Journal of Saffron Research

Vol. 13, No. 2, p. 237-252, 2025

10.22077/jsr.2025.9793.1281

University of Birjand

Original Article

Evaluation of the Effect of Additive Application on the Efficacy of Haloxyfop R-Methyl Herbicide on Narrow-Leaved Weeds in Saffron (*Crocus sativus* L.) Fields

Mansoureh Shojaei [1], Hossein Hammami [2, 3 *], Seyed Vahid Eslami [2, 3], Sohrab Mahmoodi [2, 3]

1- MSc Student, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Member of the Plant and Environmental Stresses Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran.

Corresponding Author: *hhammami@birjand.ac.ir*

Received: 20 July 2025, **Revised:** 11 August 2025, **Accepted:** 30 September 2025

Extended Abstract

Introduction: Saffron (*Crocus sativus* L.) is recognized as an important medicinal and commercial plant in Iran, particularly in arid and semi-arid areas. Weeds are recognized as a significant limiting factor in saffron production. Saffron suffers in its ability to compete with weeds for light, water, and nutrients due to its restricted vegetative development. Grass weeds are among the most significant and troublesome weeds affecting saffron. Significant and troublesome grass weeds in saffron fields comprise *Hordeum murinum*, *Bromus tectorum*, *Hordeum spontaneum*, *Aegilops geniculata*, and *Lolium rigidum*. The predominant technique for managing weeds in saffron fields is hand weeding, employed alongside other ways, including chemical approaches, due to its labor intensity, cost, and time requirements. Herbicide efficacy can be improved economically and effectively with adjuvants. Consequently, the application of adjuvants is suggested to improve the performance of herbicides that block acetyl-CoA carboxylase. Although a few studies have examined the efficacy of herbicides with additives in saffron cultivation, this study specifically investigates the effects of adjuvants combined with the herbicide haloxyfop R-methyl on grass weed density and biomass in a four-year-old field.

Materials and Methods: The research employed a factorial design based on a randomized complete block design with three replications in a four-year-old saffron field. Cultivation occurred in a 20 × 20 centimeter mound with a density of 4 corms per mound (equating to 100 corms per square meter). The research was conducted in a four-year-old field by using a factorial design based on a randomized complete block design with three replications. The first factor was haloxyfop R-methyl concentration at 0%, 50% (0.5 L or 54 g ai ha^{-1}), 75% (0.75 L or 81 g ai ha^{-1}), and 100% (1 L or 108 g ai ha^{-1}) of the recommended dosage (108 g ha^{-1}). The secondary factor was no additive, citogate oil, and corn oil (0.5% v/v). Corn oil was extracted using cold pressing, while Zarangaran Pars Company supplied citogate oil (an alkyl aryl polyglycol ether). Applications were

conducted using a rechargeable sprayer calibrated with a uniform air nozzle (8002) at a pressure of 2 bars during the four-leaf stage of grass weeds. A plastic cover was employed prior to spraying to prevent wind drift. Broadleaf weeds were removed from all plots. Three plots were designated as no-weed control, whereas three plots were classified as complete weed control. Four weeks post-treatment, the quantity of grass weeds, including little seed canary grass (*Phalaris minor*), wild oat (*Avena fatua*), mouse barley (*Hordeum murinum*), and cheatgrass (*Bromus tectorum*), was enumerated by species, and their dry weight was assessed following a 48 h exposure in an oven at 75°C. The density of live grass weeds was measured. The efficacy of weed management was determined by assessing the reduction in density and dry weight of each treatment relative to its respective control. The statistical analysis of the data was conducted using SAS 9.4 software. The FLSD test was utilized to compare means at a significance level of 5%.

Results and Discussion: The analysis of variance results demonstrated the significant effect of the concentration of the herbicide haloxyfop R-methyl and adjuvant on the percentage reduction in the density of grass weeds in the saffron field, including mouse barley, wild oats, cheatgrass, little seed canary grass, and their total grass weed. The interaction effect between the herbicide concentration and the adjuvant was not significant only for wild oats; however, this interaction significantly influenced wild oats and cheatgrass at a 1% probability level, as well as the density of little seed canary grass and the overall count of grass weeds at a 5% probability level. An analysis of the treatment combinations, comparing complete weeding to no weeding, reveals an important difference in the percentage reduction of weed density. The application of citogate oil resulted in a 60.6% reduction in ryegrass density, 64.4% in wild oats, 60.4% in cheatgrass, and 76.5% in little seed canary grass, compared to the treatment without the adjuvant. The analysis of variance revealed that the basic impacts of herbicide concentration and adjuvant significantly influenced the percentage of dry weight decrease in all weeds. The interaction effect was significant only for ryegrass at $p<0.01$ and for little seed canary grass at $p<0.05$, but it had no significant impact on wild oats, cheatgrass, or the total dry weight of grass weeds. A significant difference was observed when examining the effects of treatment combinations with total weed control compared to no weeding on the percentage reduction of all weeds. In summary, the use of corn oil resulted in a reduction of the dry weight of mouse barley, wild oats, cheatgrass, little seed canary grass, and all grass weeds by 46.2%, 38.7%, 44.3%, 31.4%, and 23.7%, respectively, while citogate oil reduced the dry weight by 58.4%, 1.61%, 5.62%, 0.55%, and 7.47%, respectively.

Conclusion: The findings of this study indicate that the application of the herbicide haloxyfop R-methyl in conjunction with the adjuvant citogate enhances the efficacy of grass weed control.

Conflict of Interest: The authors declare no potential conflict of interest related to the work.

Keywords: Adjuvant, Citogate, Corn oil, Grass, Supergallant.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد سیزدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۴
شماره صفحه: ۲۵۲- ۲۳۷
10.22077/jsr.2025.9793.1281

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر کاربرد مواد افزودنی بر کارایی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل بر علف‌های هرز باریک‌برگ مزرعه زعفران (*Crocus sativus* L.)

منصوره شجاعی[۱]، حسین حمامی*[۲،۳]، سید وحید اسلامی [۲،۳]، سهراب محمودی[۲،۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳- عضو گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

*نویسندهٔ مسئول: *hhammami@birjand.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد مواد افزودنی بر کارایی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل بر علف‌های هرز باریک‌برگ مزرعه زعفران، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه چهارساله زعفران در منطقه سرایان در سال ۱۴۰۱ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل غلظت علف‌کش در چهار سطح شامل صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دُز توصیه‌شده و ماده افزودنی در سه سطح بدون ماده افزودنی، روغن سیتوگیت و روغن ذرت (۰/۵درصد حجمی) بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر غلظت علف‌کش و مواد افزودنی بر درصد کاهش تراکم جو موشی، یولاف وحشی، علف پشمکی، خونی‌واش و مجموع آن‌ها معنی‌دار بود. در حالی که اثر متقابل فقط بر علف‌هرز یولاف وحشی معنی‌دار نبود. کاربرد روغن سیتوگیت منجر به کاهش بیشتر تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار بدون کاربرد مواد افزودنی گردید. نتایج تجزیه واریانس اثر معنی‌دار غلظت علف‌کش و ماده افزودنی بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز را نشان داد. اثر متقابل در جو موشی و خونی‌واش معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که در علف‌های هرز جو موشی، یولاف وحشی، علف پشمکی، خونی‌واش و مجموع علف‌های هرز باریک‌برگ، افزودن روغن ذرت به ترتیب ۴۶/۲، ۳۸/۷، ۴۴/۳، ۳۱/۴ و ۲۳/۷ و سیتوگیت به ترتیب ۵۸/۴، ۶۱/۱، ۶۲/۵، ۵۵/۰ و ۴۷/۷ درصد وزن خشک را در غلظت توصیه‌شده و در مقایسه با عدم کاربرد مواد افزودنی کاهش دادند. درنهایت نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل به همراه ماده افزودنی سیتوگیت می‌تواند منجر به افزایش کارایی کنترلی علف‌های هرز باریک برگ شود.

واژه‌های کلیدی: باریک‌برگ، روغن ذرت، سوپر گالانت، سیتوگیت، ماده افزودنی.

