Saffron Agronomy & Technology
Homepage: https://saffron.torbath.ac.ir
Vol. 14, No. 1, 2026, p. 31-46

Yield responses of saffron (*Crocus sativus* L.) to haloxyfop R-methyl application with and without adjuvants

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

1- Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
2- Department of the Plant and Environmental Stresses Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article
Article history:
Submitted: 1 February 2026
Revised: 18 May 2026
Accepted: 22 August 2026
Available Online: 25 August 2026

Keywords:
Adjuvant
Citogate
Corn oil
Graminicide
Haloxyfop-R-methyl Stigma yield
Weed management.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Saffron (*Crocus sativus* L.) is an economically vital, high-value perennial crop extensively cultivated in arid and semi-arid agroecosystems. Because saffron is sterile, propagation relies entirely on vegetative corms. During vegetative growth and subsequent flowering, its delicate, narrow canopy makes it exceptionally vulnerable to weed competition, particularly invasive grass weeds. Severe weed infestation reduces corm multiplication, resource availability, and flower production, often diminishing stigma yields by more than 30–40%. Although chemical weed control via graminicides like Haloxyfop-R-methyl is commonly employed, excessive agrochemical use raises environmental, cost, and residual safety concerns. Incorporating chemical or biological adjuvants represents an effective agronomic strategy to optimize herbicide deposition, enhance cuticular penetration, minimize dosage requirements, and lower chemical loads without compromising weed-suppressive efficacy. Therefore, this field study evaluated the functional yield responses and stigma production of saffron under varying doses of Haloxyfop-R-methyl applied with and without non-ionic surfactant and vegetable oil adjuvants.

Materials and Methods

A two-factor field experiment was conducted in Sarayan, Iran, during the 2022–2023 growing seasons in an established four-year-old saffron field using a randomized complete block design with three replications. The treatments comprised four herbicide doses of Haloxyfop-R-methyl (0, 54, 81, and 108 g a.i. ha^{-1}, representing 0%, 50%, 75%, and 100% of the recommended commercial dose) and three adjuvant levels (no adjuvant, Citogate surfactant at 0.5% v/v, and cold-pressed corn oil at 0.5% v/v). Weed-free (hand weeding) and unweeded controls were included for comparative benchmarking. Foliar applications were performed in late February using an electric knapsack sprayer equipped with an 8002 flat-fan nozzle calibrated at 2 bar. Broadleaf weeds were manually removed to isolate graminicide efficacy. At reproductive maturity, flower yield attributes including flower number, fresh flower weight, dry stigma weight, and style yield were systematically harvested, recorded, shade-dried, and subjected to analysis of variance.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that herbicide dosage, adjuvant type, and their interaction significantly influenced all evaluated saffron yield parameters ($p < 0.01$). Overall, weed competition severely reduced saffron productivity, with unweeded control plots exhibiting a 32% reduction in fresh flower weight and a 35.2% drop in dry stigma yield relative to weed-free plots. Across all treatments, complete hand weeding yielded the highest flower number and dry stigma weight; however, several chemical combinations achieved statistically equivalent yields. Specifically, increasing Haloxyfop-R-methyl doses progressively enhanced flower count and stigma biomass. Relative to the zero-dose control, applications at 50%, 75%, and 100% of the recommended dose increased flower numbers by 24.80%,

40.01%, and 40.98%, and dry stigma weight by 26.80%, 39.90%, and 49.76%, respectively. Adjuvant supplementation markedly augmented herbicide efficiency. Averaged across all dosages, Citogate improved dry stigma weight by 27.98% over the no-adjuvant control, whereas corn oil provided a marginal, non-significant gain of 4.09%. The interaction analysis showed that pairing Haloxyfop-R-methyl at 75% or 100% with Citogate produced the greatest crop response. Under Citogate supplementation, dry stigma weight increased by 45.97% and 43.22% at the 75% and 100% rates compared with unadjuvanted applications. Most notably, hand weeding produced a 94.51% increase in dry stigma yield over the unweeded control, while the 100% and 75% herbicide doses combined with Citogate generated substantial yield increases of 93.04% and 80.72%, with no statistically significant difference from manual weeding. This efficacy demonstrates that Citogate substantially improves spray retention and transcuticular permeability, thereby suppressing competitive monocot weeds and enabling saffron to maintain robust carbohydrate reserves and floral differentiation. Consequently, incorporating Citogate permits a 25% reduction in herbicide dosage without sacrificing crop performance.

Conclusion

Severe grass weed competition critically suppresses saffron yield and economic output. Haloxyfop-R-methyl application effectively mitigates this yield penalty, but including an adjuvant is essential to maximize chemical efficiency. The synthetic surfactant Citogate significantly outperformed cold-pressed corn oil across all application doses. Applying Haloxyfop-R-methyl at 75% of the recommended dose (81 g ai ha^{-1}) tank-mixed with 0.5% v/v Citogate achieved flower yields and dry stigma biomass statistically equivalent to both the 100% recommended dose and labor-intensive manual weeding. Thus, integrating Citogate with reduced-dose haloxyfop-R-methyl offers a sustainable agronomic recommendation that lowers chemical inputs and weed management costs while safeguarding saffron productivity.

Cite this Article:

Shojaei, M., Hammami, H., Eslami, S. V., and Mahmoodi, S. (2026). Yield responses of saffron (*Crocus sativus* L.) to haloxyfop R-methyl application with and without adjuvants. *Saffron Agronomy & Technology*, *14*(1), 31-46. https://doi.org/10.22048/jsat.2026.572816.1586

Corresponding author email: mramroudi42@uoz.ac.ir

Print ISSN: 2383-1529 Online ISSN: 2383-2142
https://doi.org/10.22048/jsat.2026.572816.1586

© 2026, University of Torbat Heydarieh. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License (CC BY NC 4.0).

زراعت و فناوری زعفران
جلد۱۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵ ص. ۴۶-۳۱
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir

بررسی واکنش‌های عملکردی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط کاربرد علف‌کش هالوکسی‌فوپ آر متیل با مواد افزودنی و بدون آن

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

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۲- گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۲ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۸ اردیبهشت ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۳۱ مرداد ۱۴۰۵

