نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۰۸-۹۵، نیمهٔ دوم ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 95-108
DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.44877

# بررسی اثرات باقیماندهٔ برخی از علف‌کش‌های سولفونیل اوره و آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات‌های مورد استفاده درگندم در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

رحیم‌بخش محمدنژاد[1*]، ابراهیم ایزدی‌دربندی[2]، مهدی راستگو[2] و امیر لکزیان[3]

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؛ به‌ترتیب 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 به‌دنبال خواهند داشت. به‌منظور بررسی تأثیر بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون که از پُرمصرف‌ترین علف‌کش‌های مورد استفاده در مزارع گندم کشور می‌باشند، در خاک بر رشد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن در نخود، آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه‌تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲انجام شد. عوامل موردبررسی شامل ژنوتیپ‌های نخود درسه‌سطح MCC۹۵۰ (هاشم)، MCC۴۶۳ (آی‌ال‌سی۴۸۲) و MC۳۶۲ (کاکا)، علف‌کش‌ها درچهارسطح (دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون) و بقایای علف‌کش‌ها در خاک در هشت‌سطح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰درصد مقادیر توصیه‌شده علف‌کش‌ها) بودند. درابتدای مرحله زایشی گیاهان، زیست‌توده 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 آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات‌ها به‌ترتیب 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 موردبررسی ژنوتیپ‌های نخود به‌شدت کاهش یافت. اما علف‌کش‌های خانواده آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات‌ها (علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل) تأثیر متفاوتی بر صفات مذکور داشتند. علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل تأثیر معنی‌داری بر صفات موردمطالعه 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 (۰/۰۰۲۵میلی‌گرم درکیلوگرم خاک) و بیشترین ED50 (۰/۰۰۴۷میلی‌گرم درکیلوگرم خاک) برای زیست‌توده اندام‌های هوایی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و آی‌ال‌سی۴۸۲ مشاهده شد و در علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورن کمترین ED50 (۰/۰۰۵۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین ED50 (۰/۰۸۳۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی۴۸۲ 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 به‌نظر 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

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

* نویسنده مسئول: ra.mohammadnezhad@stu.um.ac.ir
تلفن همراه: ۰۹۱۵۹۹۸۵۱۸۰

با قرارگیری در تناوب با غلات و دیگر محصولات، به‌عنوان بَرهم‌زننده چرخه بیماری‌ها، آفات و افزایش‌دهنده نیتروژن خاک مطرح است (Drew *et al*., 2006). با وجود این، گزارش‌شده 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 علف‌های‌هرز 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 جذب‌شدن از طریق سیستم ریشه، علف‌های‌هرزی را که در طول فصل رشد سبز می‌شوند، کنترل کنند (Alonso-prados *et al*., 2002). هرچند این ویژگی در برنامه مدیریت و کنترل طولانی‌مدت علف‌های‌هرز 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، آپیروس، مگاتن، بروماسید+تاپیک، توتال و آتلانتیس به‌کار رفته در کشت گندم بر محصولات تناوبی ماش و ذرت، بقایای علف‌کش‌های مگاتن و آپیروس 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 براین است‌که علف‌کش‌ها به چندین روش می‌توانند رابطه همزیستی لگوم-رایزوبیوم 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 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-رایزوبیوم 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 برتثبیت 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 آنجایی‌که در ارتباط با اثرات احتمالی باقیمانده علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+ 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 مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون در خاک و در شرایط کنترل‌شده انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه‌تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل ژنوتیپ‌های نخود درسه‌سطح MCC۹۵۰ (هاشم)، MCC۴۶۳ (آی‌ال‌سی۴۸۲) و MCC۳۶۲ (کاکا)، علف‌کش‌ها درچهارسطح (دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون) و بقایای علف‌کش‌ها در خاک در هشت‌سطح (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰درصد مقادیر توصیه‌شده ماده مؤثره علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل (امولسیون شونده غلیظ ۳۶درصد، با مقدار کاربرد ۲/۵لیتر ماده تجاری در هکتار)، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل (امولسیون روغن در آب ۷/۵درصد، با مقدار کاربرد یک‌لیتر ماده تجاری در هکتار)، سولفوسولفورون (امولسیون شونده غلیظ ۷۵درصد، با مقدار کاربرد ۲۶/۶گرم ماده تجاری در هکتار) و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون (گرانول مرطوب‌شونده ۱۵درصد + ۷۵درصد با مقدار کاربرد ۴۰ تا ۵۰گرم ماده تجاری در هکتار) بودند که به‌ترتیب غلظت

