



Research Article

Evaluation of the impact of single-purpose, dual-purpose, and herbicide mixtures on weed control, seed yield, and physiological and biochemical changes in the barley cultivar Fardan

Hosseinali Sarli¹, Ebrahim Gholamalipour Alamdari^{2*} , Ziba Avarseji², Ramatollah Mohammadi Gonbad³

¹ MSc graduate in Weed Science, Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan Province, Iran.

² Associate Professor, Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan Province, Iran.

³ Researcher, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan Province, Agricultural and Horticultural Sciences Research Department, Golestan Province, Iran.

Article Info

Received:

January 05, 2026

Accepted:

June 08, 2026

First published online:

June 22, 2026

Corresponding Author:

Ebrahim Gholamalipour
Alamdari

Email:

eg.alamdari@gonbad.ac.ir

Key words:

Apirus,
Axial 1,
Basagran DP,
Chlorophyll content,
Compatible osmolytes,
Seed yield.

Abstract

An experiment was conducted to evaluate the effectiveness of dual-purpose and single-purpose herbicides, as well as herbicide mixtures, in controlling weeds and their impact on yield components, seed yield, and physiological and biochemical traits of the barley cultivar Fardan, using a randomized complete block design with three replications. The treatments included Bazagran DP (Bentazon + Dichlorprop), Axial 1 (Pinoxaden + Cloquintocet-mexyl), Apirus (Sulfosulfuron), Atlantis (Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl-sodium + Mefenpyr-diethyl), Axial (Pinoxaden) + Bromicid MA (Bromoxynil + MCPA), Axial + Buctril-Universal (Bromoxynil + 2,4-D), Granstar (Tribenuron-methyl), Puma Super (Fenoxaprop-p-ethyl), Granstar + Iluxan (Diclofop-methyl), and no herbicide application with manual weeding as the control. The studied herbicides were applied based on the Zadoks growth scale at the initial tillering stage. According to the results, eight weed species were identified in the experimental plots, with prostrate knotweed (*Polygonum aviculare* L.), rough mustard (*Rapistrum rugosum* L.), and wild oats (*Avena ludoviciana* Durieu) being the dominant species. The dry weight of weeds was significantly affected by different herbicide treatments and no herbicide application. The highest barley seed yield was observed in the Bazagran DP and weeding treatments (3653 and 3631 kg ha⁻¹, respectively), while the lowest yield was obtained in the no-herbicide treatment (1361 kg /ha). Axial 1 and its combination with Bromicid MA also increased barley seed yield through effective weed control. Despite a relative increase in osmotic adjustment compounds and total phenols, chlorophyll content decreased. This study indicated that the enhancement of physiological and biochemical protective traits primarily reflects the plant's defensive response to stress rather than an improvement in yield, as these changes could not compensate for the reduction in chlorophyll content and growth. Overall, the application of Bazagran DP and Axial 1 is recommended for improved weed control and increased barley yield.

Cite this article: Sarli, H., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z., Mohammadi Gonbad, R. (2026). Evaluation of the impact of single-purpose, dual-purpose, and herbicide mixtures on weed control, seed yield, and physiological and biochemical changes in the barley cultivar Fardan. *Iran. J. Weed Sci.* 22(1): 39-57. DOI: [10.22034/ijws.2026.371155.1502](https://doi.org/10.22034/ijws.2026.371155.1502)





مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر علف‌کش‌های تک‌منظوره، دومنظوره و اختلاط علف‌کش‌ها بر کنترل علف‌های هرز، عملکرد دانه و تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی جو رقم فردان

حسینعلی سارلی^۱، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری^{۲*}، زیبا اورسجی^۳، رحمت‌الله محمدی گنبد^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم علف‌های هرز، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، استان گلستان، ایران.

^۲ دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، استان گلستان، ایران.

^۳ محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، استان گلستان، ایران.

چکیده

آزمایشی به منظور ارزیابی کارایی مصرف علف‌کش‌های دومنظوره، تک‌منظوره و اختلاط علف‌کش‌ها در مهار علف‌های هرز و تأثیر آن‌ها بر صفات اجزای عملکرد، عملکرد دانه، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی جو رقم فردان، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل بازآگران‌دی‌پی (بنتازون + دیکلوپروپ)، آکسیال ۱ (پنوکسادن + کلونیکوست-مکسیل)، آپروس (سولفوسولفون)، آتلاتیس (مزوسولفوسولفون-متیل + یدوسولفون-متیل-سدیم + مفن‌پایر دی اتیل)، آکسیال (پنوکسادن) + برومایدام (بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ)، آکسیال + بوکتریل-یونیورسال (بروموکسینیل + توفوردی)، گرانستار (تری‌نورون-متیل)، پوماسوپر (فنوکسپروپ‌پی اتیل)، گرانستار + ایلوکسان (دیکلوفوپ-متیل)، بود و عدم کاربرد علف‌کش‌ها و وجین دستی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. علف‌کش‌ها بر اساس کدبندی مراحل رشد زادوکس، در مرحله ابتدای پنجه‌زنی اعمال شدند. بر اساس نتایج، هشت گونه علف‌هرز در پلات‌های آزمایشی شناسایی شدند که علف‌های هرزی نظیر هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.)، شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu) به‌عنوان گونه‌های غالب بودند. وزن خشک علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف علف‌کش و عدم کاربرد آن‌ها قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه جو در تیمارهای بازآگران‌دی‌پی و وجین (به‌ترتیب ۳۶۵۳ و ۳۶۳۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار شاهد بدون علف‌کش (۱۳۶۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. آکسیال ۱ و اختلاط آن با برومایدام نیز با کنترل مؤثر علف‌های هرز، عملکرد دانه جو را افزایش دادند. باوجود افزایش نسبی اسمولیت‌های سازشی و فنول کل، محتوای کلروفیل کاهش یافت. این مطالعه نشان داد که افزایش صفات حفاظتی فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بیشتر نشان‌دهنده پاسخ دفاعی گیاه به تنش است تا بهبود عملکرد، زیرا این تغییرات نتوانستند کاهش کلروفیل و رشد را جبران کنند. در مجموع، کاربرد بازآگران‌دی‌پی و آکسیال ۱ برای بهبود کنترل علف‌های هرز و افزایش عملکرد جو توصیه می‌شود.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۳/۱۸

