صفات رشدی آفتاب‌گردان شامل سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک کل بوته شدید گزارش شده است (۱۸). این نتیجه بیانگر حساسیت کمتر پنبه تا آفتاب‌گردان به بقایای علف‌کش‌های سولفونیل اوره گندم است. گرَی و همکاران (۹) ضمن اثبات این موضوع نشان دادند هیچ تهدید معنی‌داری از جانب باقی‌مانده علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات سینتاز استفاده شده در گندم شامل پیروکسولام، مزوسولفورون، پروپوکسی‌کاربازون، کلرسولفورون و کلرسولفورون+مت‌سولفورون (پس از حداقل وقفه ۱۱۰ روزه پس از مصرف علف‌کش)، حتی در مقادیر بیشتر از مصرف توصیه شده روی رشد بوته و عملکرد پنبه مشاهده نشد. در این تحقیق از سولفوسولفورون با پایداری نسبتاً زیاد هم به‌عنوان شاخص استفاده شد. با وجود این، حتی باقی‌مانده این علف‌کش هم روی پنبه تأثیر منفی نداشت. در آزمایش حاضر هم این وقفه بیش از ۱۱۰ روز بود، بنابراین نتایج حاصل از آن منطقی به‌نظر می‌رسد. فَیربَنکس و همکاران (۷) هم برای پاسخ به این سؤال در یک تحقیق ثابت کردند که هیچ‌کدام از مقادیر ۱۳، ۲۶، ۵۳ و یا حتی ۱۰۵ گرم در هکتار هارمونی اکسترا (مخلوط تیفن سولفورون+تری‌بنورون)، تحت شرایط عاری از علف‌های هرز، تا حداقل وقفه‌ی ۱۵ روز قبل از کاشت، به پنبه آسیب نرساندند. مقادیر ۲۶، ۵۳ و ۱۰۵ گرم در هکتار هارمونی اکسترا فقط وقتی در روز کاشت پنبه مصرف شدند، به پنبه آسیب رساندند.

اثر باقی‌مانده علف‌کش‌ها در آزمون زیست‌سنجی

پنبه: باقی‌مانده علف‌کش‌های آزمایش دارای اثر معنی‌دار بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه پنبه بود (جدول ۵). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، باقی‌مانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون، مزوسولفورون + یدوسولفورون+مفن‌پایر و متسولفورون+سولفوسولفورون، وزن خشک بخش هوایی را نسبت به شاهد کاهش دادند. سولفوسولفورون و متسولفورون+سولفوسولفورون همچنین وزن خشک ریشه پنبه را در آزمایش گلدانی نسبت به شاهد کاهش دادند.

جو: علایم مسمومیت بعضی از علف‌کش‌های آزمایش در جو با کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه همراه بود، به‌طوری که باقی‌مانده متسولفورون+سولفوسولفورون و سولفوسولفورون وزن خشک ریشه و اندام هوایی جو را نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول ۵).

ذرت: اثر مسمومیت باقی‌مانده علف‌کش‌های گندم بر گیاه آزمون

ذرت فقط در وزن خشک اندام هوایی گیاه بروز کرد. علف‌کش‌های مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر، متسولفورون+سولفوسولفورون و سولفوسولفورون به ترتیب بیشترین کاهش وزن خشک اندام هوایی را موجب شدند، در حالی‌که اختلاف دو علف‌کش دیگر با شاهد معنی‌دار نشد (جدول ۵).

کلزا: تمام علف‌کش‌ها در کلزا مسمومیت ایجاد کردند و وزن خشک بخش هوایی و ریشه را نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول ۵). وزن خشک بوته‌ی کلزا شدیدترین آسیب را از سوی بقایای متسولفورون+سولفوسولفورون، سولفوسولفورون و علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+ مفن پایر متحمل گردید، اما شدیدترین اثر منفی بر وزن خشک ریشه مربوط به بقایای علف‌کش‌های متسولفورون+سولفوسولفورون و سولفوسولفورون بود (جدول ۵).