کلمات کلیدی

تعداد گل

علف‌های هرز باریک‌برگ

روغن ذرت

کلاله زعفران

وزن تر گل

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد دزهای مختلف علف‌کش هالوکسی‌فوپ آر متیل، با استفاده از مواد افزودنی و بدون آن، بر ویژگی‌های عملکردی زعفران شامل تعداد گل، وزن تر و خشک گل و وزن خشک کلاله، آزمایشی به صورت فاکتوریل در منطقه سرایان طی سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. طرح آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای چهارساله اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح دز علف‌کش هالوکسی‌فوپ آر متیل دارای فرمولاسیون امولسیون ۱۰/۸ درصد (۰، ۵۴، ۸۱ و ۱۰۸ گرم ماده مؤثره در هکتار به ترتیب شاهد عدم کاربرد، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه شده) و سه سطح ماده افزودنی (بدون افزودنی، روغن سیتوگیت و روغن ذرت به میزان ۰/۵ درصد حجمی) بودند. تیمارهای علف‌کشی در بهمن ماه ۱۴۰۱ اعمال شده و ویژگی‌های عملکردی زعفران در انتهای دوره برداشت در ابتدای آذر ماه ۱۴۰۲ تعیین شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد گل در تیمار وجین علف‌های هرز با ۷۷/۷۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد عدم وجین علف‌های هرز (بدون کاربرد علف‌کش) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد در زمان کاربرد سیتوگیت (به ترتیب ۷۷/۴۳ و ۶۹/۲۱ درصد) نداشت. کاربرد ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده علف‌کش به همراه ماده افزودنی سیتوگیت با افزایش ۵۹/۰۹ و ۶۰/۳۲ درصدی اثری مشابه با وجین کامل علف‌های هرز (۶۲/۲۵ درصد) در وزن تر گل زعفران ایجاد نمودند. در زمان عدم کاربرد علف‌کش و کاربرد ۵۰ درصد، بین سطوح ماده افزودنی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد اما در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد، کاربرد سیتوگیت موجب افزایش معنی‌دار در صفت مذکور گردید. عدم وجین علف‌های هرز نیز موجب کاهش ۳۲ درصدی وزن‌تر گل زعفران نسبت به شاهد وجین گردید. اثر متقابل دز علف‌کش و ماده افزودنی نشان داد که در سطوح صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده کاربرد علف‌کش، افزودن روغن ذرت به ترتیب ۴/۶۶، ۲/۸۲، ۶/۱۱ و ۲/۹۸ درصد و افزودن روغن سیتوگیت به ترتیب ۸/۲۷، ۹/۶۵، ۴۵/۹۷ و ۴۳/۲۲ درصد، وزن خشک کلاله زعفران را نسبت به شاهد بدون ماده افزودنی افزایش دادند. بنابراین کاربرد ماده افزودنی به همراه علف‌کش، سبب افزایش وزن خشک کلاله زعفران شد. علاوه بر این کاربرد سیتوگیت اثر بیش‌تری نسبت به کاربرد روغن ذرت در بهبود وزن خشک کلاله زعفران داشت. بیش‌ترین میزان وزن خشک کلاله در تیمار وجین کامل علف‌های هرز (۹۴/۵۱ درصد) در مقایسه با تیمار عدم وجین، مشاهده گردید که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش همراه با سیتوگیت (به ترتیب ۹۳/۰۴ و ۸۰/۷۲ درصد) نداشت. در تیمار عدم وجین علف‌های هرز نیز کاهش ۳۵/۲۰ درصدی در وزن خشک کلاله زعفران مشاهده گردید که دارای تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح مورد بررسی بود. در نهایت به نظر می‌رسد کاربرد مواد افزودنی سیتوگیت و روغن ذرت به همراه علف‌کش هالوکسی‌فوپ آر متیل می‌تواند منجر به افزایش عملکرد کلاله زعفران گردد.

نحوه ارجاع دهی به مقاله: شجاعی، م.، حمامی، ح.، اسلامی، س. و.، و محمودی، س.، (۱۴۰۵). بررسی واکنش‌های عملکردی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط کاربرد علف‌کش هالوکسی‌فوپ آر متیل با مواد افزودنی و بدون آن. زراعت و *فناوری زعفران*، ۱۴ (۱): ۴۶-۳۱.
https://doi.org/10.22048/jsat.2026.572816.1586

نویسندهٔ مسئول: hhammami@birjand.ac.ir

شاپا چاپی: ۱۵۲۹-۲۳۸۳ شاپا الکترونیکی: ۲۱۴۲-۲۳۸۳
https://doi.org/10.22048/jsat.2026.572816.1586

حقوق مولفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه ترتب حیدریه داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en دیدن فرمائید

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران‌بهاترین ادویه و گیاه دارویی جهان که سازگاری‌های مطلوبی برای کشت در مناطق خشک دارد، شناخته شده است (Ziani et al., 2025; Askary et al., 2024). کلاله زعفران، علاوه بر رنگ، طعم و عطر خاص و منحصر به فرد خود، دارای ترکیبات باارزشی است که می‌تواند در جهت بهبود علائم بیماری‌های مختلف مانند برخی از انواع سرطان و افسردگی مورد استفاده قرار گیرد (Semeniuc et al., 2024; Nanda & Madan, 2021). ایران دارای بیش‌ترین سطح زیر کشت و تولید زعفران در دنیا است به طوری که حدود ۹۴ درصد زعفران تولیدی در دنیا متعلق به ایران است (Aghhavani Shajari & Rezvani Moghaddam., 2022). با توجه به گزارش‌های منتشر شده، زعفران دارای خلاء عملکردی بالایی بوده و عوامل مختلفی همچون استفاده از بنه‌های نامطلوب برای کاشت (با وزن کمتر از ۸ گرم)، کشت کپه‌ای، تاریخ کاشت نامطلوب، مصرف نامناسب کودهای آلی (از نظر مقدار و زمان کاربرد)، زمان نامناسب اولین آبیاری در پاییز، عدم کنترل دقیق و به موقع علف‌های هرز و عدم محلول‌پاشی عناصر غذایی در نیمه دوم زمستان مهم‌ترین عوامل مدیریتی تأثیرگذار در خلاء عملکرد در سیستم‌های کاشت رایج در مقایسه با سیستم‌های کاشت مطلوب و آرمانی هستند (Feizi & Moradi, 2020). علاوه بر این عومل تنش‌های مختلف محیطی نظیر شوری (Feizi et al., 2021)، خشکی (Ahmadian et al., 2024; Ziaei et al., 2024)، و دماهای بالا (Kaveh, 2025) و پایین (Koocheki & Seyyedi, 2019) جزو عوامل بسیار تأثیرگذار بر عملکرد زعفران هستند. نتایج بررسی ها نشان داده است که بهبود حاصلخیزی خاک با کاربرد کودهای مختلف بیولوژیک و همچنین محلول پاشی عناصر غذایی می‌تواند باعث بهبود عملکرد زعفران حتی در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز گردد (Acharya et al., 2025; Daneshmandi et al., 2024; Esmaeilian et al., 2022; Jami et al., 2020).

به دلیل قدرت رقابت کم و رشد رویشی محدود زعفران، علف‌های هرز به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش عملکرد زعفران شناخته شده است به‌طوری‌که مدیریت مناسب علف‌های هرز مانند استفاده از روش وجین دستی به عنوان رایج‌ترین روش (۴۴ درصد)، همچنین استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی (۳۵ درصد) به مقدار زیادی بر عملکرد زعفران در سال آینده از طریق کاهش رقابت برای عناصر غذایی و همچنین بهبود رشد بنه‌ها تأثیرگذار است (Fallahi & Salariyan, 2023; Acharya et al., 2025). با توجه به هزینه‌های بالای کارگری و همچنین زمان بر بودن مدیریت علف‌های هرز با استفاده از روش وجین دستی، امروزه توجه ویژه‌ای به استفاده از علف‌کش‌ها و مدیریت شیمیایی علف‌های هرز در مزارع زعفران شده است (Fallahi & Salariyan; 2023; Bazoobandi at al., 2020).