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) به‌عنوان یکی از گیاهان دارویی و اقتصادی بسیار مهم ایران، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شناخته‌شده است (Aghhavani-Shajari et al., 2017). این گیاه به دلایل مختلف نظیر ارزش اقتصادی بسیار بالا، سازگاری با شرایط ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نیاز آبی کم، تأمین بخشی از نیاز آبی به‌وسیله بارندگی‌های پاییزه و زمستانه، امکان کشت به‌صورت گیاه چندساله، عدم تداخل با سایر فعالیت‌های کشاورزی ازنظر زمان برداشت و مدیریت مزرعه، کاربرد فراوان در صنایع داروسازی، آرایشی، بهداشتی و غذایی به یکی از مهم‌ترین محصولات مورد کشت و کار در ایران تبدیل‌شده است (Behdani & Fallahi, 2024). بزرگ‌ترین تولیدکننده زعفران در دنیا ایران است که در حدود ۹۰ درصد زعفران تولیدی در دنیا را به خود اختصاص داده است. ولی بااین‌وجود، تحت تأثیر عوامل مختلفی همچون تراکم پایین کاشت بنه، تاریخ کاشت نامناسب، عدم کاشت بنه با وزن مناسب (بیشتر از ۸ گرم)، عدم مدیریت مناسب در انتخاب زمان آبیاری به‌ویژه آبیاری اول، مصرف کودهای شیمیایی و عدم توجه به کاربرد کودهای آلی، عدم محلول‌پاشی عناصر غذایی، عدم توجه به تأمین عناصر میکرو، عدم حفظ بقایای برگ زعفران در مزرعه به‌عنوان پوشش و عدم مدیریت مطلوب علف‌های هرز، خلأ عملکرد بسیار زیادی در این محصول در ایران مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که حدود ۲۰ کیلوگرم بین عملکرد کلاله خشک در شرایط بسیار مطلوب و مرسوم اختلاف وجود دارد (Feizi & Moradi, 2020; Fallahi & Salariyan; 2023, Choopan et al., 2024). علاوه بر عوامل ذکرشده، امروزه تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر ایجاد خلأ عملکرد بالا در محصولات مختلف نظیر زعفران شناخته شده است که موجب تشدید اثر کاستی‌های مدیریتی در مزارع زعفران می‌گردد (Feizi & Moradi, 2020; Sahabi & Moallem Banhangi, 2020).

از میان عوامل زیادی که باعث کاهش عملکرد و فاصله گرفتن از عملکرد بالقوه می‌گردند، می‌توان به علف‌های هرز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین این عوامل اشاره کرد (Feizi & Moradi, 2020; Acharya et al., 2025). با توجه به رشد رویشی نسبتاً کم در زعفران، توانایی آن در رقابت با علف‌های هرز برای دستیابی به نور، آب و مواد غذایی کم است (Zare Hosseini et al., 2014; Acharya et al., 2025). زعفران به علت دارا بودن ساقه کوتاه و برگ‌های باریک ازنظر رقابت با علف‌های هرز گیاه ضعیفی بوده و علاوه بر این، چون یک گیاه چندساله است، رشد علف‌های هرز اعم از یک‌ساله و چندساله در زعفران‌کاری‌ها انبوه بوده و ازاین‌رو از مهم‌ترین محدودیت‌های زراعت زعفران به شمار می‌روند (Rashed Mohassel, 1992). بر اساس اطلاعات موجود، علف‌های هرز باریک‌برگ از مهم‌ترین و مشکل‌سازترین علف‌های هرز زعفران هستند (Behravan et al., 2016). ازجمله علف‌های هرز باریک برگ مهم و مشکل‌ساز در مزارع زعفران می‌توان به جو موشی (*Hordeum murinum*) (Zare Hosseini et al., 2014; Rajae et al., 1991; Acharya et al., 2025)، علف پشمکی (*Bromus tectorum*) (Izadi-Darbandi & Hosseini Evari, 2017; Acharya et al., 2025)، جو وحشی (*Hordeum spontaneum*) (Rashed Mohassel, 1992; Acharya et al., 2025)، شال تسبیحی (*Aegilops geniculata*)، و چچم (*Lolium rigidum*) (Sadrabadi Haghighi & Ghanad Toosi, 2016; Acharya et al., 2025) اشاره کرد. در ارزیابی علف‌های هرز مزارع زعفران در شهرستان استهبان فارس مشخص شد که مهم‌ترین علف‌هرز باریک برگ، برگ جو موشی بود. این علف‌هرز تقریباً ۵۰ درصد هزینه وجین را به خود اختصاص داده بود (Rajae et al., 1991). ازآنجاکه برای دستیابی به عملکرد بالاتر مدیریت مناسب علف‌های هرز ضروری است، از روش‌های مختلفی برای کاهش بروز مشکل علف‌های هرز و همچنین مدیریت آن‌ها در مزارع زعفران استفاده می‌شود (Bazoobandi at al., 2020). رایج‌ترین روش برای کنترل علف‌های هرز در مزارع زعفران وجین دستی است که به دلیل سختی کار، هزینه‌بر بودن و نیاز به زمان زیاد تا حدودی با روش‌های دیگر نظیر روش شیمیایی به‌صورت تلفیقی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fallahi & Salariyan; 2023).

کنترل علف‌های هرز در محصولات زراعی عمدتاً با استفاده از روش‌های شیمیایی انجام می‌شود، اگرچه تأکید اصلی بر استفاده از روش‌های غیرشیمیایی است و علف‌کش‌ها به‌عنوان آخرین راه‌حل مورد استفاده قرار

می‌گیرند (Zand et al., 2019). هالوکسی فوپ متیل از گروه باریک‌برگ‌کش‌ها است که همانند سایر علف‌کش‌های این گروه (فوپ‌ها) کارآیی آن در کنترل علف‌های هرز باریک برگ مزارع زعفران، بدون ایجاد خسارت به زعفران، به اثبات رسیده است (Sadrabadi Haghighi & Ghanad Toosi, 2016). در گزارش‌های مختلف نشان داده شده است که علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ آر متیل، فلوآزیفوپ پی بوتیل و کوییزالوفوپ پی اتیل از مناسب‌ترین علف‌کش‌ها جهت کنترل مطلوب علف‌های هرز باریک‌برگ مزارع زعفران است (Behravan et al., 2016). علف‌کش‌های هالوکسی فوپ آر متیل استر و سیکلوکسیدیم برای کنترل باریک‌برگ‌ها در مزارع زعفران بکار می‌روند (Zand et al., 2019).

استفاده از مواد افزودنی به‌عنوان راهکاری ارزان و کاربردی در بهینه‌سازی مصرف و افزایش کارایی علف‌کش‌ها مطرح می‌شود (Izadi Darbandi et al., 2013; Rashed-Mohassel et al., 2009; Rashed-Mohassel et al., 2010; Rashed-Mohassel et al., 2011; Hammami et al., 2014; Hosseini-Evari et al., 2021). مواد افزودنی ممکن است به نحوی کارایی علف‌کش را بهبود بخشند و غلظت یا کل مقدار علف‌کش موردنیاز برای حصول سطح تأثیر معینی کاهش یابد (Rashed-Mohassel et al., 2011; Hammami et al., 2014). بر اساس مطالعات انجام‌شده، مواد افزودنی قادرند بدون اینکه نقصانی در کارایی علف‌کش ایجاد کنند مصرف علف‌کش را تا حد زیادی کاهش دهند (Hammami et al., 2014). افزایش کارایی کنترلی یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) توسط علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، هالوکسی‌فوپ و دایفنزوکوات (Hammami et al., 2014)، خونی‌واش (*Phalaris minor*) توسط دیکلوفوپ متیل، سیکلوکسیدیم و کلودینافوپ پروپارژیل (Rashed-Mohassel et al., 2010)، یولاف وحشی توسط ایمازامتابنزمتیل، ستوکسیدیم و سولفوسولفورون (Izadi Darbandi et al., 2013) گزارش شده است.

با توجه به شرایط مزرعه در زمان کنترل علف‌های هرز زعفران که اغلب با فصل بارش هم‌زمان است (اواخر پاییز تا اوایل بهار)، کاربرد علف‌کش‌ها در این شرایط نیاز به افزایش اطمینان از اثرگذاری آن‌ها بر علف‌های هرز دارد، بنابراین کاربرد مواد افزودنی که در مورد علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش بازدارنده استیل کو آنزیم آ کربوکسیلاز توصیه‌شده است می‌تواند تا حدودی به افزایش کارایی کنترلی کمک کند. با توجه به مطالعات محدود انجام شده در مورد اثر علف‌کش‌ها به همراه مواد افزودنی بر کارایی کنترل علف‌های هرز در مزارع زعفران، این مطالعه با هدف بررسی اثر کاربرد مواد افزودنی به همراه علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز باریک‌برگ در مزرعه چهارساله زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان اجرای تحقیق

آزمایش در مزرعه چهارساله زعفران در منطقه سرایان در سال ۱۴۰۱ اجرا گردید. شهرستان سرایان در شمال غربی استان خراسان جنوبی واقع است. این شهرستان از غرب به شهرستان فردوس، از شمال به کاخک شهرستان گناباد، از شرق به بخش آرین‌شهر شهرستان قائنات، از جنوب و جنوب شرق به شهرستان خوسف و از جنوب غربی به بخش دیهوک شهرستان طبس در محدوده ۵۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی، در ۱۶۰ کیلومتری مرکز استان (شهرستان بیرجند) در ارتفاع حدود ۱۴۵۸ متر از سطح دریاهای آزاد قرار گرفته است.