جدول ۵- اثر باقی‌مانده علف‌کش‌های سولفونیل اوره بر صفات گیاهان آزمون در آزمایش گلخانه (میلی‌گرم در گلدان)

Table 5- Residue effects of sulfonylurea herbicides of wheat on plant traits in pot experiment (g/pot)

گیاه آزمون Test plant	تیمار Treatments	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (mg)
پنبه Cotton	سولفسولفورون Sulfosulfuron	9.745^{bc*}	7.470^{b}
	مت‌سولفورون+یدوسولفورون+مفن‌پایر Mesosulfuron+Iodosulfuron+Mefenpyre	10.668^{ab}	8.093^{b}
	تریاسولفورون+دایکمبا Triasulfuron+Dicamba	10.688^{ab}	10.070^{a}
	ترایاسولفورون+تربوترین Triasulfuron+Terbotryn	10.855^{a}	9.275^{a}
	مت‌سولفورون+سولفوسولفورون Metsulfuron+Sulfosulfuron	9.422^{c}	7.425^{b}
	شاهد وجین دستی (بدون علفکش) Control (Herbicide Free)	11.030^{a}	9.683^{a}
جو Barley	Sulfosulfuron	1.447^{b}	5.247^{b}
	Mesosulfuron+Iodosulfuron+Mefenpyre	3.250^{a}	7.087^{a}
	Triasulfuron+Dicamba	3.125^{a}	7.297^{a}
	Triasulfuron+Terbotryn	3.185^{a}	7.267^{a}
	Metsulfuron+Sulfosulfuron	0.745^{c}	4.692^{b}
	Control (Herbicide Free)	3.277^{a}	7.302^{a}
ذرت Corn	Sulfosulfuron	8.945^{a}	6.590^{b}
	Mesosulfuron+Iodosulfuron+Mefenpyre	8.812^{a}	4.902^{c}
	Triasulfuron+Dicamba	10.045^{a}	9.025^{a}
	Triasulfuron+Terbotryn	9.756^{a}	9.300^{a}
	Metsulfuron+Sulfosulfuron	9.818^{a}	6.345^{b}
	Control (Herbicide Free)	10.011^{a}	9.082^{a}
کلزا Canola	Sulfosulfuron	7.512^{c}	6.487^{c}
	Mesosulfuron+Iodosulfuron+Mefenpyre	8.985^{b}	6.105^{c}
	Triasulfuron+Dicamba	10.347^{a}	8.275^{b}
	Triasulfuron+Terbotryn	8.432^{b}	7.600^{b}
	Metsulfuron+Sulfosulfuron	7.160^{c}	6.090^{c}
	Control (Herbicide Free)	10.692^{a}	14.497^{a}

حروف غیر مشترک در هر ستون و هر گیاه بیانگر اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ است.

هر چند در این تحقیق تفاوت‌هایی بین نتایج آزمایش مزرعه و آزمایش گلخانه مشاهده شد، اما با نگاه دقیق به این نتایج در می‌یابیم که نتایج گلخانه در واقع مؤید نتایج آزمایش مزرعه بودند. در آزمایش گلخانه هم اثبات شد که باقی‌مانده ترکیبات حاوی علف‌کش‌های پایدار مت‌سولفورون متیل، سولفوسولفورون و مزوسولفورون در خاک می‌توانند موجب مسمومیت پنبه به عنوان کشت دوم بعد از گندم شوند (جدول ۳). البته به نظر می‌رسد نتایج آزمایش مزرعه در مورد پنبه دقیق‌تر بود، چرا که این علف‌کش‌ها یک صفت دیگر (ارتفاع بوته پنبه) را هم تحت تأثیر قرار دادند (شکل ۱). احتمالاً در مزرعه به علت عدم جابجایی خاک، تجزیه باقی‌مانده علف‌کش‌ها کمتر بوده است،