اثر کاربرد مواد افزودنی بر کارآیی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز در مطالعات مختلف بررسی شده و اثر بهبوددهندگی کارآیی کنترلی در علف‌کش‌ها و مواد افزودنی مختلف بر روی علف‌های هرز متنوع تأیید شده است (Rashed-Mohassel et al., 2009; Rashed-Mohassel et al., 2010; Rashed-Mohasselet al., 2011; Hammami et al., 2014). البته اغلب این مطالعات محدود به ارزیابی کارآیی روش‌های کنترلی علف‌های هرز در شرایط کنترل شده بوده است (Rashed-Mohassel et al., 2010; Rashed-Mohasselet al., 2011). با توجه به جنبه‌های زیست‌محیطی می‌توان از رهیافت کاربرد مواد افزودنی به منظور کاهش رهاسازی علف‌کش‌ها در محیط استفاده کرد. مطالعات محدودی

در زمینه اثر علف‌کش‌ها و همچنین کاربرد مواد افزودنی بر خصوصیات عملکردی زعفران انجام شده است (Hamdard et al., 2025; Hosseini-Evari et al., 2020a; Hosseini-Evari et al., 2020b). کاربرد مواد افزودنی همراه با علف‌کش‌ها در مزارع زعفران یکی از راهکارهای مؤثر برای افزایش کارآیی کنترل علف‌های هرز، به‌ویژه علف‌های هرز باریک‌برگ، به شمار می‌رود. زعفران به دلیل رشد کند اولیه و حساسیت به رقابت علف‌های هرز، نیازمند مدیریت دقیق علف‌های هرز است. در این شرایط، استفاده از علف‌کش‌های بازدارنده آنزیم ACCase مانند هالوکسی‌فوپ آر متیل، کلتودیم و سیکلوکسیدیم، هنگامی که با مواد افزودنی مناسب همراه شوند، می‌تواند اثربخشی بیشتری داشته باشد. این مواد افزودنی با بهبود ویژگی‌های محلول سمپاشی، از جمله افزایش پخش‌شوندگی، چسبندگی و نفوذ علف‌کش در سطح برگ، موجب افزایش جذب ماده مؤثره و در نتیجه بهبود کنترل علف‌های هرز می‌شوند (Hosseini-Evari et al., 2020a). از سوی دیگر کاربرد مواد افزودنی مناسب به همراه علف‌کش‌ها می‌تواند امکان کاربرد مقدارهای کمتر علف‌کش‌ها را فراهم کند (Hamdard et al., 2025; Hosseini-Evari et al., 2020a; Hosseini-Evari et al., 2020b; Shojaei et al., 2025). البته نتایج بررسی ها نشان داده است که کاربرد مواد افزودنی به همراه علف‌کش های اکسی فلورفن، اگزادیازون، دای کامبا + تریتوسولفورون و ریم‌سولفورون منجر به تشدید اثر گیاه‌سوزی این علف‌کش‌ها بر زعفران و کاهش عملکرد آن می‌شود (Hosseini-Evari et al., 2020b). بنابراین انتخاب مواد افزودنی مناسب اهمیت زیادی در بهبود کارآیی کنترلی علف‌های هرز و عدم ایجاد سمیت برای زعفران دارد. نتایج بررسی ها نشان داده است که کاربرد مواد افزودنی به همراه علف‌کش‌های دارای اثر انتخابی کنترلی بر علف‌های هرز باریک‌برگ دارای ایمنی و اطمینان بیشتری است و احتمال ایجاد اثرات گیاه‌سوزی این علف‌کش‌ها بر زعفران در صورت کاربرد مواد افزودنی در مقایسه با علف‌کش‌های کنترل کننده علف‌های هرز پهن‌برگ کمتر است (Hamdard et al., 2025; Hosseini-Evari et al., 2020a; Hosseini-Evari et al., 2020b; Shojaei et al., 2025). برهم‌کنش‌های مختلف بین نوع ماده افزودنی و علف‌کش باعث عملکرد متفاوت مواد افزودنی با علف‌کش‌های مختلف از نظر کارآیی کنترلی علف‌های هرز و همچنین گیاهسوزی گیاه زراعی دارند (Hamdard et al., 2025; Hosseini-Evari et al., 2020a; Hosseini-Evari et al., 2020b; Shojaei et al., 2025). در نهایت، استفاده از مواد افزودنی مناسب برای هر علف‌کش در زعفران نه تنها کارآیی علف‌کش‌ها را افزایش می‌دهد، بلکه می‌تواند به کاهش مصرف علف‌کش و بهبود مدیریت پایدار علف‌های هرز نیز کمک کند. با توجه به کاربرد گسترده علف‌کش هالوکسی فوپ متیل آرمتیل در مزارع زعفران به منظور کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ و همچنین گزارش مبنی بر عدم بروز علائم سمیت ناشی از این علف‌کش در زعفران، این مطالعه با هدف بررسی اثر کاربرد مواد افزودنی بر خصوصیات عملکردی زعفران در شرایط مزرعه در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان اجرای تحقیق

برای اجرای این پژوهش، مزرعه‌ای چهار ساله از زعفران واقع در منطقه سرایان که پیشینه‌ای از کاربرد علف‌کش در مدیریت علف‌های هرز نداشت، انتخاب شد. اعمال تیمارهای آزمایشی در سال ۱۴۰۱ انجام گرفت و ارزیابی و اندازه‌گیری صفات عملکردی زعفران در سال ۱۴۰۲ صورت پذیرفت.

طرح آزمایشی و تیمارها

آزمایش در مزرعه چهارساله زعفران در منطقه سرایان به صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح بلوک‌های کامل

تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. کشت در سال اول، به صورت کپه‌ی با آرایش ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متری و تراکم ۴ بنه در هر کپه (۱۰۰ بنه در متر مربع) انجام شده بود. فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. عامل‌های مورد بررسی در آزمایش شامل دز علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل (سوپرگالانت، امولسیون ۱۰/۸ درصد، شرکت گل سم گرگان، ایران) در چهار سطح شامل صفر، ۵۴، ۸۱ و ۱۰۸ گرم ماده مؤثره در هکتار (صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه شده) و ماده افزودنی در سه سطح بدون ماده افزودنی، روغن سیتوگیت (آلکیل آریل پلی گلایکول اتر ساخت شرکت زرنگاران پارس) و روغن ذرت (تهیه شده با روش پرس سرد) به مقدار ۰/۵ درصد حجمی بودند. ضمن رعایت فاصله بین کرت‌ها (۸۰ سانتی متر) و بلوک‌ها (۲۰۰ سانتی متر)، در زمان سم‌پاشی از پوشش پلاستیکی روشن به منظور کاهش بادبردگی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استفاده شد. پس از ۵ بار تکرار کالیبراسیون سم‌پاش ماتابی پشتی شارژی کتابی مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت شماره ۸۰۰۲ در فشار دو بار، در هفته آخر بهمن‌ماه ۱۴۰۱ (توسعه کامل برگ‌های زعفران و مرحله ۴ تا ۶ برگی علف‌های هرز باریک‌برگ) سم‌پاشی به‌صورت برگ‌مصرف انجام شد. با توجه به اینکه تا دو هفته پس از اعمال تیمارهای علف‌کشی هیچ‌گونه بارندگی در منطقه رخ نداد و ثبت نشد، شستشوی علف‌کش از سطح برگ نیز اتفاق نیفتاد. مساحت هر کرت ۱۲ متر مربع (۱/۲ عرض و ۱۰ متر طول) بود که نیمی از هر کرت به عنوان شاهد متناظر با هر تیمار در نظر گرفته شد. هر بلوک شامل ۱۲ تیمار علف‌کشی با و بدون مده افزودنی، یک تیمار شاهد عدم وجین علف‌های هرز و یکی تیمار به عنوان شاهد وجین کامل علف‌های هرز بود. طی فصل رشد در کرت‌های دارای تیمار علف‌کشی طی ۳ مرحله (دو هفته قبل از کاربرد علف‌کش، روز قبل از کاربرد علف‌کش و دو هفته بعد از کاربرد علف‌کش) علف‌های هرز پهن‌برگ با وجین حذف شدند. آبیاری‌ها طبق روش مرسوم در انتهای تابستان و پاییز انجام شد. برداشت گل‌های زعفران به تفکیک برای هر واحد آزمایش از ۱۶ آبان ماه شروع شده و به مدت ۲۰ روز ادامه یافت. گل‌ها هر روز توزین شده و کلاله خشک شده (هواخشک به مدت ۷ روز در شرایط سایه و در دمای میانگین ۲۵ درجه سانتی‌گراد (درصد رطوبت کلاله ها در زمان توزین تعیین و حدود ۱۰ درصد بود) (Fallahi et al., 2021) نیز توزین شده و در انتهای دوره مجموع آن‌ها به عنوان صفات عملکردی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

