

بررسی اثرات باقیمانده برخی از علف‌کش‌های سولفونیل اوره و آریلوکسی فنوکسی پروپیونات‌های مورد استفاده در گندم در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

رحیم‌بخش محمدنژاد^{۱*}، ابراهیم ایزدی‌دربندی^۲، مهدی راستگو^۳ و امیر لکزیان^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضای هیئت علمی (دانشیار) گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ به ترتیب izadi@um.ac.ir و mrastgo@yahoo.com

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ lakzian@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۳۰

چکیده

پسماند علف‌کش‌ها در خاک از مهم‌ترین تبعات کاربرد علف‌کش‌ها می‌باشد که ضمن این‌که باعث آلودگی اکوسیستم خاک می‌شود، محدودیت تناوب زراعی و تداخل در چرخه زیستی خاک را نیز به دنبال خواهد داشت. به منظور بررسی تأثیر بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون که از پرمصرف‌ترین علف‌کش‌های مورد استفاده در مزارع گندم کشور می‌باشند، در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در نخود، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل ژنوتیپ‌های نخود درسه سطح MCC۹۵۰ (هاشم)، MCC۴۶۳ (آی‌ال‌سی ۴۸۲) و MC۳۶۲ (کاکا)، علف‌کش‌ها در چهار سطح (دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون) و بقایای علف‌کش‌ها در خاک در هشت سطح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد مقادیر توصیه شده علف‌کش‌ها) بودند. در ابتدای مرحله زایشی گیاهان، زیست توده اندام هوایی، ریشه، گره، تعداد گره و مقدار نیتروژن کل آنها اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، بقایای علف‌کش‌های خانواده سولفونیل‌اوره و آریلوکسی فنوکسی پروپیونات‌ها به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر منفی را بر روی صفات مذکور داشتند. با افزایش باقیمانده بقایای علف‌کش‌های خانواده سولفونیل‌اوره (سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون) در خاک، تمام صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود به شدت کاهش یافت. اما علف‌کش‌های خانواده آریلوکسی فنوکسی پروپیونات‌ها (علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل) تأثیر متفاوتی بر صفات مذکور داشتند. علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های نخود نداشت. حال این‌که بقایای علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل منجر به افزایش معنی‌دار رشد و تثبیت نیتروژن نخود شد. بر اساس شاخص ED50، در علف‌کش سولفوسولفورون کمترین ED50 (۰/۰۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین ED50 (۰/۰۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) برای زیست توده اندام‌های هوایی به ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و آی‌ال‌سی ۴۸۲ مشاهده شد و در علف‌کش مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون کمترین ED50 (۰/۰۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین ED50 (۰/۰۸۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به ترتیب در ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی ۴۸۲ و کاکا مشاهده شد. به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان از تأثیر منفی و معنی‌دار بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون بر رشد نخود دارند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های نخود حساسیت متفاوتی به بقایای آنها در خاک دارند. با توجه به نتایج مذکور به نظر می‌رسد رعایت فاصله زمانی کاشت در تناوب گندم-نخود ضروری بوده و انتخاب ژنوتیپ‌های با حساسیت کمتر به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون در مدیریت باقیمانده آنها در خاک مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: دیکلوفوپ‌متیل، ژنوتیپ‌های نخود، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون

مقدمه

آن بهتر از دیگر حبوبات است. خواص دارویی و تغذیه‌ای فراوان این گیاه باعث شده که به‌عنوان یکی از حبوبات مهم مطرح باشد (Jukant et al., 2012). در بین حبوبات، نخود از مهم‌ترین حبوبات به‌شمار می‌رود که هم از نظر سطح زیرکشت و هم از نظر ارزش تغذیه‌ای جایگاه مهمی داشته و از مهم‌ترین محصولات تناوبی پس از غلات دانه‌ریز به‌شمار می‌رود.

در بین حبوبات، نخود (*Cicer arietinum* L.) منبع ارزشمندی از کربوهیدرات و پروتئین است و کیفیت پروتئین

* نویسنده مسئول: ra.mohammadnezhad@stu.um.ac.ir

تلفن همراه: ۰۹۱۵۹۹۸۵۱۸۰

تأثیر مستقیم بر بقاء و رشد ریزوبیوم‌ها توانایی آنها را برای همزیستی با گیاهان میزبان کاهش دهند. در این ارتباط ممانعت از تشکیل سیگنال‌های بیوشیمیایی بین ریزوبیوم‌ها و گیاهان و نیز کاهش توانایی تقسیم سلولی در ریشه گیاه جهت تشکیل گره از دیگر اثرات علف‌کش‌ها بر همزیستی لگوم-ریزوبیوم بوده که متعاقباً تثبیت زیستی نیتروژن را مختل می‌کند (Anderson et al., 2004; Fox et al., 2007). در آزمایش‌های Rogers & Baldock (2003) که به‌منظور بررسی تأثیر بقایای برخی از علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات‌سینتاز بر تثبیت بیولوژیکی نخود انجام شد، مشاهده شد که بقایای علف‌کش‌های کلروسولفورون، ایمازاتاپیر و فلومتسولام باعث کاهش در زیست‌توده اندام‌های هوایی، تعداد گره و میزان نیتروژن گیاه نخود شدند. از آنجایی که در ارتباط با اثرات احتمالی باقیمانده علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل + سولفوسولفورون در خاک بر ویژگی‌های رشدی، گره‌زایی و تثبیت بیولوژیک نخود در کشور مطالعاتی انجام نشده است. این آزمایش با هدف بررسی پاسخ رشد، گره‌زایی و تثبیت بیولوژیک نیتروژن ژنوتیپ‌های نخود به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل + سولفوسولفورون در خاک و در شرایط کنترل‌شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل ژنوتیپ‌های نخود درسه‌سطح MCC۹۵۰ (هاشم)، MCC۴۶۳ (آی‌ال‌سی ۴۸۲) و MCC۳۶۲ (کاکا)، علف‌کش‌ها در چهار سطح (دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل + سولفوسولفورون) و بقایای علف‌کش‌ها در خاک در هشت سطح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد مقادیر توصیه‌شده ماده مؤثره علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل (امولسیون شونده غلیظ ۳۶ درصد، با مقدار کاربرد ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار)، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل (امولسیون روغن در آب ۷/۵ درصد، با مقدار کاربرد یک‌لیتر ماده تجاری در هکتار)، سولفوسولفورون (امولسیون شونده غلیظ ۷۵ درصد، با مقدار کاربرد ۲۶/۴ گرم ماده تجاری در هکتار) و مت‌سولفورون‌متیل + سولفوسولفورون (گرانول مرطوب‌شونده ۱۵ درصد + ۷۵ درصد با مقدار کاربرد ۴۰ تا ۵۰ گرم ماده تجاری در هکتار) بودند که به‌ترتیب غلظت