ضمن این که واکنش گیاه در شرایط طبیعی با گلخانه متفاوت است. تحقیقات نشان داده‌اند واکنش‌های پنبه به عوامل محیطی در مزرعه بسیار پیچیده است، به نحوی که این گیاه علاوه بر واکنش به باقی‌مانده علف‌کش‌های اختصاصی گندم، به باقی‌مانده کاه و کلش گندم (۱۲) و یا حتی باقی‌مانده گونه‌های علف‌هرز موجود (۱) به ویژه در کشت دوم حساسیت نشان داده است. از این رو تحقیقات نشان داده‌اند بهترین روش زیست سنجی باقی مانده سولفونیل اوره‌ها کاشت بذر پنبه به‌طور مستقیم در مزرعه است، چون روش گلدانی در مورد این علف‌کش‌ها از حساسیت کافی برخوردار نبوده است (۳۱).

تحقیق گرَی و همکارن (۹) نشان داد هیچ تهدید معنی‌داری از جانب باقی‌مانده علف‌کش‌های باز دارنده استولاکتات سینتاز (ALS) استفاده شده در گندم شامل مزوسولفورون، کلرسولفورون و کلرسولفورون+مت‌سولفورون (پس از حداقل وقفه ۱۱۰ روزه پس از کاربرد علف‌کش)، حتی در مقادیر بیشتر از مصرف توصیه شده روی رشد بوته و عملکرد پنبه مشاهده نشد. در این تحقیق از سولفوسولفورون با پایداری نسبتاً زیاد هم به‌عنوان شاخص استفاده شد. با وجود این، حتی باقی‌مانده این علف‌کش هم روی پنبه تأثیر منفی نداشت. والیا و همکاران (۳۰) علف‌کش سولفوسولفورون را در دو مقدار ۲۵ و ۵۰ گرم در هکتار در گندم مورد استفاده قرار دادند، ولی هیچ کدام از مقادیر فوق صفات رشد و عملکرد پنبه، سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) را کاهش ندادند. مسمومیت ایجاد شده بر روی جو در آزمایش حاضر ناشی از سولفوسولفورون بود، چرا که سولفوسولفورون انتخابی جو نیست و به عنوان علف کشی که برای مهار جودره (*Hordeum spontaneum* K. Koch.) کارایی دارد به ثبت رسیده و در مزارع جو منع مصرف دارد (۲۲ و ۳۲). تحقیقات نشان داده‌اند یولاف و جو به این علف‌کش حساسیت نشان داده‌اند (۲۸). ذرت اما حساسیت کمتری نسبت به سایر گیاهان آزمون در برابر باقی‌مانده علف‌کش‌های سولفونیل اوره گندم نشان داد. این مقدار کم حساسیت فقط در وزن خشک اندام هوایی مشاهده شد (جدول ۳). تحقیقات متعددی اثبات کرده‌اند که ذرت گیاهی نسبتاً متحمل به باقی‌مانده علف‌کش‌های سولفونیل اوره گندم بوده‌است. در یک تحقیق حساسیت هفت گیاه نخود، عدس، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) ، ذرت، کلزا و چغندرقند به بقایای مختلف علف‌کش متسولفورون + سولفوسولفورون (۰، ۰/۰۰۰۲، ۰۰۰۵ /۰ ، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) مورد بررسی قرار گرفت و ذرت و کلزا به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین گیاهان به بقایای این علف‌کش در خاک شناخته شدند (۱۵). در تحقیق دیگر نیز حساسیت ذرت به باقی‌مانده علف‌کش‌های کلروسولفورون، تری بنورون متیل، تریاسولفورون و مت‌سولفورون متیل نسبت به چغندرقند، عدس و آفتاب‌گردان کمتر بود (۱۷). احتمالاً ذرت و پنبه همانند سایر گیاهان مقاوم به سولفونیل اوره‌ها در مواجهه با مواد مؤثره این علف‌کش‌ها، اسیدهای آمینه تولیدی خود را تغییر می‌دهند (۸). هادی‌زاده (۱۰) در یک آزمون زیست سنجی به‌منظور بررسی اثر باقی‌مانده سولفوسولفورون در خاک بر گیاهان آزمون سویا، لوبیا، آفتابگردان، چغندرقند و کلزا ثابت کرد که بیشترین خسارت و تعداد گیاهچه‌های از دست رفته گلدان‌ها به کلزا تعلق گرفت. تحمل گیاهان مختلف در مواجهه با بقایای مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر به صورت گوجه‌فرنگی < چغندرقند < عدس < کلزا < نخود < لوبیا، بود (۵). براون (۴) گزارش کرد که یونجه، کلزا، ذرت، عدس، نخودفرنگی، سیب زمینی و چغندرقند در خاک‌هایی که در آن‌ها سال قبل مت‌سولفورون و یا تریاسولفورون مصرف شده بود، صدمه دیدند.