تاریخ انتشار برخط:

۱۴۰۵/۰۴/۰۱

نویسنده مسئول:

ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری

ایمیل:

eg.alamdari@gonbad.ac.ir

واژه‌های کلیدی:

آپروس، آکسیال ۱،

اسمولیت‌های سازشی،

بازآگران‌دی‌پی، عملکرد دانه،

محتوای کلروفیل.

استناد: سارلی، حسینعلی؛ غلامعلی‌پور علمداری، ابراهیم؛ اورسجی، زیبا؛ محمدی گنبد، رحمت‌الله (۱۴۰۵). ارزیابی تأثیر علف‌کش‌های تک‌منظوره، دومنظوره و اختلاط علف‌کش‌ها بر کنترل علف‌های هرز، عملکرد دانه و تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی جو رقم فردان. *دانش علف‌های هرز ایران*، ۲۲(۱): ۳۹-۵۷.

DOI: 10.22034/ijws.2026.371155.1502

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان است. ۱۴۰۵. © ناشر این مقاله، انجمن علوم علف‌های هرز ایران و موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور است. این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.



Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

مقدمه

جو بعد از گندم با سطح زیر کشت ۱/۶۵۰ هزار هکتار از ۴۶ میلیون هکتار در جهان، دومین گیاه زراعی مهم ایران از نظر ارزش زراعی و تغذیه‌ای به‌شمار می‌رود. همچنین بر اساس آمار موجود در سال ۲۰۲۴، در جهان میزان تولید جو حدود ۱۴۲ میلیون تن و در ایران سه میلیون تن بود (FAO, 2024). یکی از مشکلات عمده مزارع جو، وجود علف‌های هرز می‌باشد. علف‌های هرز گیاهان ناخواسته‌ای هستند که در زمین‌های زراعی رشد می‌کنند و عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی را کاهش و هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهند (Pandya et al., 2005). در بین انواع روش‌های کنترل علف‌های هرز، کنترل شیمیایی با مدیریت مصرف و الگوی انتخاب علف‌کش، یکی از راهکارهای مناسب می‌باشد. اکنون ۲۲ فرمولاسیون علف‌کش برای گندم و جو از خانواده‌های مختلف در کشور به ثبت رسیده است که از میان آن‌ها ۱۱ علف‌کش دومنظوره برای مهار باریک‌برگ‌ها و پهن‌برگ‌ها معرفی شده‌اند (Nourbakhsh, 2021). در بین علف‌کش‌های مصرف شده در دنیا، نقش علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره حائز اهمیت است. ۴۸ نوع علف‌کش از جمله آپروس، گرانستار و آتلانتیس و توتال در این گروه قرار دارند. این گروه از علف‌کش‌ها با ممانعت از سنتز آمینو اسیدهای ضروری نظیر والین، ایزولوسین و لوسین در علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ در تقسیم سلولی اختلال ایجاد می‌کند (Chen et al., 2017). با وجود نقش علف‌کش‌ها در افزایش عملکرد

محصولات و تأمین امنیت غذایی، این مواد به‌دلیل حضور ترکیبات خطرناک در محیط‌های مختلف، خطرات قابل توجهی برای سلامت انسان‌ها و محیط زیست ایجاد می‌کنند (Fernandes et al., 2020). زمانی که علف‌کش‌ها در مزارع کشاورزی، مناطق شهری و جنگل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند تأثیرات منفی کوتاه‌مدت و بلندمدتی بر انسان‌ها، حیوانات، حشرات، حیات وحش و ماهیان داشته باشند (Khan et al., 2023). علاوه‌براین، استفاده نادرست و بیش از حد از علف‌کش‌ها می‌تواند منجر به باقی‌ماندن مقادیر باقیمانده در گیاهان و خاک، سمیت محصول، ایجاد علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش و اثرات مضر بر موجودات غیرهدف شود (Janaki et al., 2015; Sondhia, 2014). در دهه‌های گذشته، تغییر قابل توجهی به‌سمت کشاورزی پرمصرف روی داده است. تحولات و راهبردهای متعددی در این زمینه پدید آمده‌اند، از جمله تلاش‌های گسترده‌تر صنعت شیمی کشاورزی برای کشف علف‌کش‌های جدید، اختلاط علف‌کش‌ها، استفاده از محصولات تراریخته مقاوم به علف‌کش، اصلاح و تولید ارقام زراعی با توانایی رقابت بهتر با علف‌های هرز و افزایش استفاده از علف‌کش‌های سیستمیک و نسل جدید علف‌کش‌های پیش‌رویشی بوده است (Beckie et al., 2019). اولین پیشگامان اختلاط در علف‌کش‌ها کرافت و کلیری در سال ۱۹۳۶ بودند. افزایش طیف کنترل علف‌های هرز، کاهش تعداد دفعات سمپاشی، کاهش ورود مواد شیمیایی به محیط زیست، با استفاده از اثرات هم‌افزایی