(بقایای) شبیه‌سازی شده آنها با توجه به‌مقدار مصرف هر یک از آن‌ها و با توجه به بافت خاک موردبررسی در این مطالعه برای علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل (۰، ۰/۰۰۰۱۷، ۰/۰۰۰۳۵، ۰/۰۰۰۰۷، ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۱۴، ۰/۰۰۰۲۱ و۰/۰۰۰۲۸میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل (۰، ۰/۰۰۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۰۲، ۰/۰۰۰۰۰۵، ۰/۰۰۰۰۰۸، ۰/۰۰۰۰۱۱، ۰/۰۰۰۰۱۷ و ۰/۰۰۰۰۲۳میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، علف‌کش سولفوسولفورون (۰، ۰/۰۰۰۳۷۵، ۰/۰۰۰۷۵، ۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۲۲، ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۴۵ و ۰/۰۰۶میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون (۰، ۰/۰۰۰۷۷۵، ۰/۰۰۱۵۵، ۰/۰۰۳۱، ۰/۰۰۴۶، ۰/۰۰۶۲، ۰/۰۰۹۳ و ۰/۰۱۲۴میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) محاسبه شدند.

برای این‌منظور نمونه خاکی از عمق صفر تا ۱۰سانتی‌متری مزرعه‌ای که حداقل به‌مدت پنج‌سال 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 بقایای‌علف‌کش‌ها در خاک از ۱۰۰ درصد مقدار اولیه آنها در خاک در زمان کاربرد به ۰، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰درصد محاسبه و با استفاده از اختلاط فرمولاسیون تجاری‌علف‌کش‌ها در آب و تهیه محلول‌های لازم برای هر یک از تیمارهای مربوط به بقایای‌علف‌کش‌ها در خاک، برای اختلاط با خاک به سطح خاک افزوده شد. به‌منظور اختلاط کامل علف‌کش با خاک ابتدا یک‌کیلوگرم از خاک خشک الک‌شده (الک ۲میلی‌متری) موردنظر آماده شد، سپس ۵۰میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های تهیه شده برای هر غلظت علف‌کش به‌طور یکنواخت روی خاک مذکور ریخته و پس از تبخیر کامل آب، باقیمانده سموم با خاک مخلوط شد. نمونه یک‌کیلوگرمی خاک مخلوط شده برای هر غلظت علف‌کش، سپس با سایر خاک‌های موردنیاز برای هر تیمار(۳۰کیلوگرم) مجدداً به‌طور کامل و یکنواخت مخلوط شد. پس از اختلاط و آماده‌سازی، خاک‌های آلوده شده با علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+سولفوسولفورون، به گلدان‌ها منتقل و بذور گیاهان نخود پس از تلقیح با باکتری مزورایزوبیوم، به‌تعداد ۱۰عدد 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 مرحلهٔ دو تا سه‌برگی نخود، گیاهان تُنَک و تراکم آنها به سه‌بوته در هر گلدان رسید. در ابتدای مرحله زایشی (۱۰ تا ۲۰درصد گلدهی)، گیاهان موردنظر در هر گلدان، از محل طوقه برداشت و پس از خاک‌شویی ریشه، تعداد گره و وزن تَر گره اندازه‌گیری شدند. سپس ریشه و اندام‌های هوایی به آزمایشگاه منتقل و به‌مدت ۴۸ساعت در آون و در دمای ۸۰درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Datta *et al*., 2009) و وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتال هزارم 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 پنج‌درصد انجام شد. تجزیه رگرسیون داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار R و از برازش معادله سیگموئیدی سه‌پارامتری به زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده ریشه و زیست‌توده گره ریشه گیاهان استفاده شد و غلظت لازم برای ۵۰درصد بازدارندگی زیست‌توده ژنوتیپ‌های نخود ($ED_{50}$) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به‌کار گرفته شدند (Sanntin-montanya *et al*., 2006).