نتیجه‌گیری

در آزمایش مزرعه‌ای پنبه بقایای علف‌کش‌های توتال (متسولفورون+سولفوسولفورون)، آپیروس (سولفوسولفورون) و آتلانتیس (مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پایر) به علت این که ترکیبات پایداری را در ترکیب خود دارند در ابتدای رویش در پنبه مسمومیت ایجاد کردند که به صورت توقف در رشد بوته‌ها و کاهش وزن خشک اندام هوایی آن‌ها بروز کرد. ریشه پنبه در مزرعه فقط تحت تأثیر باقی‌مانده علف کش توتال قرار گرفت. هیچگونه علایم ظاهری خسارت پایدار از جانب هیچ تیماری در پنبه مشاهده نشد. توقف در رشد به مرور جبران شد و در نهایت تعداد غوزه و عملکرد محصول تحت تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌ها قرار نگرفت. با این حال به علت نامناسب بودن خاک، رشد و عملکرد پنبه به‌طور کلی کم بود. در آزمایش زیست سنجی بقایای علف‌کش‌ها در گلخانه نیز ارتفاع بوته پنبه تحت تأثیر باقی‌مانده علف‌کش‌ها قرار نگرفت و باقی‌مانده سه علف‌کش فوق فقط وزن خشک اندام هوایی پنبه را کاهش داد. دو علف کش توتال و آپیروس همچنین وزن خشک ریشه این گیاه را نسبت به شاهد کاهش دادند. این دو علف‌کش در جو مسمومیت شدیدتر ایجاد کردند، به‌طوری که وزن خشک اندام هوایی و ریشه جو در این تیمارها نسبت به شاهد کاهش یافت. در ذرت فقط وزن خشک اندام هوایی بر اثر مسمومیت ناشی از آتلانتیس و آپیروس کاهش یافت. بیشترین علایم ناشی از مسمومیت در کلزا بروز کرد به نحوی که تمام صفات این گیاه در تمام علف‌کش‌ها نسبت به شاهد بدون علف‌کش کاهش یافت. دو علف کش لوگران اکسترا (تریاسولفورون+تربوترین) و لینتور (تریاسولفورون+دایکمبا) از نظر باقی مانده خطرناک برای پنبه ایمن بودند. به‌طور کلی میزان خطر باقی‌مانده علف‌کش‌ها به صورت تریاسولفورون+دایکمبا < تریاسولفورون + تربوترین <مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن‌پایر <