با قرارگیری در تناوب با غلات و دیگر محصولات، به‌عنوان برهم‌زننده چرخه بیماری‌ها، آفات و افزایش‌دهنده نیتروژن خاک مطرح است (Drew et al., 2006). با وجود این، گزارش شده است که نخود به‌مقدار باقیمانده علف‌کش‌های مصرف‌شده در زراعت قبلی (غلات) حساسیت زیادی نشان داده و بقایای علف‌کش‌ها، بر روی زیست‌توده اندام‌های هوایی، گره‌زایی و مقدار نیتروژن تثبیت‌شده این گیاه اثر منفی دارد (Rogers & Baldock, 2003). در این ارتباط، سولفونیل‌اوره‌ها و آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات‌ها از مهم‌ترین علف‌کش‌هایی هستند که در مزارع گندم ایران علیه علف‌های هرز به‌کار برده می‌شوند. سولفونیل‌اوره‌ها از بازدارنده‌های آنزیم استولاکتات‌سنتاز می‌باشند که به‌صورت پس‌رویشی در مراحل اولیه رشد گندم به‌کار می‌روند (Zand et al., 2009). علی‌رغم این‌که علف‌کش‌های مذکور اغلب پس‌رویشی هستند، اما فعالیت خاکی و جذب ریشه‌ای نسبتاً زیادی دارند. از این‌رو، علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره 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 (Alonso-prados et al., 2002). هرچند این ویژگی در برنامه مدیریت و کنترل طولانی‌مدت علف‌های هرز در طی فصل رشد مفید می‌باشد (Moyer & Hamman, 2001) اما منجر به خسارت و کاهش عملکرد محصولات موجود در تناوب می‌شوند (Strek, 2005). (Pour Azar et al., 2009) مشاهده کردند که در بین علف‌کش‌های شوالیه، آپيروس، مگاتن، بروماسید+تاپیک، توتال و آتلانتیس به‌کار رفته در کشت گندم بر محصولات تناوبی ماش و ذرت، بقایای علف‌کش‌های مگاتن و آپيروس در خاک منجر به خسارت و کاهش عملکرد دانه محصولات تناوبی ماش و ذرت شدند. در ارزیابی حساسیت برخی از گیاهان زراعی از جمله نخود، لوبیا و عدس به بقایای علف‌کش‌های تری‌بنورون‌متیل و مزوسولفورون +یدوسولفورون گزارش شده است که باقیمانده علف‌کش‌های مذکور به‌طور معنی‌داری زیست‌توده ریشه و اندام هوایی گیاهان مذکور را کاهش دادند (Izadi-Darbandi et al., 2011). در آزمایشی که توسط Peyvastegan & Farahbakhsh (2011) انجام گرفت، مشاهده شد که بقایای علف‌کش فورام‌سولفورون در خاک، رشدونمو گیاه کلزا را کاهش داده است. اعتقاد بر این است که علف‌کش‌ها به‌چندین روش می‌توانند رابطه همزیستی لگوم-ریزوبیوم را تحت تأثیر قرار دهند. این آفت‌کش‌ها می‌توانند از طریق تأثیر مستقیم بر رشد گیاه، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن را متأثر سازند و یا از طریق

۲۰ درصد گلدهی)، گیاهان موردنظر در هر گلدان، از محل طوقه برداشت و پس از خاک‌شویی ریشه، تعداد گره و وزن تر گره اندازه‌گیری شدند. سپس ریشه و اندام‌های هوایی به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Datta et al., 2009) و وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتال توزین شد. مقدار نیتروژن کل گیاه نیز با روش کج‌لدال (Iswaran & Marwah, 1980) اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار R و از برازش معادله سیگموئیدی سه پارامتری به زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده ریشه و زیست‌توده گره ریشه گیاهان استفاده شد و غلظت لازم برای ۵۰ درصد بازدارندگی زیست‌توده ژنوتیپ‌های نخود (ED_{50}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به‌کار گرفته شدند (Sanntin-montanya et al., 2006).

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

در این معادله b شیب منحنی، c حد پایین منحنی (پاسخ گیاه به بیشترین مقدار باقیمانده علف‌کش)، e غلظتی از علف‌کش که سبب ۵۰ درصد کاهش در مقدار پاسخ می‌شود و d حد بالای منحنی (پاسخ وقتی که باقیمانده علف‌کش صفر است). لازم به‌ذکر است زمانی که در معادله فوق اثر پارامتر c معنی‌دار نبود با حذف آن، از معادله سه پارامتری برای برازش داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این آزمایش، بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون در خاک تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر تمام صفات (زیست‌توده اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل ریشه، زیست‌توده تر گره، تعداد گره و مقدار نیتروژن کل گیاه) ژنوتیپ‌های نخود داشتند. با افزایش بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون، تأثیر منفی آن‌ها بر رشد ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت، ولی بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل اثر منفی جزئی یا گاهاً اثر افزایشی بر صفات مورد مطالعه برخی از ژنوتیپ‌ها داشته است (جدول ۱). پاسخ زیست‌توده تولیدشده توسط اندام‌های هوایی و ریشه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود به بقایای علف‌کش‌های

(بقایای) شبیه‌سازی شده آنها با توجه به مقدار مصرف هر یک از آن‌ها و با توجه به بافت خاک مورد بررسی در این مطالعه برای علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل (۰، ۰/۰۰۰۰۱۷، ۰/۰۰۰۰۳۵، ۰/۰۰۰۰۰۷، ۰/۰۰۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۱۴، ۰/۰۰۰۰۲۱ و ۰/۰۰۰۰۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل (۰، ۰/۰۰۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۰۲، ۰/۰۰۰۰۰۵، ۰/۰۰۰۰۰۸، ۰/۰۰۰۰۱۱، ۰/۰۰۰۰۱۷ و ۰/۰۰۰۰۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، علف‌کش سولفوسولفورون (۰، ۰/۰۰۰۰۳۷۵، ۰/۰۰۰۰۷۵، ۰/۰۰۰۰۱۵، ۰/۰۰۰۰۲۲، ۰/۰۰۰۰۳، ۰/۰۰۰۰۴۵ و ۰/۰۰۰۰۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون (۰، ۰/۰۰۰۰۷۷۵، ۰/۰۰۰۰۱۵۵، ۰/۰۰۰۰۳۱، ۰/۰۰۰۰۴۶، ۰/۰۰۰۰۶۲، ۰/۰۰۰۰۹۳ و ۰/۰۰۰۱۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شدند.

برای این منظور نمونه خاکی از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری مزرعه‌ای که حداقل به مدت پنج سال سابقه کاربرد هیچ آفت‌کشی را نداشت، تهیه و با تعیین چگالی خاک، غلظت علف‌کش در زمان کاربرد آن در خاک به‌ازای واحد وزن خاک و بر حسب پی‌پی‌ام (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شد. با این فرض که باقیمانده علف‌کش در طول زمان کاهش خواهد یافت، سایر تیمارهای مربوط به مقدار بقایای علف‌کش‌ها در خاک از ۱۰۰ درصد مقدار اولیه آنها در خاک در زمان کاربرد به ۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد محاسبه و با استفاده از اختلاط فرمولاسیون تجاری علف‌کش‌ها در آب و تهیه محلول‌های لازم برای هر یک از تیمارهای مربوط به بقایای علف‌کش‌ها در خاک، برای اختلاط با خاک به سطح خاک افزوده شد. به منظور اختلاط کامل علف‌کش با خاک ابتدا یک کیلوگرم از خاک خشک الک‌شده (الک ۲ میلی‌متری) مورد نظر آماده شد، سپس ۵۰ میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های تهیه شده برای هر غلظت علف‌کش به‌طور یکنواخت روی خاک مذکور ریخته و پس از تخیر کامل آب، باقیمانده سموم با خاک مخلوط شد. نمونه یک کیلوگرمی خاک مخلوط شده برای هر غلظت علف‌کش، سپس با سایر خاک‌های مورد نیاز برای هر تیمار (۳۰ کیلوگرم) مجدداً به‌طور کامل و یکنواخت مخلوط شد. پس از اختلاط و آماده‌سازی، خاک‌های آلوده شده با علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون، به گلدان‌ها منتقل و بذور گیاهان نخود پس از تلقیح با باکتری مزورایزوبیوم، به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان و در عمق مناسب کشت شدند. برای ممانعت از آبشویی علف‌کش، گلدان‌ها به‌طور یکنواخت در حدی آبیاری شدند که فاضلاب خروجی نداشته باشد. در مرحله دو تا سه‌برگی نخود، گیاهان تُنک و تراکم آنها به سه‌بوته در هر گلدان رسید. در ابتدای مرحله زایشی (۱۰ تا

(جدول ۱). با افزایش باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون، تلفات زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت. بر اساس نتایج آزمایش، در کمترین سطح (۲/۵ درصد) از مقدار باقیمانده علف‌کش سولفوسولفورون، در خاک کاهش شش‌درصدی و در بیشترین مقدار آن کاهش ۸۲/۷۱ درصدی زیست‌توده کل ریشه گیاهان مشاهده شد و در سطوح باقیمانده ۲/۵ تا ۴۰ درصد تفاوت معنی‌داری در زیست‌توده کل ریشه گیاهان مشاهده شد.

دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون متفاوت بود. در بررسی اثر متقابل علف‌کش-باقیمانده علف‌کش در خاک مشاهده شد که با افزایش باقیمانده هر یک از علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون تلفات زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت، ولی افزایش باقیمانده علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل باعث افزایش زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود شد و این مهم در بین ژنوتیپ‌های نخود از نظر آماری معنی‌دار بود

جدول ۱- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل علف‌کش و باقیمانده علف‌کش در خاک بر صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود

Table 1. Mean comparison of interactive effects of herbicide and herbicide residue in soil on chickpea genotypes traits

علف‌کش	باقیمانده علف‌کش (درصد)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)	تعداد گره در گیاه	وزن تر گره (گرم در گیاه)	وزن کل ریشه (گرم در گیاه)	نیتروژن کل (میلی‌گرم)
Herbicide	Herbicide Residue (%)	Shoot dry matter (gr/plant)	Node number per plant	Node fresh weight (gr/plant)	Total root dry matter (gr/plant)	Total nitrogen (m gr)
سولفوسولفورون Sulfousulfuron	0	100ef*(0.62)	100de(43.89)**	100def(0.51)	100e(0.71)	100ef(38.97)
	2.5	99.97ef(0.62)	95.49ef(40.89)	94.63fgh(0.46)	94.07ef(0.61)	94.71fg(35.96)
	5	94.09fg(0.58)	85.98h(37.33)	85.05j(0.43)	80.08gh(0.54)	88.32h(33.21)
	10	82.05ijk(0.51)	74.37i(32.01)	74.77k(0.37)	70.31hi(0.45)	75.32i(28.56)
	15	73.84kl(0.46)	66.73j(28.44)	65.37l(0.31)	63.30ij(0.40)	61.10j(23.87)
	20	61.16mn(0.38)	38.97l(16.67)	38.40n(0.18)	45.52kl(0.28)	36.87kl(13.62)
	30	41.64op(0.26)	24.51m(11.56)	23.89o(0.14)	30.08m(0.20)	23.56m(9.68)
دایکلوفوپ متیل Diclofop methyl	0	100ef(0.54)	100de(44)	100def(0.51)	100e(0.74)	100ef(31.03)
	2.5	93.95fgh(0.51)	91.97fgh(40.67)	92.72fghi(0.47)	89.07fg(0.67)	96.35fg(29.39)
	5	97.80efgh(0.52)	83.17efgh(41.22)	93.33fghi(0.48)	95.99ef(0.72)	97.58f(30.09)
	10	94.67fgh(0.51)	93.59efg(41.11)	93.01fghi(0.47)	93.76ef(0.69)	95.13fg(29.66)
	15	98.21efg(0.52)	93.21efgh(42.22)	92.16ghij(0.47)	95.48ef(0.70)	99.98ef(30.73)
	20	98.47efg(0.52)	95.27ef(42.11)	97.01efgh(0.50)	102.33de(0.74)	105.01de(32.02)
	30	99.01ef(0.52)	97.04ef(42.44)	97.92efg(0.49)	103.17de(0.74)	104.73de(31.96)
فنوکساپروپ‌پی‌اتیل Fenoxaprop P-ethyl	0	100ef(0.58)	100de(45.67)	100def(0.54)	100e(0.82)	100ef(36.70)
	2.5	105.60de(0.60)	100.09de(45.22)	98.57efg(0.52)	101.71e(0.81)	100.57ef(36.69)
	5	115.42cd(0.65)	100.36de(45.44)	98.75efg(0.52)	103.80de(0.83)	94.55fg(35.12)
	10	122.09c(0.69)	105.96cd(47.01)	103.79cde(0.53)	112.71cd(0.86)	99.73ef(36.17)
	15	123.71bc(0.70)	110.12bc(48.22)	106.80bcd(0.54)	118.19bc(0.88)	110.65cd(39.33)
	20	124.19bc(0.70)	111.44bc(49.11)	108.45bc(0.56)	120.65bc(0.90)	115.19c(39.38)
	30	134.07ab(0.75)	115.95ab(51.33)	113.98ab(0.60)	127.88ab(0.97)	126.28b(41.04)
سولفوسولفورون+ مت‌سولفورون Sulfousulfuron + Metsulfuron	0	100ef(0.58)	100de(41.33)	100def(0.43)	100e(0.66)	100ef(32.96)
	2.5	95.41efgh(0.56)	90.22fgh(36.22)	90.38hij(0.37)	74.11hi(0.43)	89.78gh(28.90)
	5	86.39hij(0.51)	86.81gh(35.22)	86.68ij(0.36)	71.38hi(0.44)	83.23g(26.94)
	10	87.91ghi(0.52)	76.58i(30.44)	76.77k(0.31)	63.85ij(0.37)	73.76i(23.54)
	15	78.03jk(0.45)	63.31j(25.33)	64.12l(0.25)	55.08jk(0.32)	61.82j(20.72)
	20	64.30lm(0.38)	52.57k(21.56)	54.84m(0.21)	51.43kl(0.32)	42.16k(13.67)
	30	51.02no(0.30)	34.10l(14.89)	34.55n(0.15)	41.24l(0.26)	30.20lm(9.76)
40	38.38pq(0.23)	22.71m(9.78)	19.36op(0.10)	27.62mn(0.17)	23.96m(7.19)	

در هر ستون داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%).

Data inside the parenthesis are the real data.

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند.

در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش، زیست‌توده کل ریشه همه ژنوتیپ‌ها با افزایش مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک کاهش یافت. بیشترین کاهش مقدار زیست‌توده کل ریشه (۴۱/۶۵ درصد) در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ و کمترین مقدار کاهش (۲۳/۳۳ درصد) در ژنوتیپ هاشم در بالاترین مقدار بقایای علف‌کش‌ها (۴۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش، برای زیست‌توده اندام‌های هوایی معنی‌دار نبود.

در بین تیمارهای مربوط به بقایای علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون نیز بیشترین (۷۲/۳۸ درصد) و کمترین (۲۵/۹۱ درصد) تلفات در زیست‌توده کل ریشه به ترتیب در تیمارهای ۴۰ و ۲/۵ درصد مقدار توصیه‌شده آن مشاهده شد. بقایای علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل نیز اثر سوئی بر زیست‌توده کل ریشه گیاهان نداشت، ولی بقایای علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل در غلظت‌های ۳۰ و ۴۰ درصد مقادیر شبیه‌سازی‌شده تا ۳۰ درصد نیز باعث افزایش زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ‌های نخود شد.

جدول ۲- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش در خاک بر صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود

Table 2. Mean comparison of interactive effects of genotype and herbicide residue in soil on chickpea genotypes traits