(سینرژیستی) آن‌ها، کاهش باقی مانده علف‌کش در خاک و محصول زراعی با استفاده از غلظت پایین علف‌کش‌ها، جلوگیری از توسعه مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها همگی از اهداف اختلاط علف‌کش‌ها است (Zand et al., 2008). یکی از راهبردهای جایگزین مبتنی بر علف‌کش‌ها برای مدیریت علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش، می‌تواند استفاده از علف‌کش‌های دومنظوره تازه معرفی شده با مکانیسم‌های اثر جدید باشد. با بکارگیری این علف‌کش‌ها، امکان جایگزینی علف‌کش‌های با دوز بالا با دوز پایین فراهم می‌شود، گزینه‌های تناوبی با علف‌کش‌های فعلی ایجاد می‌گردد و در نتیجه تعداد مکانیسم‌های اثر در دسترس برای استفاده افزایش می‌یابد (Baghestani et al., 2007). در این رابطه، یافته‌های سمودا و همکاران (Samota et al., 2024) نشان داد که مخلوط پیروکساسولفون با متسولفوروون یا متریبوزین در گندم توانسته‌اند طیف وسیع‌تری از علف‌های هرز را نسبت به کاربرد تک‌منظوره کنترل کنند و بازده اقتصادی بیشتری داشته باشند. در آزمایشی کور و همکاران (Kaur et al., 2018)، با ارزیابی اثر علف‌کش‌های پوماسوپر، آپروس و تاپیک بر روی علف‌های هرز گیاه جو زراعی گزارش نمودند که تراکم و ماده خشک علف‌های هرز و صفات رشدی گیاه از قبیل ارتفاع بوته، تعداد پنجه‌ها در مترمربع، ماده خشک تجمعی، شاخص سطح برگ گیاه جو با عملکرد دانه همبستگی مثبتی نشان دادند و به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد علف‌کش‌های مختلف قرار گرفتند. در مطالعه‌ای دیگر، حسین‌زاده و همکاران (Hosseinzadeh et

al., 2024) گزارش کردند که علف‌کش آتلانتیس در اختلاط با لیتور و آکسیال همراه با برومایسیدام آ بیشترین اثر کنترل‌کنندگی بر علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ و همچنین بیشترین عملکرد دانه گندم در واحد سطح را داشت. همچنین اختلاط علف‌کش لیتور با دومنظوره آتلانتیس و آپروس همراه با آکسیال، نسبت به مصرف انفرادی، منجر به کنترل مؤثرتر علف‌های هرز شد. به‌طور کلی، این مطالعه نشان داد که اختلاط برخی از سموم مورد بررسی موجب اثر هم‌افزایی در کنترل علف‌های هرز می‌شود، بدون آن که اثر سوء قابل توجهی بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی گندم داشته باشد. علف‌کش آکسیال ۱ نسخه‌ای جدیدتر از آکسیال است که ترکیب پینوکسادن، فلوراسولام و کلوکوئینتوس-مکسیل را برای کنترل همزمان علف‌های باریک‌برگ و پهن‌برگ در گندم و جو ارائه می‌دهد و با طیف عملکرد وسیع‌تر در چند سال اخیر وارد بازار شده است. بازاگران‌دی‌پی یک علف‌کش پس‌رویشی که از لحاظ ترکیبات فعال، فرمولاسیون و طیف عملکرد با بازاگران معمولی یکدیگر تفاوت دارند، به‌طوری‌که علاوه بر ماده موثره بنتازون حاوی دیکلوپروپ-پی نیز هست؛ که به آن اثر کنترل گسترده‌تر بر علف‌های هرز پهن‌برگ می‌دهد. بنابراین با توجه به این که کاهش کارایی علف‌کش‌ها و گسترش مقاومت علف‌های هرز، از چالش‌های مهم مدیریت علف‌های هرز در غلات به‌شمار می‌رود که ضرورت ارزیابی علف‌کش‌های جدید با مکانیسم‌های اثر متفاوت را دوچندان کرده

جذب ۹/۸ پی پی ام، پتاسیم قابل جذب ۲۸۰ پی پی ام و بافت خاک لوم رسی سیلتی بود.

این آزمایش در قطعه زمینی به مساحت تقریبی ۸۰۰ مترمربع، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد انواع علف‌کش‌های دو‌منظوره و تک‌منظوره و نیز اختلاط برخی از علف‌کش‌ها بود که شامل بازاگران‌دی‌پی (بنتازون + دیکلوپروپ)، آکسیال ۱ (پنوکسادن + کلوکی‌نوست-مکسیل)، آپروس (سولفوسولفورون)، آتلاتیس (مزوسولفوسولفورون-متیل + یدوسولفورون-متیل-سدیم + مفن‌پایر دی اتیل)، آکسیال (پنوکسادن) + برومایسیدام آ (بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ)، آکسیال + بوکتریل-یونیورسال (بروموکسینیل + توفوردی)، گرانستار (تری‌بنورون-متیل)، پوماسوپر (فنوکسپروپ پی اتیل)، گرانستار + ایلوکسان (دیکلوفوپ-متیل)، بود و عدم کاربرد علف‌کش‌ها و وجین دستی به‌عنوان تیمارهای شاهد در نظر گرفته شد.

