نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد هشتم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۹
شماره صفحه: ۲۳۹-۲۲۳
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.2623.1107

مقاله پژوهشی:

بهبود کارایی انواع علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در مزارع زعفران با استفاده از مواد افزودنی

زهرا حسینی ایوری[۱]، ابراهیم ایزدی دربندی[۲*]، محمد کافی[۳]، حسن مکاریان[۴]

۱- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۳- استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نبات دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، ایران.
* نویسنده مسئول: *Email: e-izadi@um.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۱۶

چکیده

به‌منظور بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌های بازدارنده ACCase با استفاده از مواد افزودنی در کنترل علف‌های هرز باریک برگ مزارع زعفران آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل کاربرد علف‌کش‌های هالوکسی فوپ آرمتیل استر، کلتودیم و سیکلوکسیدیم به ترتیب در مقادیر ۱۰۸، ۹۶ و ۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار که به تنهایی و در اختلاط با مواد افزودنی اسپری‌پلاس (۰/۳٪ v/v)، سولفات آمونیم (۲٪ w/v)، سیتوگیت (۰/۲٪v/v) و هیومکس (۰/۲۵٪ w/v) به همراه دو شاهد بدون کنترل و وجین دستی بودند. علف‌های هرز جوموشی و جودره با تراکم نسبی ۳۶/۷۱ و ۲۴/۰۵ درصد به ترتیب بیشترین تراکم علف هرز را به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد وجین کردن بین ۱۴ تا ۴۹ درصد عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران را افزایش داد. اختلاط مواد افزودنی با علف‌کش‌ها کارایی آنها در کاهش وزن خشک علف‌های هرز را بین ۲۷ تا ۳۴ درصد افزایش داد. علف‌کش‌ها از نظر کاهش وزن خشک علف‌های هرز و افزایش عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران به ترتیب هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل> کلتودیم> سیکلوکسیدیم طبقه‌بندی شدند. بهترین مواد افزودنی برای اختلاط با علف‌کش هالوکسی فوپ آرمتیل، اسپری‌پلاس و سیتوگیت بودند. در حالی‌که برای افزایش کارایی علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم مواد افزودنی سولفات آمونیم و اسپری‌پلاس مناسب‌تر بودند. بر اساس نتایج آزمایش هیومکس عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران را بین ۱/۵ درصد (اختلاط با هالوکسی فوپ آرمتیل) تا ۱۲ درصد (اختلاط با سیکلوکسیدیم) افزایش داد اگرچه این افزایش معنی‌دار نشد، اختلاط هیومکس با سیکلوکسیدیم وزن خشک علف‌های هرز را به‌طور معنی‌داری تا ۳۰ درصد کاهش داد ولی بر سایر تیمارها تأثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: علف‌های هرز باریک برگ، کنترل شیمیایی، گیاه‌سوزی.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus L* و نام انگلیسی *Saffron* گیاهی از خانواده زنبق *Iridaceae*، اقتصادی‌ترین گیاه زراعی نقدینه‌ای در سامانه‌های کشاورزی کم نهاده است (*Ghorbani & Koocheki, 2006*). بر اساس آمارهای موجود، ایران با سطح زیر کشت ۱۱۳۹۳۸/۳ هکتار، میانگین عملکرد ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار و تولید ۴۰۴/۴۸ تن زعفران، بزرگ‌ترین تولیدکننده زعفران در دنیا است *(Agricultural Statistics, 2018)*. زعفران به علت دارا بودن ساقه کوتاه و برگ‌های باریک از نظر رقابت با علف‌های هرز گیاه ضعیفی بوده و علاوه بر این، چون یک گیاه چند ساله است علف‌های هرز اعم از یک‌ساله و چندساله در زعفران کاری‌ها از انبوهی زیادی برخوردار هستند و از این رو از مهم‌ترین محدودیت‌های زراعت زعفران به شمار می‌روند (*Rashed Mohassel, 1992*). به‌طورکلی، مدیریت علف‌های هرز مزارع زعفران در وضعیت مطلوبی قرار ندارد که به دلایل مختلف از جمله ضعف مدیریت زراعی، رقابت پایین زعفران با علف‌های هرز، بالا بودن هزینه‌های کارگری و وجین، روش‌های نامناسب مبارزه شیمیایی و عدم دسترسی زعفران‌کاران به روش‌های مطلوب کنترل علف‌های هرز از جمله علف‌کش‌های انتخابی برای این محصول است (*Izadi-Darbandi & Hosseini Evari, 2016*). تحقیقات انجام شده در ارتباط با ساختار جوامع علف‌های هرز مزارع زعفران نشان می‌دهد که گونه‌های غالب علف هرز زعفران متعلق به خانواده‌های غلات، شب بو، کاسنی، (*Rashed Mohassel, 1992; Izadi-Darbandi & Hosseini Evari, 2016; Padarloo et al., 2018; Rashed Mohassel, 1992; Padarloo et al., 2018; Izadi-Darbandi & Hosseini Evari, 2016; Padarloo et al., 2018*) است. علف‌های هرز به‌طور میانگین موجب کاهش ۲۰/۶۷ درصدی عملکرد زعفران در استان خراسان می‌شوند. بررسی رابطه همبستگی بین تراکم علف‌های هرز و درصد خسارت وارده به زعفران نشان داد که این دو عامل همبستگی بسیار بالایی (R^2 =۰/۹۸) با یکدیگر دارند **(***Khorramdel et al., 2017***)**. بر اساس اطلاعات موجود، علف‌های هرز باریک برگ از مهم‌ترین و مشکل‌سازترین علف‌های هرز زعفران می‌باشند (*Behravan, 2015*). در مطالعه‌ای که به‌منظور ارزیابی علف‌های هرز مزارع زعفران انجام شد، مشخص شد که علف‌های هرز دم‌موشی (*Hordeum glacum L.*)، جوموشی (*Hordeum murinum L.*)، علف پشمکی (*Bromus tectorum L.*) و جودره (*Hordeum spontaneum Koch.*)، (*Rashed Mohassel, 1992; Abbasi, 1996; Raajae, 1994; Izadi-Darbandi & Hosseini Evari, 2016; Padarloo et al., 2018; Izadi-Darbandi & Hosseini Evari, 2016*) از گونه‌های غالب علف هرز در مزارع زعفران هستند. در این ارتباط و به‌منظور کنترل شیمیایی علف‌های هرز باریک برگ زعفران علف‌کش‌های بازدارنده *ACCase* از کارایی قابل قبولی برخوردار هستند (*Behravan et al., 2015*). ضمن اینکه این علف‌کش‌ها با توجه به نحوه عمل خود جزو علف‌کش‌های ایمن برای سلامت انسان به شمار می‌روند. در گزارش‌های مختلف نشان داده شده است که علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ-آرمتیل (*Abbasi, 1996; Abbasian et al., 2014; Behravan et al., 2015*) فلوآزیفوپ‌پی‌بوتیل (*Abbasi, 1996*) و کوییزالوفوپ‌پی‌اتیل (*Behravan et al., 2015*) از مناسب‌ترین علف‌کش‌ها جهت کنترل مطلوب علف‌های هرز باریک برگ مزارع زعفران می‌باشند. با وجود اینکه علف‌کش‌ها ابزار بسیار مؤثری در مدیریت علف‌های هرز به شمار می‌روند، تکیه بیش از حد به یک علف‌کش (یا گروهی از علف‌کش‌ها با نحوه عمل مشابه) به احتمال زیاد منجر به بروز مقاومت در جمعیت علف‌های هرز خواهد شد و در آینده کنترل آنها را با چالش جدی مواجه خواهد کرد (*Gherekhloo et al., 2008*). از این رو امروزه متخصصان علف‌های هرز به دلیل بروز مشکلات زیست‌محیطی و همچنین گسترش روز افزون مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، به دنبال روش‌های جایگزینی می‌گردند که ضمن به حداقل رساندن مصرف علف‌کش، راندمان مدیریت علف‌های هرز را به حداکثر برسانند و از طرفی این روش در کنترل علف‌های هرز با توجه به روند رو به افزون قیمت علف-کش‌ها به صرفه‌تر شود (*Cathcart et al., 2004*). در این راستا استفاده از مواد افزودنی به عنوان راهکاری است که در بهینه‌سازی مصرف و افزایش کارایی علف‌کش‌ها

مطرح می‌شود (*Mamnoie et al., 2016*). مواد افزودنی ممکن است به نحوی کارایی علف‌کش را بهبود بخشند که غلظت یا کل مقدار علف‌کش مورد نیاز برای حصول سطح تأثیر معینی کاهش یابد. (*Zand et al., 2008*). بر اساس مطالعات انجام شده مواد افزودنی قادرند بدون اینکه نقصانی در کارایی علف‌کش ایجاد کنند مصرف علف‌کش را ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش دهند (*Mamnoie et al., 2016*).