Genotype	Herbicide residue (%)	باقیمانده علف‌کش (درصد)	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)	تعداد گره در گیاه	وزن تر گره (گرم در گیاه)	وزن کل ریشه (گرم در گیاه)	نیترژن کل (میلی‌گرم)
		Shoot dry matter (gr/plnat)	Node Number per plant	Node fresh weight (gr/plant)	Total root dry matter (gr/plant)	Total nitrogen (mg)	
آی‌ال‌سی ۴۸۲ ILC 482	0	ns	100a*(39.92)	100a(0.85)**	100a(1.31)	100a(48.42)	
	2.5	ns	87.35d(39.15)	86.85def(0.75)	78.75ghi(1.04)	87.65c(42.55)	
	5	ns	89.26cd(36.42)	88.44def(0.76)	72.18efgh(1.09)	88.78c(43.16)	
	10	ns	79.72e(36.33)	78.66gh(0.68)	71.25ijk(0.95)	79.30de(38.66)	
	15	ns	75.10ef(35.42)	73.60hi(0.64)	67.74jkl(0.91)	74.66def(36.25)	
	20	ns	72.08fg(28.67)	71.22ij(0.62)	67.34jkl(0.91)	71.40f(34.25)	
	30	ns	68.87fg(27.33)	68.18ij(0.60)	65.20kl(0.89)	70.81f(33.56)	
کاکا KaKa	40	ns	59.42h(25.15)	59.73kl(0.54)	58.59l(0.81)	62.35g(29.27)	
	0	ns	100a(28.58)	100a(0.15)	100a(0.35)	100a(17.35)	
	2.5	ns	97.17ab(27.58)	96.65ab(0.14)	96.67ab(0.34)	99.92a(16.92)	
	5	ns	94.02abc(27.75)	93.56abc(0.14)	94.83abc(0.33)	91.46bc(15.48)	
	10	ns	91.88bcd(26.17)	90.61bcde(0.13)	92.73abcd(0.32)	87.88c(14.84)	
	15	ns	86.08d(24.50)	84.65efg(0.12)	87.32b-g(0.30)	80.47d(13.47)	
	20	ns	79.53e(22.58)	81.29fg(0.12)	89.21b-f(0.31)	79.35de(12.7)	
هاشم Hashem	30	ns	66.28g(18.75)	65.90jk(0.10)	80.93fgh(0.28)	72.21f(11.11)	
	40	ns	57.62h(16.25)	54.01l(0.08)	68.43jk(0.24)	75.59def(11.25)	
	0	ns	100a(62.67)	100a(0.49)	100a(0.73)	100a(39.33)	
	2.5	ns	98.81a(55.01)	98.72a(0.48)	93.80abc(0.63)	98.50a(38.73)	
	5	ns	91.47bcd(56.17)	90.87bcde(0.44)	86.43c-g(0.63)	91.04bc(35.38)	
	10	ns	91.28bcd(50.42)	91.98bcd(0.45)	91.49a-e(0.59)	90.79bc(34.95)	
	15	ns	88.84cd(56.17)	88.09cde(0.43)	93.98abc(0.58)	95.04ab(36.27)	
هاشم Hashem	20	ns	72.08fg(45.83)	71.53ij(0.35)	83.40d-h(0.56)	73.59ef(32.25)	
	30	ns	68.55g(44.08)	68.68ij(0.34)	80.64fghi(0.54)	70.65f(24.66)	
	40	ns	67.93g(38.50)	67.66ij(0.33)	76.67hij(0.50)	70.74f(24.12)	

در هر ستون داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%).

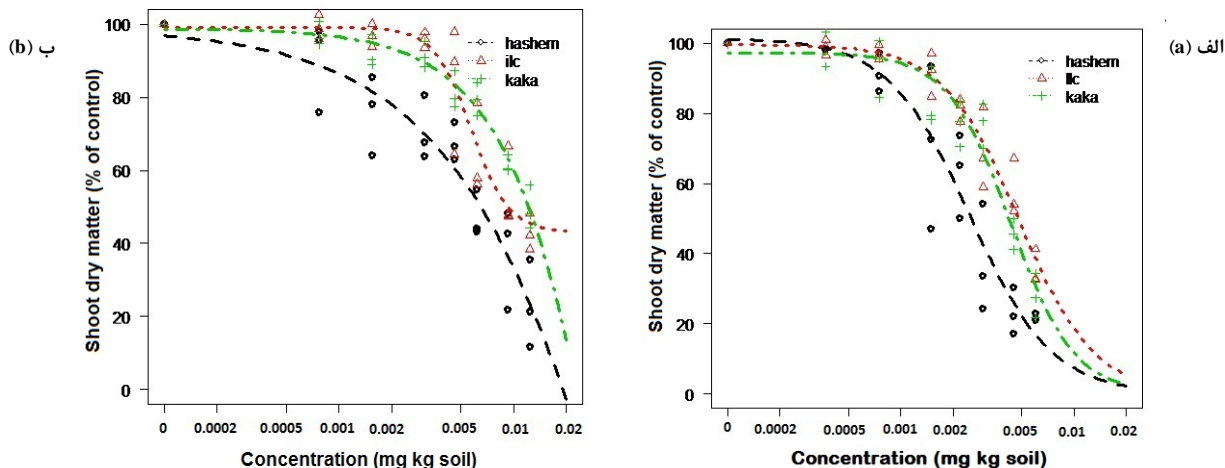
Data inside the parenthesis are the real data.

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند.

هوایی به دلیل هیدرولیز سریع آن و در نتیجه غیرفعال شدن آن در خاک می‌باشد. علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل نیز باعث افزایش معنی‌دار زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ هاشم شد، اما بر ژنوتیپ‌های کاکا و ای ال سی ۴۸۲ تأثیر معنی‌داری نداشت. به نظر می‌رسد تأثیر تحریک‌کننده علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل بر نخود، احتمالاً به دلیل ماده افزودنی مفن‌پایردی‌اتیل همراه آن می‌باشد که در ساختار شیمیایی آن نیتروژن به کار رفته است. (Han & Moon (1998) گزارش کردند که این علف‌کش دارای قابلیت تحرک و ماندگاری کم در خاک است. (Guo (2008) نیز گزارش کرد که علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل ماندگاری کمی در آب، خاک و گیاه دارد. نتایج نشان دادند که بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون در خاک، رشد ریشه گیاهان مورد مطالعه را بیش از اندام‌های هوایی تحت تأثیر قرار داد، به طوری که تلفات زیست‌توده ریشه، بیش از تلفات زیست‌توده اندام‌های هوایی بوده است. از آنجایی که ریشه گیاهان بیشتر در معرض بقایای علف‌کش‌ها قرار می‌گیرد و علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره به‌طور غیرمستقیم از بازدارندگان تقسیم سلولی در مناطق تقسیم سلولی از جمله مرستم‌های انتهایی ریشه محسوب می‌شوند، تأثیرپذیری بیشتر ریشه از بقایای علف‌کش‌های مذکور دور از ذهن نمی‌باشد.

از برآزش داده‌های زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های مختلف نخود به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون به معادله‌های سه و چهاربارمتری سیگموئیدی، مشاهده شد که کمترین (۰/۰۰۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۰۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 در علف‌کش سولفوسولفورون به ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و ای‌ال‌سی ۴۸۲ مشاهده شد و در مورد علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون کمترین (۰/۰۰۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۸۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 به ترتیب در ژنوتیپ‌های ای‌ال‌سی ۴۸۲ و کاکا مشاهده شد (جدول ۳). بر این اساس و با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، هاشم حساس‌ترین و ای‌ال‌سی ۴۸۲ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش سولفوسولفورون در خاک باشند (شکل ۱). سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس تحمل به بقایای علف‌کش سولفوسولفورون بر اساس شاخص ED50 به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: هاشم < کاکا > ای‌ال‌سی ۴۸۲.

در بررسی اثرات متقابل سه‌گانه علف‌کش-ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش در خاک، مشاهده شد که علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون در سطوح ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد از بقایای آن‌ها در خاک در همه ژنوتیپ‌ها بیشترین تأثیر منفی را بر روی زیست‌توده اندام‌های هوایی گیاهان داشتند. بیشترین اثر منفی در بین علف‌کش‌های مورد بررسی به سولفوسولفورون اختصاص داشت؛ به طوری که بیشترین مقدار باقیمانده آن در خاک (۴۰ درصد)، زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های ای‌ال‌سی ۴۸۲، کاکا و هاشم را به ترتیب ۶۴، ۷۲ و ۷۶ درصد کاهش داد. در مورد علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون نیز بیشترین مقدار باقیمانده آن (۴۰ درصد) در خاک به ترتیب باعث کاهش ۵۷، ۵۰ و ۷۷ درصدی زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های ای‌ال‌سی ۴۸۲، کاکا و هاشم شد. اما بقایای علف‌کش فنوکسپروپ‌پی‌اتیل باعث افزایش زیست‌توده نخود شدند؛ به طوری که در بیشترین سطح از بقایای آن زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های هاشم، کاکا و ای‌ال‌سی ۴۸۲ را به ترتیب ۸۵، ۱۴ و ۱۷ درصد افزایش داد. به نظر می‌رسد کاهش زیست‌توده اندام‌های هوایی در نتیجه کاربرد مقادیر باقیمانده علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره می‌تواند به دلیل تأثیر بازدارندگی غیرمستقیم این علف‌کش‌ها بر فتوسنتز و فرایند تقسیم سلولی (Zhou et al., 2007) یا اثر مستقیم بر سنتز آمینو اسیدها باشد (Russel, 2002). بر طبق گزارش‌های Izadi-Darbandi et al., (2012) و Anderson et al., (2001) باقیمانده علف‌کش‌های تری‌بنورون‌متیل و کلروسولفورون، زیست‌توده اندام‌های هوایی نخود را کاهش دادند. در بررسی اثرات سه‌گانه علف‌کش-ژنوتیپ و باقیمانده علف‌کش در خاک، بر زیست‌توده کل ریشه گیاهان نیز مشاهده شد که زیست‌توده کل ریشه همه ژنوتیپ‌های نخود با افزایش بقایای دو علف‌کش سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون کاهش معنی‌داری یافتند و تأثیر بقایای علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل از نظر آماری معنی‌دار نبود. گزارش شده است که علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل در محیط سریع به بنیان اسیدی خودش یعنی دیکلوفوپ تبدیل می‌شود و به صورت غیرفعال در می‌آید (Smith et al., 1986; Diao et al., 2010). از طرفی بر اساس گزارش‌های موجود این علف‌کش دارای نیمه‌عمر اندکی در خاک می‌باشد. به طوری که (Diao et al., 2010) گزارش کردند که نیمه‌عمر دیکلوفوپ‌متیل در خاک کم و در شرایط هوای ۸/۷ تا ۴۳/۳ روز و در شرایط غیرهوازی خاک ۱۴/۷ تا ۷۷ روز می‌باشد. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که عدم تأثیرگذاری علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل بر زیست‌توده اندام‌های