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

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

## نتایج و بحث

براساس نتایج این آزمایش، بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون در خاک تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) بر تمام صفات (زیست‌توده اندام‌های هوایی، زیست‌توده کل ریشه، زیست‌توده تَرگره، 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 موردمطالعه برخی از ژنوتیپ‌ها داشته است (جدول ۱). پاسخ زیست‌توده تولیدشده توسط اندام‌های هوایی و ریشه ژنوتیپ‌های موردمطالعه نخود به بقایای علف‌کش‌های

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

**جدول ۱- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل علف‌کش و باقیمانده علف‌کش در خاک بر صفات موردبررسی 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 تَر 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) |
| | 40 | 28.87q(0.18) | 13.63n(6.33) | 13.15p(0.08) | 17.29n(0.11) | 14.14n(5.52) |
| 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 | 97.80egh(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) |
| | 40 | 94.86e-h(0.50) | 91.14fgh(40.33) | 91.89ghij(0.47) | 93.24ef(0.68) | 106.38de(31.78) |
| 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) |
| | 40 | 139.08a(0.78) | 119.15a(52.67) | 117.45a(0.62) | 133.44a(1.01) | 133.31a(41.69) |
| سولفوسولفورون+ مت سولفورون 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%).

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند. Data inside the parenthesis are the real data.

در بین تیمارهای مربوط به بقایای علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون نیز بیشترین (۷۲/۳۸درصد) و کمترین (۲۵/۹۱درصد) تلفات در زیست‌توده کل ریشه به‌ترتیب در تیمارهای ۴۰ و ۲/۵درصد 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 ۴۰درصد مقادیر شبیه‌سازی‌شده تا ۳۰درصد نیز باعث افزایش زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ‌های نخود شد.

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 (۴۱/۶۵درصد) در ژنوتیپ آی‌ال‌سی۴۸۲ و کمترین مقدار کاهش (۲۳/۳۳درصد) در ژنوتیپ هاشم در بالاترین مقدار بقایای علف‌کش‌ها (۴۰درصد) مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ-باقیمانده علف‌کش، برای زیست‌توده اندام‌های هوایی معنی‌دار نبود.

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

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

| Genotype | باقیمانده علف‌کش (درصد) Herbicide residue (%) | وزن‌خشک ساقه (گرم در گیاه) Shoot dry matter (gr/plnat) | تعداد گره در گیاه Node Number per plant | وزن تَر گره (گرم در گیاه) Node fresh weight (gr/plant) | وزن کل ریشه (گرم در گیاه) Total root dry matter (gr/plant) | نیتروژن کل (میلی‌گرم) Total nitrogen (mgr) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آی‌ال‌سی۴۸۲ 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) |
| | 40 | ns | 59.42h(25.15) | 59.73kl(0.54) | 58.59l(0.81) | 62.35g(29.27) |
| کاکا KaKa | 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) |
| | 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) |
| هاشم Hashem | 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) |
| | 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) |