علف‌کش‌های مورد بررسی بر اساس سیستم کدبندی زادوکس در زمان آغاز پنجه‌زنی (۲۱ زادوکس) برای کنترل علف‌های هرز، بر روی رقم جو فردان از میان رقم‌های معرفی شده موسسه تحقیقات کشور در سال ۱۳۹۸ اعمال شد. قطعه زمین مورد نظر با یک نوبت شخم و دو نوبت دیسک آماده شد. بر اساس آزمون خاک، کودهای پایه شامل ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به‌صورت پایه و سرک به‌طور دستی روی سطح

است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف مقایسه کارایی علف‌کش‌های رایج غلات شامل آکسیال، آپروس، گرانستار، آتلاتیس، پوماسوپر و ایلوکسان با ترکیبات جدیدتر نظیر بازاگران‌دی‌پی و آکسیال ۱ در مزارع جو انجام شد تا مؤثرترین گزینه برای کنترل پایدار علف‌های هرز معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی به‌منظور ارزیابی اثر علف‌کش‌های غلات بر مشخصات کمی و کیفی جو رقم فردان در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاوس، واقع در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ اجرا شد. متوسط دمای حداکثر و حداقل دمای منطقه به‌ترتیب ۲۹ و ۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین بلندمدت بارندگی سالیانه ۴۲۸ میلی‌متر بود. شهرستان گنبدکاوس از نظر شرایط آب و هوایی دارای اقلیم مدیترانه‌ای با تابستان نسبتاً گرم و خشک است، به‌طوری که ۱۵۰ تا ۲۰۰ روز از سال آبی خشک است.

قبل از اجرای آزمایش، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای طرح اندازه‌گیری شد. بدین منظور، سه کیلوگرم نمونه خاک مرکب به‌طور تصادفی از پنج نقطه مختلف مزرعه و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری با استفاده از اوگر برداشت شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه خاک‌شناسی شهرستان کلاله در استان گلستان منتقل شدند. بر اساس نتایج تجزیه خاک، هدایت الکتریکی ۱/۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر، pH برابر ۷/۸، ماده آلی ۱/۵ درصد، نیتروژن ۱/۱ درصد، فسفر قابل

خاک توزیع شدند. کودهای پایه با کمک دیسک با خاک مخلوط شده و در عمق مورد نظر قرار داده شدند. پس از کرت‌بندی، مقدار بذر مصرفی در هر کرت بر اساس وزن هزار دانه و با تراکم ۲۷۰ دانه در مترمربع با استفاده از دستگاه عمیق‌کار پرسی دیم غلات اعمال شد. پس از سبز شدن گیاهچه‌ها و با رعایت فاصله بین بوته‌ها، بوته‌های اضافه حذف شدند و کرت‌ها به ابعاد $۴ \times ۶/۵$ متر با فاصله بین خطوط ۲۰ سانتی‌متر (۲۰ خط کاشت) طراحی گردیدند. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب نیم

و یک متر در نظر گرفته شد.

زمان سم‌پاشی در روز، حدود ساعت ۵ بعد از ظهر در نظر گرفته شد تا با توجه به دمای کمتر، رطوبت نسبی بالاتر و باد ملایم‌تر، جذب علف‌کش‌ها توسط گیاهان هرز افزایش یابد. برای سم‌پاشی از سمپاش برقی ۲۰ لیتری (تلمبه‌ای) با نازل تی جت استفاده شد که پیش از کاربرد در زمین، سمپاش با فشار دو بار کالیبره گردید و سپس در کرت‌های آزمایشی با رعایت نقشه طرح، دوزهای مصرفی مطابق توصیه سازمان حفظ نباتات (جدول ۱) اعمال شد.

جدول ۱. تیمارهای علف‌کش و دُز مصرفی همراه با شرکت‌های تولیدکننده

Table 1. Herbicide treatments, application rates, and manufacturers

No.	Herbicide	Application rate	Manufacturer
1	Bazagran DP	2 L ha ⁻¹	BASF, Germany
2	Axial I	1 L ha ⁻¹	Syngenta, Switzerland
3	Apirus	26.6 g ha ⁻¹	Bayer, Germany
4	Atlantis	1.6 L ha ⁻¹	Kavosh Sam, Iran
5	Axial + Bromicide MA	1.2 L ha ⁻¹ +1.5 L ha ⁻¹	Syngenta, Switzerland + Aria Shimi, Iran
6	Axial + Buctril	1.2 L ha ⁻¹ +1.52 L ha ⁻¹	Syngenta, Switzerland+ BASF, Germany
7	Granstar + Puma Super	35 g ha ⁻¹ +1 L ha ⁻¹	Aria Shimi, Iran+ Golsam Gorgan, Iran
8	Granstar + Iloxan	35 g ha ⁻¹ +2.5 L ha ⁻¹	Aria Shimi, Iran+ Syngenta, Switzerland

اندازه‌گیری تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

۲۰ روز بعد از اعمال تیمارهای علف‌کش در هر کرت آزمایشی، کوادرات‌هایی به ابعاد $۰/۵ \times ۰/۵$ مترمربع انداخته شد و سپس علف‌های هرز موجود در هر کرت به تفکیک شناسایی و تراکم آن‌ها بر اساس میانگین سه کوادرات در مترمربع گزارش گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک علف‌های هرز، ابتدا هر یک از علف‌های هرز موجود در کوادرات، در نور غیرمستقیم نیمه‌پژمرده شدند و سپس در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (۱۰ درصد نسبت به وزن پایه تر) خشک شد (Caceres, 2000). در پایان نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند و میانگین وزن خشک

علف‌های هرز موجود در هر کرت گزارش گردید.