طرح آزمایشی و تیمارها

کشت به‌صورت کپه‌ی با آرایش ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متری و تراکم ۴ بنه در هر کپه (۱۰۰ بنه در مترمربع) صورت گرفته بود. در سال چهارم مزرعه (ازنظر سنی) پژوهش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل غلظت علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل (سوپرگالانت، امولسیون ۱۰/۸ ٪، شرکت گل سم گرگان، ایران) در چهار سطح شامل صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه‌شده (که مقدار توصیه‌شده ۱۰۸ گرم ماده مؤثره در هکتار است) (Zand et al., 2019) و عامل دوم شامل ماده افزودنی در سه سطح بدون ماده افزودنی، روغن سیتوگیت و روغن ذرت (۰/۵درصد حجمی) بود. روغن ذرت با روش پرس سرد و روغن سیتوگیت (آلکیل آریل پلی گلایکول اتر) از شرکت زرنگاران پارس تهیه شدند. مقدار توصیه‌شده علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل ۱۰۸ گرم ماده مؤثره در هکتار از ماده تجاری سوپرگالانت ۱۰/۸ درصد است. بنابراین

مقدار علف‌کش موردنیاز برای غلظت‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر ۰/۵، ۰/۷۵، و ۱ لیتر سوپرگالانت معادل با ۵۴، ۸۱ و ۱۰۸ گرم ماده مؤثره در هر هکتار بود. سم‌پاشی به‌وسیله سم‌پاش ماتابی پشتی شارژی مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت ۸۰۰۲ در فشار دو بار پس از کالیبراسیون برای ۲۰ مترمربع (کالیبراسیون پنج مرتبه تکرار شده و میزان پاشش در واحد سطح تعیین شد) در مرحله ۴ برگی علف‌های هرز باریک‌برگ (۲۶ بهمن‌ماه ۱۴۰۱) انجام شد. قبل از انجام سم‌پاشی از پوشش پلاستیکی در اطراف کرت‌ها به‌منظور جلوگیری از بادبردگی علف‌کش استفاده شد.

کرت‌ها با اندازه ۱/۲ در ۱۰ متر (۶ خط کاشت) انتخاب گردید که هر کرت به دو بخش شاهد (وجین پهن‌برگ‌ها و عدم وجین باریک‌برگ‌ها) و تیمار (طول هر بخش ۵ متر) تقسیم شدند. در تمام کرت‌ها علف‌های هرز پهن‌برگ وجین گردیدند. ۳ کرت به‌عنوان شاهد عدم وجین علف‌هرز و ۳ کرت وجین کامل علف‌های هرز در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها به‌منظور کاهش بادبردگی علف‌کش ۸۰ سانتی‌متر (چهار ردیف) منظور شد. به‌طورکلی در هر بلوک، ۱۴ تیمار قرار گرفت.

چهار هفته پس از اعمال تیمارها، تعداد علف‌های هرز غالب باریک‌برگ شامل خونی‌واش (*Phalaris minor*)، یولاف وحشی (*Avena fatua*)، جو موشی (*Hordeum murinum*) و علف پشمکی (*Bromus tectorum*) به تفکیک گونه شمارش و وزن خشک آن‌ها نیز پس از قرار دادن در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری گردید. تراکم علف‌های هرز باریک‌برگ زنده در واحد سطح نیز شمارش شد. درصد مهار علف‌های هرز (Weed Control Efficacy) بر اساس کاهش تراکم و وزن خشک هر تیمار نسبت به شاهد متناظرش محاسبه گردید (Somani, 1992). در رابطه ۱، A و B به ترتیب بیانگر وزن خشک یا تراکم علف‌های هرز اندازه‌گیری شده در نیمه سم‌پاشی نشده و سم‌پاشی شده است.

(رابطه ۱)

$$WCE = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد کاهش تراکم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر غلظت علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل و مواد افزودنی بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز باریک برگ در مزرعه زعفران از قبیل جو موشی، یولاف وحشی، علف پشمکی، خونی‌واش و مجموع آن‌ها معنی‌دار ($p<0/01$) بود. اثر متقابل غلظت علف‌کش و ماده افزودنی فقط بر تراکم علف‌هرز یولاف وحشی معنی‌دار نبود ولی این اثر متقابل بر تراکم جو موشی و علف پشمکی در سطح احتمال یک درصد و بر تراکم علف هرز خونی‌واش و مجموع علف‌های هرز باریک برگ در سطح احتمال ۵ درصد، تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). در بررسی ترکیبات تیماری با تیمارهای وجین تمامی علف‌های هرز و عدم وجین نیز می‌توان بیان نمود که در تمامی علف‌های هرز، اختلاف معنی‌داری ($p<0/01$) بین ترکیبات تیماری بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز مشاهده شد (جدول ۲).

در بررسی اثر غلظت علف‌کش می‌توان بیان نمود که با افزایش کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل به ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده، درصد کاهش تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه‌ها، معنی‌دار بود. با مقایسه درصد کاهش تراکم علف‌های هرز در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده با سطح عدم کاربرد علف‌کش می‌توان گزارش نمود که تراکم جو موشی به ترتیب ۵۶/۶، ۷۳/۲ و ۷۹/۴ درصد، تراکم یولاف وحشی به ترتیب ۴۲/۸، ۵۳/۵ و ۵۶/۴ درصد، تراکم علف پشمکی به ترتیب ۵۹/۰، ۷۹/۳ و ۸۲/۶ درصد، تراکم خونی‌واش به ترتیب ۴۱/۹، ۶۹/۱ و ۷۵/۸ و تراکم کل علف‌های هرز باریک برگ به ترتیب ۵۲/۲، ۶۹/۵ و ۷۷ درصد به‌صورت معنی‌داری کاهش یافتند. تنها در علف‌هرز یولاف وحشی، بین سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد علف‌کش، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). بررسی کارایی باریک‌برگ‌کش سوپرگالانت با مقادیر ۰/۵ و ۰/۷ لیتر در هکتار در مقایسه با باریک‌برگ‌کش‌های متداول گالانت و سیکلوکسیدیم و ستوکسیدیم در مزارع کلزا نشان داد که ازنظر کاهش تلفات عملکرد مربوط به رقابت یولاف وحشی و مقدار علف‌کش به‌کاررفته، علف‌کش سوپر

گالانت در مقایسه با سایر علف‌کش‌ها ارجحیت داشت و باعث کاهش تراکم ۸۵ درصدی یولاف وحشی گردید (Mosavi and Shimi, 2002). مقدار ۰/۷۵ لیتر در هکتار از علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل را برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ در سویا و پیاز و ۲ لیتر در هکتار برای مزارع کنجد، آفتابگردان، گلرنگ و کلزا توصیه شده است (Zand et al., 2007; Zand et al., 2019). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، در تمامی گونه‌های باریک برگ، کاربرد روغن ذرت و سیتوگیت، منجر به افزایش معنی‌دار درصد کاهش تراکم علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون افزودنی گردیدند (جدول ۳). بیش‌ترین درصد کاهش در زمان کاربرد سیتوگیت در تمامی گونه‌های علف‌هرز مشاهده شد و به‌عبارت‌دیگر، کاربرد روغن سیتوگیت منجر به کاهش ۶۰/۶ درصدی جو موشی، ۶۴/۴ درصدی یولاف وحشی، ۶۰/۴ درصدی علف پشمکی و ۷۶/۵ درصدی خونی‌واش نسبت به تیمار بدون افزودنی شد (جدول۳). در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که استفاده از مویان باعث کاهش تجزیه نوری علف‌کش می‌شود (Penner, 2000). هر نوع مویان دارای توانایی افزایش جذب علف‌کش‌ها هستند (Kudsk & Mathieson, 2007). سیتوگیت مویانی از گروه روغن‌های نفتی و از مشتقات نفت خام است که برای بهبود در کارایی علف‌کش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kudsk & Mathieson, 2007).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیبات تیماری بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز

Table 1. Analysis of variance results effect treatment components on percent decrease of weed density

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	Means of Square (MS)				
		جوموشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
بلوک Block	2	145.4 ns	64.1 ns	188.5 ns	457.1 *	268.6 *
تیمار Treatment	13	3072 **	3351 **	3793 **	3871 **	3085**
خطا Error	26	66.6	200.3	74. 6	93.2	58.8
ضریب تغییرات (٪) C.V		22.99	29.38	20.62	25.98	20.44

ns، * و ** : به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای علف‌کشی بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز

Table 2. Analysis of variance results effect of herbicidal treatments on percent decrease of weed density

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	Means of Square (MS)				
		جوموشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
بلوک Block	2	257.6 *	103.3 ns	195.8 ns	399.7 *	283.3 *
غلظت علف‌کش Herbicide concentration	3	3491 **	2323 **	6113 **	3849 **	3594 **
ماده افزودنی Adjuvant	2	2850 **	6298 **	4202 **	6814 **	3593 **
غلظت علف‌کش × ماده افزودنی HC×A	6	255.9 **	100.7 ns	317.3 **	599.3 *	177.4 *
خطا Error	22	57.23	132.7	83.04	103.7	67.3
ضریب تغییرات (٪) C.V		21.69	23.13	21.70	27.79	22.20

ns، * و ** : به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول۳. مقایسه میانگین اثرات ساده غلظت علف‌کش و ماده افزودنی بر درصد کاهش تراکم علف‌هرز

Table 3. Simple effects of herbicide concentration and adjuvant on percent decrease of weed density

	جوموشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
اثر غلظت علف‌کش Effect of herbicide concentration					
عدم کاربرد علف‌کش Without herbicide	11.74 d	26.68 c	11.98 d	14.52 d	13.80 d
کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده Use 50% recommended dose	27.02 c	48.42 b	29.25 c	24.99 c	28.86 c
کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده Use 75% recommended dose	43.77 b	59.53 ab	57.90 b	46.95 b	45.21 b
کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده Use 100% recommended dose	56.95 a	63.53 a	68.85 a	60.13 a	59.94 a
اثر ماده افزودنی Effect of adjuvant					
	جوموشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
بدون ماده افزودنی Without adjuvant	20.00 c	25.01 c	24.40 c	14.56 c	19.80 c
روغن ذرت Corn oil	33.85 b	54.15 b	39.94 b	33.49 b	36.67 b
روغن سیتوگیت sitogate	50.77 a	70.21 a	61.65 a	61.90 a	54.40 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ با توجه به آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

The means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability according to the LSD test.

کارایی علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، دیکلوفوپ متیل و سیکلوکسیدیم به‌منظور کنترل یولاف وحشی درنتیجه کاربرد روغن‌های زیتون و ماده افزودنی فریگیت افزایش یافت (Rashed Mohassel et al., 2010). گزارش شده است که جذب و انتقال علف‌کش ایزوکسافلوتول در حضور مویان‌های غیریونی، روغن بذری اصلاح‌شده و روغن گیاهی غلیظ افزایش یافت. ولی در مقایسه با مویان غیریونی، روغن بذری اصلاح‌شده و روغن گیاهی غلیظ موجب شدند که علف‌کش به دلیل انحلال کوتیکول مومی کمتر در کوتیکول مومی به دام افتد و بیشتر به داخل گیاه نفوذ کرده و انتقال یابد. درنتیجه موجب کارایی بیشتر این نوع مویان‌ها در کنترل دم‌روباهی کبیر (*Setaria faberi*) به‌وسیله علف‌کش ایزوکسافلوتول شد (Young & Hart, 1998). اهمیت روغن گیاهی کرچک را در افزایش نفوذ کوتیکولی با استفاده از گلیفوسیت رادیواکتیو با C_{14} و کارایی و اثربخشی آن را به اثبات رسیده است (Devendra et al., 2004).

نتایج ارائه‌شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین درصد کاهش تراکم جوموشی در تیمار شاهد وجین کامل علف‌های هرز (۱۰۰درصد) پس از آن در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد مصرف علف‌کش و در زمان کاربرد سیتوگیت به ترتیب به میزان ۸۱/۸ و ۶۸/۸ درصد مشاهده شد. در زمان عدم مصرف و همچنین کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش، بین کاربرد سیتوگیت و روغن ذرت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد کاربرد علف‌کش، تنها بین سطح کاربرد سیتوگیت با سایر سطوح ماده افزودنی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. اختلاف بین میزان درصد کاهش تراکم جو موشی با افزودن روغن ذرت و سیتوگیت نسبت به شاهد بدون افزودنی در سطح ۷۵ درصد به ترتیب ۹/۰ و ۴۲/۰ درصد و در سطح ۱۰۰ درصد به ترتیب ۱۲/۷ و ۴۳/۶ درصد بود. در زمان کاربرد سیتوگیت نیز بین سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. منفی بودن عدد درصد کاهش تراکم جو موشی در سطح عدم وجین، به دلیل وجود علف‌های هرز پهن‌برگ علاوه بر وجود علف‌های هرز باریک برگ هست که این امر موجب افزایش رقابت درون‌گونه‌ای با سایر علف‌های هرز و رقابت برون گونه‌ای بیشتر با زعفران گردیده است و درنتیجه درصد کاهش بسیار بالاتری نسبت به سطح شاهد خود دارد (جدول ۴).

جدول۴. مقایسه میانگین تأثیر ترکیبات تیماری بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز

Table 4. Means comparison effect of treatments composition on percent decrease of weed density

تیمارها Treatments	جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
بدون کاربرد علف‌کش - بدون ماده افزودنی Without herbicide + without adjuvant	-0.02 g	0.30 f	1.14 f	0.30 f	0.30 h
بدون کاربرد علف‌کش - روغن ذرت Without herbicide + corn oil	1.20 g	1.71 f	1.52 ef	1.75 f	1.49 h
بدون کاربرد علف‌کش – سیتوگیت Without herbicide + without sitogate	1.08 g	1.08 f	1.80 ef	2.08 f	1.49 h
کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش - بدون ماده افزودنی 50 % recommended dose + without adjuvant	15.04 f	22.01 ef	15.38 e	13.92 ef	15.42 g
کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش - روغن ذرت 50 % recommended dose + corn oil	31.56 e	56.48 c	29.89 d	22.87 de	30.91 ef
کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش – سیتوگیت 50 % recommended dose + sitogate	34.47 e	66.79 bc	42.46 cd	38.17 c	40.27 e
کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش - بدون ماده افزودنی 75 % recommended dose + without adjuvant	26.80 ef	30.24 de	34.25 cd	17.43 e	25.38 fg
کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش - روغن ذرت 75 % recommended dose + corn oil	35.76 e	67.63 bc	48.09 c	33.61 cd	40.41 e
کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش – سیتوگیت 75 % recommended dose + sitogate	68.76 c	80.71 ab	91.37 a	89.82 a	69.84 c
کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش - بدون ماده افزودنی 100 % recommended dose + without adjuvant	33.10 e	47.50 cd	46.81 c	26.58 cde	38.09 e
کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش - روغن ذرت 100 % recommended dose + corn oil	50.88 d	60.63 bc	66.05 b	60.94 b	56.42 d
کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش – سیتوگیت 100 % recommended dose + sitogate	81.81 b	82.46 ab	93.70 a	92.86 a	85.31 b
شاهد وجین کامل علف‌های هرز Control (complete hand hoeing)	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
شاهد عدم وجین علف‌های هرز Control (without control)	-21.47 f	-23.08 g	-17.36 g	-19.70 g	-18.32 i

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ با توجه به آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

The means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability according to the LSD test.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کاربرد علف‌کش در ماده افزودنی بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد و عدم کاربرد مواد افزودنی بر تراکم علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری دارد. به‌طوری‌که در غلظت توصیه‌شده در حضور روغن ذرت به ترتیب کاهش ۵۳/۷، ۴۰، ۴۱/۱، ۱۲۹/۳، و ۴۸/۱ درصدی و در حضور روغن سیتوگیت به ترتیب ۱۴۷/۲، ۷۳/۶، ۱۰۰/۲، ۲۴۹/۴، و ۱۲۴ درصدی در تراکم جو موشی، یولاف وحشی، علف پشمکی، خونی‌واش و کل علف‌های هرز باریک برگ مشاهده شد. علاوه بر این، عدم تأثیر کاربرد مواد افزودنی بر تراکم علف‌های هرز در کاربرد مواد افزودنی به‌تنهایی مشاهده شد (جدول ۵).