سولفوسولفورون < متسولفورون+سولفوسولفورون و میزان تحمل گیاهان آزمون به باقی‌مانده علف‌کش‌ها در این آزمایش به صورت کلزا < جو < پنبه < ذرت بود. بعضی تحقیقات برای اجتناب از اثر بقایای علف‌کش‌ها، توصیه‌های بیش از حد محافظه کارانه ارائه کرده اند که برای مثال، رعایت فاصله زمانی بین آخرین زمان مصرف علف‌کش و کاشت پنبه دست کم ۱۴ ماه برای کلرسولفورون و ۳۴ ماه برای مت‌سولفورون است که در عمل کشت پنبه را به‌عنوان کشت دوم غیر ممکن می‌سازد (۳۱). در تحقیق حاضر نیز آشکار شد که خطر باقی‌مانده سولفونیل اوره‌های گندم (به‌طور مشخص مت‌سولفورون متیل که پایدارترین است) برای پنبه آنقدر هم خطرساز نخواهد بود، چرا که علایم مسمومیت در اول فصل به پنبه آسیب رساند و با آبیاری به‌موقع و کود پنبه آسیب‌های ناشی از مسمومیت را جبران کرد. در واقع اطلاعات جامع و دقیقی از مقدار باقی‌مانده مؤثر سولفونیل‌اوره‌ها در خاک موجود نیست، زیرا عوامل زیادی در تجزیه علف‌کش‌ها در خاک دخالت دارند (۹) و بررسی‌ها در این خصوص تحت شرایط مختلف ادامه داشته و باید ادامه یابد چرا که ما در توسعه نظام‌های حفاظتی به این پاسخ‌ها نیاز داریم. پیشنهاد می‌شود واکنش گیاهان در تناوب و بعضی از گیاهان دیگر که در کشت دوم رایج هستند نسبت به بقایای علفکش‌های سولفونیل اوره مورد آزمون واقع شده و نیمه عمر تجزیه علفکش‌ها به کمک روش‌های دستگاهی دقیق در شرایط زراعی مختلف مورد بررسی قرارگیرد.

منابع

1- Alazmani M. 2012. Remainder effect of several species *Amaranthus* on germination of cotton. The First International Conference of Science, Industry and Trade of Cotton. October 2-4, Gorgan, IRAN. (In Persian with English abstract)
2- Alonso-Prados J.L., Hernandez-Sevillano E., Llanos S., Villarroya M., and Garcia-Baudin J.M. 2002. Effects of sulfosulfuron soil residues on barley (*Hordeum vulgare*), sunflower (*Helianthus annuus*) and common vetch (*Vicia sativa*). Crop Protection 21(10): 1061-1066.
3- Blair A.M., and Martin T.D. 1988. A review of the activity, fate and mode of action of sulfonylurea herbicides. Pesticide Science 22(3): 195-219.
4- Brown H.M. 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. Pesticide Science 29(3): 263-281.
5- Dehghan M.A., Izadi E., Rashed M.H., and Mahmoodi G. 2011. Evaluation of iodosulfuron+mesosulfuron soil residue damage on crops. Iranian Journal of Weed Science 6: 53-64. The 5th Regional Congress on Advances in Agricultural Research (West of Iran), 18-19 May, Sanandaj, University of Kurdistan, Iran. (In Persian)
6- Dunmall T.A., Walker S.R., Barnes J.E., and Churchett J.C. 1996. Cropping options following winter applied residual herbicides in southern Queensland. Paper presented at the Eleventh Australian Weeds Conference Proceedings.
7- Fairbanks D.E., Reynolds D.B., Griffin J.L., Jordan D.L., Corkern C.B., Vidrine P.R., and Crawford S.H. 2001. Cotton tolerance and weed control with preplant applications of thifensulfuron plus tribenuron. Journal of Cotton Science 5: 259-267.
8- Faircloth W.H., Patterson M.G. and Monks C.D. 2001. Evaluation of CGA 362622 for weed control in Alabama cotton. Beltwide Cotton Conf., Anaheim, CA. Jan. 9-13.
9- Grey T.L., Braxton L.B., and Richburg J.S. 2012. Effect of wheat herbicide carryover on double-crop cotton and soybean. Weed Technology 26(2): 207-212.
10- Hadizadeh M.H. 2009. Investigation of the Effects of Organic Matter Amendments and Sulfosulfuron Application Rates on the Herbicide Persistence and Biological Traits of Soil in Wheat. Ph.D. Thesis in weed science. Ferdowsi University of Mashhad. 137 pp. (In Persian with English abstract)
11- Hanson B.D., Rauch T.A., and Thill D.C. 2004. Plant back restrictions for herbicides used in the dry land wheat production areas of the Pacific Northwest. 2006, 1-8.
12- Hicks S.K., Wendt C.W., Gannaway J.R., and Baker R.B. 1989. Allelopathic effects of wheat straw on cotton germination, emergence, and yield. Journal of Crop Science Society of America 29(4): 1057-1061.
13- Hurle K., and Walker A. 1980. Persistence and its prediction, pp. 83-122. *In*. Hance, R. J. (ed.), Interactions between Herbicides and the Soil, New York: Academic Press.
14- I.R. of Iran Meteorological Organization, 2013. Online accessibility of climatically and historically data. Available at: http://www.irimo.ir/far/wd/2703.html.
15- Izadi E., Rashed M.H., Mahmoodi G., and Dehghan M. 2011. Assessing of crop susceptibility to herbicide residues mesosulfuron+idosulfuron in the soil. Journal of Plant Protection 25(2): 194-201.
16- Kelly J.P., and Peeper T.F. 2003. MON 37500 application timing affects cheat (*Bromus secalinus*) control and winter wheat. Weed Science 51: 231-236.
17- Kotoula-Syka E., Eleftherohorinos I.G. Gagianas A.A., and Sficas A.G. 1993. Phytotoxicity and persistence of

