



اثر اختلاط علف‌کش اگزادیارژیل و ریم‌سولفورون در کنترل علف‌های هرز و عملکرد غده سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)

ساناز حنیفه‌زاده اردی^۱، محمد تقی آل‌ابراهیم^{۲*}، و رسول فخاری^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۱

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی اختلاط دو علف‌کش اگزادیارژیل و ریم‌سولفورون بر کنترل علف‌های هرز، میزان عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی، آزمایشی در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتورها شامل علف‌کش‌های ریم‌سولفورون با مقادیر صفر، ۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵ و ۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار و اگزادیارژیل با مقادیر صفر، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ لیتر ماده‌ی مؤثره در هکتار و ۵ نسبت اختلاط دو به دو آنها (به‌صورت صفر: ۰/۸، ۱۲/۵: ۰/۶، ۲۵: ۰/۴، ۳۷/۵: ۰/۲ و ۵۰: صفر) و فاکتور دوم زمان‌های مختلف کاربرد مخلوط علف‌کش‌ها به صورت پیش‌کاشت و پس از سبز شدن سیب‌زمینی بودند. نتایج تجزیه‌های آماری نشان داد که اثر متقابل نسبت اختلاط دو علف‌کش و زمان کاربرد آنها تأثیر معنی‌داری بر درصد کاهش تراکم سلمه‌تره، تاج‌خروس ریشه قرمز و پیچک‌صحرايي داشتند. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد اختلاط دو علف‌کش، باعث بهبود کارایی آنها در کنترل علف‌های هرز شد، به‌طوری‌که این علف‌کش‌ها در نسبت اختلاط ۷۵ درصد اگزادیارژیل + ۲۵ درصد ریم‌سولفورون تراکم سلمه‌تره و در نسبت اختلاط ۲۵ درصد اگزادیارژیل + ۷۵ درصد ریم‌سولفورون، تراکم تاج‌خروس ریشه‌قرمز و در ۱۰۰ درصد ریم‌سولفورون به تنهایی تراکم پیچک‌صحرايي را به‌ترتیب، ۱۰۰، ۹۴/۶۷ و ۵۹/۶۷ درصد در مرحله پیش‌کاشت کاهش دادند. اثرات متقابل نسبت اختلاط علف‌کش در زمان مصرف بر صفات وزن متوسط غده، عملکرد تک بوته و عملکرد کل غده معنی‌دار گردید. نتایج عملکرد کل سیب‌زمینی نشان داد که تیمار کاربرد ۲۵ درصد اگزادیارژیل + ۷۵ درصد ریم‌سولفورون در زمان سبز شدن با ۶۹/۱۶ درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد برترین تیمار آزمایش بود. همچنین، نتایج نشان داد با وجود افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز، این افزایش هیچ تأثیر کاهنده‌ای بر عملکرد گیاه سیب‌زمینی نداشت؛ پس، می‌توان نتیجه گرفت اعمال این اختلاط تأثیر سویی بر سیب‌زمینی نداشت.

واژگان کلیدی: پیچک‌صحرايي، پیش‌کاشت، تاج‌خروس ریشه‌قرمز، سبز شدن، سلمه‌تره.

۱- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- دانشیار علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

مقدمه

امروزه در کشورهای مهم تولید سیب‌زمینی در جهان، علف‌کش‌های متعددی مانند ای‌پی‌تی‌سی، گلیفوسیت، ترفلان، ستوکسیدیم، متولاکلر، ریم‌سولفورون و پندی‌متالین در مراحل مختلف رشدی، مانند همزمان با کشت و مخلوط با خاک و یا پس از کشت و قبل از سبز شدن سیب‌زمینی و یا به صورت پس‌رویشی برای کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از اصلی‌ترین دلایل بکار بردن علف‌کش، کاهش رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز می‌باشد، بدین وسیله شانس موفقیت در دسترسی به مواد غذایی گیاهان زراعی افزایش می‌یابد (Aghaie et al., 2013). علف‌کش ریم‌سولفورون از گروه سولفونیل‌اوره بوده که برای کنترل علف‌های هرز در محصول سیب‌زمینی در آمریکا به ثبت رسیده و می‌تواند به صورت پیش‌رویشی و پس‌رویشی بکار رود (Jahedi and Shimi, 2002). تحمل سیب‌زمینی حتی در مواقع کاربرد مقادیر بیش از دز توصیه شده ریم‌سولفورون به همراه ماده همراه، مطلوب است (Anonymous, 2000).

اگزادیارژیل علف‌کشی از خانواده اکسیدازول‌ها و بازدارنده سنتز پروتوپورفیرینوژن اکسیداز (ppo یا protox) است (Alebrahim et al., 2011). این علف‌کش در ابتدا برای کنترل علف‌های هرز در برنج (*Oryza sativa* L.) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) معرفی گردید (Dichmann et al., 1997). بنابه گزارش بارب و همکاران (Barbe et al., 2001) کاربرد علف‌کش اگزادیارژیل باعث کنترل موفق علف‌های هرزی چون *Amaranthus*، *Panicum sublbidum*، *viridis*، مرغ خوشه سرخ (*Elusin indica* L.) و تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) شده و در

مقایسه با علف‌کش متری‌بوزین در کنترل *Panicum sublbidum* و تاج‌ریزی سیاه موفق‌تر عمل کرده است. نتایج آزمایشی نشان داد که کاربرد اگزادیارژیل به میزان ۰/۸ لیتر ماده مؤثره در هکتار، باعث افزایش درصد غده‌های متوسط و عملکرد کل غده به میزان ۸۱/۲۱ و ۵۱/۵۹ گردید (Samadi Khalkhoran et al., 2015). در تحقیق ویلیام و همکاران (William et al., 2001) کاربرد مخلوط متری‌بوزین + ریم‌سولفورون علف‌هرز آمبروزیا (*Ambrosia artemisiifolia*) را ۸۳ تا ۹۵ درصد کنترل نمود. تونکز و همکاران (Tonks et al., 2000) اظهار داشتند که کاربرد اتال‌فلورالین به میزان ۱/۰۵ کیلوگرم در هکتار مخلوط با متری‌بوزین (۰/۲۸ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) یا ریم‌سولفورون (۰/۱۸ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) در زراعت سیب‌زمینی منجر به کنترل علف‌های هرز سلمه‌تره، تاج‌خروس و ارزن وحشی تا ۹۸ درصد گردید. تحقیقات بیلی و همکاران (Bailey et al., 2001) نشان داد مخلوط علف‌کش متری‌بوزین و ریم‌سولفورون به صورت پس‌رویشی در زراعت سیب‌زمینی، علف‌های هرز سلمه‌تره و آمبروزیا را به میزان ۹۳ و ۸۳ درصد کنترل نمود. در آزمایشی بیشترین درصد کاهش تراکم علف‌های هرز در دز ۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش ریم‌سولفورون حاصل شد (Khatami kalkhoran et al., 2019).

هاچینسون و همکاران (Hutchinson et al., 2005) به منظور کنترل علف‌های هرز سیب‌زمینی، مخلوط علف‌کش‌های دیمتین‌آمیدپی (آت‌لوک) با متری‌بوزین، ارادیکان، پندی‌متالین و ریم‌سولفورون با کاربرد به‌تنهایی هر یک از این علف‌کش‌ها به صورت قبل از جوانه‌زنی در آمریکا آزمایش کردند. در این آزمایش کاربرد مخلوط

زنده و غیر زنده محیط پاسخ می‌دهند، تنش‌ها شامل فعالیت فلزات سنگین، کم‌آبی، شوری زیاد، خراش، تغییرات نوری و دمایی و عوامل بیماری‌زا و آفات است. طبق گزارش نامبردگان تنش‌های غیرزنده موجب تغییرات مورفولوژیکی، مولکولی فیزیولوژیکی و زیستی-شیمیایی می‌شود. ایشان گزارش کردند تنش‌های غیرزنده منجر به تولید هورمون‌هایی نظیر آبسزیک اسید، جاسمونیک اسید، سالیسیلیک اسید، براسینواستروئید و اتیلن می‌شوند و در ادامه رادیکال‌های آزاد در گیاه تولید می‌شود که سبب تولید آنزیم کیناز می‌شود، این آنزیم نیز باعث رونویسی فاکتورهای پاسخ به تنش در گیاهان می‌شود. از طرفی بنا به گزارش میچالویچ و دودا (Michalowicz and Duda, 2009) کاتالاز و آنزیمی است که پراکسید هیدروژن را برای تشکیل آب مصرف می‌کند. طبق مطالعات ایشان میزان فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش‌های غیرزنده مثل علف‌کش قرار می‌گیرد.