درصد کاهش وزن خشک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش اثرات ساده غلظت علف‌کش و ماده افزودنی تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بر درصد کاهش وزن خشک تمامی علف‌های هرز داشتند (جدول ۶). اثر متقابل تنها بر علف‌هرز جو موشی ($p<۰/۰۱$) و خونی‌واش ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار بود و این اثر بر یولاف وحشی، علف پشمکی و مجموع وزن خشک علف‌های هرز باریک برگ تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۷). در بررسی تأثیر ترکیبات تیماری به همراه شاهد وجین کامل و عدم وجین علف‌های هرز بر درصد کاهش تمامی علف‌های هرز نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۸). بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۸ می‌توان بیان نمود که بالاترین کارایی علف‌کش در زمان کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده بر کاهش وزن خشک تمامی گونه‌های علف‌های هرز به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۷۵ درصد نداشتند لذا توصیه می‌گردد با توجه به مشکلات زیست‌محیطی علف‌کش‌ها بر طبیعت، سطح ۷۵ درصد مورداستفاده قرار گیرد. کم‌ترین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز نیز در زمان عدم کاربرد علف‌کش مشاهده گردید. به‌طورکلی می‌توان بیان نمود در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نسبت به سطح عدم کاربرد علف‌کش، وزن خشک جو موشی به ترتیب ۵۷/۶، ۷۶/۲، ۷۸/۹ درصد، وزن خشک یولاف وحشی به ترتیب ۶۴/۷، ۷۶/۵ و ۷۹/۶ درصد، وزن خشک علف پشمکی به ترتیب ۴۲/۰، ۶۸/۱ و ۷۲/۱ درصد، وزن خشک خونی‌واش به ترتیب ۶۵/۸، ۸۶/۵ و ۸۸/۲ درصد و وزن خشک مجموع علف‌های هرز باریک برگ به ترتیب ۷۱/۵، ۸۵/۴ و ۸۷/۱ درصد کاهش یافتند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت علف‌کش در ماده افزودنی بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز

Table 5. means comparison interaction effect of herbicide concentration in adjuvant on percent decrease of weed density

غلظت علف‌کش (گرم ماده مؤثره در هکتار) Herbicide concentration (g ai.ha^{-1})	ماده افزودنی Adjuvant	جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
0	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	-0.02 ^{f}	0.30 ^{f}	1.14 ^{f}	0.30 ^{f}	0.30 ^{g}
54	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	15.04 ^{e}	22.01 ^{e}	15.38 ^{ef}	13.92 ^{def}	15.42 ^{f}
81	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	26.80 ^{de}	30.24 ^{de}	34.25 ^{cd}	17.43 ^{de}	25.38 ^{ef}
108	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	33.10 ^{d}	47.50 ^{cd}	46.81 ^{c}	26.58 ^{cd}	38.09 ^{d}
0	روغن ذرت Corn oil	1.20 ^{f}	1.71 ^{f}	1.52 ^{f}	1.75 ^{ef}	1.49 ^{g}
54	روغن ذرت Corn oil	31.56 ^{d}	56.48 ^{bc}	29.89 ^{de}	22.87 ^{cd}	30.91 ^{de}
81	روغن ذرت Corn oil	35.76 ^{d}	67.63 ^{ab}	48.09 ^{c}	33.61 ^{c}	40.41 ^{d}
108	روغن ذرت Corn oil	50.88 ^{c}	60.63 ^{bc}	66.05 ^{b}	60.94 ^{b}	56.42 ^{c}
0	سیتوگیت Sitogate	1.08 ^{f}	1.12 ^{f}	1.80 ^{f}	2.08 ^{ef}	1.49 ^{g}
54	سیتوگیت Sitogate	34.47 ^{d}	66.79 ^{ab}	42.46 ^{cd}	38.17 ^{c}	40.27 ^{d}
81	سیتوگیت Sitogate	68.76 ^{b}	80.71 ^{a}	91.37 ^{a}	89.82 ^{a}	69.84 ^{b}
108	سیتوگیت Sitogate	81.81 ^{b}	82.46 ^{a}	93.70 ^{a}	92.86 ^{a}	85.31 ^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ با توجه به آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

The means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability according to the LSD test.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیبات تیماری بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز

Table 6. Analysis of variance results effect treatment components on percent decrease of weed dry weight

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	Means of Square (MS)				
		جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
بلوک Block	2	8.25 ^{ns}	310.3 ^{ns}	106.8 ^{ns}	59.2 ^{ns}	82.3 ^{ns}
تیمار Treatment	13	2677 **	3955 **	3536 **	4067 **	3847 **
خطا Error	26	67.3	145.0	115.6	109.3	156.6
ضریب تغییرات (٪) C.V		17.92	26.17	24.35	27.37	28.66

^{ns}، * و ** : به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

^{ns}, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای علف‌کشی بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز

Table 7. Analysis of variance results effect of herbicidal treatments on percent decrease of weed dry weight

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	Means of Square (MS)				
		جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
بلوک Block	2	9.17 ^{ns}	139.9 ^{ns}	139.9 ^{ns}	36.0 ^{ns}	61.8 ^{ns}
غلظت علف‌کش Herbicide concentration	3	5995 **	5672 **	5672 **	6953 **	7489 **
ماده افزودنی Adjuvant	2	4182 **	5560 **	5560 **	2798 **	2557 **
غلظت علف‌کش × ماده افزودنی HC×A	6	315.2 **	88.3 ^{ns}	88.3 ^{ns}	307.3 *	96.2 ^{ns}
خطا Error	22	77.3	112.7	112.7	115.7	182.6
ضریب تغییرات (٪) C.V		19.02	22.49	22.49	27.90	30.49

^{ns}، * و ** : به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

^{ns}, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثرات ساده غلظت علف‌کش و ماده افزودنی بر درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز

Table 8. Main effects of herbicide concentration and adjuvant on percent decrease of weed dry weight

	جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
اثر غلظت علف‌کش Effect of herbicide concentration					
عدم کاربرد علف‌کش Without herbicide	15.05 c	14.55 c	18.98 c	7.78 c	9.27 c
کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده Use 50% recommended dose	35.52 b	41.23 b	32.73 b	22.77 b	32.54 b
کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده Use 75% recommended dose	63.13 a	61.83 a	59.47 a	57.52 a	63.61 a
کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده Use 100% recommended dose	71.24 a	71.18 a	68.05 a	66.16 a	71.83 a
اثر ماده افزودنی Effect of adjuvant					
	جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
بدون ماده افزودنی Without adjuvant	26.35 c	27.22 c	24.60 c	24.72 c	31.48 b
روغن ذرت Corn oil	48.98 b	44.38 b	36.02 b	36.02 b	41.25 b
روغن سیتوگیت Sitogate	63.38 a	69.99 a	54.93 a	54.93 a	60.20 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ با توجه به آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

The means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability according to the LSD test.