chlorsulfuron, metsulfuron-methyl, triasulfuron and tribenuron-methyl in three soils. Weed Research 33(5): 355–367.
18- Mansoori H., Zand E., Tavakoli M., and Baghestani M.A. 2012. A study of the effect of residue of some sulfonylurea herbicides on sunflower (*Helianthus annuus*) and cotton (*Gossypium hirsutum*). Environmental Sciences 9(3): 59-70. (In Persian with English abstract)
19- Menne H.J., and Berger B.M. 2001. Influence of straw management, nitrogen fertilization and dosage rates on the dissipation of five sulfonylureas in soil. Weed Research 41: 229-453.
20- Miller P.A., Westra P., and Nissen S.J. 1999. The influence of surfactant and nitrogen on foliar absorption of MON 37500. Weed Science 47: 270-274.
21- Moyer J.R. 1995. Sulfonylurea Herbicide Effects on following Crops. Weed Technology 9(2): 373-379.
22- Nourbakhsh S., and Sahraian H. 2015. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, chemicals and recommended ways for their control. Plant Protection organization, Ministry of Jihad-e Agriculture, 208 pp. (In Persian)
23- Oaladi M., Izadi H., Baniani A., Bahodori F., Hassanpour F, Hakimi M., Hamidi I., Salimi H., Rezayan R., Arabsalmani M., Alaee M., Ghalebi S., Kavian M.A., Golmohamadi G., Naraghi L., Noorgholipour F., and Vafaee F. 2014. Criteria and indicators of cotton production. Cotton, Oilseed and Industrial Crops Management Office, Deputy of Plant Production, Ministry of Jihad-e Agriculture, 109 pp. (In Persian)
24- Peterson D.E., and Regehr D.L. 2005. Rotational crop response to flucarbazone, flucarbazone plus chlor-sulfuron, sulfosulfuron, propoxycarbazone, and propoxycarbazone plus mesosulfuron. Paper presented at the North Central Weed Science Proceedings. 60. P. 7.
25- Poorazar R., Zand E., Baghestani M.A., Mansoori H., and Deihimfard R. 2009. Response of some crops grown in rotation with wheat to the residues of sulfonylurea herbicides in Khuzestan province. Journal of Agroecoloy 1(2): 29-35. (In Persian with English summery)
26- Saini M.K., Walia U.S., and Randhawa S.K. 2010. Residues of sulfosulfuron, mesosulfuron +iodosulfuron and pinoxaden in soil, wheat and successive crops. Indian Journal of Weed Science 42(1 & 2): 1-8.
27- Shinn S.L., Thill D.C., Price W.J., and Ball D.A. 1998. Response of downy brome (*Bromus tectorum*) and rotational crops to MON 37500. Weed Technology 12(4): 690-698.
28- Tomlin C.D.S. (ed.) 2009. The Pesticide Manual (Fifteenth Edition). BCPC (British Crop Protection Council), Hampshire, UK. 1457pp.
29- Villaverde J., Kah M., and Brown C.D. 2008. Adsorption and degradation of four acidic herbicides in soils from southern Spain. Pest Management Science 64: 703-710.
30- Walia U.S., Singh M., and Singh B. 2007. Residual effect of sulfosulfuron on Kharif crops. J. Res. Punjab Agric. Univ. 44(1): 12-14.
31- Wiese A.F., Bovey R.W., and Eastin E.F. 1992. Effect of herbicides on growth of cotton and associated crops. pp. 515-544. *In*: McWhorter, C. G. and Abernathy, J. R. (eds.), Weeds of Cotton: Characterization and Control. The Cotton Foundation of America, Tennessee, USA.
32- Zand E., Mousavi S.K., and Heidari A. 2008. Herbicides and methods of their application with approach of optimization and usage decrease. Publication of Jehade Daneshgahi Mashhad Press, Mashad Iran. 572 p. (In Persian)
33- Zand E., Rahimian H., Koocheki A.R., Khalaghani J., Mousavi S.K., and Ramezani K. 2004. Weed ecology: management vegetation for implications. Publication of Jehade Daneshgahi Mashhad Press, Mashad Iran. 558 p. (In Persian)