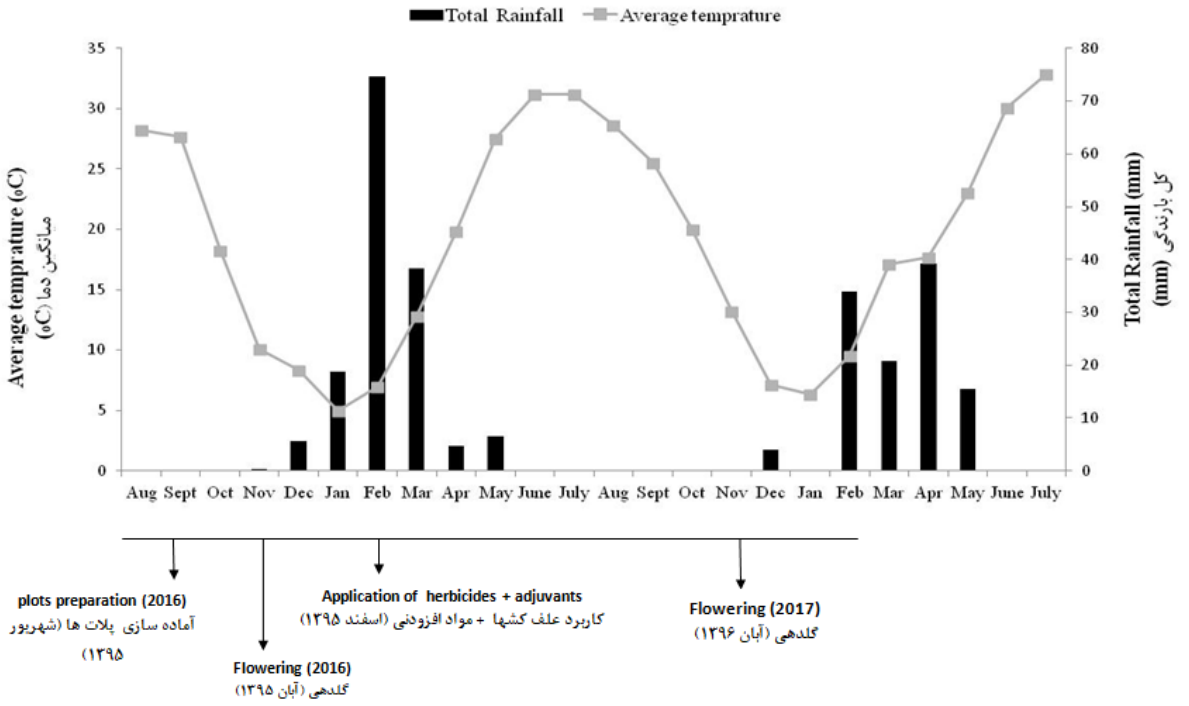
با توجه به غالبیت و شیوع علف‌های هرز باریک برگ در مزارع زعفران خراسان و کارآیی علف‌کش‌های بازدارنده آنزیم استیل‌کوآنزیم آ در کنترل آنها، پژوهش حاضر با هدف بهبود کارایی این علف‌کش‌ها با استفاده از مواد افزودنی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی محل انجام پژوهش

آزمایش مزرعه‌ای طی فصل رشد سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه چهار ساله زعفران که تا کنون، علف‌کش دریافت نکرده بود، در شهرستان کاشمر واقع در استان خراسان رضوی انجام شد. مزرعه زعفران انتخاب شده در منطقه‌ای با اقلیم گرم و خشک در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۵۶ متر از سطح دریا قرار داشت. مزرعه مورد نظر در پاییز سال ۱۳۹۲ جهت کشت زعفران آماده شد. قبل از کشت ۲۰ تن در هکتار کود حیوانی پوسیده در سطح زمین پخش شد.

کشت به‌صورت کپه‌ای در داخل کرت انجام شد به این صورت که با فاروئر شیارهایی با فاصله ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر از هم دیگر ایجاد شد، فاصله کپه‌ها ۲۵ سانتی‌متر و مقدار بنه‌های مادری در هر کپه بین ۳ تا ۵ عدد بوده است. میزان کل بارندگی و متوسط دمای ماهیانه داده‌های هواشناسی محلی فصل رشد در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. میزان کل بارندگی و متوسط دمای ماهیانه طی دو فصل رشد (طی مرداد ۱۳۹۵ تا تیر ۱۳۹۷)

منبع: سازمان هواشناسی ایران *(IRIMO)*

Fig. 1. Monthly rainfall and average temperature during the two growing seasons (from August 2016 until July 2018)

Reference: The I.R. of Iran Meteorological Organization (IRIMO)

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا۳۰ سانتی‌متری خاک محل پژوهش نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام و به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۷ تیمار و در سه تکرار اجرا شد. بر اساس نقشه طرح در شهریور ماه سال ۱۳۹۵ نسبت به کرت‌بندی مزرعه اقدام شد. هر کرت به ابعاد ۳×۲ مترمربع و مساحت نهایی هر کرت شش مترمربع بود که برای حذف اثرات تیمارها بین هر تکرار یک متر فاصله به عنوان راهرو و فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر (گالانت‌سوپر، *EC10.8%*، شرکت گیاه) به مقدار ۱۰۸ گرم ماده مؤثره در هکتار (یک لیتر در هکتار)، کلتودیم (سلکت‌سوپر، *EC 12%*، شرکت آریستا لایف ساینس فرانسه) به مقدار ۹۶ گرم ماده مؤثره در هکتار (۰/۸ لیتر در هکتار) و سیکلوکسیدیم (فوکوس، *EC 10%*، *شرکت BASF* آلمان) به مقدار ۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار (به مقدار ۱/۲ لیتر در هکتار) که به تنهایی و نیز در ترکیب با چهار نوع ماده افزودنی اسپری‌پلاس (۰/۳٪ *v/v*)، سولفات آمونیم (۲٪ *w/v*)، سیتوگیت (۰/۲٪ *v/v*) و هیومکس (۰/۲۵٪ *w/v*) (جدول ۲)، به همراه تیمارهای شاهد وجین تمام فصل علف‌های هرز و عدم کنترل بودند.

علف‌کش‌های مورد بررسی در این آزمایش صرفاً علف‌کش‌های باریک برگ‌کش می‌باشند لذا جهت جلوگیری از تداخل علف‌های هرز پهن‌برگ در نتیجه آزمایش علف‌های هرز پهن‌برگ در طول فصل رشد از کلیه کرت‌ها به طریق وجین دستی حذف شدند. مقدار علف‌کش انتخاب شده بر اساس توصیه شرکت‌های سازنده علف‌کش برای سایر محصولات و نیز بر اساس نتایج پیش‌آزمایش (انجام شده توسط نگارندگان) که تأثیری سوء بر زعفران نداشته، انتخاب شده است. علف‌کش‌ها همراه با مواد افزودنی در مرحله سه تا پنج‌برگی علف‌های هرز باریک برگ در تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۲ استفاده شدند. برای سم‌پاشی از سم‌پاش پشتی شارژی ماتابی با نازل سیلابی (شره‌ای) استفاده شد. نازل شره‌ای یکی از مناسب‌ترین نازل‌ها برای کاربرد علف‌کش‌ها در قطعات کوچک است که پوشش یکنواختی از علف‌کش و کنترل مناسبی از علف‌های هرز را ایجاد می‌کند. برای تعیین حجم پاشش محلول، قبل از سم‌پاشی کالیبراسیون آن بر مبنای مصرف ۳۰۰ لیتر آب در هکتار با فشار ۲/۵ کیلو پاسکال انجام شد. کود دهی بر اساس آزمون خاک در زمان‌های مناسب و توصیه شده انجام گرفت و آبیاری نیز بر اساس عرف منطقه (سه نوبت بعد از برداشت گل، اوایل اسفند و قبل از زرد شدن برگ‌ها) انجام شد و در تمام فصل رشد از هیچ‌گونه سموم دفع آفات نباتی استفاده نشد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1. The soil physic-chemical characteristics of the experimental site (0-30 cm depth)