بیان شده است که وزن خشک علف‌های هرز یولاف وحشی و دم‌روباهی در مقایسه با تیمار حضور علف‌های هرز با کاربرد غلظت یک لیتر در هکتار سوپرگالانت به ترتیب به میزان ۴۸/۴۵ و ۴۸/۹۹ درصد کاهش یافت (Zarei et al., 2014). ایشان همچنین بیان نمودند که با توجه به مکانیسم پس رویشی و انتخابی سوپرگالانت، این علف‌کش به‌سرعت از طریق برگ‌ها جذب می‌شود و به‌آسانی در گیاه انتقال می‌یابد و از فعالیت آنزیم استیل‌کوآنزیم آ کربوکسیلاز که یکی از آنزیم‌های اولیه در ساخت اسیدهای چرب است، جلوگیری می‌کند و بهترین زمان مصرف مبنی بر کنترل عددی علف‌های هرز باریک برگ زمانی است که علف‌هرز به‌طور فعال در حال رشد باشد و درجه حرارت هوا حداقل به مدت ۲۴ ساعت از ۸ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر نرود، زیرا به‌شدت اثر علف‌کشی آن را کم می‌کند. با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش از صفر به ۱۰۸ گرم ماده مؤثره، ماده خشک علف قناری از میانگین ۱/۷۸ به ۰/۷۸ گرم در هر گلدان کاهش یافت (Rastgoo et al., 2015). به‌طورکلی بیش‌ترین اثر را مقدار ۱۰۰ ٪ کاربرد علف‌کش داشت ازآنجایی‌که افزایش مقدار کاربرد علف‌کش به علت افزایش شیب غلظت می‌تواند در جذب بیشتر علف‌کش به درون گیاه مؤثر باشد، ازاین‌رو به نظر می‌رسد افزایش مقدار کاربرد از این طریق منجر به افزایش اثرات علف‌کشی هالوکسی فوپ آر متیل در گیاه علف قناری شده باشد. در یک بررسی در مزارع زعفران شهرستان زاوه مشخص شد که علف‌کش متری‌بیوزین بیش‌ترین تأثیر را در کنترل علف‌های هرز داشت ضمن آنکه کمترین خسارت روی وزن بنه زعفران بر جای گذاشت (Sadrabadi Haghighi & Ghanad Toosi, 2016). در تیمارهای کاربرد علف‌کش تری‌فلورالین، علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل و علف‌کش تری‌فلورالین با مالچ کاه و کلش گندم (*Triticum aestivum*) و علف‌کش هالوکسی‌فوپ آر متیل با مالچ کاه و کلش گندم مشاهده شد که وزن خشک علف‌های هرز گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) را به ترتیب ۵۹/۹، ۵۲/۸ ۳۴/۱ و ۶۵/۸ درصد کاهش یافت (Shafagh et al., 2024) در بررسی اثر منفرد و توام علف‌کش‌ها در نیشابور مشاهده شده است که با توجه به فلور علف‌های هرز که ترکیبی از علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ بود، تیمارهای حاوی مخلوط علف‌کش در مقایسه با تیمارهای حاوی تک علف‌کش تأثیر بیشتری را روی کاهش وزن خشک علف‌های هرز داشتند. در میان تیمارهای حاوی مخلوط علف‌کشی نیز تیمارهای اکسی فلورفن (گل) + هالوکسی فوپ آر متیل، متری‌بیوزین + هالوکسی فوپ آر متیل در مقایسه با تیمار ایوکسینیل (توتریل) + هالوکسی‌فوپ آر متیل اثر بیشتری را روی علف‌های هرز مزرعه به همراه داشتند. هم‌چنین در تیمارهای متری‌بیوزین+ هالوکسی فوپ آر متیل، اکسی فلورفن + هالوکسی فوپ آر متیل و ایوکسینیل + هالوکسی فوپ آر متیل بیش‌ترین مقدار وزن بنه به دست

آمد (Abbasian et al., 2013).

در بررسی اثر ماده افزودنی بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز باریک‌برگ مزرعه زعفران می‌توان اشاره داشت که در تمامی گونه‌های مورد بررسی، سیتوگیت به‌صورت معنی‌داری موجب افزایش کارایی علف‌کش گردید و درنتیجه خسارت زیادتری به علف‌های هرز گردید. روغن ذرت نیز نسبت به شاهد بدون افزودنی، منجر به خسارت بیشتر به علف‌های هرز و کاهش بیشتر وزن خشک آن‌ها شد. به‌طورکلی می‌توان بیان نمود که در علف‌های هرز جو موشی، یولاف وحشی، علف پشمکی، خونی‌واش و مجموع علف‌های هرز باریک‌برگ، افزودن روغن ذرت به ترتیب ۴۶/۲، ۳۸/۷، ۴۴/۳، ۳۱/۴ و ۲۳/۷ و سیتوگیت به ترتیب ۵۸/۴، ۶۱/۱، ۶۲/۵، ۵۵/۰ و ۴۷/۷ درصد وزن خشک را کاهش دادند (جدول‌های ۹ و ۱۰). راستگو و همکاران (Rastgoo et al., 2015) نیز بیان نمودند که زیست‌توده علف قناری تحت تأثیر ماده افزودنی قرار گرفت و بیان نمودند که کاربرد روغن‌های گیاهی تأثیر مثبت و معنی‌داری در کارایی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر داشته است کاربرد روغن‌های نارگیل، کنجد و بادام به ترتیب دارای بهترین عملکرد در افزایش کارایی این علف‌کش در مقایسه با شاهد بدون کاربرد مواد افزودنی در کاهش وزن خشک علف قناری بودند. مقدار میانگین وزن خشک برای روغن نارگیل، کنجد، بادام و شاهد بدون کاربرد ماده افزودنی به ترتیب ۱/۱، ۱/۱۴، ۱/۲ و ۱/۴۸ گرم بود. با توجه به اهمیت روزافزون بهینه‌سازی کاربرد علف‌کش‌ها به‌عنوان مهم‌ترین ابزار کنترل شیمیایی علف‌های هرز به‌ویژه در گیاهان زراعی، استفاده از مویان‌ها برای افزایش کارآیی علف‌کش امری اجتناب‌ناپذیر است. در ارتباط با تأثیر مویان، این آزمایش نشان داد که بیش‌ترین درصد کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ، در حالت استفاده از مویان مشاهده شد. دلیل این مصالح می‌تواند غیر یونی بودن مویان سیتوویت باشد. چرا که مویان‌های یونی در محیط آبی یونیزه می‌شوند و با سایر مولکول‌ها پیوند حاصل نموده و به‌صورت رسوب از سوسپانسیون یا محلول سم جدا شوند و درواقع به‌صورت غیرفعال درمی‌آیند (Hatzois & Penner, 1985).

به‌طورکلی با افزایش مواد افزودنی به علف‌کش، کارایی علف‌کش جهت کاهش وزن خشک علف‌هرز جو موشی افزایش یافت و صرفاً در سطح ۵۰ درصد مصرف مقدار توصیه‌شده این اختلاف معنی‌دار نبود. شیب افزایش کارایی علف‌کش در کاهش وزن خشک علف‌های هرز در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد بیشتر شد به‌نحوی‌که کاربرد روغن ذرت به ترتیب ۵۰/۲ و ۴۱/۲ و سیتوگیت به ترتیب ۶۱/۹ و ۵۵/۰ درصد نسبت به شاهد بدون افزودنی، درصد کاهش وزن خشک علف هرز را افزایش دادند. کمترین میزان نیز در شاهد عدم وجین و در تیمار بدون کاربرد علف‌کش و مواد افزودنی مشاهده شد (جدول‌های ۹ و ۱۰). با بررسی جدول‌های ۹ و ۱۰ می‌توان بیان نمود که بیشترین میزان درصد کاهش وزن خشک خونی‌واش در زمان کاربرد ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش به همراه سیتوگیت به ترتیب به میزان ۹۰/۶ و ۸۵/۲ درصد مشاهده شد. در تیمارهای عدم کاربرد علف‌کش و ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده، اختلاف معنی‌داری بین مواد افزودنی در این علف‌هرز مشاهده نشد. در سطح ۷۵ درصد تنها اختلاف معنی‌دار بین سیتوگیت با سایر سطوح مشاهده شد و درواقع می‌توان بیان نمود که روغن ذرت در سطح کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده، کارایی مطلوب‌تر برای کاهش وزن خشک این علف‌هرز ارائه داد. بهروان و همکاران (Behravan et al., 2016) گزارش نمودند که نتایج بررسی کارایی علف‌کش‌های بازدارنده استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز در کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ زعفران نشان داد اثر متقابل علف‌کش سوپرگالانت با کود مایع پرولکس، بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز باریک برگ در ۱۵ و ۳۰ روز پس از سم‌پاشی تفاوت معنی‌داری داشت.

زارعی و همکاران (Zarei et al., 2014) بیان نمود که کاربرد مویان در تمام دزهای مصرفی علف‌کش باعث افزایش کارایی کنترل علف‌هرز شد و میزان کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمار دز کاهش‌یافته همراه با مویان در مقایسه با دز بیشتر و بدون استفاده از مویان تفاوت معنی‌داری نشان نداد و به‌عبارت‌دیگر مویان می‌تواند دوز مصرفی علف‌کش را کاهش دهد. راستگو و همکاران (Rastgoo et al., 2015) نیز با بررسی که بهترین تیمارها در کاهش وزن علف قناری کاربرد علف‌کش به مقدار ۵۴ و ۱۰۸ گرم ماده مؤثره به ترتیب با روغن کنجد و نارگیل و ضعیف‌ترین تیمار کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر بدون ماده افزودنی در مقدارهای ۲۷ و ۶/۷۵ گرم ماده مؤثره بود.