تجزیه‌وتحلیل آماری

پس از بررسی و تأیید نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون‌های شاپیرو-ویلک (Shapiro–Wilk) و کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov)، تجزیه واریانس داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دز علف‌کش ($p\leq$۰/۰۱)، ماده افزودنی ($p\leq$۰/۰۱) و اثر متقابل آن‌ها ($p\leq$۰/۰۵) بر درصد تغییرات تعداد گل زعفران در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۱). ترکیبات تیماری جهت مقایسه با شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر تعداد گل زعفران در مترمربع داشتند (جدول ۲). در بررسی اثر دز علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر می‌توان بیان نمود که بیش‌ترین تعداد گل در زمان کاربرد ۱۰۰ درصد علف‌کش مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۷۵ درصد نداشت.

کم‌ترین تعداد گل نیز از تیمار بدون کاربرد علف‌کش بدست آمد. کاربرد ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد علف‌کش نسبت به شاهد بدون کاربرد علف‌کش موجب افزایش ۲۴/۸۰، ۴۰/۰۱ و ۴۰/۹۸ درصدی تعداد گل در مترمربع شدند (جدول ۳). بر اساس نتایج، بین کاربرد روغن ذرت و عدم کاربرد ماده افزودنی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما کاربرد سیتوگیت منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار با دو سطح دیگر گردید و در واقع موجب افزایش ۲۱/۸۴ درصدی تعداد گل در مترمربع شد (جدول ۳).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات عملکردی زعفران

Table 1 - Results of analysis of variance of the effect of treatments on saffron yield traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean Square (MS)			
		تعداد گل در مترمربع Number of flowers per square meter	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
بلوک Block	2	295.36 ^{ns}	62.57 ^{ns}	6.39 ^{ns}	0.005 *
دز علف‌کش Herbicide dose	3	7675.51 **	660.68 **	60.04 **	0.27 **
ماده افزودنی Adjuvant	2	6293.44 **	593.32 **	45.33 **	0.19 **
دز علف‌کش × ماده افزودنی HD×A	6	956.32 *	122.41 *	12.78 *	0.04 *
خطا Error	22	340.21	46.57	4.86	0.02
ضریب تغییرات C.V. (٪)		9.33	9.55	13.49	13.17

^{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- تجزیه واریانس تأثیر ترکیبات تیماری بر صفات عملکردی زعفران

Table 2 - Analysis of variance of the effect of treatment combinations on saffron yield traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean Square (MS)			
		تعداد گل در مترمربع Number of flowers per square meter	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
بلوک Block	2	220.74 ^{ns}	75.52 ^{ns}	4.03 ^{ns}	0.004 ^{ns}
تیمار Treatment	13	6663.13 **	613.19 **	56.43 **	0.20 **
خطا Error	26	306.05	42.87	4.43	0.01
ضریب تغییرات C.V. (٪)		8.96	9.13	13.22	12.33

^{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 ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده دز علف‌کش و ماده افزودنی بر صفات عملکردی زعفران

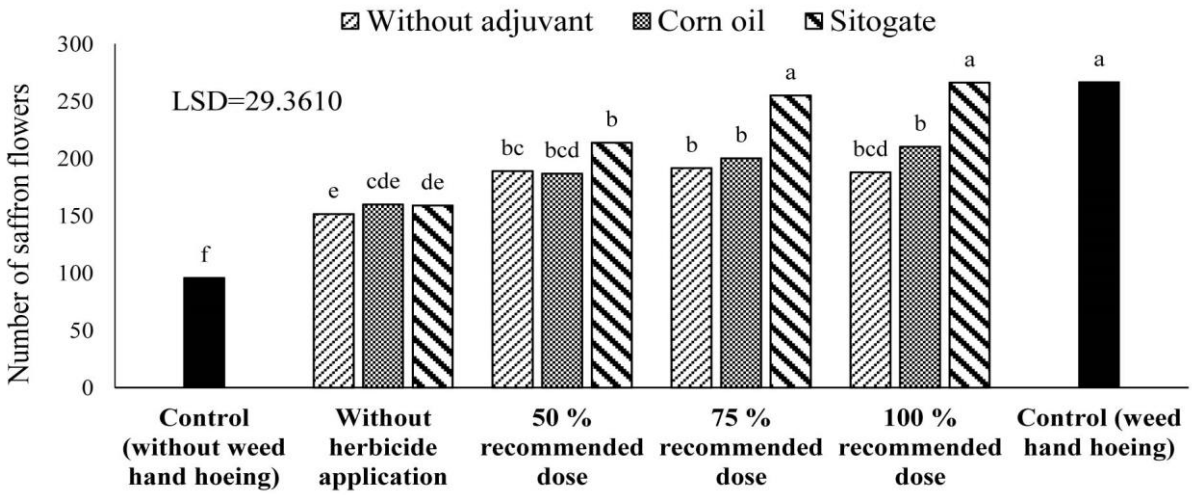
Table 3 - Comparison of the mean simple effects of herbicide dose and adjuvant on saffron yield traits

	تعداد گل در مترمربع Number of flowers per square meter	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
اثر دز علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر Effect of concentration of haloxyfop R methyl ester herbicide				
عدم کاربرد علف‌کش Without herbicide	156.89	60.23	12.70	0.77
کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده (۵۴ گرم ماده مؤثره در هکتار) 50 % recommended dose (54 g ai ha^{-1})	196.67	69.53	16.31	0.99
کاربرد ۷۵ درصد دز توصیه شده (۸۱ گرم ماده مؤثره در هکتار) 75 % recommended dose (81 g ai ha^{-1})	215.67	76.58	18.11	1.10
کاربرد ۱۰۰ درصد دز توصیه شده (۱۰۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) 100 % recommended dose (108 g ai ha^{-1})	221.56	79.48	18.24	1.17
LSD (%5)	18.03	6.67	2.15	0.130
اثر ماده افزودنی Effect of additive				
	تعداد گل در مترمربع Number of flowers per square meter	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
بدون ماده افزودنی Without adjuvant	180.08	66.27	14.8	0.92
روغن ذرت Corn oil	189.42	68.64	15.7	0.96
سیتوگیت Sitogate	223.58	79.46	18.52	1.15
LSD (%5)	15.62	5.78	1.87	0.113

نتایج ارائه شده در شکل ۱ نشان داد که در تیمار عدم کاربرد علف‌کش، بین سطوح ماده افزودنی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. قبل از کاربرد علف‌کش اختلاط مویان و محلول علف‌کش انجام شده و بلافاصله سم‌پاشی انجام شد که منجر به افزایش معنی‌دار تعداد گل در زمان کاربرد سیتوگیت در تمام سطوح کاربرد علف‌کش شد. مقدار این افزایش در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۳۴/۱۳، ۵۹/۸۸ و ۶۷/۶۴ درصد بود. بیش‌ترین تعداد گل نیز در تیمار وجین کامل علف‌های هرز (۷۷/۷۶ درصد) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد در زمان کاربرد سیتوگیت (به ترتیب ۷۷/۴۳ و ۶۹/۲۱ درصد) نداشت.