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	کربن آلی Organic carbon (٪)	نیتروژن N (٪)	فسفر P (*ppm*)	پتاس K (*ppm*)	رس Clay (٪)	سیلت Silt (٪)	شن Sand (٪)	بافت خاک Soil texture
2.02	*8.11*	*0.187*	*0.051*	*9.2*	*279*	*16*	*52*	*32*	لوم-رسی *Clay- loam*

صفات مورد اندازه‌گیری

برآورد خسارت گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها بر روی زعفران در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز بعد از سم‌پاشی (*DAS*)[1] به‌صورت چشمی و با استفاده از روش نمره دهی *EWRC* (*European Weed Research Council*) انجام شد (*Sharifi Ziveh & Mahdavi, 2012*). در این روش به تیماری که باعث نابودی کامل زعفران می‌شود، امتیاز نه و به تیماری که کاملاً بدون تأثیر است، امتیاز یک داده

1- *Days after spray*

می‌شود و بقیه تیمارها در حد واسط یک و نه قرار می‌گیرند (جدول ۳). وزن خشک علف‌های هرز پس از سم‌پاشی دو بار در اواخر اسفند ۱۳۹۵ و اواخر فروردین ۱۳۹۶ در طول فصل رشد زعفران با استفاده از کوادرات های ۰/۲۵ مترمربع (۰/۵× ۰/۵ متر) مورد ارزیابی قرار گرفت. تمامی علف‌های هرز در کوادرات، از سطح خاک برش داده‌شده، جمع‌آوری و در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای ۴۸ ساعت قبل از توزین خشک و سپس وزن خشک علف‌های هرز توزین شدند. نمونه‌برداری از بنه‌های دختری زعفران در مرداد ماه سال ۱۳۹۶ هم‌زمان با دوره خواب بنه‌های دختریانجام شد. بدین صورت که از سطح هر کرت مساحتی معادل ۰/۵ مترمربع انتخاب شده و بنه‌های دختری از خاک خارج شدند. ویژگی‌های رشد شامل تعداد و وزن بنه‌های دختری اندازه‌گیری شد. گل‌های زعفران از ۱۰ تا ۳۰ آبان ۱۳۹۶ به‌صورت دستی از سطح یک مترمربع در هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت و ثبت گردید. با توجه به برداشت‌های مکرر زعفران در طول فصل گلدهی، هرروز نسبت به برداشت گل اقدام گردید و در پایان اعداد نهایی، حاصل جمع نتیجه کل گلدهی زعفران در یک دوره حدود ۲۰ روز بود. سپس شاخص‌های مربوط به گل و رشد زایشی شامل تعداد و وزن‌تر گل‌ها در واحد سطح، وزن خشک کلاله اندازه‌گیری و ثبت شد. نمونه‌های برداشت شده کلاله در آون با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. همچنین وزن خشک اندام‌های هوایی (برگ‌ها) در واحد سطح بعد از برداشت گل‌ها در اوایل آذر ماه اندازه‌گیری و ثبت شد.

قبل از تجزیه‌های آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد و در صورت نرمال نبودن داده‌ها از تبدیل $\sqrt{X+0/5}$ استفاده شد. برای آنالیز آماری داده‌ها، تجزیه واریانس (*ANOVA*) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار *SAS 9.3* اجرا شد.

جدول ۲. اطلاعات فنی و مقدار کاربرد مواد افزودنی در آزمایش‌ها

Table 2. Technical information and dose of adjuvants used in the experiments

ماده افزودنی Adjuvant	ترکیب شیمیایی Compound	مقدار کاربرد Dose	تولیدکننده Manufacturer
سیتوگیت *Citogate*	آلکیل آریل پلی گلیکول اتر (مویان غیر یونی) *Alkyl Aryl Polyglycol Ether (a non-ionic surfactant)*	*0.2 (% v/v)*	شرکت زرنگاران پارس ایران *Zarnegaran Pars, Iran*
سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	*((NH4)2SO4)*	*2 (% w/v)*	پتروشیمی ارومیه *Urmia petrochemical company(UPC)*
اسپری پلاس *Spray Plus*	مونو کاربامید دی هیدروژن سولفات *Monocarbamid dihydrogen sulphate 80%*	*0.3 (% v/v)*	کارخانه تریدکورپ اسپانیا *Tradecrop in Spain*
هیومکس ۹۹ *Humix 99*	اسید هیومیک+ اسید فولیک+ عصاره جلبک دریایی+ ریزمغذی‌ها *Humic Acid+ Folic Acid+ Seaweed Extract+ micro-nutrient*	*0.25 (% w/v)*	گیتا شیمی سهند *Gita Shimi Sahand*

جدول ۳. ارزیابی بصری آسیب علف‌کش روی زعفران بر اساس مقیاس نمره دهی EWRC

Table 3. Visual injury of herbicides to weeds and saffron based on EWRC scale

نمره score	درصد خسارت Damage percentage	توضیح Discription
1	*0*	بدون خسارت *No damage*
2	*1-2.5*	خسارت با رنگ‌پریدگی بسیار کم و یا علائم خفیف مشابه *Very little damage*
3	*2.5-7*	خسارت کمی شدیدتر، ولی ناپایدار *More damage*
4	*7-12.5*	خسارت متوسط و پایدارتر *Moderate and reversible damage*
5	*12.5-20*	خسارت متوسط و پایدار *Moderate and consistent damage*
6	*20-30*	خسارت شدید *Severe damage*
7	*30-50*	خسارت بسیار شدید *Very severe damage*
8	*50-99*	خسارت در حد نابودی کامل *Nearly full kill*
9	*100*	نابودی کامل *Full kill*

نتایج و بحث

وضعیت علف‌های هرز قبل و بعد از سم‌پاشی

جدول ۴ گونه‌های علف‌های هرز مشاهده شده در مزارع آزمایشی زعفران را نشان می‌دهد. گونه‌های شایع در این آزمایش متعلق به خانواده‌های *Poaceae*، *Brassicaceae*، *Asteraceae* و *Polygonacea* بود.

در بین علف‌های هرز موجود، علف هرز جو موشی *Hordeum murinum* با تراکم نسبی ۳۶/۷۱ درصد و علف هرز جودره *Hordeum spontaneum* با تراکم نسبی ۲۴/۰۵ درصد، علف‌های هرز غالب بودند (جـدول ۴).

جدول ۴. متوسط تراکم و تراکم نسبی گونه‌های علف هرز موجود در مزرعه زعفران آزمایشی قبل از سم‌پاشی

Table 4. Mean and relative of weed density in the experimental saffron field before spraying

نام علف هرز Persian name	نام عمومی Common name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	متوسط تراکم (بوته در متر مربع) Mean density (*Plant m-^{2}*)	تراکم نسبی Relative density
جودره	*wild barley*	*Hordeum spontaneum C.Koh.*	غلات *Poaceae*	*19*	*24.05*
موشی جو	*Mouse barley*	*Hordeum murinum L.*	غلات *Poaceae*	*29*	*36.71*
شاهی وحشی	*Hoary cress*	*Cardaria draba L.*	شب‌بو *Brassicaceae*	*4*	*5.06*
هفت‌بند	*Common knotgrass*	*Polygonum aviculare L.*	هفت‌بند *Polygonaceae*	*10*	*12.66*
تلخه	*Russian knapweed*	*Acroptilon repens L.*	کاسنی *Asteraceae*	*5*	*6.33*
درشتوک	*African mustard*	*Malcolmia africana L.*	شب‌بو *Brassicaceae*	*6*	*7.59*
دیگرگونه‌ها	-	*Other species*		*6*	*7.59*

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که وزن تر و خشک علف‌های هرز باریک برگ در هر دو مرحله نمونه‌برداری تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفت (جـدول ۵). با توجه به نتایج آزمایش، کمترین وزن خشک علف‌های هرز در اولین مرحله نمونه‌برداری از تیمار وجین دستی علف‌های هرز (۴/۶۷ گرم بر مترمربع) به دست آمد. بعد از تیمار وجین کمترین وزن خشک علف‌های هرز مربوط به تیمارهای کاربرد علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر در اختلاط با اسپری‌پلاس و سیتوگیت، کلتودیم به همراه اسپری‌پلاس و سولفات آمونیم و سیکلوکسیدیم همراه اسپری‌پلاس بود؛ در حالی بیشترین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله اول نمونه‌برداری از تیمار شاهد (۱۱۹/۱ گرم بر مترمربع) به دست آمد که بعد از تیمار شاهد، کاربرد علف‌کش سیکلوکسیدیم به تنهایی، سیکلوکسیدیم بعلاوه هیومکس و کاربرد کلتودیم به تنهایی کمتـرین تـأثیر را بـر کاهش وزن خشک علف‌های هرز باریک برگ داشتند. در حالی‌که در دومین مرحله نمونه‌برداری بعد از تیمار وجین (کمترین وزن خشک علف‌های هرز، ۶/۷۵ گرم بر مترمربع) کاربرد کلیه تیمارهای هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل-استر و تیمارهای کلتودیم در اختلاط با اسپری‌پلاس، سولفات آمونیم و سیتوگیت باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با سایر تیمارها شدند (جـدول ۵).