کاربرد علف‌کش‌ها در مزارع سیب‌زمینی کشور رواج زیادی داشته اما به دلیل محدود بودن تعداد علف‌کش‌های موجود، معرفی علف‌کش‌های مناسب و ثبت آنها در زراعت سیب‌زمینی علاوه بر امکان جایگزینی سموم و کاهش احتمال بروز مقاومت در بین علف‌های هرز، سهم قابل توجهی از رسیدن به اهداف کاهش خسارت آن را در تلفیق با سایر شیوه‌های مبارزه در پی خواهد داشت. لذا با توجه به اهمیت موضوع و از آنجا که علف‌کش اختصاصی پس رویشی مناسب برای کنترل علف‌های هرز مزارع سیب‌زمینی مثل سنکور کم است، لذا آزمایش حاضر با هدف بررسی میزان کارایی نسبت‌های اختلاط علف‌کش ریپ‌سولفورون با اگزادپارزیل در کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد سیب‌زمینی به اجرا درآمد.

علف‌کش دیمتین آمیدپی در مقایسه با مصرف جداگانه علف‌کش‌ها (بجز متری‌بوزین) در کنترل علف‌های هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) (L. کارآمدتر گزارش گردید. کاربرد علف‌کش‌های دیمتین‌آمیدپی با متری‌بوزین، و پندی‌متالین با ریپ‌سولفورون کنترل علف‌های هرز مورد اشاره را، به ترتیب ۹۱-۹۹ درصد و ۹۴-۹۹ درصد بهبود بخشید. ضمناً مخلوط علف‌کش دیمتین آمیدپی با متری‌بوزین و پندی‌متالین به مراتب از سایر تیمارهای مخلوط مؤثرتر بود. کاربرد علف‌کش دیمتین‌آمید در مقادیر ۱/۱ تا ۱/۰۷ کیلوگرم در هکتار، علف‌های هرز تاج‌ریزی، سلمه‌تره و تاج‌خروس را بیش از ۹۶ درصد در سیب‌زمینی کنترل نمود. در این تحقیق علف‌کش‌های جدید دیمتین‌آمید (آت‌لوک)، سولفن‌ترازون (اسپارتان) و فلومی اکسازین (چاتو) با سایر علف‌کش‌های مرسوم مورد ارزیابی قرار گرفتند. علی‌رغم اینکه اغلب علف‌کش‌های به کار رفته در کنترل علف‌های هرز موفق بودند، لیکن متری‌بوزین به‌تنهایی بیش از ۹۵ درصد از علف‌های هرز را در سیب‌زمینی کنترل نمود. مصرف به‌تنهایی ارادیکان، فلومی-اکسازین و پندی‌متالین کمتر از ۷۰ درصد در کنترل تاج‌خروس مؤثر واقع شد. علف‌کش اسپارتان علف‌های هرز پهن‌برگ را تا ۹۴ درصد و سوروف را ۸۹ درصد کنترل نمود. اگرچه مخلوط اسپارتان+پندی‌متالین و اسپارتان + Duall magnum تأثیر مشابهی در کنترل علف‌های هرز داشتند اما حداکثر عملکرد سیب‌زمینی از مخلوط اسپارتان + پندی‌متالین به دست آمد (Ransom *et al.*, 2003).

طبق گزارش باجگوز و شامسول (Bajguz and Shamsul, 2009) گیاهان به تمامی تنش‌های

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ به منظور ارزیابی اثر اختلاط علف‌کش‌های ریم‌سولفورون با اگزادیاژیل در کنترل علف‌های هرز و عملکرد اجزای عملکرد سیب‌زمینی رقم آگریا و بررسی تأثیر علف‌کش‌ها روی سیب‌زمینی با سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز سیب‌زمینی، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه با ارتفاع ۱۳۵۰ متری از سطح دریا اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل فاکتور اول نسبت‌های اختلاط دو علف‌کش ریم‌سولفورون و اگزادیاژیل و فاکتور دوم زمان‌های مختلف کاربرد این علف‌کش‌ها شامل (مراحل پیش کاشت و سبز شدن غده سیب‌زمینی) بودند. طبق بررسی منابع به عمل آمده دز توصیه شده برای علف‌کش ریم‌سولفورون ۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار (Khatami Kalkhoran *et al.*, 2015) و برای علف‌کش اگزادیاژیل ۰/۸ لیتر ماده مؤثره در هکتار (Samadi Kalkhoran *et al.*, 2014) بود که در این آزمایش نسبت‌های ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰ دز توصیه شده هر یک از علف‌کش‌ها اختلاط گردیدند. بنابراین برای علف‌کش ریم‌سولفورون مقادیر ۰، ۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵ و ۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار و برای علف‌کش اگزادیاژیل مقادیر ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ لیتر ماده مؤثره در هکتار در نظر گرفته شد که مقادیر مذکور به صورت زیر تیمار گردیدند: ۱- نسبت اختلاط ۱۰۰:۰ (بدون کاربرد علف‌کش ریم‌سولفورون + ۰/۸ لیتر ماده مؤثره در هکتار علف‌کش اگزادیاژیل)، ۲- نسبت اختلاط ۷۵:۲۵

(۱۲/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش ریم‌سولفورون + ۰/۶ لیتر ماده مؤثره در هکتار علف‌کش اگزادیاژیل)، ۳- نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ (۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش ریم‌سولفورون + ۰/۴ لیتر ماده مؤثره در هکتار علف‌کش اگزادیاژیل)، ۴- نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ (۳۷/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش ریم‌سولفورون + ۰/۲ لیتر ماده مؤثره در هکتار علف‌کش اگزادیاژیل) و ۵- نسبت اختلاط ۰:۱۰۰ (۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش ریم‌سولفورون + بدون کاربرد علف‌کش اگزادیاژیل). جهت افزایش دقت آزمایش از شاهد متناظر (هر کرت به دو نیمه تقسیم، نیمه اول به عنوان شاهد با علف‌هرز (عدم کنترل) و نیمه دوم به عنوان تیمار) و یک کرت به عنوان وچین کامل (کنترل دستی) هم استفاده شد. خاک مزرعه دارای بافت رسی لومی، pH برابر ۷/۷۲ و هدایت الکتریکی ۱/۴۰ دسی زیمنس بر متر بود. جهت آماده‌سازی بستر، شخم عمیق پاییزه در سال ۱۳۹۴ با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. عملیات شخم ثانویه شامل دیسک زنی و تهیه جوی و پشت‌ها در اولین فرصت بعد از مساعد شدن شرایط محیطی در بهار ۱۳۹۵ انجام شد. طول و عرض هر کرت به ترتیب ۳/۵ و ۳ متر بود به طوری که فاصله ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی بر روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، دو خط کناری و نیم متر از دو انتهای کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. عملیات کاشت غده‌های بذری سیب‌زمینی (رقم آگریا) در اواخر فروردین ماه ۱۳۹۵ و به صورت دستی در عمق ۲۰ سانتی‌متری انجام گرفت. برای تیمار علف‌کش در

بوته‌های دو ردیف وسطی (۶/۷۵ متر مربع) از هر کرت به‌طور دستی و به‌طور کامل برداشت شد. غده‌های برداشتی درون پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه منتقل، در آزمایشگاه پس از زدودن گل و مواد زاید غده‌ها نسبت به شمارش و توزین آنها با ترازوی دیجیتالی به ظرفیت ۲۰۰۰ گرم و با دقت ۰/۰۱ گرم اقدام شد و به هکتار تعمیم داده شد. به‌منظور محاسبه راندمان کنترل علف‌های هرز، رابطه سومانی (Somanni, 1992) مورد استفاده قرار گرفت:

$$WCE = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، WCE کارایی کنترل علف‌های هرز (درصد کاهش تراکم علف هرز)، A تراکم علف‌های هرز در کرت شاهد بدون کنترل و B تراکم علف‌های هرز در کرت‌های تیمار شده، بودند. به‌منظور سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز، نمونه‌گیری از اندام هوایی و برگ‌های سیب‌زمینی در فواصل زمانی (بلافاصله پس از سمپاشی، ۶ ساعت، ۱۲ ساعت، ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت، ۷۲ ساعت و ۹۶ ساعت) پس از سمپاشی در مرحله سبز شدن سیب‌زمینی انجام شد. بلافاصله پس از برداشتن نمونه‌ها داخل ورقه‌های آلومینیوم و جا یخی قرار داده شد و در اسرع وقت به آزمایشگاه و فریزر ۷۰- درجه سلیسوس منتقل و تا زمان سنجش فعالیت آنزیم در این دما نگهداری شد، این کار با هدف به حداقل رسیدن فعالیت این آنزیم صورت گرفت. بررسی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) با بررسی کاهش مقدار پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر انجام شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=7) و پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی مولار بود. واکنش با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی آنزیمی