اندازه‌گیری عملکرد دانه و اجزای عملکرد جو

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، پس از رسیدگی فیزیولوژیک، دانه‌ها با رطوبت ۱۴ درصد و با در نظر گرفتن اثر حاشیه از قسمت داخلی هر کرت، در سطح دو مترمربع خاک برداشت شدند. به این صورت که سه نمونه کوادرات نیم مترمربعی از هر کرت به‌طور دستی کف‌بر شده و متوسط آن‌ها گزارش گردید.

برای تعیین تعداد دانه در سنبله، به‌طور تصادفی ۲۰ سنبله از کل سنبله‌های همان دو مترمربع انتخاب شد. پس از جداسازی سنبله‌ها، همه دانه‌های آن‌ها، شمارش شدند و با تقسیم تعداد دانه‌ها بر تعداد

تازه برآورد شد.

رابطه (۳)

$$\text{Chlorophyll } a = \frac{V (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)}{100 W}$$

رابطه (۴)

$$\text{Chlorophyll } b = \frac{V (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)}{100 W}$$

رابطه (۵)

$$\text{Cartenoids} = \frac{1100(A 470) - 3.27 (mg chl a) - 104 (mg chl b)}{227}$$

که در آن V ، حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، W ، وزن تازه نمونه بر حسب گرم؛ A ، جذب نوری در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر.

در مورد اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول، بررسی به این صورت بود که ۰/۱ گرم از برگ پرچم خشک شده جو در مرحله شروع گلدهی برداشته شد و ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شدند تا قندهای محلول آن به‌طور کامل آزاد شوند. پس از یک هفته، یک میلی‌لیتر از محلول رویی نمونه‌ها برداشته و حجم آن با آب مقطر به دو میلی‌لیتر رسانده شد. سپس یک میلی‌لیتر فنول ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن افزوده شد و میزان جذب نوری بعد از گذشت ۴۵ دقیقه به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Biochrom libera- S22 در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت گردید. در پایان، محتوای قندهای محلول هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن نمونه خشک برآورد شد (Kochert, 1978).

اندازه‌گیری محتوای آمینو اسید پرولین بدین صورت انجام شد که ۵۰۰ میلی‌گرم برگ پرچم تازه گیاه جو

سنبله‌ها، تعداد دانه در هر سنبله به‌دست آمد. وزن هزار دانه با اندازه‌گیری وزن ۱۰۰ دانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و سپس تعمیم آن به ۱۰۰۰ دانه تعیین شد. عملکرد دانه و شاخص برداشت (Ntanos & Koutroubas, 2002) به‌ترتیب با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید.

$$A = \frac{100-B}{86} \times C \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن A ، عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد؛ B ، رطوبت اندازه‌گیری شده در زمان برداشت؛ C ، عملکرد اندازه‌گیری شده پس از خرمکوبی می‌باشد.

$$HI = \frac{GY}{BY} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن HI : شاخص برداشت؛ GY : عملکرد دانه و BY : عملکرد بیولوژیک می‌باشد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی جو

اندازه‌گیری محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی بر اساس روش استون سرد انجام شد (Arnon, 1949). بدین منظور، مقدار ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ پرچم جو با ۱۰ میلی‌لیتر استون سرد ۸۰ درصد کاملاً ساییده شد. محلول حاصل با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل NF 200) شد. سپس فاز محلول در بخش بالایی از فاز رسوب جدا گردید و با استون سرد ۸۰ درصد به حجم معین ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت ریخته و مقدار جذب نمونه‌ها به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، به‌ترتیب برای کلروفیل a ، کلروفیل b و کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مدل Biochrom libera- S22 قرائت گردید. سپس با استفاده از روابط ارائه شده، محتوای رنگیزه‌های کلروفیلی a ، b ، کل $(a+b)$ و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن نمونه

آب جوش قرار گرفت و پس از سرد شدن جذب نوری آن با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Biochrom Libera-S22 در طول موج ۶۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت، مقدار ترکیبات فنولی بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک محاسبه شد (Malick & Singh, 1980).

درصد تحریک‌کنندگی و یا بازدارندگی تیمارها بر صفات مورد بررسی با استفاده از رابطه ارائه شده توسط آمو و همکاران (Amoo et al., 2008) اندازه‌گیری شد.

$$I(\%) = 100 \times \frac{R_1 - R_2}{R_1} \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن، I: درصد بازدارندگی و یا تحریک‌کنندگی، R_1 ، پاسخ گیاه شاهد یا کنترل و R_2 : پاسخ گیاه تیمار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و داده‌های غیرنرمال، با استفاده از نرم‌افزار Minitab (نسخه ۱۴) نرمال شدند. سپس داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ تحت تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد و تمام داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف از معیار (SD) گزارش گردید.

نتایج و بحث

نتایج شناسایی و تعیین وزن خشک علف‌های هرز غالب و کل علف‌های هرز در جو رقم فردان تحت تیمار مختلف وجین، عدم وجین و کاربرد علف‌کش‌های مختلف

در این مطالعه ۸ گونه علف‌های هرز به تفکیک گونه در کرت‌های مزرعه آزمایشی مورد شناسایی قرار

با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳ درصد مخلوط شد. سپس مخلوط حاصل با سانتریفیوژ مدل NF 200 به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه صاف گردید. دو میلی‌لیتر از محلول حاصل به لوله آزمایش منتقل شد. سپس دو میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین به آن اضافه شد. در ادامه، چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول افزوده و به مدت ۲۰ تا ۳۰ ثانیه به خوبی تکان داده شد، به طوری که لایه رویی زرد رنگ تولوئن نمایان گردید. این لایه سپس جدا شد و میزان جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Biochrom libera-S22 در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت، محتوای پرولین با استفاده از منحنی استاندارد پرولین بر حسب میکرومول بر گرم وزن تازه گزارش گردید (Bates et al., 1973).