اختلاط سولفات آمونیم و هیومکس با علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر در مقایسه با کاربرد این علف‌کش به تنهایی در هیچ‌کدام از مراحل نمونه‌برداری تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن علف‌های هرز نداشتند؛ در حالی‌که افزودن سیتوگیت و اسپری‌پلاس به علف‌کش‌هالوکسی فوپ آرمتیل در مقایسه با کاربرد این علف‌کش به‌تنهایی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز در مرحله اول نمونه‌برداری شد، در حالی‌که در مرحله دوم نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد (جدول ۵) یکی از دلایل احتمالی می‌تواند این باشد که این گروه از علف‌کش‌ها اصولاً دارای فعالیت خاکی نبوده (بقایای آنها در خاک تأثیری بر گیاهان و کنترل علف‌های هرز ندارند) و بر روی علف‌های هرزی که متعاقباً سبز خواهند شد تأثیری ندارند. محققان دیگر نیز عنوان کردند که اختلاط علف‌کش‌هالوکسی فوپ آرمتیل با روغن‌های گیاهی برای کنترل علف قناری (*Phalaris minor Retz.*) (*Rastgoo et al., 2013*) و نیز اختلاط این علف‌کش با سیتوویت برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ گلرنگ (*Zareei et al., 2015*) باعث افزایش کارآیی آن می‌شود. اختلاط علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم با اسپری‌پلاس، سولفات آمونیم و سیتوگیت باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با کاربرد این علف‌کش‌ها به تنهایی در هر دو مرحله نمونه‌برداری شد. اختلاط علف‌کش کلتودیم با هیومکس در مقایسه با کاربرد این علف‌کش به تنهایی در هیچ‌کدام از مراحل نمونه‌برداری معنی‌دار نشد در حالی‌که اختلاط سیکلوکسیدیم با هیومکس در مقایسه با کاربرد این علف‌کش به تنهایی فقط در مرحله دوم نمونه‌برداری باعث کاهش معنی‌دار علف‌های هرز شد (جدول ۵).

با توجه به اینکه مولکول‌های علف‌کش‌های ستوکسیدیم و کلتودیم تحت شرایط اسیدی محیط (*pH* کمتر از شش) و وجود سختی آب از هم گسسته شده و با یون های موجود در آب پیوند ایجاد می‌نمایند و کارایی این علف‌کش‌ها کاهش می‌یابد (*Altland, 2001; Nalewajaet al, 1994*) کاربرد اسپری‌پلاس (ترکیب تجاری که جهت کاهش *pH* آب و خنثی کردن بیکربنات‌های موجود آب کاربرد دارد) می‌تواند کارایی این علف‌کش‌ها را بهبود بخشد. اعتقاد بر این است که کاربرد سولفات آمونیوم همراه با علف‌کش‌های دارای خاصیت اسیدی ضعیف باعث افزایش کنترل گونه‌های مختلفی از علف‌های هرز می‌شود (*Salisbury et al., 1991*). همچنین گزارش شده است که سولفات آمونیوم موجب افزایش جذب و بهبود کارایی علف‌کش‌های کلتودیم (*Mirzai et al., 2018; Mueller, 2006*) و ستوکسیدیم (*Mirzai et al., 2018*) شده است.

جدول ۵. مقایسه میانگین ماده خشک علف‌های هرز(گرم در متر مربع) در تیمارهای مختلف در مزرعه زعفران

Table 5. Mean comparisons of weed dry weight ($g.m^{-2}$) in different treatments in saffron field

تیمار Treatment		۳۰ روز پس از سمپاشی 30 DAS	۶۰ روز پس از سمپاشی 90 DAS
علف‌کش Herbicide	ماده افزودنی Adjuvant		
هالوکسی‌فوپ-آرمتیل *Haloxyfop-r-methyl*	بدون افزودنی *None adjuvant*	*42.33 cd**	*11.012 abc*
	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	*26.46 b*	*8.17 ab*
	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	*35.9 c*	*10.18 ab*
	سیتوگیت *Citogate*	*28.50 b*	*8.47 ab*
	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	*38.25 c*	*10.06 ab*
کلتودیم *Clethodim*	بدون افزودنی *None adjuvant*	*49.62 efg*	*16.86 de*
	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	*27.5 b*	*8.55 ab*
	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	*27.43 b*	*8.24 ab*
	سیتوگیت *Citogate*	*40.4 c*	*11.48 abc*
	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	*46.83 ef*	*12.07 bcd*
سیکلوکسیدیم *Cycloxydim*	بدون افزودنی *None adjuvant*	*58.53 g*	*28.35 f*
	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	*29.50 b*	*16.55 de*
	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	*36.13 c*	*15.308 cde*
	سیتوگیت *Citogate*	*49.16 ef*	*17.58 e*
	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	*53.86 fg*	*19.86 e*
وجین دستی *Hand weeding*		*4.67 a*	*6.75 a*
شاهد بدون کنترل *Weedy Check*		*119.1 h*	*133.058 g*
منابع تغییر S.O.V.	**درجه آزادی df**	**میانگین مربعات Mean of squares**	
تکرار *Replication*	*2*	*36.075 ns*	*17.89 ns*
تیمار *Treatment*	*16*	*1685.075***	*2631.87***
خطا *Error*	*32*	*12.44*	*7.156*
ضریب تغییرات *C.V. (%)*		*8.39*	*13.306*

* در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن نمی‌باشند.

**In each column means with same letter are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's test.*

ns و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

*ns, and ** represent non- significant and significant at 1% level probability, respectively.*

نتایج آنالیز داده‌ها نشان می‌دهد در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش کلتودیم تیمارهای کلتودیم بعلاوه اسپری‌پلاس و کلتودیم بعلاوه سولفات آمونیم از نظر کاهش وزن خشک علف‌های هرز بهترین تیمار محسوب می‌شود به طوری‌که تفاوت این تیمارها با دیگر تیمارهای این علف‌کش در مرحله اول نمونه‌برداری در کاهش وزن خشک علف‌های هرز معنی‌دار بود ولی در مرحله دوم نمونه‌برداری تفاوت این تیمارها با تیمار کلتودیم بعلاوه سیتوگیت معنی‌دار نشد هرچند با تیمار کاربرد کلتودیم بعلاوه هیومکس و کاربرد کلتودیم به‌تنهایی معنی‌دار شد. بر اساس نتایج آزمایش بهترین تیمار در بین تیمارهای آزمایش، کاربرد علف‌کش سیکلوکسیدیم، تیمار سیکلوکسیدیم بعلاوه اسپری‌پلاس بود، این تیمار در مرحله اول نمونه‌برداری با کلیه تیمارهای این علف‌کش در کاهش وزن خشک علف‌های هرز اختلاف معنی‌داری داشت، در حالی‌که در مرحله دوم نمونه‌برداری فقط با تیمار کاربرد این علف‌کش به تنهایی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. (جـدول ۵).

ارزیابی چشمی خسارت به گیاه زراعی

نتایج ارزیابی چشمی خسارت علف‌کش‌ها روی گیاه زعفران با استفاده از مقیاس $EWRC^{1}$ در ۱۰ روز پس از سم‌پاشی نشان داد که خسارت علف‌کش‌ها و مواد افزودنی بر روی زعفران از امتیاز یک (بدون خسارت) تا سه (خسارت کمی شدیدتر ولی ناپایدار) متفاوت بود. علائم خسارت شامل رنگ‌پریدگی برگ‌ها و کلروز و نکروز خفیف نوک برگ‌ها بود. در هفته اول بعد از سم‌پاشی آثار خسارت به زعفران در هیچ‌یک از تیمارها مشخص نبوده و تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند، اما با گذشت زمان در ۲۰ روز پس از سم‌پاشی آثار خسارت علف‌کش‌ها مشهودتر شد و به‌صورت زرد شدگی انتهای برگ‌ها و رنگ‌پریدگی برگ‌ها نمایان گشت. علف‌کش هالوکسی-فوپ‌آرمتیل‌استر در مقایسه با علف‌کش‌های سیکلوکسیدیم و کلتودیم خسارت کمتری به گیاه زعفران وارد نمود به طوری ارزیابی خسارت این علف‌کش بر روی زعفران در ۱۰ روز بعد از سم‌پاشی با تیمار شاهد و وجین دستی تفاوت نداشت (جدول ۶).

علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر، سیکلوکسیدیم و کلتودیم از علف‌کش‌های بازدارنده استیل‌کو آنزیم آکربوکسیلاز (*ACCase*) می‌باشند اما علف‌کش هالوکسی فوپ آرمتیل استر از خانواده شیمیایی هیدروکسی فنوکسی ایزوپروپیونیک اسیدها (*Forouzesh et al., 2015*) و سیکلوکسیدیم و کلتودیم هر دو جزو خانواده شیمیایی سیکلوهگزاندیون‌ها (دیم‌ها) بوده و ساختار شیمیایی مشابهی دارند (*Zand et al., 2008*). نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که در بین علف‌کش‌های باز دارنده استیل‌کوآنزیم‌آکربوکسیلاز، زعفران احتمالاً نسبت به علف‌کش‌های گروه فوپ‌ها تحمل بیشتری دارد. همچنین گزارش شده که علف‌کش هایکوییزالوفوپ‌پی‌اتیل (تارگاسوپر) هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر (گالانت سوپر) در شرایط اختلاط با و بدون پرولکس هیچ خسارتی روی گیاه زعفران ایجاد نکردند، هرچند علف‌کش سیکلوکسیدیم (فوکوس) خسارت بسیار کمی را در این مرحله ایجاد نموده است (*Behravan et al., 2015*). روند افزایش خسارت تا یک ماه بعد از سم‌پاشی ادامه داشت، ولی باگذشت زمان، علائم خسارت علف‌کش‌ها روی گیاه زعفران کاهش یافت به طوری‌که، با نزدیک شدن به پایان فصل اثری از خسارت در هیچ‌کدام از تیمارها مشهود نبود.

صفات زعفران

مزرعه زعفران در تاریخ ۲۵ تا ۳۰ آبان ۱۳۹۶ با سرمای زودرس پاییز مواجه شد که هم‌زمانی آن با موعد برداشت گل زعفران (۱۰ تا ۳۰ آبان ۱۳۹۶)، خسارت قابل توجهی را در پی داشت که این موضوع علاوه بر خشک‌سالی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و گرمای شدید فصل تابستان، تأثیر مهمی بر کاهش میانگین کلیه اجزای عملکرد زعفران داشت.

جدول ۶. برآورد خسارت گیاه‌سوزی ناشی از علف‌کش‌ها بر گیاه زعفران در تیمارهای مختلف بر اساس مقیاس EWRC

Table 6. Visual injury of herbicides damage to saffron in different treatments based on EWRC scale

تیمار Treatment				
علف‌کش Herbicide	ماده افزودنی Adjuvant	۱۰ روز بعد از تیمار 10 DAS[a]	۲۰ روز بعد از تیمار 20 DAS	۳۰ روز بعد از تیمار 30 DAS
شاهد بدون کنترل *Weedy Check*		*1 (0)*[b]	*1 (0)*	*1 (0)*
وجین دستی *Hand weeding*		*1 (0)*	*1 (0)*	*1 (0)*
هالوکسی فوپ آرمتیل *Haloxyfop-r-methyl*	بدون افزودنی *None adjuvant*	*1 (0)*	*1 (0)*	*1 (0)*
	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	*1 (0)*	*1 (0)*	*1 (0)*
	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*1 (0)*
	سیتوگیت *Citogate*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	*1 (0)*	*1 (0)*	*1 (0)*
سیکلوکسیدیم *Cycloxydim*	بدون افزودنی *None adjuvant*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
	سیتوگیت *Citogate*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*3 (2.5-7)*
	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
کلتودیم *Clethodim*	بدون افزودنی *None adjuvant*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*
	سیتوگیت *Citogate*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*3 (2.5-7)*
	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	*1 (0)*	*2 (1-2.5)*	*2 (1-2.5)*

a : روز بعد از سمپاشی

a: Days after spray

***b*:** اعداد داخل پرانتز درصد چشمی خسارت به زعفران را نشان می‌دهد.

b: The number inside the bracket represents the visual percentage of damage to the saffron plant.

عملکرد گل

آنالیز داده‌های به دست آمده حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.01$) بین تیمارها از نظر تأثیر بر عملکرد گل زعفران بود (جدول ۷). بر اساس جدول مقایسات میانگین، بیشترین تعداد گل (۶۹/۶۶ در مترمربع)، وزن گل‌ها (۲۷/۸۶ گرم در مترمربع) و عملکرد کلاله خشک (۳۱۰/۶۷ میلی‌گرم در مترمربع) مربوط به تیمار وجین شده (بدون علف هرز) بود کمینه این مقدار مربوط به شاهد (بدون کنترل) بود که به فشار ناشی از رقابت علف‌های هرز در طول فصل رشد مربوط می‌شد به طوری‌که، به ترتیب باعث کاهش ۵۶/۸، ۵۳/۸ و ۵۰/۲ درصدی در تعداد گل، وزن گل‌ها و عملکرد کلاله خشک

در مقایسه با تیمار وجین علف‌های هرز شد. کاربرد علف‌کش سیکلوکسیدیم به تنهایی اگرچه باعث افزایش عملکرد کلاله خشک زعفران شد ولی بین این تیمار و شاهد (بدون وجین) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بررسی اثر اختلاط مواد افزودنی با علف‌کش‌ها بر تعداد گل، وزن گل‌ها و عملکرد کلاله نشان داد که اختلاط همه مواد افزودنی به جز هیومکس با علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آرمتیل‌استر باعث افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد گل زعفران در مقایسه با تیمار علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل به تنهایی شد؛ که در این میان مواد افزودنی اسپری‌پلاس و سیتوگیت میانگین بالاتری از تعداد گل (به ترتیب ۵۸/۶۶ و ۵۷/۳۳ در مترمربع)، وزن گل (۲۴/۲۷ و ۲۳/۱ گرم بر مترمربع) و عملکرد کلاله (۲۶۸/۸ و ۲۵۴/۴ میلی‌گرم بر مترمربع) را به خود اختصاص دادند هرچند از لحاظ آماری این تیمارها اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. درصورتی‌که اختلاط اسپری‌پلاس و سولفات آمونیم با علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوسیدیم باعث افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد گل زعفران در مقایسه با کاربرد این علف‌کش‌ها به تنهایی شد (جدول ۷).

با توجه به نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای آزمایش بر علف‌های هرز به نظر می‌رسد افزودن اسپری‌پلاس به آب سم‌پاشی باعث کاهش pH و خنثی کردن بیکربنات‌های موجود در آب سم‌پاشی می‌شود. همچنین اختلاط سولفات آمونیم با علف‌کش‌های کلتودیم و ستوکسیدیم باعث غلبه بر اثرات منفی آب‌های سخت و در نتیجه افزایش کارایی علف‌کش و افزایش عملکرد می‌شود. محققین دیگر نیز در تحقیقات خود تأثیر مثبت و معنی‌دار سولفات آمونیوم در خنثی کردن آنتاگونیسم آب‌های سخت را تأیید کردند (*Nalewaja et al, 1994; Mueller et al., 2006; Soltani, 2010; Mirzai et al., 2018*). اختلاط هیومکس و سیتوگیت با علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم اگرچه باعث افزایش میانگین تعداد گل، وزن گل و عملکرد کلاله در واحد سطح شد ولی با تیمار این علف‌کش‌ها به تنهایی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد که ماده افزودنی سیتوگیت در افزایش کارایی علف‌کش‌هالوکسی فوپ آرمتیل در مقایسه با علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم تأثیر بهتری دارد. گزارش دیگر نیز برای به دست آوردن بیشینهٔ عملکرد دانهٔ گلرنگ، کاربرد هالوکسی فوپ-آر-متیل استر به همراه مویان سیتوویت را توصیه کرد (*Zareei et al., 2015*)، در حالی‌که در این آزمایش افزایش سولفات آمونیم به علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم در مقایسه با علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر در افزایش تعداد گل و وزن گل مؤثرتر است (جدول ۷).