دزهای ذکر شده از سم‌پاش پشتی مدل Inter با نازل بادبزی ۸۰۰۱ استفاده شد. سرعت و فشار سمپاشی در تمام تیمارها تقریباً ثابت و میزان پاشش برای ۲۵۰ لیتر آب در هکتار کالیبره شد. سمپاشی مرحله پیش‌کاشت یک هفته قبل از کاشت و سمپاشی مرحله سبز شدن بعد از یک و نیم ماه پس از سبز شدن تمام غده‌ها صورت گرفت. حدود سه هفته بعد از هر مرحله‌ی سمپاشی، نمونه‌برداری علف‌های هرز توسط واحدهای نمونه‌برداری (کوادرات ۰/۵۰×۰/۷۵ مترمربع) انجام شد و نمونه‌های برداشت شده به تفکیک درون پاکت‌های نمونه‌گیری قرار گرفته، به آزمایشگاه منتقل شدند و بعد از شمارش تعداد بوته‌ها بر اساس گونه، درصد کاهش تراکم علف‌های هرز نسبت به علف‌های هرزی که قبل از سمپاشی در کرت‌ها به تفکیک گونه شمارش شده بودند، محاسبه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد شش بوته به‌صورت تصادفی برای هر کرت انتخاب گردید و سپس با استفاده از خط‌کش از سطح خاک تا نوک بلندترین ساقه اصلی ارتفاع هر کدام از بوته‌های منتخب بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شده و میانگین ارتفاع بوته‌ها برای هر کرت لحاظ گردید. در زمان گلدهی کامل سیب زمینی در شش بوته انتخابی به صورت تصادفی از هر کرت، با استفاده از کولیس، قطر ساقه در ۳ محل از ساقه (نزدیک به طوقه، وسط ساقه و بالاتر از وسط ساقه)، بر حسب میلی‌متر محاسبه شده و میانگین قطر بوته‌ها در محاسبات لحاظ گردید و سپس درصد افزایش قطر و ارتفاع ساقه اصلی نسبت به کرت شاهد بصورت درصد افزایش محاسبه گردید. به‌منظور تعیین عملکرد سیب زمینی و اجزای آن، بعد از اتمام دوره‌ی رشد و رسیدگی کامل غده‌های سیب‌زمینی، محصول

اختلاط دو علف‌کش در زمان مصرف تأثیر معنی‌داری بر صفات مذکور داشت (جدول ۲). در همین راستا، نتایج حاصل از درصد کاهش تراکم سلمه‌تره بیانگر آن است که تیمار نسبت اختلاط ۷۵ درصد اگزادیاپارژیل + ۲۵ درصد ریم‌سولفورون بصورت پیش‌کاشت مطلوب‌ترین تیمار علف‌کش بود، این تیمار توانست تراکم این علف‌هرز را ۱۰۰ درصد کاهش دهد و با تیمارهای ۵۰ درصد اگزادیاپارژیل + ۵۰ درصد ریم‌سولفورون در مرحله پیش‌کاشت و سبز شدن در یک گروه آماری قرار بگیرد (جدول ۳). اما کاربرد ۱۰۰ درصد ریم‌سولفورون به تنهایی با ۴۱ درصد کاهش تعداد در مرحله سبز شدن سیب‌زمینی کمترین کارایی را داشت (جدول ۳). نتایج حاصله بیانگر آن است که کارایی اختلاط این دو علف‌کش در کنترل سلمه‌تره در کاربرد به‌صورت پیش‌کاشت و سبز شدن سیب‌زمینی که نسبتاً مشابه می‌باشد. بنابراین، در شرایطی که علف‌هرز غالب مزرعه، علف‌هرز سلمه‌تره باشد؛ می‌توان با مصرف اختلاط این علف‌کش‌ها به صورت پیش‌کاشت و یا پس از سبز شدن سیب‌زمینی به کنترل مطلوبی رسید. در تحقیقی که توسط بارب و همکاران (Barbe et al., 2001) انجام شده بود، گزارش شد که کاربرد اگزادیاپارژیل در دزهای ۰/۲۵، ۰/۳۰، ۰/۳۵، ۰/۴۰، ۰/۴۵ و ۰/۵۰ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار، توانست علف‌های هرز سیب‌زمینی را پنج هفته پس از سم‌پاشی به ترتیب ۷۳، ۷۷، ۷۷، ۸۲ و ۸۶ درصد و در ۸ هفته بعد از سم‌پاشی به ترتیب ۷۴، ۷۳، ۸۰، ۸۰، ۸۳ و ۸۴ درصد کاهش دهد. کنترل علف‌های هرز را می‌توان به اثر بازدارندگی اگزادیاپارژیل بر رشد علف‌های هرز نسبت داد که این بازدارندگی رشد در شاخه‌های حساس بیشتر از ریشه‌ها است

در حجم نهایی ۳ میلی لیتر آغاز گردید. تغییرات جذب در ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه ثبت شد. سپس فعالیت آنزیم به‌صورت تغییرات جذب در دقیقه به ازای وزن تر بیان گردید (Dazy et al., 2008). در سنجش فعالیت آنزیم مدل ۴ پارامتر لجستیک (معادله ۲) به تمامی داده‌ها برازش داده شد و مقدار علف‌کش لازم برای ۵۰، ۱۰۰ و ۹۰ درصد افزایش فعالیت آنزیمی محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به کار گرفته شدند. در معادله (۲) U_{ij} بیانگر فعالیت آنزیمی و درصد زام که موجب پاسخ در دز زام علف‌کش (Z_{ij}) می‌شود. D و C حد بالا و پایین فعالیت آنزیمی در مقادیر صفر و بی‌نهایت فرمولاسیون، $ED_{50(i)}$ مقدار فرمولاسیون i لازم، برای ۵۰ درصد افزایش فعالیت آنزیمی به ترتیب بین حدود بالا و پایین D و C ، b_i متناسب با شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می‌باشد (Kudsk and Mathiassen, 2007). رابطه (۲):

$$U_{ij} = \frac{D - C}{1 + \exp[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED_{50(i)}))]} + C$$

برای مقایسات میانگین از روش دانکن و جهت تجزیه داده‌ها و مقایسات از نرم‌افزار SAS 9.1، SPSS 23 و Mstac و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2013 و R استفاده گردید.

نتایج و بحث

درصد کاهش تراکم علف‌های هرز

۵ تا ۷ گونه علف‌هرز در کرت‌های مختلف مشاهده شدند که سه گونه علف‌هرز تاج‌خروس ریشه‌قرمز، سلمه‌تره و پیچک‌صحرائی از گونه‌های غالب در مزرعه آزمایش بودند (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از درصد کاهش تراکم سلمه‌تره، تاج‌خروس ریشه‌قرمز و پیچک‌صحرائی نشان داد که اثر متقابل نسبت

در مرحله پیش کاشت سیب‌زمینی از این نظر کمترین کارایی را داشت (جدول ۳). با مشاهده نتایج درصد کاهش تراکم علف‌هرز پیچک‌صحرائی (جدول ۳) ملاحظه می‌شود که کارایی اختلاط دو علف‌کش به صورت پیش‌کاشت مطلوب‌تر از کاربرد آنها در مرحله سبز شدن گیاه سیب‌زمینی می‌باشد. در گزارش ابرلین و همکاران (Eberlien *et al.*, 2000) نیز اظهار شد که ری‌م‌سولفورون در کنترل پیچک‌صحرائی مؤثر است.

عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارتفاع، قطر، وزن متوسط غده، عملکرد تک بوته و عملکرد کل غده سیب‌زمینی نشان داد که تیمارهای مختلف آزمایش اثر معنی‌داری بر صفات مذکور داشتند (جدول ۴). نتایج تحقیق نشان داد بیشترین درصد افزایش ارتفاع ساقه اصلی در نسبت اختلاط صفر درصد اگزادیاژیل + ۱۰۰ درصد ری‌م‌سولفورون در مرحله سبز شدن، ارتفاع ساقه اصلی سیب‌زمینی را ۲۵/۳۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). بنابه گزارش خاتمی کلخوران و همکاران (Khatami *et al.*, 2015) علف‌کش ری‌م‌سولفورون در مرحله سبز شدن نسبت به تیمار عدم کنترل ارتفاع سیب‌زمینی را ۳/۹۸ درصد افزایش داد. نتایج نشان داد که تیمار وجین کامل نسبت به کاربرد اختلاط علف‌کش‌های اگزادیاژیل + ری‌م‌سولفورون میانگین ارتفاع ساقه اصلی سیب‌زمینی را به میزان ۱/۱۸ برابر افزایش داد (شکل ۱). این نتایج برای قطر ساقه اصلی سیب‌زمینی نیز نشان داد بیشترین درصد افزایش قطر در نسبت اختلاط ۵۰ درصد ری‌م‌سولفورون + ۵۰ درصد اگزادیاژیل و در مرحله سبز شدن سیب‌زمینی بود که ۱۱