شکل ۱- پاسخ زیست توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون (ب) در خاک

Fig. 1. Shoot dry matter of chickpea genotypes in response to Sulfosulfuron (a) and Sulfosulfuron+Metsulfuron (b) residue in soil

جدول ۳ - پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست توده خشک اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود به معادله‌های سه و چهار پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون در خاک

Table 3. Parameters estimated fitting 3 or 4 parameter logistic models of chickpea genotypes shoot dry weight to different residue of Sulfosulfuron and Sulfosulfuron+Metsulfuron in soil

Herbicide	Genotype	b	C	d	ED ₅₀ (m kg ⁻¹ soil)
Sulfosulfuron	Hashem	1.85 (0.23)	-	101.41 (3.30)	0.0025 (0.00015)*
	ILC 482	2.02 (0.33)	-	99.61 (3.02)	0.0047 (0.00029)
	kaka	2.4 (0.43)	-	97.20 (3.06)	0.0043 (0.00023)
Sulfosulfuron + Metsulfuron	Hashem	0.77 (0.13)	-	98.99 (4.12)	0.1001 (0.1785)
	ILC 482	1.25 (1.61)	43.11 (6.99)	99.12 (2.55)	0.0057 (0.0006)
Metsulfuron	kaka	2.02 (0.29)	-	98.83 (3.28)	0.0837 (0.2131)

(Standard error)*

برای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون کمترین (۰/۰۱۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۱۱۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED₅₀ به ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و کاکا مشاهده شد (جدول ۴).

در مورد علف‌کش سولفوسولفورون نیز کمترین (۰/۰۱۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۴۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED₅₀ به ترتیب در ژنوتیپ‌های آی ال سی ۴۸۲ و کاکا مشاهده شد (جدول ۴) و

جدول ۴ - پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست توده خشک ریشه ژنوتیپ‌های نخود به معادله‌های سه پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون+متیل سولفوسولفورون در خاک

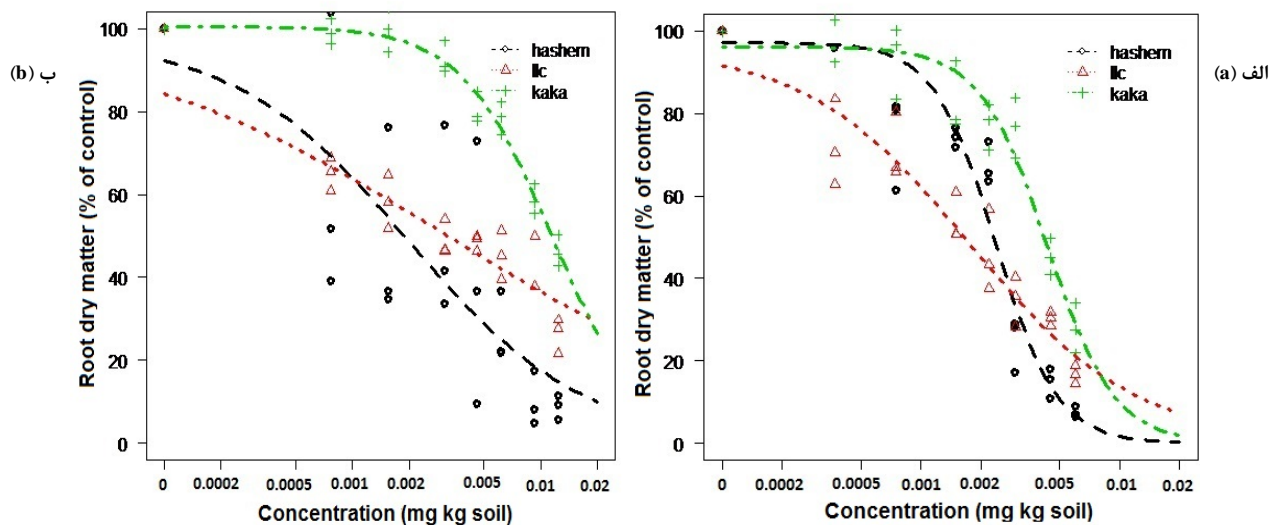
Table 4. Parameters estimated fitting 3 parameter logistic model of chickpea genotypes root dry weight to different residue of Sulfosulfuron and Sulfosulfuron+metsulfuron in soil

Herbicide	Genotype	b	d	ED ₅₀ (m kg ⁻¹ soil)
Sulfosulfuron	Hashem	2.83 (0.35)	97.18 (3.82)	0.0023 (0.0001)*
	ILC 482	1.04 (0.13)	96.12 (4.19)	0.0017 (0.0002)
	kaka	2.56(0.53)	96.09 (3.95)	0.0043 (0.0003)
Sulfosulfuron + Metsulfuron	Hashem	0.93 (0.15)	97.91 (6.11)	0.0019 (0.0003)
	ILC 482	0.48 (0.13)	99.69 (6.51)	0.0032 (0.0011)
Metsulfuron	kaka	1.81 (0.51)	100.56 (4.81)	0.0113 (0.0013)

(Standard error)*

(شکل ۲). سایر ژنوتیپ‌ها نیز براساس تحمل به بقایای این علف‌کش به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: آی ال سی ۴۸۲ > هاشم > کاکا.

با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد ریشه ژنوتیپ‌های آی ال سی ۴۸۲ و کاکا به ترتیب حساسیت و تحمل بیشتری به بقایای علف‌کش سولفوسولفورون در خاک داشته باشند



شکل ۲- پاسخ زیست توده ریشه ژنوتیپ‌های نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و

مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون (ب) در خاک

Fig. 2. Root dry matter of chickpea genotypes in response to Sulfosulfuron (a) and Sulfosulfuron+Metsulfuron (b) residue in soil

مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون و بیشترین آن نیز مربوط به ۴۰ درصد از باقیمانده علف‌کش فنوکسپروپیل‌اتیل در خاک بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش، ژنوتیپ هاشم، بیشترین تعداد و زیست توده تر گره را در واکنش به بقایای علف‌کش‌ها داشت و ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ کمترین تعداد و زیست توده تر گره را به خود اختصاص داد. بر اساس نتایج حاصل از برازش رگرسیونی، بیشترین و کمترین شاخص ED₅₀ در علف‌کش سولفوسولفورون، به ترتیب برای ژنوتیپ‌های کاکا (۰/۰۰۳۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و هاشم (۰/۰۰۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) مشاهده شد و برای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون کمترین مقدار ED₅₀ در ژنوتیپ هاشم (۰/۰۰۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین مقدار ED₅₀ در ژنوتیپ کاکا (۰/۰۰۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود (جدول ۵). بر این اساس، به نظر می‌رسد در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، کاکا متحمل‌ترین و هاشم حساس‌ترین ژنوتیپ به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش‌های سولفوسولفورون، مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون در خاک باشد (شکل ۳)؛ و سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس تحمل به بقایای علف‌کش به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