در مطالعه نوروززاده و همکاران (Norouzzadeh et al., 2007) علف‌کش‌های مختلفی مورداستفاده قرار گرفت نتایج نشان داد که علف‌کش‌های تری فلورالین و اتال فلورالین علف‌های هرز را به خوبی کنترل کرده‌اند ولی گلدهی زعفران را کاهش داده‌اند. مصرف علف‌کش سنکور بعد از برداشت گل زعفران نسبت به تری فلورالین و اتال فلورالین علف‌های هرز را کمتر کنترل کرد ولی تأثیر سویی در تعداد گل زعفران نداشت

همچنین علف‌کش‌های ایوکسینیل و گرانستار نسبت به متری‌بیوزین از کارآیی بالاتری برخوردار بودند. براساس گزارش عباس‌پور (Abbaspoor, 2017)، تعداد گل زعفران (در مترمربع) تحت تأثیر معنی‌دار علف‌کش‌ها قرار گرفت و علف‌کش‌های سولفوسولفورون، نیکوسولفورون، توفوردی + ام سی پی آ، بروموکسینیل + ام سی پی آ، تری بنورون متیل، مت سولفورون متیل + سولفوسولفورون، مزوسولفورون + یدوسولفورون و دی فلوفنیکان باعث کاهش معنی‌دار تعداد گل زعفران نسبت به شاهد وجین دستی شدند اما کاربرد علف‌کش‌های متری‌بیوزین، هالوکسی فوپ متیل، بنتازون، اکسی‌فلوروفن، اکسادیازون، بن سولفورون متیل، آترازین و تریاسولفورون+ دایکمبا کاهش معنی‌دار در تعداد گل زعفران ایجاد ننمودند. صدرآبادی حقیقی و قنادطوسی (Sadrabadi Haghighi & Ghanad Tosi, 2016) بیان نمودند که بر اساس مقایسات میانگین بیش‌ترین تعداد گل مربوط به تیمار وجین شده (بدون علف‌هرز) بود. کم‌ترین تعداد گل مربوط به تیمار علف‌کش اتال‌فلورالین بود هر چند بین تعداد گل در این تیمارها و تیمارهای کاربرد علف‌کش تریفلورالین و اکسی فلورفن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تعداد گل در تیمارهای متریبوزین و ایوکسنیل و وجین نشده حدواسط تیمارهای وجین دستی و کاربرد علف‌کش اتال فلورالین بود.

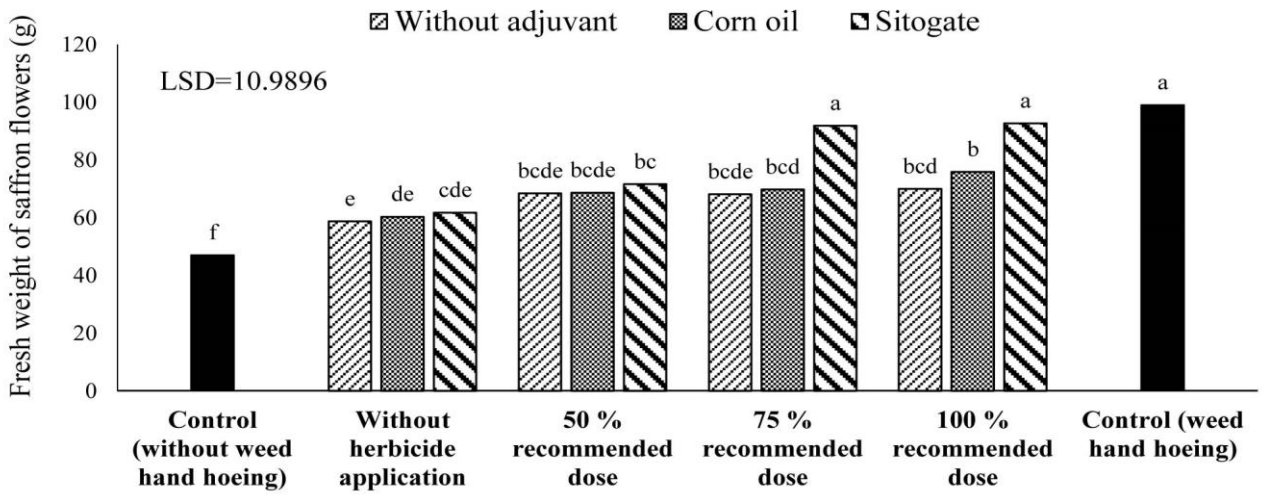


شکل ۱- اثر متقابل دز علف کش و ماده افزودنی بر درصد تغییرات تعداد گل زعفران

Figure 1- Interaction effect of herbicide dose and adjuvant on percentage change in saffron flower number.

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات دز علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر و ماده افزودنی ($p\leq$۰/۰۱) و همچنین اثر متقابل آن‌ها ($p\leq$۰/۰۵) بر وزن‌تر گل زعفران معنی‌دار بود (جدول ۱). ترکیب‌های تیماری در مقایسه با شاهد وجین و عدم وجین علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد، وزن تر گل را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). کاربرد ۱۰۰ درصد علف‌کش منجر به افزایش ۳۷/۱۹ درصدی وزن‌تر گل نسبت به شاهدش گردید که با افزایش ۳۱/۷۲ درصدی در زمان کاربرد ۷۵ درصد علف‌کش نداشت. به‌بیان‌دیگر در سطوح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد کاربرد علف‌کش، وزن‌تر گل زعفران نسبت به شاهد بدون کاربرد علف‌کش به ترتیب ۱۵/۰۹، ۲۶/۷۹ و ۳۲/۰۶ درصد افزایش یافت (جدول ۳). براساس نتایج ارائه شده در جدول ۳، کاربرد سیتوگیت و روغن ذرت به ترتیب ۲۰/۵۳ و ۳/۴۸ درصد نسبت به شاهد بدون ماده افزودنی وزن تر گل زعفران را

افزایش دادند. بین کاربرد روغن ذرت و عدم کاربرد ماده افزودنی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کاربرد ۷۵ و ۱۰۰ درصد علف‌کش به همراه ماده افزودنی سیتوگیت با افزایش ۵۹/۰۹ و ۶۰/۳۲ درصدی اثری مشابه با وجین کامل علف‌های هرز (۶۲/۲۵ درصد) در وزن تر گل زعفران ایجاد نمودند. در زمان عدم کاربرد علف‌کش و کاربرد ۵۰ درصد، بین سطوح ماده افزودنی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد اما در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد، کاربرد سیتوگیت موجب افزایش معنی‌دار در صفت مذکور گردید. عدم وجین علف‌های هرز نیز موجب کاهش ۳۲ درصدی وزن‌تر گل زعفران نسبت به شاهد گردید (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل دز علف‌کش و ماده افزودنی بر وزن تر گل زعفران