محتوای ترکیبات فنولی نیز بر اساس روش فولین-سیوکالتو اندازه‌گیری شد. در این روش، ۰/۱ گرم برگ پرچم خشک شده با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول داغ ۸۰ درصد در هاون چینی در دمای اتاق ساییده شد. سپس مخلوط حاصل با سانتریفیوژ مدل NF 200 به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه صاف گردید. فاز بالایی محلول تا غلیظ شدن (حدود دو میلی‌لیتر) در حمام آب جوش قرار داده شد. یک میلی‌لیتر از محلول تغلیظ شده با آب مقطر تا حجم ۵۰ میلی‌لیتر رقیق شد. در مرحله بعد، نیم میلی‌لیتر از این محلول با ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر تا حجم سه میلی‌لیتر رسانده شد، سپس نیم میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو ۵۰ درصد به آن اضافه شد و پس از سه دقیقه، دو میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد افزوده گردید. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در حمام

مصرف علف‌کش، بیشترین وزن خشک علف‌هرز شلمی به تیمار آپروس ۱۲/۴۹ گرم در مترمربع اختصاص داشت (جدول ۳). مطابق نتایج، بیشترین وزن خشک علف‌هرز یولاف وحشی مربوط به عدم کاربرد علف‌کش معادل ۵۰ میلی گرم در مترمربع بود. در میان علف‌کش‌های مورد بررسی، کمترین وزن خشک علف‌هرز یولاف وحشی مربوط به مصرف بازآگران‌دی‌پی ۰/۳۶ میلی گرم بود، اگرچه از لحاظ آماری با برخی از تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). در مجموع، وزن خشک کل علف‌های هرز به شدت تحت تأثیر تیمارهای مختلف علف‌کش و عدم مصرف علف‌کش‌ها کاهش نشان داد. بیشترین اثر بازدارندگی مربوط به تیمار بازآگران‌دی‌پی به مقدار ۹۹/۳۳ درصد بود، اگرچه از لحاظ آماری با برخی از تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۳). به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که علف‌کش بازآگران‌دی‌پی اثر کنترل‌کنندگی مناسب‌تری بر علف‌های هرز جو رقم فردان نشان داد. از سوی دیگر اثر سوء آن بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه جو کمتر بوده است. این در حالی است که سایر علف‌کش‌ها بسته به گونه علف‌های هرز از موفقیت نسبی کمتر و یا هم‌تراز با این علف‌کش برخوردار بودند. به‌طوری که در آزمایش حاضر علف‌کش آپروس اثربخشی ضعیف‌تری بر علف‌های هرز نسبت به سایر تیمارها داشت و جزء ضعیف‌ترین تیمارها در مهار علف‌های هرز غالب بود. هادی‌زاده و همکاران (Hadizadeh et al., 2015) گزارش کردند که گونه‌های موجود در طیف علف‌های هرز به‌طور یکسان به علف‌کش‌های مصرفی واکنش نشان نداده و درصد مهارشوندگی بعضی از گونه‌ها به خوبی بقیه

گرفت. گونه‌ها به ترتیب شامل هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.)، شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu) به عنوان علف‌های هرز غالب و کشنیزک (*Bifora testiculata* Spreng (L.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.)، چچم یک‌ساله (*Lolium rigidum* L.)، خارشر (*Alhagi camelorum* Fisch) و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) به عنوان علف‌های هرز ثانویه بودند.

بر اساس نتایج، اثر عدم مصرف علف‌کش، وجین و مصرف انفرادی بازآگران‌دی‌پی، آکسیال ۱، آپرس، آتلاتیس و اختلاط علف‌کش آکسیال با برومایسیدام آ و بوکتریل و به علاوه گرانتار با پوما سوپر و ایلوکسان بر وزن خشک علف‌های هرز غالب و کل علف‌های هرز در جو رقم فردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مطابق نتایج به دست آمده، بیشترین وزن خشک علف‌هرز هفت‌بند مربوط به تیمار عدم کاربرد علف‌کش معادل ۱۰/۴۰ میلی گرم بر مترمربع بود. در بین علف‌کش‌ها، بیشترین اثر بازدارندگی بر وزن خشک علف‌هرز هفت‌بند مربوط به تیمار آکسیال ۱ (۰/۱۱ میلی گرم در مترمربع) اختصاص داشت، اما از لحاظ آماری با برخی از تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. در مقابل، کمترین اثر بازدارندگی بر وزن خشک علف‌هرز هفت‌بند به تیمار علف‌کش آکسیال + بوکتریل (۰/۵۰ میلی گرم بر مترمربع) اختصاص داشت (جدول ۳). در این مطالعه بازآگران‌دی‌پی و آکسیال ۱ به‌طور کامل علف‌هرز شلمی را در مزرعه جو مورد آزمایش کنترل نمود، به‌طوری که علف‌هرز شلمی در کرت‌های آزمایشی مشاهده نشد. بعد از تیمار عدم

نیست. این گونه‌ها به اصطلاح دشوار-کنترل محسوب شده که ناشی از تحمل ذاتی آن‌ها است و برای مهار آن‌ها علف‌کش‌های جدید با ترکیب چند ماده موثره پیشنهاد می‌شود. علف‌کش‌های ترکیبی جدید همچنین جایگاه شناخته شده‌ای در کاهش سرعت مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌های پرمصرف دارد (Zand et al., 2011).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات وزن خشک علف‌های هرز غالب و مجموع گونه‌های علف‌های هرز در جو رقم فردان تحت تیماروجین، عدم وجین و کاربرد علف‌کش‌های مختلف