هاشم > آی‌ال‌سی ۴۸۲ > کاکا

برای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون، ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ حساس‌ترین و ژنوتیپ کاکا متحمل‌ترین ژنوتیپ به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش در خاک است (شکل ۱) و سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس تحمل به بقایای علف‌کش مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون بر اساس شاخص ED₅₀ به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

آی‌ال‌سی ۴۸۲ > هاشم > کاکا

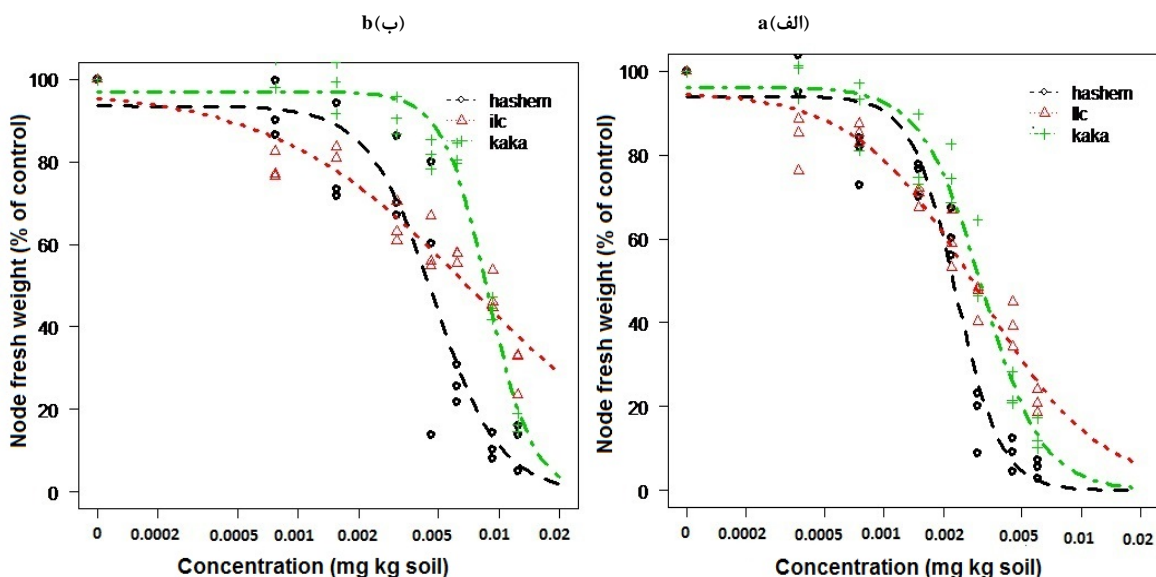
تعداد گره، زیست توده تر گره و مقدار نیتروژن نیز در همه ژنوتیپ‌های نخود به طور معنی‌داری تحت تأثیر بقایای علف‌کش‌ها در خاک، قرار گرفتند. در بررسی اثر متقابل علف‌کش-باقیمانده علف‌کش‌ها مشاهده شد که بقایای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره اثر منفی بیشتری نسبت به علف‌کش‌های خانواده بازدارنده سنتز اسیدهای چرب بر تعداد و زیست توده تر گره داشتند؛ به طوری که علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون+متیل+سولفوسولفورون در بالاترین سطح باقیمانده در خاک، به ترتیب باعث کاهش (۸۶/۳۷ درصد) و (۷۷/۲۹ درصد) تعداد گره در ژنوتیپ‌های نخود شدند، ولی علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکسپروپیل‌اتیل باعث کاهش جزئی و حتی افزایش در تعداد گره شدند (جدول ۱). کمترین میزان گره مربوط به تیمارهای ۳۰ و ۴۰ درصد علف‌کش‌های سولفوسولفورون و

جدول ۵- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌توده تر گره ژنوتیپ‌های نخود به معادله های سه پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک

Table 5. Parameters estimated fitting 3 parameter logistic model of chickpea genotypes nodule fresh weight to different residue of Sulfosulfuron and Sulfosulfuron+Metsulfuron in soil

Herbicide	Genotype	b	d	ED ₅₀ (m kg ⁻¹ soil)
Sulfosulfuron	Hashem	3.83 (0.72)	94.03 (2.97)	0.0023 (0.0001)*
	ILC 482	1.48 (0.22)	95.21 (3.74)	0.0030 (0.0002)
	kaka	2.84(0.36)	96.16 (2.75)	0.0031 (0.0001)
Sulfosulfuron + Metsulfuron	Hashem	2.65 (0.51)	93.52 (3.65)	0.0047 (0.0003)
	ILC 482	0.87 (0.18)	97.57 (5.28)	0.0073 (0.0012)
	kaka	3.89 (0.75)	96.97 (2.84)	0.0087 (0.0004)

(Standard error)*



شکل ۳- پاسخ زیست‌توده تر گره ژنوتیپ‌های نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون (ب) در خاک

Fig. 3. Node fresh weight of chickpea genotypes in response to Sulfosulfuron (a) and Sulfosulfuron+Metsulfuron (b) residue in soil

علف‌کش‌ها در خاک کاهش یافت. کمترین مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها تأثیر معنی‌داری بر محتوای نیتروژن ژنوتیپ‌های هاشم و کاکا نداشت. حال این‌که تأثیر پایین‌ترین سطح باقیمانده علف‌کش‌ها در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ معنی‌دار بود (جدول ۲) در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین میزان نیتروژن (۹۹ درصد) در مقدار باقیمانده مذکور و در ژنوتیپ کاکا دیده شد. کمترین مقدار نیتروژن (۶۲/۳۵ درصد) نیز در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ و در ۴۰ درصد از باقیمانده علف‌کش‌ها مشاهده شد. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ محتوای نیتروژن گیاه، حساسیت بیشتری نسبت به بقایای علف‌کش‌ها داشته است. اثر متقابل علف‌کش و ژنوتیپ بر مقدار نیتروژن کل گیاه معنی‌دار بود. بر این اساس تفاوت معنی‌داری بین چهار علف‌کش در هر ژنوتیپ دیده شد؛

در بررسی اثرات متقابل علف‌کش و باقیمانده علف‌کش در خاک بر نیتروژن تثبیت‌شده مشاهده شد که با افزایش باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون، تلفات نیتروژن گیاه ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت، به طوری که بالاترین مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک به ترتیب باعث کاهش ۸۵/۸۶ و ۷۶/۰۴ درصدی در مقدار نیتروژن کل گیاهان شدند و از لحاظ آماری بین باقیمانده علف‌کش‌های مذکور تأثیر معنی‌داری بر محتوای نیتروژن گیاهان مشاهده نشد (جدول ۱)؛ با این وجود علف‌کش‌های دیکلوفوپ متیل و فنوکسپروپ‌پی‌اتیل، باعث افزایش ۶/۳۸ و ۳۳/۹۸ درصدی مقدار نیتروژن کل گیاهان شدند. در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک نیز مشاهده شد که مقدار نیتروژن کل همه ژنوتیپ‌ها با افزایش مقدار باقیمانده

سولفوسولفورون در خاک قرار گرفت و کمترین حساسیت در علف‌کش‌های مذکور مربوط به ژنوتیپ کاکا بود. علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل نیز باعث افزایش در نیتروژن کل گیاه در ژنوتیپ‌های کاکا و هاشم شد و در ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ منجر به کاهش جزئی نیتروژن شد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های هاشم و کاکا حساسیت کمتری نسبت به علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل از خود نشان می‌دهند و ژنوتیپ آی‌ال‌سی ۴۸۲ نسبت به علف‌کش‌های مذکور حساس‌تر است (جدول ۶).

به طوری که علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و تأثیر آنها مشابه بود. از سوی دیگر تأثیر علف‌کش‌های بازدارنده سنتز اسیدهای چرب نیز در ژنوتیپ‌های نخود یکسان بود؛ ولی اثرات بین دو گروه از علف‌کش‌ها در ژنوتیپ‌های نخود بسیار معنی‌دار بود. در هر ژنوتیپ کمترین و بیشترین میزان نیتروژن به ترتیب در اثر بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل مشاهده شد.