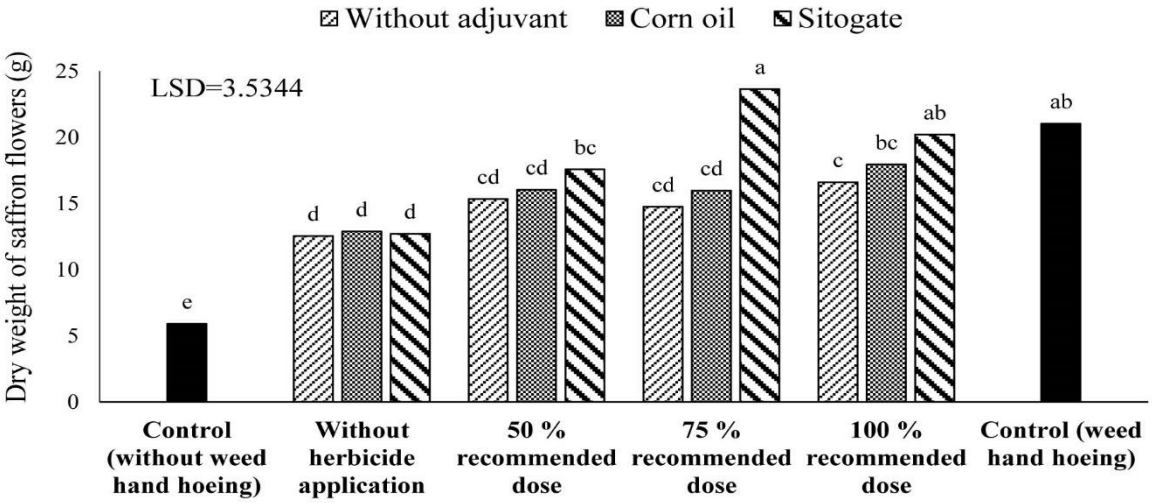
Figure 2 - Interaction effect of herbicide dose and adjuvant on fresh weight of saffron flowers.

بر اساس گزارش زارع حسینی و همکاران (Zare Hosseini et al., 2014)، بالاترین میانگین وزن ترگل مربوط به تیمار وجین و کم‌ترین مربوط به شاهد (عدم کنترل علف‌های هرز) در سال اول و مالچ در سال دوم بود که نشان‌دهنده تأثیر حضور علف‌های هرز بر عملکرد زعفران چندساله حتی در همان سال اعمال تیمار بود. در تیمار وجین به دلیل حذف کامل علف‌های هرز به طور هم زمان و کاهش رقابت، زعفران دارای بیش‌ترین عملکرد بود. کنترل علف‌های هرز با استفاده از کولتیواتورزنی یا وجین دستی عملیات سنتی به شمار می‌روند این روش‌ها در کشاورزی سنتی و نیز در نظام‌های ارگانیک به منظور اجتناب از مصرف علف‌کش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ghorbani et al., 2009). نتایج صدرآبادی حقیقی و قنادطوسی (Sadrabadi Haghighi & Ghanad Tosi, 2016) نشان داد که تیمارهای وجین شده دارای بالاترین وزن‌تر گل در واحد سطح هستند. سایر تیمارهای کاربردی در این آزمایش در دو گروه کلی دسته‌بندی شدند. گروه اول شامل تیمارهای علف‌کش‌های اتال فلورالین و اکسیفلورفن که بیش‌ترین تأثیر منفی را بر روی وزن تر گل داشتند و گروه دوم شامل سایر علف‌کش‌ها و تیمار وجین نشده که تعداد گل در این تیمارها حد واسط تیمار علف‌کش اتال فلورالین و تیمار وجین دستی قرار گرفت.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر دز علف‌کش، ماده افزودنی ($p\leq$۰/۰۱) و اثر متقابل آن‌ها ($p\leq$۰/۰۵) بر درصد تغییرات وزن خشک گل زعفران معنی‌دار بود (جدول ۱). ترکیبات تیماری جهت مقایسه با شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر این صفت

داشتند (جدول ۲). افزایش دز مصرف علف‌کش از سطح صفر به سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب موجب افزایش ۲۸/۹۰، ۴۴/۱۱ و ۶۰/۴۵ درصدی وزن خشک گل زعفران گردید. بین سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد و همچنین بین سطوح ۷۵ با ۵۰ درصد کاربرد علف‌کش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). کاربرد سیتوگیت به صورت معنی‌داری موجب افزایش ۳۷/۴۱ درصدی وزن خشک گل زعفران گردید. بین سطوح بدون ماده افزودنی و افزودن روغن ذرت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

بیش‌ترین وزن خشک گل زعفران در تیمار وجین کامل علف‌های هرز (۱۱۶/۴۶ درصد) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کاربرد ۷۵ و ۱۰۰ درصد علف‌کش (۱۱۵/۴۴ و ۹۱/۳۷ درصد) نداشت. در زمان عدم کاربرد و کاربرد ۵۰ درصد علف‌کش نیز اختلاف معنی‌داری بین سطوح ماده افزودنی مشاهده نشد. در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیز تنها بین کاربرد سیتوگیت با سایر سطوح مواد افزودنی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. عدم وجین علف‌های هرز نیز موجب کاهش ۵۹/۸ درصد وزن خشک گل زعفران شد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل دز علف کش و ماده افزودنی بر وزن خشک گل زعفران

Figure 3 - Interaction effect of herbicide dose and adjuvant on dry weight of saffron flowers.

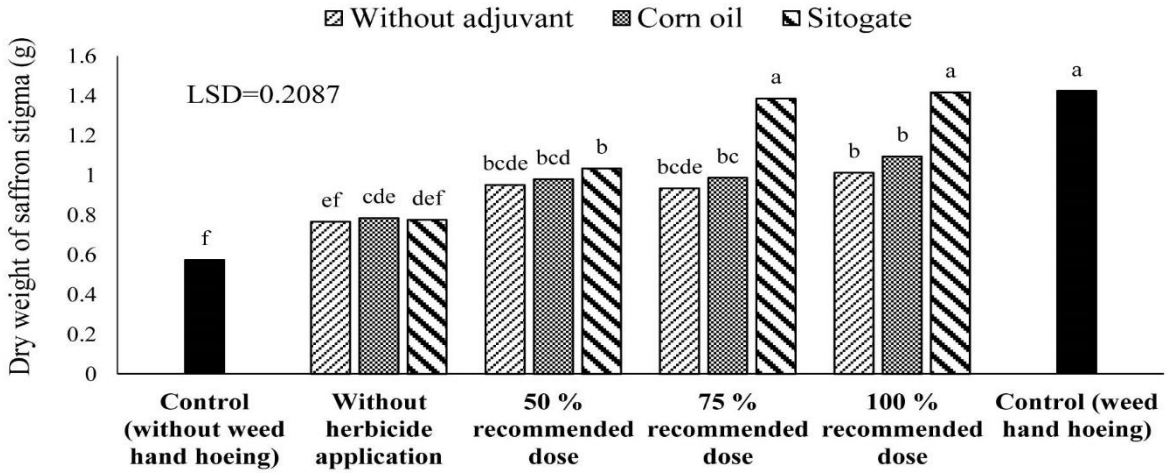
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات دز علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر و ماده افزودنی ($p\leq ۰/۰۱$) و همچنین اثر متقابل آن‌ها ($p\leq ۰/۰۵$) بر وزن خشک کلاله زعفران تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، ترکیب‌های تیماری در مقایسه با شاهد وجین و عدم وجین علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار گرفتند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین با افزایش دز علف‌کش هالوکوسی فوپ آر متیل استر از سطح صفر (عدم کاربرد) به سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده، وزن خشک کلاله زعفران به ترتیب ۲۶/۸۰، ۳۹/۹۰ و ۴۹/۷۶ درصد افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد و همچنین سطوح ۷۵ و ۵۰ درصد کاربرد علف‌کش مشاهده نگردید (جدول ۳). کاربرد ماده افزودنی روغن ذرت و سیتوگیت به ترتیب ۴/۰۹ و ۲۷/۹۸ درصد در وزن خشک کلاله نسبت به شاهد بدون افزودنی ایجاد نمودند و تنها اثر کاربرد سیتوگیت، بر وزن خشک کلاله معنی‌دار بود (جدول ۳).