و با افزایش دز مصرفی علف‌کش، افزایش می‌یابد (Samadi Khalkhoran and Alebrahim, 2015). همچنین، این بازدارندگی نسبت به بازدارنده‌های پروتوپورفیرینون دیگر مثل اگزادیاژون بیشتر است (Hwang *et al.*, 2004). مطلوبترین تیمار در کنترل تاج‌خروس ریشه‌قرمز، استفاده از تیمار ۱۰۰ درصد اگزادیاژیل در مرحله سبز شدن به‌تنهایی بود، این تیمار توانست تراکم این علف‌هرز را ۹۶ درصد کاهش دهد، و با تیمار ۲۵ درصد اگزادیاژیل + ۷۵ درصد ری‌م‌سولفورون در مرحله پیش‌کاشت در یک گروه آماری قرار بگیرد (جدول ۳). در مقابل تیمار ۷۵ درصد اگزادیاژیل + ۲۵ درصد ری‌م‌سولفورون کمترین کارایی را در کنترل این علف‌هرز نشان داد و تراکم آن را ۴۱ درصد کاهش داد (جدول ۳). نتایج تحقیق یزدانی (Yazdani, 2005) نشان داده است که اختلاط اتال‌فلورالین و متری‌بوزین یا ری‌م‌سولفورون می‌تواند علف‌هرز تاج‌خروس ریشه‌قرمز را ۹۸ درصد کنترل کند. آل‌ابراهیم و همکاران (Alebrahim *et al.*, 2011) در بررسی گلخانه‌ای، گزارش کردند که کاربرد اگزادیاژیل در پایین‌ترین دز کاربردی (۰/۱ لیتر ماده مؤثره در هکتار)، سلمه‌تره و تاج‌خروس ریشه‌قرمز را به‌ترتیب به میزان ۷۰/۱۷ و ۶۵/۹۲ درصد کنترل کرد و در دز ۰/۶ لیتر ماده مؤثره در هکتار کنترل کامل ایجاد نمود، همچنین اگزادیاژیل بعد از علف‌کش متری‌بوزین، کنترل مؤثرتری در سلمه‌تره و تاج‌خروس ریشه‌قرمز داشت و پتانسیل بالایی برای کاربرد در سیب‌زمینی داشت. در مورد علف‌هرز پیچک‌صحرائی نیز، کاربرد ۱۰۰ درصد ری‌م‌سولفورون به‌تنهایی مطلوب‌ترین تیمار بود، این تیمار تراکم علف‌هرز پیچک‌صحرائی را ۵۹ درصد کاهش داده کاربرد ۷۵ درصد اگزادیاژیل + ۲۵ درصد ری‌م‌سولفورون

+ ریم‌سولفورون، عملکرد تک بوته سیب‌زمینی را ۱/۶۵ برابر افزایش داد (شکل ۲ و ۴). با ملاحظه نتایج عملکرد کل غده سیب‌زمینی مشاهده شد که تیمار کاربرد ۲۵ درصد اگزادپارژیل + ۷۵ درصد ریم‌سولفورون در سبز شدن سیب‌زمینی با ۶۹/۱۶ درصد افزایش نسبت به شاهد عدم کنترل، برترین تیمار آزمایش بود (جدول ۶). در مقابل، کاربرد در مرحله پیش کاشت برای تیمار ۱۰۰ درصد ریم‌سولفورون به تنهایی با ۳۸/۳۲ درصد افزایش نسبت به شاهد عدم کنترل، کمترین درصد افزایش عملکرد کل غده را در بین تیمارهای آزمایش داشت (جدول ۶). برای عملکرد کل غده نتایج نشان داد که بین کاربرد انفرادی و مخلوط علف‌کش‌ها اختلاف معنی‌دار است، این نتیجه مؤید این مطلب است که کاربرد اختلاط علف‌کش‌های مذکور قابل توصیه است. همچنین، نتایج نشان داد که تیمار وجین کامل نسبت به کاربرد اختلاط علف‌کش‌های اگزادپارژیل + ریم‌سولفورون، عملکرد کل بوته سیب‌زمینی را ۱/۲۲ درصد افزایش داد (شکل ۳ و ۵). طبق آزمایش ممنوعی و همکاران (Mamnoie *et al.*, 2016) تیمار کاربرد متری‌بوزین به‌علاوه ریم‌سولفورون با ۴۸ تن عملکرد در هکتار و ۴۰ درصد افزایش عملکرد نسبت به نیمه شاهد، برترین تیمار آزمایشی بوده است که علاوه بر شاهد وجین با تیمار متری‌بوزین به‌علاوه سینوسولفورون در یک گروه آماری قرار گرفته است. طبق نتایج آزمایش صمدی کلخوران و آل‌ابراهیم (Samadi Kalkhoran and Alebrahim, 2015) کاربرد اگزادپارژیل به‌میزان ۰/۸ لیتر ماده مؤثره در هکتار در مرحله سبز شدن سیب‌زمینی، بالاترین عملکرد کل غده در هکتار را ایجاد کرد. صمدی کلخوران و آل‌ابراهیم

درصد قطر ساقه اصلی سیب‌زمینی را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). همچنین، نتایج مقایسه وجین کامل نسبت به کاربرد اختلاط علف‌کش‌های اگزادپارژیل + ریم‌سولفورون، میانگین قطر ساقه اصلی سیب‌زمینی را به میزان ۱/۲۱ برابر افزایش داد (شکل ۲). برای وزن متوسط غده نتایج نشان داد که کاربرد ۱۰۰ درصد اگزادپارژیل به‌تنهایی در مرحله سبز شدن سیب‌زمینی موجب حصول بیشترین درصد افزایش وزن متوسط غده (۲۰/۹۱ درصد) نسبت به شاهد عدم کنترل گردیده ولی کمترین درصد افزایش وزن متوسط غده از کاربرد همین تیمار در مرحله پیش کاشت (۸/۸۵ درصد) سیب‌زمینی به دست آمد (جدول ۶). نتایج نشان داد تیمار وجین کامل نسبت به کاربرد اختلاط علف‌کش‌های اگزادپارژیل + ریم‌سولفورون، متوسط وزن غده در بوته سیب‌زمینی ۲/۰۹ برابر افزایش داد (شکل ۱). دلیل بیشتر بودن متوسط وزن غده در تیمار وجین کامل علف‌های هرز ممکن است به‌علت رقابت بین محصول و علف‌های هرز باشد که در اثر این رقابت آب، نور و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه زراعی قرار گرفته در نتیجه سبب افزایش رشد و توسعه گیاه زراعی می‌شود (Khatami *et al.*, 2015). برای درصد افزایش عملکرد تک بوته نیز مشاهده شد که تیمار مخلوط ۲۵ درصد اگزادپارژیل + ۷۵ درصد ریم‌سولفورون در مرحله سبز شدن سیب‌زمینی، مطلوب‌ترین (۱۱/۳۰ درصد) تیمار بود (جدول ۶). در مقابل کاربرد ۱۰۰ درصد اگزادپارژیل به‌تنهایی و در مرحله پیش کاشت از کمترین درصد افزایش عملکرد تک بوته (۷/۸۵ درصد) برخوردار بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که تیمار وجین کامل نسبت به کاربرد اختلاط علف‌کش‌های اگزادپارژیل

همچنین، بر اساس نتایج (Bray, 1995) تجمع آنزیم کاتالاز در داخل سلول در پی افزایش هیدروژن پراکسید ناشی از تنش در گیاهان افزایش می‌یابد. از طرفی بنابه گزارش میچالویچ و دودا (Michalowiec and Duda, 2009) کاتالاز آنزیمی است که پراکسید هیدروژن را برای تشکیل آب مصرف می‌کند. مطالعات ایشان نشان داده که میزان فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش‌های غیرزنده مثل علف‌کش قرار می‌گیرد. بنابراین، افزایش آنزیم کاتالاز در نتیجه افزایش رادیکال‌های آزاد در سیب‌زمینی به دلیل القای تنش جزئی بوده است، اما همبستگی سایر صفات مانند عملکرد بیانگر آن است که این افزایش تأثیر مطلوبی در کاهش اثرات علف‌کش داشته است و آنزیم کاتالاز با تجزیه رادیکال‌های آزاد تولید شده، اثرات سوء علف‌کش را در سیب‌زمینی کاهش داده است، به طوری که کاهشی در عملکرد سیب‌زمینی در سمپاشی مراحل پیش‌کاشت و سبز شدن (که علف‌کش سبب القاء اثرات تنش شده است) مشاهده نگردید. طبق گزارش پیکوتو و همکاران (Peixoto *et al.*, 2008) علف‌کش پاراکوات در دزهای پایین در سیب‌زمینی آنزیم کاتالاز را وادار به فعالیت می‌کند، در حالی که در دزهای بالا این علف‌کش اثر بازدارندگی بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سیب‌زمینی دارد. همچنین، آنها در گزارش خود اذعان داشتند علف‌کش‌های دیکامبا و توفوردی در سیب‌زمینی موجب تحریک آنزیم کاتالاز به فعالیت می‌شود. فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در سیب‌زمینی نیز به وسیله علف‌کش پاراکوات شدیداً تحریک می‌شود، در حالی که علف‌کش‌های دیکامبا و توفوردی فقط در دزهای بالا این آنزیم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. براساس گزارش پیکوتو و همکاران (Peixoto *et al.*, 2008)

(Samadi Kalkhoran and Alebrahim, 2015) در آزمایش دیگری اظهار داشتند که کاربرد دز ۰/۸ لیتر ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش اگزادیارژیل در مرحله سبز شدن بالاترین درصد کاهش زیست‌توده علف‌های هرز را حاصل کرد و باعث افزایش عملکرد کل غده گردید.

فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

نتایج نشان داد علف‌کش اگزادیارژیل و ریم سولفورون موجب تحریک فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) بلافاصله پس از سمپاشی می‌شود. این فعالیت در بازه‌های زمانی بلافاصله پس از سمپاشی، ۶ ساعت، ۱۲ ساعت، ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت، ۷۲ ساعت پس از سمپاشی در همه نسبت‌های اختلاط علف‌کش‌ها روند افزایشی داشته، و در ۷۲ ساعت پس از سمپاشی در همه نسبت‌های اختلاط فعالیت به مقدار ثابتی رسیده اما پس از ۷۲ ساعت فعالیت آنزیم کاتالاز در نسبت‌های اختلاط ۷۵ درصد اگزادیارژیل + ۲۵ درصد ریم‌سولفورون افزایش یافته اما در بقیه فعالیت آنزیم کاتالاز روند یکسانی داشت (شکل ۶). طبق نتایج تحقیق به دلیل اینکه آنزیم کاتالاز بعد از سمپاشی در گیاه افزایش پیدا کرده می‌توان نتیجه گرفت این افزایش به دلیل تنش القاء شده به سیب‌زمینی در اثر اعمال علف‌کش‌ها و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد در پی تنش در سیب‌زمینی بوده است، از طرفی طبق گزارش بینرت و همکاران (Binert *et al.*, 2006) هرگونه تنشی که موجب تولید رادیکال‌های آزاد بخصوص هیدروژن پراکسید در گیاهان شود سبب آسیب به غشای پلاسمایی و دیواره سلولی گیاهان می‌شود. براساس نتایج (Romero-Puertas *et al.*, 2002) آنزیم کاتالاز از دیواره سلولی گیاه در برابر صدمات ناشی از رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کند.

ممکن است سبب اثرات سوء در سیب‌زمینی گردد (جدول ۶).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده و با عنایت به محدودیت در تنوع علف‌کش در زراعت سیب‌زمینی که باعث بروز مشکلات متعدد در کنترل علف‌های هرز زراعت سیب‌زمینی گردیده است و از طرفی به دلیل محدودیت تعداد علف‌کش‌های پس‌رویشی در زراعت سیب‌زمینی در ایران لزوم وجود علف‌کشی سازگار با محصول سیب‌زمینی که خصوصاً به صورت پس‌رویشی و در مراحل مختلف در مزرعه قابل استفاده باشد، محسوس و لازم می‌باشد. با توجه به یافته‌های این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد اختلاط دو علف‌کش ریم سولفورون و اگزا دیارژیل کارایی مؤثری در کاهش تراکم علف‌های هرز مزبور دارد. لذا اختلاط دو علف‌کش ریم سولفورون با کاربرد ۳۷/۵ گرم در هکتار در اختلاط با اگزا دیارژیل به میزان ۰/۴ لیتر در هکتار در زراعت سیب‌زمینی به منظور کنترل علف‌های هرز کارا می‌باشد. از آنجایی که در این آزمایش اثر اختلاط علف‌کش‌ها در سیب‌زمینی به وسیله سنجش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی کاتالاز مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد با وجود افزایش فعالیت آنزیم، این افزایش در دزهای استفاده شده تأثیر منفی بر عملکرد گیاه سیب‌زمینی نداشت؛ پس می‌توان نتیجه گرفت اعمال این اختلاط سبب بروز اثرات سوء در سیب‌زمینی نشد.

کاربرد علف‌کش ام‌سی‌پی‌آ در سیب‌زمینی، موجب تحریک فعالیت آنزیم‌های گلوکاتایون ردوکتاز و گلوکاتایون ترانسفراز می‌شود، در حالی که این علف‌کش نمی‌تواند فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز رو تحت تأثیر قرار دهد، در این گزارش آمده است علف‌کش ام‌سی‌پی‌آ در غلظت‌های بالای ۱۲۰ میکرومولار اثر بازدارندگی بر فعالیت همه آنزیم‌های ذکر شده دارد. بنا به گزارش ایوانو و همکاران (Ivanov et al., 2005) علف‌کش آنرازین موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) می‌شود. از آنجایی که تنش علف‌کش‌ها باعث افزایش جزئی فعالیت آنزیم گردیده، این مقدار افزایش برای گیاه تأثیر مثبت داشته، زیرا می‌توان نتیجه گرفت با افزایش آنزیم کاتالاز، مقدار پراکسید هیدروژن تجزیه شده در گیاه بیشتر شده (Michalowicz and Duda, 2009) و اثرات تنش در سیب‌زمینی کاهش می‌یابد. از طرفی بررسی پارامترهای معادله ۹۰ نسبت به ۵۰ بیانگر این است که هرچه قدر غلظت علف‌کش برای افزایش ۹۰ فعالیت آنزیمی در سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند، به همان نسبت میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش پیدا می‌کند (جدول ۶). همچنین، نتایج نشان داد افزایش فعالیت کاتالاز در دز مورد استفاده علف‌کش‌ها در این تحقیق، سبب کاهش اثرات تنش علف‌کش در سیب‌زمینی می‌گردد، اما افزایش بیشتر فعالیت آنزیم در اثر افزایش غلظت علف‌کش که در جدول (۶) پیش‌بینی شده است،

جدول ۱- علف‌های هرز مشاهده شده در مزرعه سیب زمینی

Table 1- Observed weeds in potato field

نام Name	نام علمی Scientific Name	تیره Family	چرخه زندگی life cycle
پیچک صحرائی* Field bind weed	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	P
تاج خروس ریشه قرمز* Red root pigweed	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	A
سلمه تره* Common lambsquarter	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	A
کنگر وحشی یا خارلته Canada thistle	<i>Cirsium arvense</i>	Asteracea	P
بی تی‌راخ Bedstraw	<i>Gallium tricorutum</i>	Rubiaceae	A
گاوچاق کن Prickly lettuce	<i>Lactuca scariola</i>	Asteracea	A

A: یک‌ساله، P: چندساله*، علف‌های هرز غالب

A: Annual, P: Perennial, *: Common weed

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه بر درصد کاهش تراکم علف هرز سلمه تره، تاج خروس ریشه قرمز و پیچک صحرائی

Table 2- Analysis of variance of studied factors effect on reduction percentage of density of common lambsquarter, Redroot pigweed and field Bindweed

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f.	مقایسه میانگین MS		
		تراکم پیچک صحرائی Field Bindweed density	تراکم تاج خروس Redroot Pigweed density	تراکم سلمه تره Common Lambsquarter density
تکرار Replication	2	107.98 ^{ns}	33.02 ^{ns}	10.66 ^{ns}
نسبت اختلاط علف-کش Herbicide mixture percentage	4	1173.49*	734.36**	338.15*
زمان مصرف Time of application	1	518.52 ^{ns}	680.69**	62.66 ^{ns}
اختلاط علف‌کش × زمان مصرف Herbicide mixture × Time of application	4	1102.49*	333.95**	319.25*
خطا Error	18	53.07	48.12	59.21
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	27.19	17.94	19.79

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, * and **: respectively not-significant, Significant at the 5% and 1% probability levels

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثرات متقابل اختلاط علف کش در مراحل کاربرد پیش کاشت و سبز شدن سیب زمینی بر درصد کاهش تراکم علف های هرز

Table 3- Mean comparison of interaction effects of herbicide mixture percentage to preplant and potato emergence stages on reduction percentage of weed density