وزن خشک برگ زعفران

نتایج نشان داد که بین تیمارها از نظر وزن خشک برگ زعفران اختلاف معنی‌داری ($p\leq0.01$) وجود داشت (جدول ۷). بر اساس نتایج حاصل، تیمار وجین بیشترین وزن خشک برگ زعفران را به خود اختصاص داد و بین این تیمار و تیمار کاربرد هالوکسی‌فوپ-آرمتیل‌استر+ اسپری‌پلاس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بین سایر تیمارها از نظر عملکرد وزن خشک برگ زعفران تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷).

ویژگی‌های بنه‌های دختری

آنالیز داده‌های حاصل حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.01$) بین تیمارها از نظر وزن و تعداد بنه‌های دختری زعفران بود (جدول ۷). بیشترین تعداد بنه‌های دختری (۲۲۶/۶۱ در مترمربع) و بیشترین وزن بنه‌های دختری (۹۳۸/۱۵ گرم در مترمربع) از تیمار وجین به دست آمد که با تیمارهای کاربرد هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل-استر+ اسپری‌پلاس، کاربرد هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر+ سیتوگیت، هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر+ سولفات آمونیم، کلتودیم+ سولفات آمونیم و نیز کاربرد کلتودیم+ اسپری-پلاس از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت، در حالی‌که کمترین تعداد بنه‌های دختری (۱۷۶/۶۶ در مترمربع) از تیمار کاربرد علف‌کش سیکلوکسیدیم به تنهایی به دست آمد که با تیمارهای کاربرد سیکلوکسیدیم+ سیتوگیت، سیکلوکسیدیم+ هیومکس، کلتودیم+ سیتوگیت و شاهد (بدون کنترل) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. با این وجود کمترین وزن بنه‌های دختری (۶۰۰/۳۸ گرم در مترمربع) از شاهد (بدون کنترل) به دست آمد. اختلاط اسپری‌پلاس و سیتوگیت با علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر باعث افزایش معنی‌دار وزن بنه‌های دختری (به ترتیب ۸۹۳/۷ و ۸۸۸/۶۱ گرم در مترمربع) در مقایسه با کاربرد این علف‌کش به تنهایی

(۷۲۳/۸۳ گرم در مترمربع) شد. در حالی‌که افزایش عملکرد بنه‌های دختری در اثر کاربرد سولفات آمونیم و هیومکس با علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر در مقایسه با کاربرد این علف‌کش به تنهایی معنی‌دار نشد. اختلاط علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم با اسپری‌پلاس و سولفات آمونیم وزن و تعداد بنه‌های دختری در واحد سطح را در مقایسه با کاربرد این علف-کش‌ها به تنهایی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد؛ اما افزایش عملکرد بنه‌های دختری در اثر اختلاط این علف-کش‌ها با هیومکس و سیتوگیت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۷).

مقایسات گروهی وزن خشک علف‌های هرز، وزن خشک برگ، گل و بنه‌های دختری زعفران

مقایسه ۱ (مقایسه تیمارهای شامل علف‌کش هالوکسی فوپ آرمتیل در برابر تیمارهای شامل کلتودیم) نشان داد که هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر در مقایسه با کلتودیم اجزای عملکرد زعفران به جز وزن خشک برگ را به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) افزایش داد و باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز در مرحله اول نمونه‌برداری شد، اگرچه این کاهش در مرحله دوم از نظر آماری معنی‌دار نبود. از طرف دیگر مقایسه ۲ (مقایسه تیمارهای شامل علف‌کش کلتودیم در برابر تیمارهای شامل علف‌کش سیکلوکسیدیم) نشان داد که علف‌کش کلتودیم در مقایسه با سیکلوکسیدیم اگرچه باعث افزایش کلیه اجزای عملکرد شد، ولی این افزایش از نظر آماری فقط درمورد وزن گل و تعداد بنه‌های دختری تفاوت معنی‌داری ($P\leq0.05$) داشت، در حالی‌که تأثیر کلتودیم بر کاهش وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با سیکلوکسیدیم در هر دو مرحله نمونه‌برداری معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود (جدول ۸)؛ بنابراین کارایی این علف‌کش‌ها بر افزایش عملکرد زعفران و کاهش وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب به صورت هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر>کلتودیم> سیکلوکسیدیم است. علف‌کش هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل‌استر در میان علف‌کش‌های بازدارنده *ACCase* کارایی خوبی در کنترل علف‌های هرز باریک برگ زعفران دارد که مطالعات دیگر نیز اثربخشی آن را تائید کردند (*Amiri, 1990; Gelavi & Saaraani, 2006; Abbasi, 1996; Behravan et al., 2016*).

مقایسه تیمارهای شامل ماده افزودنی اسپری‌پلاس در برابر با تیمارهای حاوی سولفات آمونیم نشان داد که اختلاط اسپری‌پلاس با علف‌کش‌ها در مقایسه با سولفات آمونیم اگرچه باعث افزایش کلیه اجزای عملکرد زعفران شد ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در همین رابطه مقایسه چهار تیمار ماده افزودنی سیتوگیت در مقایسه با تیمارهای شامل اسپری‌پلاس و سولفات آمونیم نشان داد که سیتوگیت در مقایسه با اسپری‌پلاس و سولفات آمونیم باعث کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد زعفران به جز وزن خشک برگ شد. مقایسه پنج تیمار شامل هیومکس در مقایسه با تیمارهای حاوی سایر مواد افزودنی نشان داد که هیومکس در مقایسه با دیگر مواد افزودنی کارایی کمتری دارد. این ترکیب هرچند در مقایسه با شاهد باعث افزایش عملکرد زعفران شد، ولی به نظر می‌رسد افزایش عملکرد بیشتر ناشی از خصوصیات کودی آن است و در نهایت، مقایسه شش تیمار شامل علف‌کش به تنهایی در برابر تیمارهای شامل علف‌کش+ مواد افزودنی نشان داد که کاهش وزن خشک علف‌های هرز و افزایش عملکرد گل، بنه‌های دختری و وزن خشک برگ ناشی از اختلاط مواد افزودنی به علف‌کش‌های بازدارنده *ACCase* در مقایسه با کاربرد این علف‌کش‌ها به تنهایی تفاوت بسیار معنی‌داری ($P\leq0.01$) دارد. به طوری‌که اختلاط مواد افزودنی با علف‌کش‌ها کارایی آنها در کاهش وزن خشک علف‌های هرز را بین ۲۷ تا ۳۴ درصد افزایش داد و میانگین عملکرد تعداد گل، عملکرد کلاله خشک، تعداد بنه‌های دختری و وزن کل بنه‌های دختری در تیمارهای علف‌کش به علاوه مواد افزودنی در مقایسه با تیمارهای علف‌کش به تنهایی به ترتیب ۱۸، ۱۳، ۹ و ۱۸ درصد بیشتر بود (جدول ۸).

جدول ۷. مقایسه میانگین صفات زعفران در تیمارهای مختلف علف‌کش و مواد افزودنی

Table 7. Mean comparison of saffron traits in different treatments as affected by herbicide type and adjuvants