در بررسی اثر متقابل دز علف‌کش و ماده افزودنی نیز می‌توان بیان نمود که در سطوح صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده کاربرد علف‌کش، افزودن روغن ذرت به ترتیب ۴/۶۶، ۲/۸۲، ۶/۱۱ و ۲/۹۸ درصد و افزودن روغن سیتوگیت به

ترتیب ۸/۲۷، ۹/۶۵، ۴۵/۹۷ و ۴۳/۲۲ درصد، وزن خشک کلاله زعفران را نسبت به شاهد بدون افزودنی افزایش دادند. در سطوح عدم کاربرد و کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده، بین سطوح ماده افزودنی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی در زمان کاربرد ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده، کاربرد روغن سیتوگیت منجر به افزایش معنی‌دار در وزن خشک کلاله زعفران گردید. بیش‌ترین میزان وزن خشک کلاله در تیمار وجین کامل علف‌های هرز (۹۴/۵۱ درصد) مشاهده گردید که ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش همراه با سیتوگیت (به ترتیب ۹۳/۰۴ و ۸۰/۷۲ درصد) نداشت. در تیمار عدم وجین علف‌های هرز نیز کاهش ۳۵/۲۰ درصدی در وزن خشک کلاله زعفران مشاهده گردید که دارای تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح مورد بررسی داشت (شکل ۴).

زراع حسینی و همکاران (Zare Hosseini et al., 2014) بیان نمودند که میانگین وزن خشک کلاله زعفران در تیمار مصرف علف‌کش گالانت سوپر با وجین اختلاف معنی‌داری داشت. کاهش عملکرد کلاله خشک مشابه کاهش عملکرد گل بود و علف‌کش با اثر نامطلوب به صورت خزان زودرس و زرد شدن برگ ها باعث خسارت به گیاه زعفران در سال اول شد که درنتیجه کاهش عملکرد گل و کلاله را در سال اول در پی داشت، در صورتی این علف‌کش در کاهش زیست‌توده علف‌های هرز کشیده برگ کاملاً مؤثر بود. بااین‌حال نتایج سال دوم نشان داد که تیمار علف‌کش عملکرد کلاله را نسبت به شاهد افزایش داد. علف‌کش شوالیه به دلیل اینکه باعث از بین رفتن کامل کرت‌های مورد آزمایش‌شده بوده عملکرد گل و کلاله خشک در آن صفر بود. بر اساس نتایج صدرآبادی حقیقی و قنادطوسی (Sadrabadi Haghighi & Ghanad Tosi, 2016) وجین نمودن علف‌های هرز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای وزن کلاله خشک را افزایش داده است. پس‌ازآن مصرف علف‌کش متریبوزین موجب افزایش وزن کلاله خشک گردید. بین سایر علف‌کش‌ها تفاوت معنی‌داری حاصل نشد. کم‌ترین مقدار وزن کلاله خشک با کاربرد علف‌کش اتال فلورالین حاصل شد هر چند بین این تیمار و تیمار کاربرد علف‌کش اکسی فلورفن تفاوت آماری وجود نداشت. بهروان و همکارن (Behravan et al., 2016) بیان نمودند مقایسه میانگین نتایج اثر برهم‌کنش کود مایع در نوع علف‌کش بر عملکرد زعفران نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان عملکرد زعفران بترتیب مربوط به علف‌کش گالانت سوپر همراه با کود مایع و علف‌کش فوکوس بدون کود مایع بود. همچنین در همه تیمارها، مصرف کود مایع عملکرد بیشتری (اگرچه غیرمعنی‌دار) را تأمین نمود. اگرچه در این تحقیق شاهد عملکرد کمتر زعفران در تیمار علفکش سیکلوکسیدیم (فوکوس) نسبت به تیمار شاهد بودیم، استفاده از علف‌کش‌های کوییزالوفوپ پی اتیل (تارگاسوپر) و هالوکسی فوپ آر متیل (گالانت‌سوپر) افزایش عملکرد زعفران نسبت به شاهد را به همراه داشتند. در تحقیق ایشان مشخص شد که علف‌کش‌های کوییزالوفوپ پی اتیل و هالوکسی فوپ آر متیل نه تنها تأثیر سوئی بر عملکرد کلاله نداشتند، بلکه آن را افزایش هم دادند که البته افزایش عملکرد غیر معنی‌دار بود. این افزایش غیر معنی‌دار به احتمال زیاد تصادفی نبوده و به کم بودن تراکم علف‌های هرز در مزرعه زعفران دو ساله برمی‌گردد. طبیعی است چنانچه به علف‌های هرز اجازه رشد و نمو داده شود، در سال‌های بعد با تقویت بانک بذر خاک، تراکم بیشتری پیداکرده و احتمال آن می‌رود که استفاده از علف‌کش، منجر به افزایش معنی‌دار و قابل‌ملاحظه عملکرد کلاله زعفران گردد. در بررسی نوروززاده و همکاران (Norouzzadeh et al., 2007) وزن خشک ۵۰ کلاله زعفران در تیمارهای مختلف علف‌کش اختلاف معنی‌داری با شاهد وجین دستی نشان نداد. بر اساس نتایج عباس‌پور (Abbaspoor, 2017) نیز مقایسه میانگین وزن خشک ۵۰ کلاله زعفران (صرف‌نظر از مساحتی که این ۵۰ کلاله (گل) از آن‌ها جمع‌آوری‌شده است) هیچ اختلاف معنی‌داری را بین

تیمارهای مختلف نشان نداد که مشخص شد هیچ‌یک از علف‌کش‌های موردبررسی باعث بروز تغییر وزن کلاله زعفران و بروز تغییرات بدشکلی و کم‌وزنی یا بیش وزنی در کلاله زعفران نشدند. زارع حسینی و همکاران (Zare Hosseini et al., 2014) نیز بیان نمودند که نتایج مقایسه میانگین عملکرد کلاله خشک زعفران نشان داد که بالاترین میانگین کلاله خشک مربوط به تیمار وجین و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده گردید. ایشان همچنین بیان نمودند که وجین علاوه بر کاهش علف‌های هرز، بستر زعفران را هوادهی می‌نماید. تیمار وجین با کم‌ترین میانگین وزن خشک علف‌های هرز و بالاترین میانگین کلاله خشک بهترین روش مدیریت علف‌های هرز در زعفران بود.



شکل ٤- اثر متقابل دز علف کش و ماده افزودنی بر وزن خشک کلاله زعفران

Figure 4 - Interaction effect of herbicide dose and adjuvant on saffron stigma dry weight.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که وجین کامل علف‌های هرز منجر به بیش‌ترین اثر افزاینده عملکرد زعفران در بین تیمارهای آزمایش شد. تیمارهای علف‌کشی با و بدون ماده افزودنی منجر به افزایش خصوصیات عملکردی زعفران شامل تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک گل و وزن خشک کلاله زعفران شد. بیش‌ترین تعداد گل در تیمار وجین علف‌های هرز مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد در زمان کاربرد سیتوگیت نداشت. اثر متقابل دز علف‌کش در ماده افزودنی نشان داد که در سطوح صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده کاربرد علف‌کش، افزودن روغن ذرت به ترتیب ۴/۶۶، ۲/۸۲، ۶/۱۱ و ۲/۹۸ درصد و افزودن روغن سیتوگیت به ترتیب ۸/۲۷، ۹/۶۵، ۴۵/۹۷ و ۴۳/۲۲ درصد، وزن خشک کلاله زعفران را نسبت به شاهد بدون ماده افزودنی افزایش دادند. بیش‌ترین میزان وزن خشک کلاله در تیمار وجین کامل علف‌های هرز (۹۴/۵۱ درصد) نسبت به تیمار عدم وجین علف‌های هرز مشاهده گردید که ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد مقدار توصیه‌شده علف‌کش همراه با سیتوگیت (به ترتیب ۹۳/۰۴ و ۸۰/۷۲ درصد) نداشت. در نهایت به نظر می‌رسد که کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل به همراه ماده افزودنی منجر به بهبود خصوصیات عملکردی زعفران در شرایط مزرعه می‌گردد. علاوه بر این، اثرات افزاینده سیتوگیت بر خصوصیات عملکردی زعفران نسبت به روغن ذرت بیشتر بود.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی (پایان‌نامه کارشناسی ارشد) به شماره ابلاغیه ۹۷۵۴ مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۲۲ 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 تنش های محیطی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