به طور کلی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود، مقدار نیتروژن ژنوتیپ هاشم بیش از سایر ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر منفی بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل +

جدول ۶- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل علف‌کش-ژنوتیپ بر صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود

Table 6. Mean comparison of interactive effects of herbicide and chickpea genotypes on measured traits

علف‌کش	ژنوتیپ	وزن خشک ساقه (گرم در گیاه)	تعداد گره (در گیاه)	وزن تر گره (گرم در گیاه)	وزن کل ریشه (گرم در گیاه)	نیتروژن کل (میلی‌گرم)
Herbicide	Genotype	Shoot dry weight (gr/plant)	Node Number per plant	Node fresh weight (gr/plant)	Total root dry weight (gr/plant)	Total Nitrogen (m gr)
سولفوسولفورون Sulfosulfuron	آی‌ال‌سی ILC 482	78.96de*(0.54)	63.12g(37.88)**	63.07f(0.54)	53.10f(0.64)	62.63g(34.12)
	کاکا KaKa	75.68e(0.53)	68.63f(19.83)	66.58f(0.1)	75.41e(0.26)	64.36fg(11.78)
	هاشم Hashem	63.46f(0.55)	55.62h(23.71)	56.07g(0.29)	59.24f(0.32)	57.53h(25.11)
دایکلوفوپ متیل Diclofop methyl	آی‌ال‌سی ILC 482	99.65f(0.51)	92.02c(59.13)	91.33c(0.82)	92.89c(1.21)	92.36e(39.48)
	کاکا KaKa	83.09d(0.48)	84.16d(24.12)	86.03d(0.13)	83.28d(0.29)	102.45c(16.13)
	هاشم Hashem	108.62b(0.34)	107.07b(41.67)	106.90b(0.51)	113.7b(0.61)	107.13b(36.87)
فنوکساپروپ‌پی‌اتیل Fenoxaprop P-ethyl	آی‌ال‌سی ILC 482	104.06bc(0.61)	95.36c(65.17)	93.95c(0.91)	95.23c(1.45)	97.96d(53.42)
	کاکا KaKa	107.88b(0.53)	107.16b(29.63)	103.93b(0.15)	112.07b(0.38)	109.27b(16.92)
	هاشم Hashem	149.62a(0.51)	121.11a(49.46)	120.04a(0.61)	136.38a(0.81)	123.76a(44.43)
سولفوسولفورون+مت Sulfosulfuron + Metsulfuron	آی‌ال‌سی ILC 482	79.63de(0.49)	65.37fg(37.92)	64.99f(0.46)	54.31f(0.63)	65.19fg(26.16)
	کاکا KaKa	81.65de(0.67)	76.31e(22.13)	76.79e(0.11)	83.59d(0.29)	67.06f(11.53)
	هاشم Hashem	63.89f(0.77)	55.66h(20.5)	55.74g(0.25)	43.87g(0.19)	57.11h(23.68)

در هر ستون داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means of each column followed by similar letters are not significantly different (LSD 5%).

Data inside the parenthesis are the real data.

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند.

زراعی می‌تواند از مهم‌ترین مشکلات ناشی از کاربرد علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در محصولات قبل از نخود باشد. از سوی دیگر با توجه به تفاوت در حساسیت ژنوتیپ‌های نخود در پاسخ به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک، این مهم می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ مناسب در شرایطی که احتمال آلودگی به بقایای علف‌کش وجود دارد، مورد توجه قرار گیرد. هر چند عوامل متعددی نظیر بالا بودن اسیدیته خاک، پایین بودن درجه حرارت و رطوبت خاک، پایین بودن مواد آلی و غیره، در ماندگاری علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره در خاک مؤثر است (Friesen & Wall, 1991) اما با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد لزوم رعایت فاصله زمانی در کاشت گیاهان زراعی بعدی پس از برداشت محصولات نظیر گندم که این علف‌کش‌ها در آنها کاربرد گسترده دارد، برای کاهش غلظت بقایای آنها در خاک ضروری است. از آنجایی که سطوح بررسی شده از بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌اتیل نیز در این پژوهش، اثر منفی بسیار کم یا حتی اثر تحریک‌کنندگی بر ویژگی‌های رشدی ژنوتیپ‌های مورد بررسی نخود داشته است و با توجه به این که علف‌کش‌های مذکور باریک‌برگ‌کش می‌باشند و تأثیری بر نخود ندارند، این امکان وجود دارد که بتوان آنها را به‌عنوان علف‌کش انتخابی در مزرعه نخود معرفی کرد. در این ارتباط آزمایش‌های تکمیلی در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای پیشنهاد می‌شود.

بر اساس اطلاعات موجود، علف‌کش‌ها به چندین روش می‌توانند رابطه همزیستی لگوم-ریزوبیوم را تحت تأثیر قرار دهند. اعتقاد بر این است که آنها می‌توانند از طریق تأثیر مستقیم بر رشد گیاه، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن را متأثر سازند و یا از طریق تأثیر مستقیم بر بقاء و رشد ریزوبیوم‌ها توانایی آنها برای همزیستی با گیاهان میزبان را کاهش دهند. از سوی دیگر ممانعت از تشکیل سیگنال‌های بیوشیمیایی بین ریزوبیوم‌ها و گیاهان و کاهش توانایی تقسیم سلولی در ریشه گیاه برای تشکیل گره نیز می‌تواند از دیگر اثرات علف‌کش‌ها بر همزیستی لگوم-ریزوبیوم باشد (Anderson et al., 2004; Fox et al., 2007). با توجه به نتایج حاصل از این بررسی به نظر می‌رسد که علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره مورد مطالعه با کاهش رشد گیاه و فراهمی مواد فتوسنتزی برای گره‌ها (Singh & Wright, 2002) زیست‌توده ریشه و در نتیجه مکان‌های آلوده‌سازی توسط باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، تعداد و زیست‌توده گره را کاهش داده‌اند و به این طریق توانسته‌اند میزان نیتروژن تثبیت‌شده گیاهان مورد مطالعه در این بررسی را کاهش دهند. در این ارتباط Soleimanpoor (2013) کاهش در نیتروژن کل گیاه ژنوتیپ‌های نخود را در اثر تیمار با بقایای علف‌کش‌های نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون در خاک گزارش نموده است. به‌طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون در خاک، می‌تواند آسیب‌پذیری بالایی در ژنوتیپ‌های نخود ایجاد کند. از این رو محدودیت در تناوب

منابع

- 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: 1061-1066.
- Anderson, A. 2001. The effect of acetolactate synthase (ALS) inhibiting herbicides on the growth, yield and nitrogen fixation of select legumes. Ph.D. Thesis. Adelaide University, South Australia.
- Anderson, A., Baldock, J.A., Rogers, S.L., Bellotti, W., and Gill, G. 2004. Influence of chlorsulfuron on Rhizobial growth, nodulation formation, and nitrogen fixation with chickpea. *Australian Journal of Agricultural Research* 55: 1059-1070.
- Diao, J., Xu, P., Wang, P., Lu, Y., Lu, D., and Zhou, Z. 2010. Environmental behavior of the chiral aryloxyphenoxypropionate herbicide diclofop-methyl and diclofop: enantiomerization and enantioselective degradation in soil. *Environmental Science and Technology* 44(6): 2042-2047.
- Drew, E., Vadakattua, G., and Lawrence, I. 2006. Herbicide limit nitrogen fixation ability farming ahead, *Cropping Pulses* 28-30.
- Fox, J.E., Gullledge, J., Engelhaupt, E., Burow, M.E., and McLachlan, J.A. 2007. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. *Plant National Academy of Sciences of the USA (PNAS)* 104: 10282-10287.
- Friesen, G.H., and Wall, D.A. 1991. Residual effect of CGA-131036 and chlorsulfuron on spring-snow rotational crops. *Weed Science* 39: 280-283.