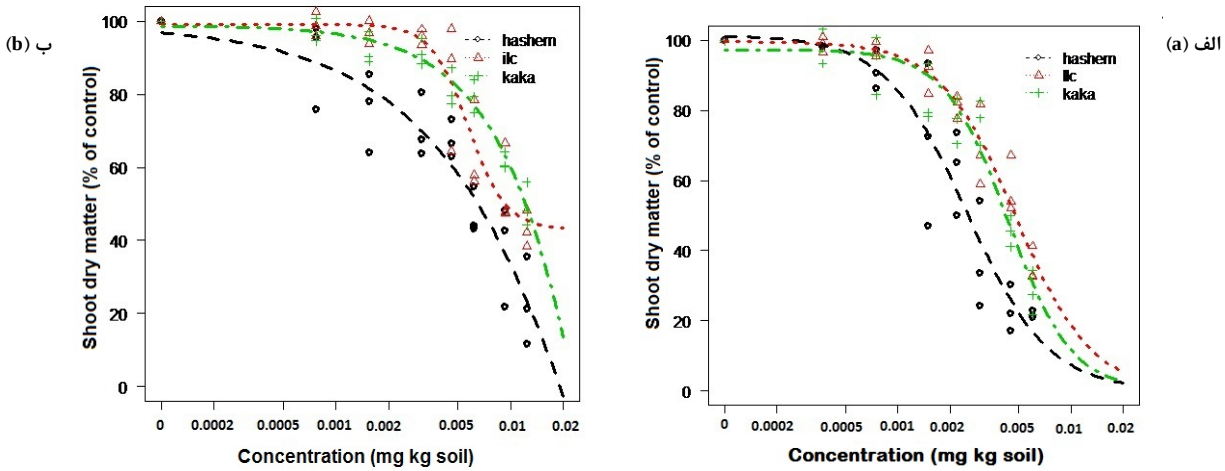
در هر ستون داده‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

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

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند. Data inside the parenthesis are the real data.

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 ۴۰درصد 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 موردبررسی به سولفوسولفورون اختصاص داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار باقیمانده آن در خاک (۴۰درصد)، زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی۴۸۲، کاکا و هاشم را به‌ترتیب ۶۴، ۷۲ و ۷۶درصد کاهش داد. در مورد علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون نیز بیشترین مقدار باقیمانده آن (۴۰درصد) در خاک به‌ترتیب باعث کاهش ۵۷، ۵۰ و ۷۷درصدی زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی۴۸۲، کاکا و هاشم شد. اما بقایای علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل باعث افزایش زیست‌توده نخود شدند؛ به‌طوری‌که در بیشترین سطح از بقایای آن زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های هاشم، کاکا و آی‌ال‌سی۴۸۲ را به‌ترتیب ۸۵، ۱۴ و ۱۷درصد افزایش داد. به‌نظر می‌رسد کاهش زیست‌توده اندام‌های هوایی در نتیجه کاربرد مقادیر باقیمانده علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره می‌تواند به‌دلیل 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 به‌صورت 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. به‌طوری‌که Diao *et al*, (2010) گزارش کردند که نیمه‌عمر دیکلوفوپ‌متیل در خاک کم و در شرایط هوازی ۸/۷ تا ۴۳/۳روز و در شرایط غیرهوازی خاک ۱۴/۷ تا ۷۷روز می‌باشد. با توجه به‌این نتایج می‌توان گفت که عدم تأثیرگذاری علف‌کش دیکلوفوپ‌متیل بر زیست‌توده اندام‌های هوایی به‌دلیل هیدرولیز سریع آن و در نتیجه غیرفعال شدن آن در خاک می‌باشد. علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل نیز باعث افزایش معنی‌دار زیست‌توده کل ریشه ژنوتیپ هاشم شد، اما بر ژنوتیپ‌های کاکا و ای ال سی ۴۸۲ تأثیر معنی‌داری نداشت. به‌نظر می‌رسد تأثیر تحریک‌کننده علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل بر نخود، احتمالاً به‌دلیل ماده افزودنی مفن‌پایردی‌اتیل همراه آن می‌باشد که در ساختار شیمیایی آن نیتروژن به‌کار 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 فنوکساپروپ‌پی‌اتیل ماندگاری کمی در آب، خاک و گیاه دارد. نتایج نشان دادند که بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون در خاک، رشد ریشه گیاهان موردمطالعه را بیش از اندام‌های هوایی تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که تلفات زیست‌توده ریشه، بیش از تلفات زیست‌توده اندام‌های هوایی بوده است. از آنجایی‌که ریشه گیاهان بیشتر در معرض بقایای علف‌کش‌ها قرار می‌گیرد و علف‌کش‌های سولفونیل اوره به‌طور غیرمستقیم از بازدارندگان تقسیم سلولی در مناطق تقسیم سلولی از جمله مریستم‌های انتهایی ریشه محسوب می‌شوند، تأثیرپذیری بیشتر ریشه از بقایای علف‌کش‌های مذکور دور از ذهن نمی‌باشد.