وزن کل بنه‌های دختری Total weight of replacement corms ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه‌های دختری در مترمربع Number of replacement corms ($corms.m^{-2}$)	وزن خشک برگ Dried weight of leaves ($g.m^{-2}$)	عملکرد کلاله خشک Dried yield of stigma ($mg.\ m^{-2}$)	وزن تر گل Fresh weight of flower ($g.m^{-2}$)	تعداد گل در مترمربع Flowers number per m^{-2}	تیمار Treatment	
723.83cdef	*191def*	*106.16cb*	*228.8cdef*	*19.93cdef*	*48.33cdef**	بدون افزودنی *None adjuvant*	
893.17ab	*229.09a*	*115.59ab*	*268.8b*	*24.27b*	*58.66b*	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	
816.55abcd	*214ab*	*111.116abc*	*242bcd*	*21.73bcd*	*54.66bcd*	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	هالوکسی فوپ آرمتیل *Haloxyfop-r-methyl*
888.61ab	*217.33ab*	*112.29abc*	*254.4 bc*	*23.1bc*	*57.33bc*	سیتوگیت *Citogate*	
771.45bcde	*198.66cde*	*106.47bc*	*232 cde*	*20.95cde*	*52.33cde*	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	
661.7efg	*196.33cde*	*103.63c*	*192fg*	*17.93efg*	*44.33ef*	بدون افزودنی *None adjuvant*	
862.66ab	*216.33ab*	*110.72abc*	*245.1bcd*	*22.68bcd*	*56bcd*	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	
854.03ab	*217.33ab*	*110.126abc*	*242.66cde*	*22.456bcd*	*55bcd*	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	کلتودیم *Clethodim*
714.78cdefg	*188.33def*	*108.73cb*	*210.14defg*	*19.49def*	*48.66cdef*	سیتوگیت *Citogate*	
710.73cdefg	*190def*	*105.05c*	*198.8efg*	*19.09def*	*47.66def*	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	
642.82fg	*176.6f*	*102.26c*	*186.56gh*	*15.62g*	*42f*	بدون افزودنی *None adjuvant*	
868.99ab	*203bcd*	*107.123bc*	*230.5cde*	*21.63bcdf*	*58.33b*	اسپری‌پلاس *Spray Plus*	
820.08abc	*210.33bc*	*104.54c*	*226cdef*	*20.86bcde*	*55bcd*	سولفات آمونیم *Ammonium sulphate*	سیکلوکسیدیم *Cycloxydim*
684.1efg	*186.6ef*	*103.61c*	*196.26efg*	*16.82fg*	*45.33ef*	سیتوگیت *Citogate*	
698.76defg	*192def*	*102.56c*	*198.7efg*	*17.85efg*	*47def*	هیومکس ۹۹ *Humix 99*	
600.38g	*190.4def*	*102.35c*	*155.61h*	*15.01g*	*39.6f*	شاهد بدون کنترل *Weedy control*	
938.15a	*226.61a*	*118.99a*	*310.67a*	*27.86a*	*69.66a*	وجین دستی *Hand weeding*	

		میانگین مربعات Mean of squares				درجه آزادی Df	تجزیه واریانس ANOVA
3307.37^{ns}	*486.9***	*31.10^{ns}*	*806.11^{ns}*	*4.31^{ns}*	*31.94^{ns}*	*2*	تکرار *replication*
*30947.64***	*698.15***	*70.733**	*3941.11***	*32.11***	*166.69***	*16*	تیمار *Treatment*
4092.14	*62.005*	*33.81*	*389.6*	*3.513*	*23.566*	*32*	خطا *Error*
8.26	*3.88*	*5.39*	*17.55*	*9.173*	*9.37*		ضریب تغییرات *C.V (%)*

* در هر ستون میانگین‌هی با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن نمی‌باشند. *ns* و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

**In each column means with same letter are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's test. ns, and ** represent non- significant and significant at 1% level probability, respectively.*

جدول ۸. مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز، تعداد گل، وزن خشک کلاله، وزن و تعداد بنه‌های دختری بین تیمارهای مختلف بر اساس مقایسات گروهی

Table 8. Mean comparison of weed biomass, flowers number, dried stigma yield, number and weight of corms between treatments based on orthogonal contrasts

مقایسات گروهی Orthogonal contrasts	وزن خشک علف‌های هرز (گرم در متر مربع) Weed dried weight($g.m^{-2}$)		تعداد گل در مترمربع Flowers number per m^2	عملکرد کلاله خشک (میلی گرم در مترمربع) Dried yield of stigma ($mg.\ m^{-2}$)	وزن خشک برگ Dried weight of leaves ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه‌های دختری در مترمربع Number of replacement corms per m^2	وزن کل بنه‌های دختری Total weight of replacement corms ($g.\ m^{-2}$)
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 DAS	۹۰ روز پس از سمپاشی 90 DAS					
1	34.29 vs. 38.38**	9.58 vs. 11.27^{ns}	54.26 vs. 50.33*	245.19 vs. 217.75**	110.31 vs. 107.68^{ns}	210.28 vs. 201.66**	818.72 vs. 760.78*
2	42.43 vs. 38.38**	11.27 vs. 19.53**	50.33 vs. 49.53^{ns}	217.75 vs. 207.6^{ns}	107.68 vs. 104.01^{ns}	201.6 vs. 194*	760.78 vs. 742.75^{ns}
3	27.82 vs. 33.15**	11.09 vs. 11.24^{ns}	57.33 vs. 55.22^{ns}	247.3 vs. 237.7^{ns}	110.95 vs. 108.8^{ns}	216.47 vs. 213.5^{ns}	871.73 vs. 833.09^{ns}
4	39.35 vs. 30.49**	12.71 vs. 11.17^{ns}	50.44 vs. 56.27**	220.26 vs. 242.5**	108.19 vs. 109.87ns	197.88 vs. 215.01**	762.49 vs. 852.41**
5	46.32 vs. 33.44**	13.8 vs. 11.68*	49 vs. 54.33**	209.86 vs. 235.09**	104.65 vs. 109.31*	193.5 vs. 209.3**	726.98 vs. 822.4**
6	50.2 vs. 36.6**	18.46 vs. 12.21**	44.8 vs. 53**	202.4 vs. 228.8**	104.07 vs. 108.14ns	189 vs. 205.4**	676.1 vs. 798.57**

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵٪ و معنی‌داری در سطح ۱٪ می‌باشد.

*ns, * and ** represent non significant, significant at 5% and 1% level probability, respectively*

۱: مقایسه تیمارهای شامل علف‌کش هالوکسی فوپ آرمتیل در برابر تیمارهای شامل کلتودیم

1: Comparisons of treatments consisted of Haloxyfop-r-methyl versus treatments consist of Clethodim

۲: مقایسه تیمارهای شامل علف‌کش کلتودیم در برابر تیمارهای شامل علف‌کش سیکلوکسیدیم

2: Comparisons of treatments consisted of Clethodim versus treatments consist of Cycloxydim

۳: مقایسه تیمارهای شامل ماده افزودنی اسپری‌پلاس در برابر با تیمارهای حاوی سولفات آمونیم

3: Comparisons of treatments consisted of Spray Plus versus treatments consist of Ammonium sulphate

۴: مقایسه تیمارهای شامل ماده افزودنی سیتوگیت در مقایسه با تیمارهای شامل اسپری‌پلاس و سولفات آمونیم

4: Comparisons of treatments consisted of Citogate versus treatments consist of Spray Plus and Ammonium sulphate

۵: مقایسه تیمارهای هیومکس در مقایسه با تیمارهای حاوی سایر مواد افزودنی

5: Comparisons of treatments consisted of Humix 99 versus treatments consist of adjuvants others.

۶: مقایسه تیمارهای علف‌کش به تنهایی در برابر تیمارهای شامل علف‌کش+ مواد افزودنی

6: Comparisons of treatments consisted of herbicide alone versus treatments consist of herbicide+ adjuvants

نتیجه‌گیری

بر اســـاس نتایج پژوهش حاضـــر، وجین علف‌های هرز عملکرد اجزای گل و بنه های دختری زعفران را به‌طور قابل ملاحظه‌ای (بین ۱۴ تا ۴۹ در صد) افزایش داد. اکثر علف‌کش‌ها در مقایسه با وجین بر رشد سال آتی زعفران اثر منفی دا شته‌اند هرچند که در مقایسه با تیمار شاهد عدم کنترل، عملکرد زعفران را به‌طور معنی‌داری افزایش دادنـد. در بین علف‌کش‌هـای موردبررســـی علف‌کش هالوکسی فوپ آرمتیل در کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد زعفران از بقیه علف‌کش‌ها مؤثرتر بود. از آنجایی که پتانســـیل بروز مقاومت در علف‌کش های بازدارنده *ACCase* بالاســـت، باید با اســـتفاده از مواد همراه و مدیریت مناســـب، کارایی این علف‌کش‌ها را افزایش داد. افزودن مواد افزودنی به علف‌کش‌های بازدارده *ACCase* می‌تواند کارایی ها این علف‌کش ها در کنترل علف های هرز را افزایش دهد که این مطلب از نظر اقتصادی حـ ـائز اهمیـــت است. به‌طور کلی، بر اساس نتایج این آزمایش، کنترل بهینه علف‌های هرز باریک برگ مزارع زعفران با اســـتفاده از علف‌کش‌های بازدارنده *ACCase* در اختلاط با مواد افزودنی امکان‌پذیر ا ست. در همین را ستا تو صیه می‌شـــود کـه جهـت ا فزا یش کـارآ یی ع لف کش هالوک سی‌فوپ‌آرمتیلا ستر از ا سپری‌پلاس و سیتوگیت استفاده شود. در حالی‌که بهتـرین مـاده افزودنـی بـرای بهبـــود کارایی علف‌کش‌های کلتودیم و سیکلوکسیدیم سولفات آمونیم و اسپری‌پلاس است.