Table 2. Analysis of variance of the dry weight of dominant weed species and total weeds in barley cv. Fardan under weeding, non-weeding, and various herbicide treatments

S.O.V	Df	<i>Polygonum aviculare</i> dry weight	<i>Rapistrum rugosum</i> dry weight	<i>Avena ludoviciana</i> dry weight	Total dry weight of weed species
Replication	2	0.003 ^{ns}	0.367 ^{ns}	4.36 ^{ns}	0.4.95 ^{ns}
Treatment	9	30.95 ^{**}	82.44 ^{**}	913.75 ^{**}	1609.78 ^{**}
Error	18	0.002	0.21	2.34	2.59
Coefficient variance (%)	-	3.68	13.83	14.97	10.90

^{ns}: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

** : significant at the 1% confidence level; ns: not significant.

جدول ۳. مقایسه میانگین (میانگین $\pm$ انحراف از معیار) وزن خشک علف‌های هرز غالب و مجموع علف‌های هرز در جو رقم فردان تحت تیماروجین، عدم وجین و کاربرد علف‌کش‌های مختلف

Table 3. Comparison of means (mean $\pm$ standard deviation) of the dry weight of dominant weed species and total weeds in barley cv. Fardan under weeding, non-weeding, and various herbicide treatments

Characteristics	<i>Polygonum aviculare</i> dry weight	<i>Rapistrum rugosum</i> dry weight	<i>Avena ludoviciana</i> dry weight	Total dry weight of weed species
Weedy check	10.40 $\pm$ 0.10 ^a	13.10 $\pm$ 0.10 ^a	50.00 $\pm$ 2.00 ^a	73.50 $\pm$ 0.18 ^a
Hand weeding	0.00 $\pm$ 0.00 ^c	0.00 $\pm$ 0.00 ^d	0.00 $\pm$ 0.00 ^d	0.00 $\pm$ 0.00 ^c
Bazagran DP	0.13 $\pm$ 0.03 ^d	0.00 $\pm$ 0.00 ^d	0.36 $\pm$ 0.07 ^d	0.49 $\pm$ 0.11 ^c
Axial 1	0.11 $\pm$ 0.02 ^d	0.00 $\pm$ 0.00 ^d	1.00 $\pm$ 0.19 ^d	1.10 $\pm$ 0.26 ^c
Apirus	0.47 $\pm$ 0.06 ^b	12.49 $\pm$ 0.84 ^a	1.49 $\pm$ 0.35 ^d	14.38 $\pm$ 1.20 ^c
Atlantis	0.16 $\pm$ 0.02 ^d	5.00 $\pm$ 0.81 ^b	4.81 $\pm$ 0.27 ^c	10.25 $\pm$ 1.06 ^d
Axial + Bromicide MA	0.18 $\pm$ 0.03 ^d	0.00 $\pm$ 0.00 ^d	1.43 $\pm$ 0.31 ^d	2.01 $\pm$ 0.40 ^c
Axial + Buctril	0.50 $\pm$ 0.04 ^b	0.08 $\pm$ 0.14 ^d	34.73 $\pm$ 4.57 ^b	34.83 $\pm$ 4.58 ^b
Granstar + Puma super	0.34 $\pm$ 0.05 ^c	0.94 $\pm$ 0.18 ^c	7.01 $\pm$ 0.12 ^c	8.46 $\pm$ 0.16 ^d
Granstar + Iloxan	0.42 $\pm$ 0.05 ^b	1.17 $\pm$ 0.89 ^c	1.37 $\pm$ 0.41 ^d	2.70 $\pm$ 1.13 ^c
LSD 5%	0.09	0.78	2.62	2.76

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5% significance level based on the LSD test

برومایسیدام‌آ، آکسیال + بوکتریل، گرانستار + پوماسوپر و گرانستار + ایلوکسان در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت جو رقم فردان داشتند (جدول ۴).

نتایج اجزای عملکرد و عملکرد دانه جو رقم فردان تحت تیمار وجین، عدم وجین و کاربرد علف‌کش‌های مختلف

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای عدم مصرف علف‌کش، وجین و کاربرد علف‌کش‌های بازآگران‌دی‌پی، آکسیال ۱، آپروس و آتلانتیس، همچنین اختلاط علف‌کش‌هایی مانند آکسیال +

تعداد سنبله در مترمربع

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در تیمار آکسیال ۱ با مقدار $434/58$ مشاهده شد. این مقدار با تیمارهای شاهد وجین کامل، بازاگران‌دی‌پی، آتلانتیس و اختلاط آکسیال + بروماید ام‌آ (به‌ترتیب با مقادیر $434/38$ ، 430 ، $410/17$ و $413/33$) اختلاف معنی‌داری نداشت و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. کمترین مقدار این صفت به تیمار عدم کاربرد علف‌کش (330) و اختلاط گرانستار + ایلوکسان ($330/33$) اختصاص داشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد تیمارهایی که در آن‌ها علف‌کش آکسیال به کار رفته است، موجب افزایش پنجه‌زایی و در نتیجه افزایش تعداد سنبله در مترمربع افزایش شده‌اند. در مقابل، در تیمارهایی که شامل علف‌کش گرانستار بودند، باعث کاهش پنجه‌زایی و تعداد سنبله در واحد سطح گردیده‌اند.