از برازش داده‌های زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های مختلف نخود به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون به معادله‌های سه و چهارپارامتری سیگموئیدی، مشاهده شد که کمترین (۰/۰۰۲۵میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۰۴۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 در علف‌کش سولفوسولفورون به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و آی‌ال‌سی۴۸۲ مشاهده شد و در مورد علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون کمترین (۰/۰۰۵۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۸۳۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی۴۸۲ و کاکا مشاهده شد (جدول۳). بر این اساس و با توجه به نتایج حاصل، به‌نظر می‌رسد در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه، هاشم حساس‌ترین و آی‌ال‌سی۴۸۲ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش سولفوسولفورون در خاک باشند (شکل ۱). سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه بر اساس تحمل به بقایای علف‌کش سولفوسولفورون بر اساس شاخص ED50به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: هاشم<کاکا< آی‌ال‌سی۴۸۲.




**شکل۱- پاسخ زیست‌توده اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود به مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون (ب) در خاک**

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

**جدول۳ - پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌توده خشک اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های نخود به معادله های سه و چهار پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+ سولفوسولفورون در خاک**

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

| Herbicide | Genotype | b | C | d | $ED_{50}$ (m $kg^{-1}$ soil) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sulfousulfuron | 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) |
| Sulfousulfuron + 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) |
| | kaka | 2.02 (0.29) | - | 98.83 (3.28) | 0.0837 (0.2131) |

(Standard error)*

در مورد علف‌کش سولفوسولفورون نیز کمترین (۰/۰۰۱۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۰۴۳میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی۴۸۲ و کاکا مشاهده شد (جدول۴) و برای علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون کمترین (۰/۰۰۱۹میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین (۰/۰۱۱۳میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) شاخص ED50 به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های هاشم و کاکا مشاهده شد (جدول۴).

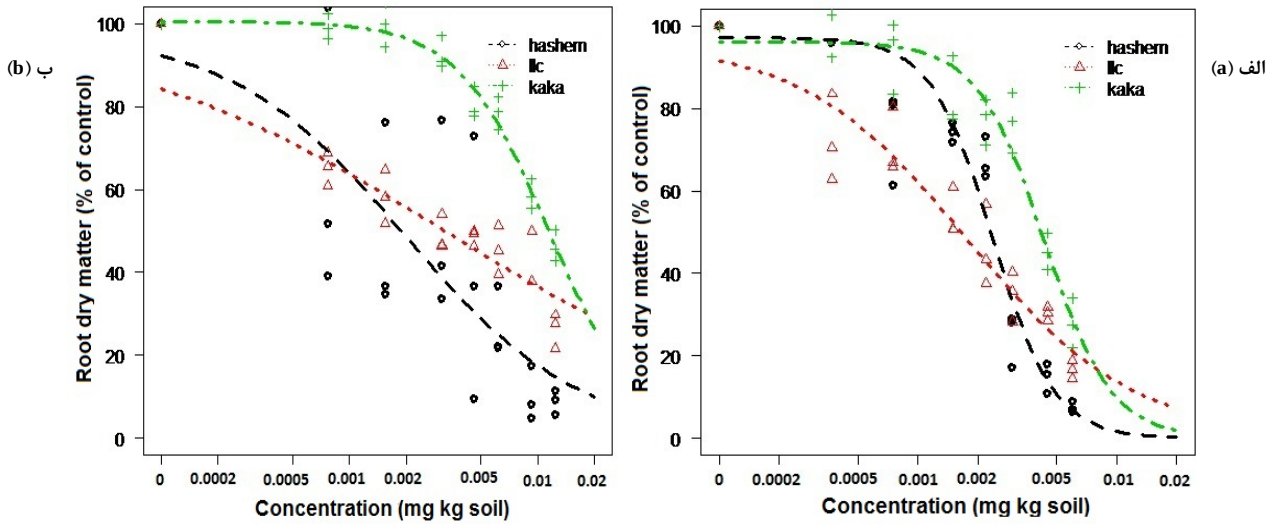
**جدول۴- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌توده خشک ریشه ژنوتیپ‌های نخود به معادله‌های سه‌پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+ سولفوسولفورون در خاک**