منابع

Abbasi, M.E., 1996. The effect of different herbicides on saffron (Crocus sativus L.) weeds. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [in Persian with English Summary].

Abbasian, M., Bazobandy, M., and Soohany Darban, A.S., 2014. Effect of Application Single and mixed herbicides on weeds and weight saffron corm at Nishapur. J. of Weed Ecol. 1(1), 9-20. [in Persian with English Summary].

Agricultural Statistics., 2018. Department of Planning and Economy. Retrieved March 2020, from http://www.maj.ir/

Altland, J., 2001. Water quality affects herbicide efficacy. Retrieved October 2017, from http://www. oregonstate.edu.

Avarseji, Z., Rashed Mohassel, M.H., Nezami, A., and Siyahmarguei, A., 2016. Investigation of the possibility of increasing efficiency of Pinoxaden and Clodinafop by different application methods of these herbicides. J. Plant Prod. Res.. 22(4), 243-260. [in Persian with English Summary].

Behravan, R., Eslami, S.V., Behdani, M.A., and Zand, E., 2015. Evaluation of mixing some ACCase inhibitor herbicides with liquid fertilizer PROLEX on growth characteristics and yield of saffron (Crocus sativus L). J. Saffron Res. 4(1), 42-52. [in Persian with English Summary].

Cabanne, F., Gaudry, J., Streibig, J.C., 1999. Influence of Alkyl Oleates on efficacy of Phenmedipham applied as an acetone: Water solution on Galium aparine. Weed Research. 39, 57-67.

Cathcart, R.J., Chandler, K., and Swanton, C.J., 2004. Fertilizer rate and response of weeds to herbicides. Weed Sci. 52, 291–296.

Forouzesh, A., Zand, E., Soufizadeh, S. and Smadia Foroushani, S., 2015. Classification of herbicides according to chemical family for weed resistance management strategies– an update. Weed Res. 55(4), 334–358.

Gherekhloo, J., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati M., Zand, E., Ghanbari, A., and De Prado, R., 2008. Greenhouse assay to investigate resistance of little seed canary grass (Phalaris minor) to aryloxyphenoxy propionate herbicides. Iran. J. Field Crop Res. 6, 353–361. [in Persian with English Summary].

Ghorbani, R., and Koocheki, A., 2006. Organic saffron in Iran: Prospects and challenges. In: Proceedings 2nd International Symposium on

Saffron Biology and Technology, 28th-30th October, Mashhad, Iran. p. 369-374. [in Persian with English Summary].

Izadi-Darbandi, E., and Hosseini Evari, Z., 2016. Study of flora and structure of weed communities of saffron fields in Kashmar and KhalilAbad counties. J. Saffron Res. 4(2), 249-265. [in Persian with English Summary].

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Valizadeh, S., 2017. Investigation of weed species diversity and community structure in saffron fields of Khorasan. Saffron Agron. & Technol. 5(3), 211-229. [in Persian with English Summary].

Mamnoie, E., Izadi-Darbandi, E., Rastgoo, M., Baghestani, M.A., and Hasanzade, M., 2016. The Effect of organic and biofertilizers on maize (Zea mays) and HydroMax adjuvants application on optimizing of Nicosulfuron herbicide efficacy. J. Crop Prod. and Proc. 7(1), 55- 71. [in Persian with English Summary].

Mirzai, M.1., Rastgoo, M., Haj Mohammad Nia Ghalibaf, K., and Zand, E., 2018. The Effect of water hardness and ph on the efficacy of Sethoxydim (EC 12.5%) on winter wild oat (Avena ludoviciana) control. Pestic. in Plant Prot. Sci. 5(1), 67-79. [in Persian with English Summary].

Mueller, T.C., Main, C.L., Thompson, M.A., and Steckel, L.E., 2006. Comparison of glyphosate salts (Isopropylamine, demonism and potassium) and calcium and magnesium concentration on the control of various weeds. Weed Technol. 20, 164-171.

Nalewaja, J.D., Matysiak, R., and Szelenzniak, E., 1994. Sethoxydim response to spray carrier chemical properties and environment. Weed Technol. 8, 591-597.

Padarloo, A.A., Izadi Darbandi, E., Rashed Mohassel, M., and Feizi, H., 2018. Study of flora and structure of weed communities of saffron (Crocus sativus L.) fields in the Khorasan Razavi province. Saffron Agron. & Technol. 6(3), 339-353. [in Persian with English Summary].

Raajae, M., 1994. An evaluation of the influence of different herbicides on weed species of saffron fields. Scientific and Industrial Research Organization, Gonabad, Iran. 214 p. [In Persian].

Rashed Mohassel, M.H., 1992. Weeds of South Khorasan saffron fields. J. Agric. Sci. and Tech. 6, 118-135. [in Persian with English Summary].

Rastgoo, M., Kargar, M., and Assadolahi, H., 2013. Evaluation the possibility of reducing Haloxyfop-R-methyl ester (Gallant super®) dose by some vegetable oils in little seed canary grass Phalaris minor Retz. Agron. J. (Pajouhesh & Sazandegi). 106, 153-161. [in Persian with English Summary].

Salisbury, C.D., Chandler, J.M., and Merkle, M.G., 1991. Ammonium sulphate enhancement of glyphosate and SC-0224 control of Johnsongrass (Sorghum halepense). Weed Technol. 5, 18–21.

Sharifi Ziveh, P., and Mahdavi, V., 2012. Evaluation of the effectiveness of different herbicides on weed invasion in the fields of triticale. J. Plant Prot. Res. 52, 435-439.

Soltani, A., 2014. Soil Water and Plant Relationship. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. 252 p. [In Persian].

Zand, E., Mousavi, S., and Heidari, A., 2008. Herbicides and Their Application. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. 567 p. [In Persian].

Zareei, T., Kazemini, S.A., and Ghadiri, H., 2015. Effects of herbicide haloxifhop-R-Methyl ester application and surfactant on grass weeds control, safflower yield and yield components. J. Crop Improv. 16(4), 945-956. [in Persian with English Summary].

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.8, No.2, Fall & Winter, 2020-2021

p. 223-239

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.2623.1107

University of Birjand

Original Article:

Improving the Efficacy of Some ACCase Inhibitor Herbicides against Weeds in Saffron (*Crocus Sativus* L.) using Adjuvants

Zahra Hosseini- Evari[1], Ebrahim Izadi-Darbandi[*2], Mohammad Kafi[3], Hassan Makarian[4]

1- Ph.D. Student of weed science, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2- Associate Prof., Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University, Shahrood, Iran.

** Corresponding author Email: e-izadi@um.ac.ir*

Received 01 July 2019; Accepted 05 May 2020

Abstract

In order to improve the efficacy of ACCase-inhibitor herbicides using adjuvants in the control of grassy weeds in saffron cultivation, a field study with three replications based on a RCBD was conducted during 2016-2017. Herbicides including Haloxyfop-R-Methyl, Clethodim and Cycloxydim (108, 96 and 120 a.i. ha^{-1}, respectively) were investigated when they were tank mixed with and without *s*pray plus (0.3% v/v), Ammonium sulphate (2% w/v), Citogate (0.2% v/v) and Humix 99 (0.25% w/v) as well as a control plot with no herbicide application and hand weeding.

The highest relative density for *Hordeum murinum* L. and *Hordeum spontaneum* C.Koh. were recorded with 36.71% and 24.05%, respectively. Results showed that hand weeding was significantly (14 up to 49%) increased flower yield and replacement yield of saffron. Adjuvants were enhanced the herbicide efficacies compared to control up to 27 and 34%, respectively. The herbicides were classified as decreasing dry weight of grassy weeds and increasing saffron yield as Haloxyfop-R-Methyl > Clethodim > Cycloxydim. Spray plus and Citogate were the best adjuvant to optimize the efficiency of Haloxyfop-R-Methyl, while Ammonium sulfate and spray plus are recommended to improve the efficiency of Clethodim and Cycloxydim herbicides. Based on the results, Humix 99 increased flower yield and replacement yield of saffron from 1.5% (mixing with Haloxyfop-R-Methyl) up to 12% (mixing with Cycloxydim), although this increasement was not significant. Mixing Humix 99 with Cycloxydim significantly reduced the weeds dry weight up 30%, but its effect was not significant on other treatments.

Keywords: Chemical control, Grassy weeds, Phytotoxicity.