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 85-97

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۹۷-۸۵

Residual Effects of Some Sulfonylurea Herbicides of Wheat (*Triticum aestivum* L.) on Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Conservational Tillage System

M.H. Hadizadeh[1*]- S.H. Hosseiniykia[2]- S.H. Torabi[3]- K. Hajmohammadnia Ghalibaf[4]

Received: 03-03-2018
Accepted: 29-12-2018

Introduction: Cotton as a second crop is planted at some relatively warm and dry conditions in rotation after wheat, in Iran. In this situation, herbicide residue persistence is a determining factor for cotton production. Seven sulfonylurea herbicides were registered for weed control of wheat in Iran and some of them may have adverse residue effects on growth and yield of cotton. Sulfonylurea herbicides at very low doses, inhibit synthesis of essential amino acid such as leucine, iso-leucine, and valin in the sensitive plants. Many studies demonstrated that there is dangerous residue of sulfonylurea herbicide in a soil with high pH, low moisture and organic matter level, and with the short time between herbicide application and the emergence of the following crop. For example, 135 days after application of metsulfuron, triasulfuron, and chlorosulfuron, cotton biomass was reduced by 23% to 67% in a soil with pH ranged 7.8 to 8.6 (6). In the other studies, sulfosulfuron residue caused damage to barley, lens, sorghum, and sunflower as sensitive crop after one year (16, 20). Residue of triasulfuron (at 22 gr.ha^{-1}) one year after application made injuries to alfalfa, canola, corn, potato and sugar beet (21).