تیمار نسبت اختلاط علف کش Herbicide mixture percentage	زمان مصرف Time of application	تراکم سلمه تره (درصد از شاهد) Common Lambsquarter density (%)	تراکم تاج خروس (درصد از شاهد) Redroot Pigweed density (%)	تراکم پیچک - صحرائی (درصد از شاهد) Field Bindweed density (%)
۱۰۰٪ اگزادیارژیل + ۰٪ ریم سولفورون 100% Oxadiargyl + 0% Rimsulfuron	پیش کاشت Preplant	67.42 ^c	92.33 ^{ab}	58 ^{ab}
۷۵٪ اگزادیارژیل + ۲۵٪ ریم سولفورون 75% Oxadiargyl + 25% Rimsulfuron		100 ^a	41.67 ^e	31.77 ^{ef}
۵۰٪ اگزادیارژیل + ۵۰٪ ریم سولفورون 50% Oxadiargyl + 50% Rimsulfuron		98 ^{ab}	51.67 ^{de}	52.38 ^{a-c}
۲۵٪ اگزادیارژیل + ۷۵٪ ریم سولفورون 25% Oxadiargyl + 75% Rimsulfuron		95.67 ^{ab}	94.67 ^a	54.33 ^{ab}
۰٪ اگزادیارژیل + ۱۰۰٪ ریم سولفورون 0% Oxadiargyl + 100% Rimsulfuron		71.67 ^c	90 ^{ab}	59.67 ^a
۱۰۰٪ اگزادیارژیل + ۰٪ ریم سولفورون 100% Oxadiargyl + 0% Rimsulfuron		91.67 ^b	96 ^a	49 ^{bc}
۷۵٪ اگزادیارژیل + ۲۵٪ ریم سولفورون 75% Oxadiargyl + 25% Rimsulfuron	سبز شدن Emergence	73.33 ^c	75.33 ^c	28 ^{ef}
۵۰٪ اگزادیارژیل + ۵۰٪ ریم سولفورون 50% Oxadiargyl + 50% Rimsulfuron		98.67 ^{ab}	62.33 ^d	44 ^{cd}
۲۵٪ اگزادیارژیل + ۷۵٪ ریم سولفورون 25% Oxadiargyl + 75% Rimsulfuron		45 ^d	82 ^{bc}	36.33 ^{de}
۰٪ اگزادیارژیل + ۱۰۰٪ ریم سولفورون 0% Oxadiargyl + 100% Rimsulfuron		41.48 ^d	93 ^{ab}	25 ^f

میانگین هایی با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری باهم ندارند.

There is no difference between the numbers with same letters.

جدول ۴ - تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه بر درصد افزایش ارتفاع، قطر، وزن متوسط غده، عملکرد تک بوته و عملکرد کل غده

Table 4- Analysis of variance of studied factors effect on increasing percentage of height, diameter, mean weight of tuber, yield of per plant, total tuber yield

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f.	مقایسه میانگین MS				
		ارتفاع ساقه height	قطر ساقه diameter	متوسط وزن غده Mean of tuber weight	عملکرد تک بوته Yield of per plant	عملکرد کل غده Total tuber yield
تکرار Replication	2	3.70 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.46 ^{ns}	42.35 ^{ns}
وجین کامل Weed free	1	26.44 ^{**}	12.29 ^{**}	206.75 ^{**}	58.42 ^{**}	184.59 ^{**}
نسبت اختلاط علف کش Herbicide mixture percentage	4	24.88 ^{**}	3.59 [*]	10.73 ^{**}	2.42 ^{ns}	165.58 ^{ns}
زمان مصرف Time of application	1	53.33 ^{**}	1.62 ^{ns}	12.79 ^{**}	17.40 ^{**}	1005.64 ^{**}
اختلاط علف کش × زمان مصرف Herbicide mixture * Time of application	4	21.58 ^{**}	10.02 ^{**}	78.81 ^{**}	5.59 [*]	357.37 [*]
خطا Error	29	4.70	1.01	0.58	1.77	118.333
C.V. ضریب تغییرات (%)	-	11.65	11.73	14.29	20.58	5.41

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: respectively not-significant, Significant at the 5% and 1% probability levels

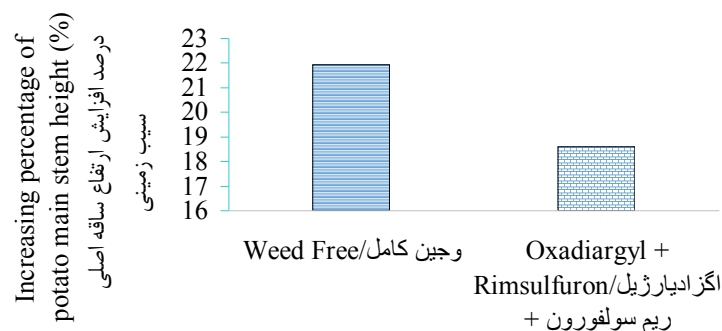
جدول ۵ - اثرات متقابل اختلاط علف‌کش‌های اگزادیارژل و ریم‌سولفورون در مراحل کاربرد پیش کاشت و سبز شدن بر درصد افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی

Table 5- Intraction effects of herbicide mixture of Oxadiargyl and Rimsulfuron in preplant and post emergence stages on increasing percentage of yield and yield components of potato

نسبت اختلاط علف‌کش Herbicide mixture percentage	تیمار	زمان مصرف Time of application	ارتفاع ساقه اصلی سیب زمینی Height(cm)	قطر ساقه اصلی سیب زمینی Diameter (mm)	متوسط وزن غده Mean of tuber weight (g)	عملکرد تک بوته Yield of per plant (g)	عملکرد کل غده Total tuber yield (t.ha ⁻¹)
۱۰۰٪ اگزادیارژیل + ۰٪ ریم‌سولفورون 100% Oxadiargyl + 0% Rimsulfuron			18 ^{bc}	6 ^d	8.85 ^f	7.85 ^{cd}	41.47 ^d
۷۵٪ اگزادیارژیل + ۲۵٪ ریم‌سولفورون 75% Oxadiargyl + 25% Rimsulfuron			16 ^c	10 ^{ab}	15.20 ^c	10.83 ^{ab}	65.24 ^{ab}
۵۰٪ اگزادیارژیل + ۵۰٪ ریم‌سولفورون 50% Oxadiargyl + 50% Rimsulfuron		پیش کاشت Preplant	18 ^{bc}	7.66 ^{cd}	13.50 ^d	8.70 ^{b-d}	47.59 ^{b-d}
۲۵٪ اگزادیارژیل + ۷۵٪ ریم‌سولفورون 25% Oxadiargyl + 75% Rimsulfuron			16.66 ^c	10 ^{ab}	12.83 ^{de}	8.02 ^{cd}	42.59 ^{cd}
۰٪ اگزادیارژیل + ۱۰۰٪ ریم‌سولفورون 0% Oxadiargyl + 100% Rimsulfuron			17.66 ^{bc}	8 ^c	16.95 ^b	7.37 ^d	38.32 ^d
۱۰۰٪ اگزادیارژیل + ۰٪ ریم‌سولفورون 100% Oxadiargyl + 0% Rimsulfuron			20.66 ^b	9 ^{bc}	20.91 ^a	10.55 ^{ab}	62.54 ^{a-c}
۷۵٪ اگزادیارژیل + ۲۵٪ ریم‌سولفورون 75% Oxadiargyl + 25% Rimsulfuron			21 ^b	8 ^c	13.47 ^d	9.63 ^{a-d}	55.17 ^{a-d}
۵۰٪ اگزادیارژیل + ۵۰٪ ریم‌سولفورون 50% Oxadiargyl + 50% Rimsulfuron		سبز شدن Emergenci ng	17.33 ^{bc}	11 ^a	17.91 ^b	8.89 ^{b-d}	48.66 ^{b-d}
۲۵٪ اگزادیارژیل + ۷۵٪ ریم‌سولفورون 25% Oxadiargyl + 75% Rimsulfuron			15.33 ^c	8 ^c	11.64 ^e	11.30 ^a	69.16 ^a
۰٪ اگزادیارژیل + ۱۰۰٪ ریم‌سولفورون 0% Oxadiargyl + 100% Rimsulfuron			25.33 ^a	8 ^c	9.93 ^f	10.03 ^{a-c}	57.57 ^{a-d}

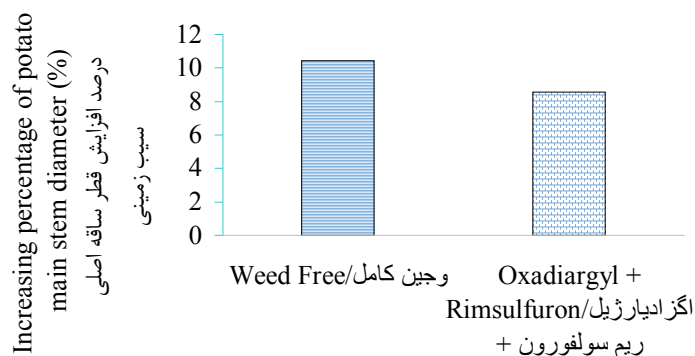
میانگین‌هایی با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری باهم ندارند.

There is no difference between the numbers with same letters.