8. Global Agricultural Information Network. 2013. Report of assessments of commodity and trade issues made by USDA.
9. Guo, Z., Huang, F., and Xu, Z. 2008. Residue dynamics of 10% fenoxaprop-Pethyl + cyhalofop-butyl EC in rice. *Journal of Ecological Rural Environment* 24: 51-54.
10. Halloway, K.L., Kookana, R.S., Noy, D.M., Smith, J.G., and Wilhelm N. 2006. Crop damage caused by residual Acetolactate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. *Weed Research* 46: 1323-1331.
11. Han, S., Ahn, B., and Moon, Y. 1998. Adsorption and movement of fenoxaprop-P-ethyl in soils. *Korean Journal of Weed Science* 18: 325-332.
12. Iswaran, V., and Marwah, T.S. 1980. A modified rapid Kjeldahl method for determination of total nitrogen in agriculture and biological materials. *Geobios* 7: 281-282.
13. Izadi, E., Rashed Mohassel, M.H., Dehghan, M., and Mahmoodi, G. 2011. Evaluation of crops susceptibility to mesosulfuron+iodosulfuron (total) residual in soil. *Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology)* 25: 194-202. (In Persian).
14. Izadi, E., Rashed Mohassel, M.H., Dehghan, V., and Mahmoodi, V. 2012. Evaluation of some of crops tolerance to herbicide residual of tribenuron methyl in soil. *Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology)* 26: 362-369. (In Persian).
15. Jukanti, A.K., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L., and Chibbar, R.N. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)* 108: S11-S26.
16. Moyer, J.R., and Hamman, V. 2001. Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crop. *Weed Technology* 15: 42-47.
17. Peyvastegan, A., and Farahbakhsh, A. 2011. The residual effects of different doses of Atrazine, Alachlor and Foramsulfuron on the growth and physiology of rape seed (*Brassica napus* L.). *World Academy of Science, Engineering, and Technology* 5: 02-20.
18. Pour Azar, 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 Agroecology* 1: 29-35. (In Persian).
19. Rogers, S., and Baldock, J. 2003. Herbicide link to low legume nitrogen fixation. *Farming Ahead* 134: 39-40.
20. Russel, M.H., Saladin, J.L., and Lichtner, I. 2002. Sulfonylurea herbicide. *Pesticide Outlook*. Royal Society of Chemistry 166-173.
21. Sanntin-montanya, I., Alonso-pradose, L., Villarroya, M., and Garcia-Baudin, J.M. 2006. Bioassay for determining sensitivity to sulfosulfuron on seven plant species. *Journal of Environmental Science and Health* 41: 781-793.
22. Singh, G., and Wright, D. 2002. In vitro studies on the effects of herbicides on the growth of rhizobia. *Letters in Applied Microbiology* 35: 12-16.
23. Smith, A.E., Grover, R., Cessna, A.J., Shewchuk, S.R., and Hunter, J.H. 1986. Fate of diclofop-methyl after application to a wheat field. *Journal of Environmental Quality* 15: 234-238.
24. Soleimanpoor Naghibi, Z. 2013. Study the effect of soil residues of sulfonylurea herbicides on growth, nodulation, and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L). MSc. Thesis. University of Mashhad, Iran. PP. 98.
25. Streck, H.J. 2005. The science of DuPont's soil residual herbicides in Canada. In: R.C. Van Acker (Ed.). *Soil Residual Herbicides: Science and Management, Volume 3*, Sainte Anne-ed Bellevue, Quebec, Canada. PP. 31-44.
26. Zand, E., Mousavi, S.K., and Heidari, A. 2009. *Herbicides and Their Application*. Mashhad Jihad-e-Daneshgahi Publication,
27. Zhou, Q., Liu, W., Zhang, Y., and Liu, K. 2007. Review action mechanisms of acetolactate synthase-inhibiting herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 89: 89-96.

Effects of soil residues of some wheat sulfonylurea and aryloxy phenoxy propionate herbicides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) growth, nodulation and biological nitrogen fixation

Mohammadnezhad^{1*}, R., Izadi Darbandi², I., Rastgoo², M. & Lakzian³, A.

1. MSc. Student of Weed Science, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3. Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 7 March 2015
Accepted: 21 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.44877

Introduction

Soil herbicides residue in agroecosystems is one of the important problems due to herbicides application. However herbicides residue in soil extend the period of weed control. Nevertheless, it may persist longer than desired and injure subsequent crops in rotation. Herbicides vary in their potential to persist in the soil. Some herbicides such as sulfonylurea herbicides are very persistent. Among registered herbicides for weed control in wheat fields in Iran, Sulfonylurea (e.g. sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron) and aryloxy phenoxy propionate (e.g. Diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl) are more important groups. With regard to the persistence of mentioned herbicides in soil, sulfonylurea herbicides may create problems in crop rotation. Since chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of important crops in rotation with wheat in Iran and the effect of sulfosulfuron, metsulfuron-methyl+sulfosulfuron, diclofop-methyl and fenoxaprop-p-ethyl on its growth, nodulation, and nitrogen fixation have not been studied yet. This study was conducted to investigate the effects of mentioned herbicides residue in soil on growth, nodulation, and nitrogen fixation of chickpea genotypes in controlled conditions.

Material and Methods

In order to study the effects of soil residue of some sulfonylurea and aryloxy phenoxy propionate herbicides on growth, nodulation and nitrogen fixation of chickpea (*Cicer arietinum* L.), a pot experiment was conducted using factorial arrangement in a completely randomized design with three replications. Factors included herbicide type in four levels (diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl, sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron), herbicides residue in soil in eight levels (0, 2.5, 5, 10, 15, 20, 30, and 40 percent of recommended dose for each herbicide) and chickpea genotypes in three levels (Hashem, ILC 482, and KaKa). After mixing the herbicide solution with prepared soil and planting, plants were maintained until the beginning of reproductive stage. In the early stage of reproductive, shoot biomass and root biomass, number of root node and total nitrogen content of plants were measured. The data were statistically analyzed using variance analysis, and differences among mean values of treatments were compared by Duncan test ($p \leq 0.05$) in SAS. For determination the dose of herbicides required to reduce 50% of plants response (ED50), the dose response curves were fitted simultaneously using the following three-parameter logistic model.

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

*Corresponding Author: ra.mohammadnezhad@stu.um.ac.ir; Mobile: 09159985180

Where f is the response (above ground dry weight, root dry weight and node dry weight), d is the upper limit, b is the curve slope, e denotes the dose required to give a response halfway between the upper and lower limits (ED50); and x is the herbicide concentration in soil. The validity of the above model and the comparison between the parameters were made using F-test for lack-of-fit with a 5% level of significance.

Results and Discussion

Results showed that sulfonylurea (sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron) and aryloxy phenoxy propionate (diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl) had the highest and the lowest effect on mentioned traits of plants, respectively. By increasing of sulfonylurea herbicides residue in soil, all measured traits decreased significantly ($p \leq 0.01$). However, soil residue of aryloxy phenoxy propionates herbicides did not significantly affect on chickpea genotypes. The lowest ED50 ($0.0025 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) and the highest ED50 ($0.0047 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) of sulfosulfuron herbicide soil residue for shoot biomass, were observed in Hashem and ILC482 genotypes, respectively and the lowest ED50 ($0.0057 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) and the highest ED50 ($0.0837 \text{ mg kg}^{-1} \text{ soil}$) of metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicide soil residue, were observed in ILC482 and KaKa genotypes, respectively. Considering the results of the study, it can be noted that Hashem genotype showed more sensitivity to sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicides soil residue compared to the other genotypes. Generally, results of this experiment showed that soil residue of sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicides had significant and negative impact on chickpea growth. On the other hand, chickpea genotypes had different sensitivity to soil residue herbicides.

Conclusion

Results indicated that it is necessary to look the interval time in chickpea planting in rotation of wheat-chickpea. Moreover, selection of less sensitive chickpea genotypes to soil residue of sulfosulfuron and metsulfuron-methyl+sulfosulfuron herbicides could be useful in their residue management.

Key words: Chickpea genotypes, Diclofop-methyl, Fenoxaprop-p-ethyl, Metsulfuron-methyl+sulfosulfuron, Sulfosulfuron