مشارکت نویسندگان

منصوره شجاعی: گردآوری داده‌ها. حسین حمامی: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، خدمات نرم‌افزاری، اعتبارسنجی، نگارش پیش‌نویس اولیه مقاله، بررسی مقاله و نگارش نهایی. سید وحید اسلامی: روش‌شناسی، اعتبارسنجی. سهراب محمودی: خدمات نرم‌افزاری، اعتبارسنجی.

دسترسی به داده‌ها و مواد پژوهشی

داده‌ها در صورت درخواست، از طریق نویسندگان (نویسنده مسئول) قابل دسترسی هستند.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

Abbaspoor, M. (2017). Chemical weed control in saffron (*Crocus sativus*) Fields. *Journal of Plant Protection*, *31*(3), 409-419. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.v31i3.53430

Aghhavani Shajari, M., & Rezvani Moghaddam, P. (2022). Are the apocarotenoids content and colorimetric traits of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by some post harvesting operations? *Journal Stored Production Research*, *97*, 101967. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101967

Ahmadian, A., Esmaeilian, Y., Tavassoli, A., Fernandez-G ´ alvez ´, J., & Caballero-Calvo, A. (2024). Application of a superabsorbent hydrogel for improving water productivity and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) under water deficit conditions. *Scientia Horticulturae*, *336*, 113411. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113411

Askary, M., Behdani, M. A., Mollaei, H., Fallahi, H. R., Azarmi-Atajan, F., & Macinaei, H. M. (2024). Bioactive compounds and apoptotic effects of saffron (*Crocus sativus* L.) in different fertilizer conditions. *Biochemical Systematics & Ecology*, *114*, 104806. https://doi.org/10.1016/j.bse.2024.104806

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 & Food Research*, 101970. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101970

Bazoobandi, M., Rahimi, H., & Karimi-Shahri, M. R. (2020). Saffron crop protection. In Saffron (chapter10: pp. 169-185). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818638-1.00010-1

Daneshmandi, M. S., Damghani, A. M., Yazdi, M. A., & Seyyedi, S. M. (2024). The subsurface application of pistachio waste compost and foliar spraying of organic matter can induce the flower yield and the quality of saffron (*Crocus sativus* L.) corms affected by restricted nutrient conditions. *Scientia Horticulturae*, *326*,

112768. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112768

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 with English abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2016.392

Esmaeilian, Y., Amiri, M. B., & Neamatollahi, E. (2022). High density planting and manure affect flower yield, corm characteristics, and volatile compounds of saffron (*Crocus sativus* L.). *Industrial Crops & Products*, *176*, 114363. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114363

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 with English abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2022.359357.1468

Fallahi, H. R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., Behdani, M. A., Sayyari-Zohan, M. H., & Vatandoost, S. (2021). Influence of some pre and post-harvest practices on quality of saffron stigmata. *Scientia Horticulturae*, *278*, 109846. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109846

Feizi, H., Moradi, R., Pourghasemian, N., & Sahabi, H. (2021). Assessing saffron response to salinity stress and alleviating potential of gamma amino butyric acid, salicylic acid and vermicompost extract on salt damage. *South African Journal of Botany*, *141*, 330-343. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.04.036

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 with English abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2019.2242.1089

Ghorbani, R., Rashed Mohasel, M. H., Hosseini, A., Mousavi, K., & Ghalibaf, K. (2009). Sustainable Management of Weeds. Ferdowsi University of Mashhad Press.

Hamdard, S., Fallahi, H. R., Hammami, H. & Sahabi, H. (2025). Effect of reduced levels of the herbicide haloxyfop R-methyl ester in combination with some adjuvants on the growth and flowering of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research, 13*(1), 1-21. https://doi.org/10.22077/jsr.2025.8793.1261

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 & Technology*, *16*(2), 291-299. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807073.2014.16.2.15.1

Hosseini-Evari, Z., Izadi Darbandi, E., Kafi, M., & Makarian, H. (2020a). 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 with English abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2020.2623.1107

Hosseini-Evari, Z., Izadi Darbandi, E., Kafi, M., & Makarian, H. (2020b). Evaluation of the possibility of herbicides use with adjuvants to control broadleaf weeds in saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, *8*(3), 339-359. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22048/JSAT.2020.211626.1372

Jami, N., Rahimi, A., Naghizadeh, M., & Sedaghati, E. (2020). Investigating the use of different levels of Mycorrhiza and Vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, *262*, 109027. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109027

Kaveh, H. (2025). Enhancing saffron (*Crocus sativus* L.) cormlet production under high-temperature stress: Integration of biological and nanoparticle treatments. *Plant Physiology & Biochemistry, 222*, 109702. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2025.109702

Koocheki, A., & Seyyedi, S. M. (2019). Mother

corm origin and planting depth affect physiological responses in saffron (*Crocus sativus* L.) under controlled freezing conditions. *Industrial Crops & Products*, *222*, 111468. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111468

Nanda, S., & Madan, K. (2021). The role of Safranal and saffron stigma extracts in oxidative stress, diseases and photoaging: A systematic review. *Heliyon*, *7*(2), e06117. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06117

Norouzzadeh, S., Abbaspoor, M., & Delghandi, M. (2007). Chemical weed control in saffron fields of Iran. *Acta Horticulture*, *739*, 119-122. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.739.15

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 & Management*, *9*, 300–306. https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2009.00354.x

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 & Management*, *10*, 57–63. https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2010.00367.x

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 & Products*, *34*, 1583–1587. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.05.023

Sadrabadi Haghighi, R., & Ghanad Tosi, 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 with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.v30i1.40210

Semeniuc, C. A., Mandrioli, M., Urs, M. J., & Toschi, T. G. (2024). Quality and authenticity of saffron and sensory aspects. *International Journal of Gastronomy & Food Science*, *38*, 101067. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.101067

Shojaei, M., Hammami, H., Eslami, S. V., & Mahmoodi, S. (2025). 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. *Journal of Saffron Research, 13*(2), 252-237. https://doi.org/10.22077/jsr.2025.9793.1281

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 with English abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2014.6185

Ziaei, S. M., Feizi, H., Khashei Siuki, A., & Sahabi, H. (2024). Yield and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) in response to priming treatments and water deficit. *Italian Journal of Agronomy, 19*, 100020. https://doi.org/10.1016/j.ijagro.2024.100020

Ziani, A., Bekkouch, O., Ouahhoud, S., Baddaoui, S., Ben'Mbarek, S., Bekkouch, A., Khoulati, A., Jaouadi, B., Choi, J., Choi, M., & Kim, H. J. (2025). Phytochemistry, biological activities, molecular mechanisms, and toxicity of saffron (*Crocus sativus* L.): A comprehensive overview. *Antioxidants*, *14*(12), 1433. https://doi.org/10.3390/antiox14121433