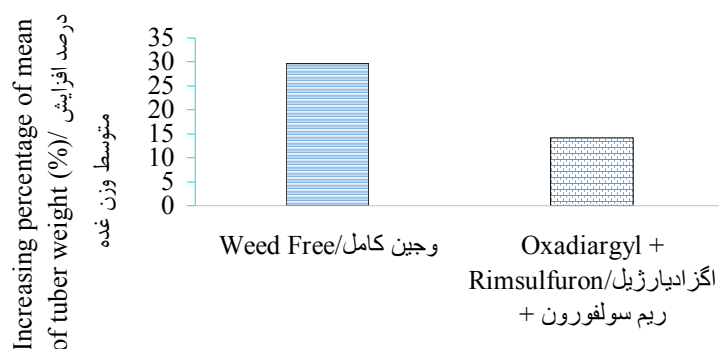
شکل ۱- تأثیر وجین کامل در مقایسه با تیمار کاربرد اختلاط اگزادیارژیل و ریم سولفورون بر درصد افزایش ارتفاع ساقه اصلی سیب زمینی

Figure 1- The effect of weed free compared to herbicide mixture of Oxadiargyl + Rimsulfuron application treatments on increasing percentage of main stem height



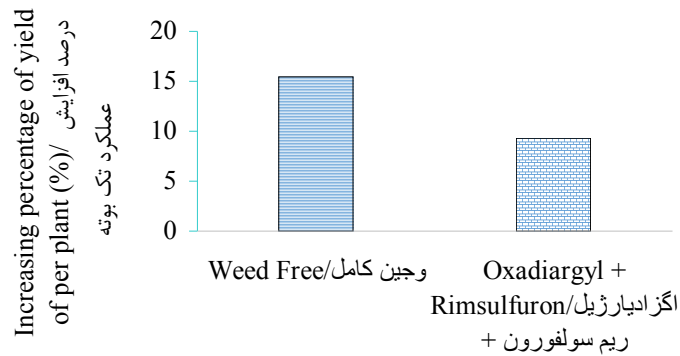
شکل ۲- تأثیر وجین کامل در مقایسه با تیمار کاربرد اختلاط اگزادیارژیل و ریم سولفورون بر درصد افزایش قطر ساقه اصلی سیب زمینی

Figure 2- The effect of weed free compared to herbicide mixture of Oxadiargyl + Rimsulfuron application treatments on increasing percentage of main stem diameter



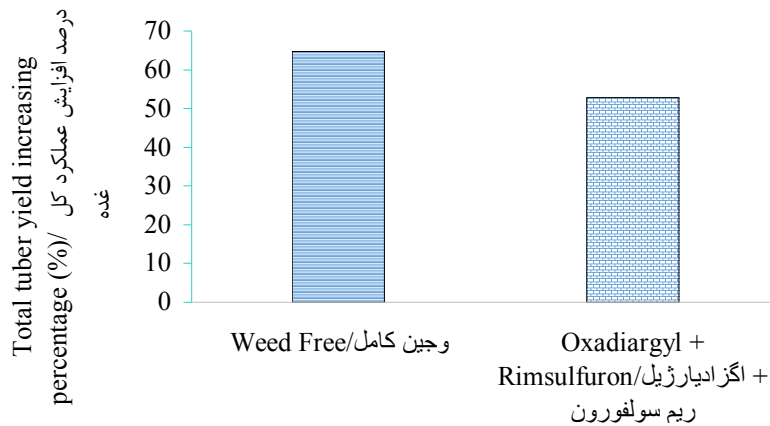
شکل ۳ - تأثیر وجین کامل در مقایسه با تیمار کاربرد اختلاط اگزادیارژیل و ریم سولفورون بر درصد افزایش متوسط وزن غده سیب زمینی

Figure 3- The effect of weed free compared to herbicide mixture of Oxadiargyl + Rimsulfuron application treatments on increasing percentage of mean of tuber weight



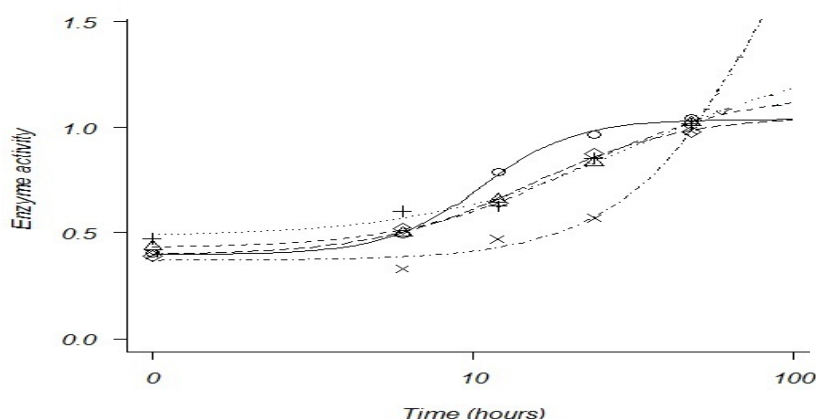
شکل ۴- تأثیر وجین کامل در مقایسه با تیمار کاربرد اختلاط اگزادیارژیل و ریم سولفورون بر درصد افزایش عملکرد تک بوته

Figure 4- The effect of weed free compared to herbicide mixture of Oxadiargyl + Rimsulfuron application treatments on increasing percentage of yield of per plant



شکل ۵- تأثیر وجین کامل در مقایسه با تیمار کاربرد اختلاط اگزادیارژیل و ریم سولفورون بر درصد افزایش عملکرد کل غده سیب زمینی

Figure 5- The effect of weed free compared to herbicide mixture of Oxadiargyl + Rimsulfuron application treatments on increasing percentage of total tuber yield



شکل ۶- بررسی روند فعالیت آنزیم کاتالاز در پاسخ به تنش سمپاشی در بازه‌های زمانی (همزمان با سمپاشی تا ۹۶ ساعت پس از سمپاشی)

Figure 6- review process of Catalase enzyme in response to stress of spraying in time period of (simultaneous with spraying till 96 hours after spraying)

- ⊕ 0% Oxadiargyl+ 100% Rimsulfuron
- ⊖ 25% Oxadiargyl+ 75% Rimsulfuron
- + 50% Oxadiargyl+ 50% Rimsulfuron
- × 75% Oxadiargyl+ 25% Rimsulfuron
- ⊕ 100% Oxadiargyl+ 0% Rimsulfuron

- ٪۰ اگزادیارژیل + ٪۱۰۰ ریم‌سولفورون
- ٪۲۵ اگزادیارژیل + ٪۷۵ ریم‌سولفورون
- ٪۵۰ اگزادیارژیل + ٪۵۰ ریم‌سولفورون
- ٪۷۵ اگزادیارژیل + ٪۲۵ ریم‌سولفورون
- ٪۱۰۰ اگزادیارژیل + ٪۰ ریم‌سولفورون

$$U_{ij} = \frac{D - C}{1 + \exp[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED_{50(i)}))]} + C$$

معادله مربوط به خطوط منحنی:

U_{ij} بیانگر فعالیت آنزیمی و درصد ژام که موجب پاسخ در دز ژام علف‌کش (z_{ij}) می‌شود. D و C حد بالا و پایین فعالیت آنزیمی در مقادیر صفر و بی‌نهایت فرمولاسیون، $ED_{50(i)}$ مقدار فرمولاسیون i لازم، برای ۵۰ درصد کاهش فعالیت آنزیمی به ترتیب بین حدود بالا و پایین D و C متناسب با شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می‌باشد (Kudsk and Mathiassen, 2007).

جدول ۶- پارامترهای تخمین زده معادله اختلاط علف‌کش

Table 6- Estimated regression parameters of herbicide mixture applied

Herbicide percentage درصد اختلاط علف‌کش	EA10 غلظت لازم برای افزایش ۱۰ درصد فعالیت آنزیمی	EA50 غلظت لازم برای افزایش ۵۰ درصد فعالیت آنزیمی	EA90 غلظت لازم برای افزایش ۹۰ درصد فعالیت آنزیمی	b شیب خط
0% oxadiargyl+ 100% rimsulfuron ٪۰ اگزادیارژیل + ٪۱۰۰ ریم‌سولفورون	4.954	10.535	22.401	-2.912
25% oxadiargyl+ 75% rimsulfuron ٪۲۵ اگزادیارژیل + ٪۷۵ ریم‌سولفورون	5.417	20.404	76.854	-1.656
50% oxadiargyl+ 50% rimsulfuron ٪۵۰ اگزادیارژیل + ٪۵۰ ریم‌سولفورون	5.890	32.197	175.995	-1.293
75% oxadiargyl+ 25% rimsulfuron ٪۷۵ اگزادیارژیل + ٪۲۵ ریم‌سولفورون	27.774	91.72	302.903	-1.839
100% oxadiargyl+ 0% rimsulfuron ٪۱۰۰ اگزادیارژیل + ٪۰ ریم‌سولفورون	4.416	14.827	49.780	-1.814