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

| Herbicide | Genotype | b | d | $ED_{50}$ (m $kg^{-1}$ soil) |
|---|---|---|---|---|
| Sulfousulfuron | 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) |
| Sulfousulfuron + 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) |
| | kaka | 1.81 (0.51) | 100.56 (4.81) | 0.0113 (0.0013) |

(Standard error)*

با توجه به نتایج حاصل، به‌نظر می‌رسد ریشه ژنوتیپ‌های آی‌ال‌سی۴۸۲ و کاکا به‌ترتیب حساسیت و تحمل بیشتری به بقایای علف‌کش سولفوسولفورون در خاک داشته باشند (شکل۲). سایر ژنوتیپ‌ها نیز براساس تحمل به بقایای این علف‌کش به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: آی‌ال‌سی۴۸۲ < هاشم < کاکا.




شکل۲- پاسخ زیست‌توده ریشه ژنوتیپ‌های نخود به‌مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون (ب) در خاک

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

برای علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون، ژنوتیپ آی‌ال‌سی۴۸۲ حساس‌ترین و ژنوتیپ کاکا متحمل‌ترین ژنوتیپ به بقایای شبیه‌سازی شده علف‌کش در خاک است (شکل ۱) و سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه بر اساس تحمل به بقایای علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون بر اساس شاخص $ED_{50}$ به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

آی‌ال‌سی۴۸۲ <هاشم<کاکا

تعداد گره، زیست‌توده تَرگره و مقدار نیتروژن نیز در همه ژنوتیپ‌های نخود به‌طور 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 زیست‌توده تَر گره داشتند؛ به‌طوری‌که علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون در بالاترین سطح باقیمانده در خاک، به‌ترتیب باعث کاهش (۸۶/۳۷درصد) و (۷۷/۲۹درصد) تعداد گره در ژنوتیپ‌های نخود شدند، ولی علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل باعث کاهش جزئی و حتی افزایش در تعداد گره شدند (جدول ۱). کمترین میزان گره مربوط به تیمارهای ۳۰ و ۴۰درصد علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون و بیشترین آن نیز مربوط به ۴۰درصد از باقیمانده علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل در خاک بود. در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی در این آزمایش، ژنوتیپ هاشم، بیشترین تعداد و زیست‌توده تَر گره را در واکنش به بقایای علف‌کش‌ها داشت و ژنوتیپ آی‌ال‌سی۴۸۲ کمترین تعداد و زیست‌توده تَر گره را به‌خود اختصاص داد. بر اساس نتایج حاصل از برازش رگرسیونی، بیشترین و کمترین شاخص $ED_{50}$ در علف‌کش سولفوسولفورن، به‌ترتیب برای ژنوتیپ‌های کاکا (۰/۰۰۳۱میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و هاشم (۰/۰۰۲۳میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) مشاهده شد و برای علف‌کش مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون کمترین مقدار ED50 در ژنوتیپ هاشم (۰/۰۰۴۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بیشترین مقدار ED50 در ژنوتیپ کاکا (۰/۰۰۸۷میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بود (جدول۵). بر این اساس، به‌نظر می‌رسد در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی، کاکا متحمل‌ترین و هاشم حساس‌ترین ژنوتیپ به بقایای شبیه‌سازی‌شده علف‌کش‌های سولفوسولفورون، مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون در خاک باشد (شکل ۳)؛ و سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه براساس تحمل به بقایای علف‌کش به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