جدول۹. مقایسه میانگین تأثیر ترکیبات تیماری بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز

Table 9. Means comparison effect of treatments composition on percent decrease of weed dry weight

Treatments	تیمارها	جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
Without herbicide + without adjuvant	بدون کاربرد علف‌کش + بدون ماده افزودنی	0.91 f	0.51 e	-0.37 f	-0.51 g	0.52 h
Without herbicide + corn oil	بدون کاربرد علف‌کش + روغن ذرت	1.92 f	1.20 e	1.29 f	2.61 fg	2.04 h
Without herbicide + without sitogate	بدون کاربرد علف‌کش + سیتوگیت	2.26 f	1.42 e	1.12 f	2.79 fg	2.27 h
50 % recommended dose + without adjuvant	کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + بدون ماده افزودنی	27.49 e	22.10 d	14.73 f	16.68 ef	22.23 g
50 % recommended dose + corn oil	کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + روغن ذرت	38.64 d	37.11 cd	32.94 e	23.62 de	35.04 f
50 % recommended dose + sitogate	کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + سیتوگیت	40.44 d	64.48 b	50.52 bcd	28.02 de	40.35 ef
75 % recommended dose + without adjuvant	کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + بدون ماده افزودنی	33.60 de	36.77 cd	36.01 de	37.27 cd	47.59 de
75 % recommended dose + corn oil	کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + روغن ذرت	67.51 c	58.92 b	56.35 bc	50.07 bc	59.34 cd
75 % recommended dose + sitogate	کاربرد ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + سیتوگیت	88.27 b	89.81 a	86.04 a	85.24 a	83.88 b
100 % recommended dose + without adjuvant	کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + بدون ماده افزودنی	43.40 d	49.49 bc	48.02 cde	45.07 c	55.59 d
100 % recommended dose + corn oil	کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + روغن ذرت	73.84 c	67.38 b	66.42 b	62.85 b	68.82 c
100 % recommended dose + sitogate	کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش + سیتوگیت	96.49 ab	96.65 a	89.71 a	90.56 a	91.09 ab
Control (complete Hand hoeing)	شاهد وجین کامل علف‌های هرز	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
Control (Without hand hoeing)	شاهد عدم وجین علف‌های هرز	-14.05 g	-22.21 f	-19.35 g	-27.92 h	-20.43 i

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ با توجه به آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

The means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability according to the LSD test.

جدول۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت علف‌کش در ماده افزودنی بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز

Table 10. Means comparison effect of herbicide concentration in adjuvant on percent decrease of weed dry weight

غلظت علف‌کش (گرم ماده مؤثره در هکتار) Herbicide concentration (g ai.ha^{-1})	ماده افزودنی Adjuvant	جو موشی Mouse barley	یولاف وحشی Wild oat	علف پشمکی Cheatgrass	خونی‌واش Little seed canary grass	کل علف‌های هرز باریک‌برگ Total grass weeds
0	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	0.91 e	0.52 f	-0.37 f	-0.15 g	0.52 f
54	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	27.49 d	22.10 e	14.73 f	16.68 fg	22.23 e
81	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	33.60 cd	36.77 de	36.01 de	37.27 cde	47.59 cd
108	بدون ماده افزودنی Without adjuvant	43.40 c	49.49 cd	48.02 cde	45.07 cd	55.59 c
0	روغن ذرت Corn oil	1.92 e	1.20 f	1.29 f	2.61 g	2.04 f
54	روغن ذرت Corn oil	38.64 c	37.11 de	32.94 e	23.62 ef	35.04 de
81	روغن ذرت Corn oil	67.51 b	58.92 bc	56.35 bc	50.07 bc	59.34 bc
108	روغن ذرت Corn oil	73.84 b	67.38 b	66.42 b	62.85 b	68.82 b
0	سیتوگیت Sitogate	2.26 e	1.42 f	1.12 f	2.79 g	2.27 f
54	سیتوگیت Sitogate	40.44 c	64.48 bc	50.52 bcd	28.02 def	40.35 d
81	سیتوگیت Sitogate	88.27 a	89.81 a	86.04 a	85.24 a	83.88 a
108	سیتوگیت Sitogate	96.49 a	96.65 a	89.71 a	90.56 a	91.09 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ ٪ با توجه به آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار ندارند.

The means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability according to the LSD test.

این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد هالوکسی فوپ آر متیل استر بدون مواد افزودنی در ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده هم کارایی لازم را نداشته و در صورت افزودن روغن‌های گیاهی به محلول پاشش کارایی این علف‌کش می‌تواند به‌خوبی افزایش یابد. نتایج ارائه‌شده در جدول ۹ نشان می‌دهد که در زمان عدم کاربرد علف‌کش، اضافه نمودن ماده افزودنی موجب ایجاد اختلاف معنی‌دار در درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز مذکور گردید اما نوع افزودنی بر کاهش وزن خشک آن‌ها تأثیرگذار نبود. در زمان کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش نیز نوع افزودنی بر وزن خشک علف پشمکی تأثیرگذار نبود اما در یولاف وحشی، کاربرد سیتوگیت موجب افزایش کارایی علف‌کش و کاهش معنی‌داری در وزن خشک این علف‌هرز گردید. با کاربرد ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده، اختلاف معنی‌داری بین تمام سطوح مواد افزودنی مشاهده شد و کاربرد سیتوگیت کارایی علف‌کش را نسبت به شاهد بدون افزودنی در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۵۹/۰۵ و ۴۸/۸۰ و کاربرد روغن ذرت به ترتیب ۳۷/۵۸ و ۲۶/۵۶ درصد در کنترل یولاف وحشی و کاربرد سیتوگیت به ترتیب ۵۸/۱۵ و ۴۶/۴۷ درصد و روغن ذرت به ترتیب ۳۶/۱۰ و ۲۷/۶۹ درصد در کنترل علف پشمکی افزایش داد که همین نتایج نشان‌دهنده کارایی بالاتر سطح ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده است. در بررسی مجموع علف‌های هرز باریک برگ می‌توان بیان نمود که بیشترین کاهش وزن خشک علف‌های هرز در تیمار وجین کامل علف‌های هرز مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کاربرد ۱۰۰ و ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش به همراه سیتوگیت (به ترتیب ۹۱/۹ و ۸۳/۸۸ درصد) نداشت. در تمامی سطوح کاربرد علف‌کش، بین سطح بدون افزودنی و افزودن روغن ذرت اختلاف معنی‌داری در افزایش درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز مشاهده نشد. تنها در زمان کاربرد ۵۰ درصد علف‌کش، اختلاف معنی‌داری بین سطوح افزودنی مشهود نبود و در سایر سطوح غلظت علف‌کش، کاربرد سیتوگیت منجر به افزایش معنی‌داری در صفت مذکور گردید. کم‌ترین کارایی علف‌کش نیز علاوه بر تیمار عدم وجین، در تیمار عدم کاربرد علف‌کش و بدون افزودنی مشاهده شد (جدول‌های ۹ و ۱۰). نتایج پژوهش عباس‌پور (Abbaspoor, 2017) نشان داد که می‌توان از علف‌کش‌های دومنظوره متری‌بیوزین در پاییز بلافاصله پس از برداشت گل، و اکسی فلوروفن، اکسادیازون، بن سولفورون متیل و آترازین و پهن‌برگ کش‌های بنتازون و تریاسولفورون+دایکمبا و باریک‌برگ کش هالوکسی فوپ متیل در بهار در اوایل رشد علف‌های هرز به‌منظور کنترل علف‌های‌هرز در زعفران استفاده کرد زیرا ضمن کنترل مناسب علف‌های هرز هیچ خسارتی به زعفران وارد نمی‌شود. زارع حسینی و همکاران (Zare Hosseini et al., 2014) نیز بیان نمودند که کمترین میزان وزن خشک علف‌های هرز در تیمار وجین و بالاترین میانگین وزن خشک در تیمار شاهد آلوده به علف‌های هرز بود. تیمار علف‌کش شوالیه در مقایسه با شاهد بر زیست‌توده علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری داشت و این تأثیر با تیمار وجین معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که کاربرد مواد افزودنی به همراه علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل می‌تواند در مقایسه با عدم کاربرد مواد افزودنی کارایی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل در کنترل جو موشی، یولاف وحشی، علف پشمکی، خونی‌واش و مجموع آن‌ها را افزایش دهد. علاوه بر این تراکم علف‌های هرز باریک برگ جو موشی، یولاف وحشی، علف پشمکی، خونی‌واش و مجموع آن‌ها به‌صورت زنده را ۴ هفته پس از کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل کاهش یافت. بنابراین در صورت ارزیابی نتایج سم‌شناسی گیاهی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل بر روی زعفران و همچنین ارزیابی بقایای علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل در کلاله زعفران می‌توان از این علف‌کش به همراه مواد افزودنی سیتوگیت و روغن ذرت استفاده کرد.

قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی (پایان‌نامه کارشناسی ارشد) به شماره ابلاغیه ۹۷۵۴ مورخ۱۴۰۱/۱۲/۲۲ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

همچنین، این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۵۴۴۱/د/۱۴۰۲ مورخ ۱۴۰۲/۰۳/۲۲ و با استفاده از اعتبارات گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abbaspoor, M. (2017). Chemical weed control in saffron (*Crocus sativus*) Fields. *Journal of Plant Protection*, *31*(3), 409-419. [in Persian].

Abbasian, M.R., Bazoobandy, M., & Sihani Darbar, A.R. (2013). The effect of single and mixed herbicide applications on weeds and saffron corm weight in Neyshabur. *Journal of Weed Ecology*, *1* (1), 9-20. [in Persian].

Acharya, B.S., Ghale, A., Hamido, S., Zinati, G., Bozzolo, A., Archer, L., Wendelberger K., Das, S., Thapa, R., & Panday, D. (2025). Saffron (*Crocus sativus* L.): The Golden Spice—Management, Challenges, and Opportunities for Sustainable Production in the United States. *Journal of Agriculture and Food Research*, 101970.

Aghhavani-Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Koocheki, A.R. (2017). Effects of cover crops on weeds population, agronomic characteristics, flower and corm yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, *5*(1), 3-19. [in Persian].

Bazoobandi, M., Rahimi, H., & Karimi-Shahri, M.R. (2020). Saffron crop protection. In Saffron (chapter10: pp. 169-185). Woodhead Publishing.

Behdani, M.A., & Fallahi, H.R. (2024). Saffron: Technical Knowledge Based on Research Approaches. University of Birjand Press. Second Edition. [in Persian]

Behravan, R., Eslami, S.V., Behdani, M.A., & Zand, E. (2016). Evaluation of mixing some ACCase inhibitor herbicides with liquid fertilizer PROLEX on growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, *4*(1), 42-52. [In Persian].

Choopan, Y., Khashei, A. & Zangane, M. (2024). Studying the Economic Water Footprint of Saffron Crop in the Climate of Torbat Heydariyeh County. *Journal of Saffron Research*, *12*(2), 302-313. [in Persian].

Devendra, R., Umamahesh, V., Prasad, T.R., Prasad, T.G., Asha, S.T., & Ashok. (2004). Influence of surfactants on efficacy of different herbicides in control of *Cyperus rotundus* and *Oxalis latifolia*. *Current Science*, 1148-1151.

Fallahi, H.R, & Salariyan, A. (2023). Analysis and description of the most important agronomic factors affecting yield gap of saffron fields in Torbat-Heydariyeh. *Saffron Agronomy & Technology*, *11*(1), 23-51. [in Persian].

Feizi, H., & Moradi, R. (2020). Assessing involved managing factors in gap yield between traditional and ideal saffron cultivating Systems in Razavi and South Khorasan provinces. *Journal of Saffron Research*, *7*(2), 283-298. [In Persian]

Hammami, H., Aliverdi, A., & Parsa, M. (2014). Effectiveness of clodinafop-propargyl, haloxyfop-p-methyl and difenzoquat-methyl-sulfate plus Adigor® and Propel™ adjuvants in controlling *Avena ludoviciana* Durieu. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *16*(2), 291-299.

Hatzois. K.K., & Penner D. 1985.Interaction of herbicides with other agrochemical in higher plants. *Review of Weed Science*, *1*,1-63.

Hosseini-Evari, Z., Izadi Darbandi, E., Kafi, M., & Makarian, H. (2021). Improving the efficacy of aome ACCase inhibitor herbicides against weeds in saffron (*Crocus sativus* L.) using adjuvants. *Journal of Saffron Research*, *8*(2), 223-239. [in Persian]

Izadi-Darbandi, E. & Hosseini Evari, Z. (2017). Study of Flora and structure of weed communities of saffron fields in Kashmar and KhalilAbad counties. *Journal of Saffron Research*, *4*(2), 249-265. [in Persian]

Rajae, M., Mobin, K., & Faghih, H. (1991). The overview of different herbicides on weed of saffron farm. Proceedings of 10th Congress of Plant Protection, Kerman. Iran. [In Persian].

Kudsk, P., & Mathiassen S.K. (2007). Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. *Crop Protection*, *26*, 328-334.

Penner, D. (2000). Activator adjuvant. Weed Technology, 14, 785-791.

Rashed Mohassel, M.H. (1992). Weeds of South Khorasan saffron fields. *Agriculture Science and Technology*, *6*, 118-135. [in Persian].

Rashed-Mohassel, M.H., Aliverdi, A., & Ghorbani, R. (2009). Effects of a magnetic field and adjuvant in the efficacy of cycloxydim and clodinafoppropargyl on the control of wild oat (*Avena fatua*). *Weed Biology and Management*, *9*, 300–306.

Rashed-Mohassel, M.H., Aliverdi, A., Hammami, H., & Zand, E. (2010). Optimizing the performance of diclofop-methyl, cycloxydim, and clodinafop-propargyl on littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) and wild oat (*Avena ludoviciana*) control with adjuvants. *Weed Biology and Management*, *10*, 57–63.

Rashed-Mohassel, M.H., Aliverdi, A., & Rahimi, S. (2011). Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl with adjuvants to control wild oat. *Industrial Crops and Products*, 34, 1583–1587.

Rastgoo, M., Kargar, M. & Assadolahi, H. (2015). Evaluation the possibility of reducing Haloxyfop-R-methyl ester (Gallant super®) dose by some vegetable oils in little seed canary grass (*Phalaris minor* Retz.). *Applied*

Field Crops Research, *28*(106), 153-161. [In Persian].

Sadrabadi Haghighi, R., & Ghanad Toosi, M.B. (2016). The Effect of Pre-emergence Application of some Common Herbicides on Weed Population, Vegetative Growth, Flower and Corm Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Plant Protection Research*, *30*(1), 118-126. [In Persian].

Sahabi, H. & Moallem Banhangi, F. (2021). Evaluation the impact Climatic parameters on flowering behavior and yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Razavi and Southern Khorasan Provinces. *Saffron Agronomy and Technology*, *9*(4), 357-373. [in Persian].

Shafagh, J., Sabzi nojadeh, M., Derakhshani, H. & Amani, M. (2024). The effect of chemical and non-chemical weed control on the growth characteristics and yield of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *34*(3), 99-119.

Somani, L.L. (1992). Dictionary of weed science. Agrotech Publishing Academy.

Young, B.G., & Hart, S.E. (1998). Optimizing foliar activity of isoxaflutole on giant foxtail (*Setaria faberi*) with various adjuvants. *Weed Science*, *46*(4), 397-402.

Zand, E., Baghestani, M.A., Shimi, P., NezamAbadi, N., Moosavi, M.R., & Moosavi, S.K. (2019). A Guide to Chemical Control of Weeds in Iran, Jahad-e Danaeshgahi Press, Mashhad, Iran. 216p [in Persian].

Zand, E., Baghestani, M.A., Shimi, P., & Phaghih, A. (2007). Analysis of herbicides management in Iran. A Report for Agricultural Research and Education Organization, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran.

Mosavi, S.K., & Shimi, P. (2002). Evaluating the efficacy of the low-dose foliar herbicide haloxyfop-R-methyl compared to conventional foliar herbicides in rapeseed fields. 16th Iranian plant protection congress. Tabriz University. Page 650-655.

Zare Hosseini, H., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.H., & Rahimi, H. (2014). Effects of weed management strategies on weed density and biomass and saffron (*Crocus sativus*) yield. *Saffron Agronomy & Technology*, *2*(1), 45-58. [in Persian].

Zarei, T., Kazemeini, S. A. & Hamzehzarghani, H. (2014). Effect of Haloxi Phop-R- metyl ester doses in different grass weeds growing stages in safflower. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *28*(3), 408-415. [in Persian].