$R^2 = 0.95$

References

منابع مورد استفاده

- Aghaie, P., S.A. Kazemeini, R. Majd, and M.T. Alebrahim. 2013. Role of phosphorus in maize (*Zea mays* L.) competitiveness against velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Journal of Agronomy and Plant Production*. 4 (9): 2323-2329. (In Persian).
- Alebrahim, M.T., M.H. Rashed Mohassel, A. Wilcockson, M.A. Baghestani, and R. Ghorbani. 2011. Evaluation of several pre-emergence herbicides for weed control common lambsquarters (*Chenopodium album*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in potatoes. *Journal of Plant Protection* .4 (25): 358-367. (In Persian).
- Anonymous. 2000. Matrix product label. 11 pp. Wilmington, DE: Dupont.
- Bailey, W.A., H.P. Wilson, and T.E. Hines. 2001. Influence of cultivation and herbicide programs on weed control and net returns in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology*. 15: 654-659.
- Bajguz, A., and H. Shamsul. 2009. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*. 47: 1–8.
- Barbe, C., S. Seerutun, and A. Gaungoo. 2001. Oxadiargyl: A New Preemergence herbicide recommended in potato in Mauritius. Food and Agriculture Reserch Council. pp: 135-138. Reduit, Mauritius.
- Bienert, G.P., J.K. Schjoerringa, and T.P. Jahn. 2006. Membrane transport of hydrogen peroxide. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1758: 994-1003.
- Bray, C.M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. *Seed Development and Germination*. pp: 767-789.
- Dazy, M., V. Jung, J. Ferard, and J. Masfarau. 2008. Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. *Chemosphere*. 74: 57-63.
- Dichmann, R., J. Melgarejo, P. Loubire, and M. Montagon. 1997. Oxadiargyl: a novel herbicide for rice and sugar cane. Brighton Crop Protection Conference: Weeds. 1: 51-57.
- Eberlein, C.H.V., B.A. King, and M.J. Guttier. 2000. Evaluating an automized irrigation control system for site-specific herbigation. *Weed Technology*. 14: 182-187.
- Hutchinson, P.J.S., C.V. Ransom, R.A. Boydston, and B.R. Beutler. 2005. Dimethenamid- p: Efficacy and potato (*Solanum tuberosum*) variety tolerance. *Weed Technology*. 19: 966-971.
- Hwang, I.T., K.S. Hong, J.S. Choi, H.R. Kim, D.J. Jeon, and K.Y. Cho. 2004. Protoporphyrinogen IX-oxidizing activities involved in the mode of action of a new compound N- [4-chloro-2-fluoro-5-{3-(2fluorophenyl)-5-methyl-4,5 ihydroisoxazol-5-yl- methoxy}- phenyl]-3,4,5,6 tetrahydrophthalimide. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 80: 123– 130.
- Ivanov, S., V. Alexieva, and N. Karnov. 2005. Cumulative effect of low and high atrazine concentrations on *Arabidopsis thaliana* plants. *Russian Journal of Plant Physiology*. 52: 213-219.

- Jahedi, A., and P. Shimi. 2002. The use of flamethrower for weed control in the huge level in Hamadan. The report of investigation-Executive Design of Agriculture Organization.
- Khatami Kalkhoran, A., M.T. Alebrahim, M. Mohebodini, and R. Majd. 2015. Evaluating effect of Rimsulfuron on weed control of potato (*Solanum tuberosum* L.) fields in different growth stages. MS.c. Thesis. University of Mohaghegh Ardabili. 116 pp. (In Persian).
- Khatami Kalkhoran, A., M.T. Alebrahim, M. Mohebodini, and R. Majd. 2019. Tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) as affected by different dosage applications of rimsulfuron at its various growth stages. *Journal of Crop Ecophysiology*. 13 (1): 153-170. (In Persian).
- Kudsk, P., and S.K. Mathiassen. 2007. Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. *Crop Protection*. 26: 328-334.
- Mamnoie, A., M.R. Karami nejad, M.H., Rashed Mohasel, P. Shimi, and A. Ayin. 2016. Evaluating of some herbicide on weed control in potato (*Solanum tuberosum*) at Jiroft and Karaj. *Journal of Plant Protection*. 30 (3): 368-378. (In Persian).
- Michalowicz, J., and W. Duda. 2009. The effect of 2,4,5-Trichlorophenol on some Antioxidative parameters and the activity of Glutathione S-Transferase in reed canary grass leaves (*Phalaris arudinacea*). *Polish Journal of Environment Study*. 18 (5): 845-852.
- Peixoto, F., J. Laranjo-Gomes, J. Vincente, and V. Madeira. 2008. Comparative effect of the herbicides dicamba, 2, 4-D and paraquat on non-green potato tuber calli. *Plant Physiology*. 165 (11): 1125-33.
- Ransom, C.V., C.A. Rice, and J.K. Ishida. 2003. Development of new herbicide options for weed control in potato production. Malheur Experiment Station, Oregon State University Ontario.
- Romero-puertas, M.C., J.M. Palma, M. Gomes, L.A. Del Rio, and L.M. Sandalio. 2002. Cadmium causes the oxidative modification of proteins in pea plants. *Plant, Cell and Environment*. 25: 677-686.
- Samadi Kalkhoran, E., and M.T. Alebrahim. 2015. Effect of dose and usage time of oxadiargyl in different growth stage on weed biomass and yield of potato tuber (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*. 4(36): 625-644. (In Persian).
- Samadi Kalkhoran, E. M.T. Alebrahim, and M. Mohebodoni. 2015. Evaluation of the commercial function of potato tuber under herbicide application conditions exudarygly in different stages of potato growth. *Journal of Crops Improvement*. 18 (4): 775-787. (In Persian).
- Samadi Kalkhoran, E., M.T. Alebrahim, S. Jahanbakhsh, and A.A. Hosseinzade. 2014. Evaluating effect of Oxadiargyl on weed control of potato (*Solanum tuberosum* L.) fields in different growth stages. MS.c. Thesis. University of Mohaghegh Ardabili. 113 pp. (In Persian).

- Somanni, L. 1992. Dictionary of weed science. *Argotic Publishing Academy* (India).
- Tonks, D.J., C.V. Eberlin, and M.J. Guttieri. 2000. Preemergence weed control in potato (*Solanum tuberosum*) with ethalfuralin. *Weed Technology*. 14: 284-292.
- William, A., H. Bailey, P. Wilson, and T.E. Hines. 2001. Influence of cultivation and herbicide programs on weed control and net returns in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology*. 15 (4): 654-659.
- Yazdani, A. 2005. Evaluate and weed control in potato fields in Kerman. Proceedings of the 8th Plant Protection Congress of Iran, August 30- September 4, Isfahan, Iran. 146 pp. (In Persian).

Effect of Oxadiargyl and Rimsulfuron Mixture on Weed Control and Tuber Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Sanaz Hanifezade Erdi¹, Mohammad Taghi Alebrahim^{2*}, and Rasoul Fakhari³

Received: January 2018, Revised: 28 August 2018, Accepted: 3 October 2018

Abstract

To evaluate the effects of two herbicides mixtures, of Oxadiargyl and Rimsulfuron on weed control and potato yield and its components, a randomized complete block design experiment with 3 replications was conducted at the Research Field of Mohaghegh Ardabili University. The factors include Rimsulfuron in 0, 12.5, 25, 37.5 and 50 gr a.i/ha and the Oxadiargyl in 0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 lit a.i/ha in 5 herbicide mixture percentage two by two (include: 0:0.8, 12.5:0.6, 25:0.4, 37.5: 0.2 and 50:0) and the second factor is different time of application of these herbicides include (preplant and potato emergence). The statistical analysis showed that interaction effect of two herbicides mixture percentage and time of application had significant effect on reduction percentage of density of Common Lambsquare, Redroot Pigweed and Field Bindweed. In order to results herbicide mixture application improved the efficacy of each herbicide on weed control, whereby these herbicide mixture percentages reduce density of Common Lambsquare in 75% Oxadiargyl + 25% Rimsulfuron, Redroot Pigweed in 25% Oxadiargyl + 75% Rimsulfuron and Field Bindweed in 100% Rimsulfuron lonely respectively 100%, 94.67% and 59.67% in preplant stage. Interaction effect of herbicide mixture percentage on time of application had significant effect on mean of tuber weight, yield of per plant and total tuber weight. The results of total yield showed that treatment of 25% Oxadiargyl + 75% Rimsulfuron in potato emergence application by 69.16% increasment in comparison to weedy was the best recommended treatment of experiment. Also the results showed that despite increasment in enzyme activity of Catalase, this increasment hadn't destructive effect on yield of potato, so conclude application of this herbicide mixture hadn't any destructive effect on potato.

Key words: Common Lambsquarter, Emergence, Filed Bindweed, Preplant, Redroot Pigweed.

1- Ph.D. Student of Weed Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Associate Prof. of Weed Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh, Ardabil, Iran.

3- Ph.D. Student of Weed Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding Author: m_ebrahim@uma.ac.ir