Materials and Methods: This study was conducted during 2013-2014 to evaluate residue effects of some sulfonylurea herbicides of wheat on cotton at Sarakhs region of Iran. The soil textural class was silty clay with EC= 5.62 dS.m^{-1} and pH= 8.2. The field trial was a randomized complete block design with seven treatments in four replications. The treatments consisted of five sulfonylurea herbicide treatments as follows: 1- sulfosulfuron (26.6 g.ha^{-1} of Apyros® 75%WG), 2- mesosulfuron + iodosulfuron + mefenpyre (1.5 L.ha^{-1} of Atlantis® 1.2% OD), 3- triasulfuron + dicamba (165 g.ha^{-1} of Lenture® 70% WG), 4- triasulfuron + terbutryn (250 g.ha^{-1} of Logran Extra® 64% WG) and 5- metsulfuron + sulfosulfuron (40 g.ha^{-1} of Total® 75% WG). All herbicides applied in 3-5 leaf stage of wheat on 23th November, 2013. Furthermore, one herbicide free treatment (all season hand weeding) was considered as the control. Immediately after wheat harvest, cotton (*Gossypium hirsutum* L. var. Varamin) was planted (June 2, 2014) as the second crop in wheat spaces by a direct seeding machine. Residue effects on cotton plants were measured by plant height, stem length and dry matter (DM). Rankings of visual injury based on EWRC (European Weed Research Council) were recorded at four times starting seven days after cotton emergence. Cotton was harvested on September 26, 2014 and bull number, boll yield, and fiber yield were then determined. At the same time, residual bioassay tests were done in completely randomized design with four replications in the greenhouse using cotton, corn, barley, and canola. Their shoot and root dry matters were measured three weeks after emergence. Analysis of variance and mean comparisons (LSD 5%) was accomplished by SAS® (ver. 9.2) software.

Results and Discussion: The results showed herbicide residue from and sulfosulfuron and metsulfuron+ sulfosulfuron significantly reduced cotton plant height and dry matter in the field at the first time of sampling (30 days after emergence). However, the differences in plant heights were not significant at the second and third sampling time owing to growth compensation after crop fertilization. It seems that metsulfuron is more important than sulfosulfuron in cotton injury as responsible ingredient. According to the previous studies, half-life of metsulfuron was 52 days and for sulfosulfuron was 42 days in average (28). Both of them are more persistent in the soils with high pH and low organic matter like the soils in our experiment. Mesosulfuron + iodosulfuron + mefenpyre residue had somewhat adverse effects on early growth of cotton and reduced shoot dry weight, but after 50 days plants were recovered. According to Tomlin (28), half-life of mesosulfuron and iodosulfuron was reported 38 days and 8.5 days, respectively. No adverse effect was recognized in cotton plants from triasulfuron+ terbutryn and triasulfuron+ dicamba. Half-life is 19 days for triasulfuron and negligible for

1 and 3- Assistant Professor and Lecturer of Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan-e-Razavi, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: mh.hadizadeh@gmail.com)
2- M.Sc. Educated Student of Weed Management of Islamic Azad University at Golbahar
4- Assistant Professor of Agricultural Faculty, Ferdowsi University of Mashhad

two other ingredients. The herbicides injures were not as much stable as cotton yields were significantly affected. In greenhouse bioassay experiment, cotton shoot DM was significantly reduced by residues of metsulfuron+ sulfosulfuron, sulfosulfuron and mesosulfuron+ iodosulfuron+ mefenpyre. In addition, residual effects of metsulfuron+ sulfosulfuron and sulfosulfuron were observed on cotton root DM. Adverse effects from metsulfuron+ sulfosulfuron and sulfosulfuron caused a significant reduction in barley. Both of these herbicides were registered for controlling of wild barley (*Hordeum spontaneum* K. Koch.) in wheat fields. The most residual injuries were observed in canola in which all traits were reduced by residues of herbicides used for wheat.

Conclusion: According to the field experiment, we found that the residues of two herbicides Total® 75% and Apyros® 75% lessened cotton height, dry matter of shoot and root at early growth stages. Nevertheless, the plant was recovered with season progress especially after overtop fertilization and consequently cotton yield (boll number, boll yield and fiber yield) was not significantly decreased. The results of pot experiment confirmed the field results and showed that these two herbicides significantly decreased cotton growth. Besides, growth of barley, canola and corn was affected by Total® 75%, Apyros® 75% and Atlantis® 1.2%. Therefore, metsulfuron and sulfosulfuron have the most effective residue among all components investigated. Moreover, canola and corn were, respectively, the most and least sensitive crops in the bioassay experiment.

Keywords: Barley, Bioassay, Canola, Corn, Second crop, Visual injury