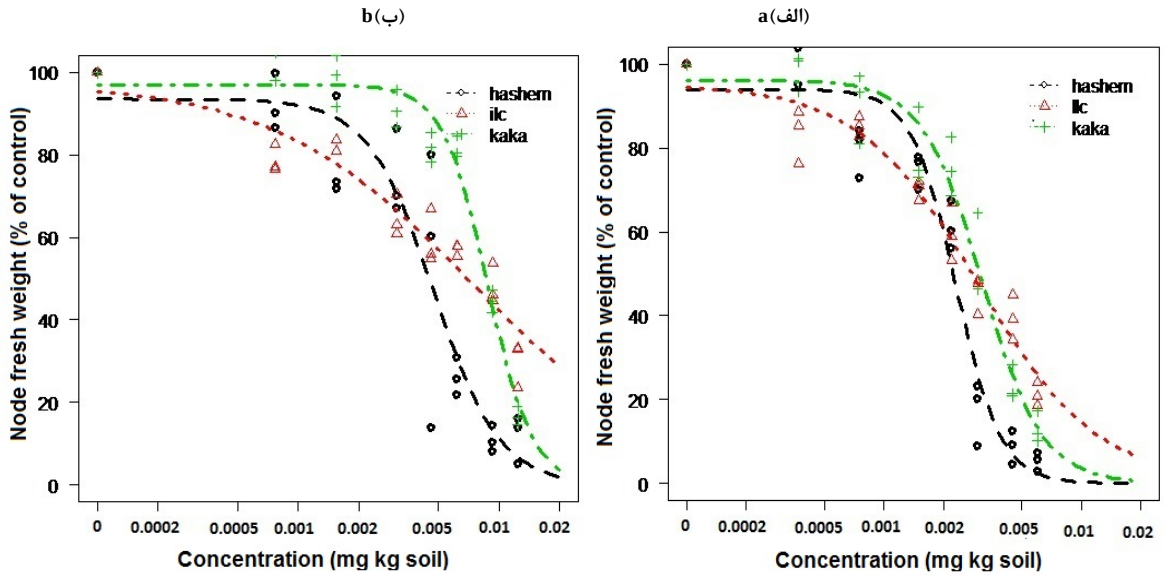
هاشم > آی‌ال‌سی۴۸۲ > کاکا

جدول۵- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های زیست‌توده تر گره ژنوتیپ‌های نخود به معادله های سه پارامتری سیگموئیدی لجستیکی به بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورن‌متیل+ سولفوسولفورون در خاک

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

| Herbicide | Genotype | b | d | $ED_{50}$ (m $kg^{-1}$ soil) |
|---|---|---|---|---|
| Sulfousulfuron | 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) |
| Sulfousulfuron + 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)*




شکل۳- پاسخ زیست‌توده تَر گره ژنوتیپ‌های نخود به‌مقدار باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون (الف) و مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون (ب) در خاک

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

در بررسی اثرات متقابل علف‌کش و باقیمانده علف‌کش در خاک بر نیتروژن تثبیت‌شده مشاهده شد که با افزایش باقیمانده علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+ سولفوسولفورون، تلفات نیتروژن گیاه ژنوتیپ‌های نخود افزایش یافت، به‌طوری‌که بالاترین مقدار باقیمانده علف‌کش‌ها در خاک به‌ترتیب باعث کاهش ۸۵/۸۶ و ۷۶/۰۴درصدی 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 دیکلوفوپ‌متیل و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، باعث افزایش ۶/۳۸ و ۳۳/۹۸درصدی 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 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 آی‌ال‌سی۴۸۲ معنی‌دار بود (جدول ۲) در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه، بیشترین میزان نیتروژن (۹۹درصد) در مقدار باقیمانده مذکور و در ژنوتیپ کاکا دیده شد. کمترین مقدار نیتروژن (۶۲/۳۵درصد) نیز در ژنوتیپ آی‌ال‌سی۴۸۲ و در۴۰درصد از باقیمانده علف‌کش‌ها مشاهده شد. با توجه به‌این نتایج می‌توان گفت که در ژنوتیپ آی‌ال‌سی۴۸۲ 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؛

به‌طوری‌که علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره در ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و تأثیر آنها مشابه بود. از سوی دیگر تأثیرعلف‌کش‌های 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 به‌ترتیب در اثر بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل مشاهده شد.

به‌طور کلی در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه نخود، مقدار نیتروژن ژنوتیپ هاشم بیش از سایر ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر منفی بقایای علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+ 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 آی‌ال‌سی۴۸۲ 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 آی‌ال‌سی۴۸۲ نسبت به علف‌کش‌های مذکور حساس‌تر است (جدول ۶).

**جدول۶- مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل علف‌کش-ژنوتیپ بر صفات موردبررسی 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 تَر 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 Sulfousulfuron | 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 سولفورون Sulfousulfuron + 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%).

اعداد داخل پرانتز در تمام صفات مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشند. Data inside the parenthesis are the real data.

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 به‌نظر می‌رسد که علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره موردمطالعه 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 به‌این طریق توانسته‌اند میزان نیتروژن تثبیت‌شده گیاهان مورد مطالعه دراین 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 مت‌سولفورون‌متیل+ سولفوسولفورون درخاک، می‌تواند آسیب‌پذیری بالایی در ژنوتیپ‌های نخود ایجاد کند. از این رو محدودیت در تناوب زراعی می‌تواند از مهم‌ترین مشکلات ناشی از کاربرد علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون‌متیل+ 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 مت‌سولفورون‌متیل+ 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 بالابودن اسیدیته خاک، پایین‌بودن درجه‌حرارت و رطوبت خاک، پایین‌بودن مواد آلی و غیره، در ماندگاری علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره در خاک مؤثر است (Friesen & Wall, 1991) اما با توجه به نتایج حاصل، به‌نظر می‌رسد لزوم رعایت فاصله زمانی در کاشت گیاهان زراعی بعدی پس از برداشت محصولاتی نظیر گندم که این علف‌کش‌ها در آنها کاربرد گسترده دارد، برای کاهش غلظت بقایای آنها در خاک ضروری است. از آنجایی‌که سطوح بررسی‌شده از بقایای علف‌کش‌های دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل نیز در این پژوهش، اثر منفی بسیارکم یا حتی اثر تحریک‌کنندگی بر ویژگی‌های رشدی ژنوتیپ‌های موردبررسی نخود داشته است و با توجه به این‌که علف‌کش‌های مذکور باریک‌برگ‌کُش 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.

## منابع


1. Alonso-prados, J.L., Hernadez-Sevillano, E., Llanos, S., Villarroya, M., and Garcia-Baudin, J.M. 2002. Effects of sulfosulfuron soil residues on barley (*Hordeum vulgare*), sunflower (*Helianthus annus*) and common vetch (*Vicia sativa*). Crop Protection 21: 1061-1066.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Drew, E., Vadakattua, G., and Lawrence, l. 2006. Herbicide limit nitrogen fixation ability farming ahead, Cropping Pulses 28-30.
6. Fox, J.E., Gulledge, 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.
7. 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. Amodified 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+iodosolfuron (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. Sulfonyrea 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. Strek, 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 Jehad-e-Daneshghahi 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.

**Iranian Journal of Pulses Research**
**Vol. 7, No. 2, 2016, p. 95-108**

# 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 Darbandi[2], I., Rastgoo[2], M. & Lakzian[3], 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 metsulforon-methyl+sulfosulforon) 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, metsulforon-methyl+sulfosulforon, 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 metsulforon-methyl+sulfosulforon), 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 metsulforon-methyl+sulfosulforon) 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 mg $kg^{-1}$ soil) and the highest ED50 (0.0047 mg $kg^{-1}$ soil) of sulfosulfuron herbicide soil residue for shoot biomass, were observed in Hashem and ILC482 genotypes, respectively and the lowest ED50 (0.0057 mg $kg^{-1}$ soil) and the highest ED50 (0.0837 mg $kg^{-1}$ soil) of metsulforon-methyl+sulfosulforon 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 metsulforon-methyl+sulfosulforon herbicides soil residue compared to the other genotypes. Generally, results of this experiment showed that soil residue of sulfosulfuron and metsulforon-methyl+sulfosulforon 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 metsulforon-methyl+sulfosulforon herbicides could be useful in their residue management.

**Key words:** Chickpea genotypes, Diclofop-methyl, Fenoxaprop-p-ethyl, Metsulforon-methyl+sulfosulforon, Sulfosulfuron