تعداد سنبله در مترمربع یکی از صفاتی است که تحت تأثیر تراکم بذر در زمان کاشت و پنجه‌زنی گیاه قرار می‌گیرد. از آنجایی که تراکم بذر در زمان کاشت به میزان 270 دانه در مترمربع به‌طور یکسان در همه تیمارها اعمال شده بود، این‌طور به نظر می‌رسد اختلاط علف‌کش آکسیال با علف‌کش‌های بروماید ام‌آ یا بوکتریل موجب تحریک پنجه‌زایی شده و در نتیجه تعداد سنبله در مترمربع را افزایش داده باشد. هرچند که تراکم بوته‌های سبز شده در زمان نمونه‌برداری اندازه‌گیری نشد، اما سبز شدن بوته‌ها در تمامی کرت‌ها به‌طور تقریبی یکنواخت بود و هیچ خلأ یا کاهش استقرار قابل‌توجهی مشاهده نشد. عبادتی و همکاران (Ebadati et al., 2020) گزارش کردند که تفاوت در تعداد سنبله در مترمربع بین دو تیمار وجین

در اوایل پنجه‌زنی و آغاز ساقه رفتن می‌تواند به‌دلیل بهینه شدن شرایط رشد، از جمله دسترسی مناسب به مواد غذایی، تهویه و رطوبت، برای افزایش پنجه‌زنی باشد؛ در حالی که وجین در مرحله ساقه رفتن تأثیری بر تعداد پنجه ندارد. همچنین این مطالعه نشان داد که مصرف علف‌کش‌ها در زمان پنجه‌زنی باعث افزایش تعداد سنبله در مترمربع نسبت به مرحله ساقه رفتن می‌شود، که این امر به‌دلیل حساسیت بیشتر علف‌های هرز در اوایل پنجه‌زنی است. از سوی دیگر، کاهش سنبله در مترمربع در تیمارهایی مانند آپروس، آکسیال + بوکتریل، گرانستار + پوماسوپر و گرانستار + ایلوکسان، می‌تواند ناشی از افزایش تولید ماده خشک علف‌های هرز غالب، مانند یولاف‌وحشی، شلمی و هفت‌بند باشد. در این تیمارها علف‌های هرز بیش از جواز منابع محیطی بهره‌برداری کرده و بنابراین تولید سنبله توسط جو کاهش یافته است. توماس (Thomas, 1994) گزارش نمود که رقابت گندم و علف‌های هرز در دریافت پتانسیل‌های محیطی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه، تعداد سنبله و تعداد دانه در واحد سطح را کاهش داد.

تعداد دانه در سنبله

روند تغییرات تعداد دانه در سنبله جو رقم فردان تحت تیمارهای مختلف علف‌کش‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله به تیمار آکسیال ۱ ($20/63$) اختصاص داشت، اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای وجین، کاربرد علف‌کش‌های بازاگران‌دی‌پی، آتلانتیس، اختلاط آکسیال + بروماید ام‌آ، آکسیال + بوکتریل و گرانستار + پوماسوپر نداشت. تیمارهای اختلاط علف‌کش‌های گرانستار + ایلوکسان ($17/03$) و آپروس ($14/57$)

گزارش کرد که در اثر رقابت علف‌های هرز با گندم تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد. حضور علف‌های هرز در مرحله زایشی منجر به کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه می‌گردد و با کاهش انتقال مواد آسمیلایسیون، تعداد دانه با محدودیت مواجه و کاهش می‌یابد.

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین وزن هزار دانه در این مطالعه نشان داد که تیمارهای مختلف علف‌کش‌ها به جز بازگران‌دی‌پی و همچنین عدم کاربرد علف‌کش‌ها در مقایسه با تیمار شاهد وجین، باعث کاهش معنی‌دار این صفت در رقم جو فردان شدند. با این حال، اختلاف بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود. اگرچه مقادیر به صورت نسبی در سطوح بالا و پایین متفاوت بودند (جدول ۵).

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیکی جو رقم فردان نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین عملکرد بیولوژیک جو مربوط به تیمار وجین علف‌های هرز با مقدار ۹۵۷۹ کیلوگرم در هکتار بود، که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار علف‌کش بازگران‌دی‌پی (۹۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) نداشت. در مقابل، تیمار عدم مصرف علف‌کش‌ها با ۷۶۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

عملکرد دانه

مطابق نتایج جدول ۵، بیشترین عملکرد دانه در جو رقم فردان به تیمارهای وجین علف‌های هرز و کاربرد علف‌کش بازگران‌دی‌پی، به ترتیب با مقادیر ۳۶۳۱ و

به ترتیب در رتبه دوم و سوم قرار گرفتند. به هر حال تیمار عدم کاربرد علف‌کش با مقدار ۱۲/۹۳ از کمترین تعداد دانه در سنبله برخوردار بود (جدول ۵). معمولاً تشکیل پریموردیای سنبلچه روی محور اصلی سنبله در مراحل زادوکس ۱۶ تا ۲۴ در حال شکل‌گیری است. از آنجایی که در گیاه جو از هر سنبلچه پس از گرده افشانی امکان تشکیل یک عدد دانه وجود دارد، لذا پس از سم‌پاشی مشاهده گردید که در تیمارهای آپروس و گرانستار + ایلوکسان به همراه عدم کاربرد علف‌کش، رشد رویشی بوته‌ها بسیار کمتر از سایر تیمارها بوده است، بنابراین به نظر می‌رسد که این دو علف‌کش اثر کنترل‌کنندگی کمتری بر علف‌های هرز داشته است. این درحالی است که برخی از علف‌کش‌ها با علف‌کشی بهتر، شرایط محیطی مطلوب‌تری برای تشکیل دانه را فراهم کرده و در این تیمارها تعداد دانه بیشتری حاصل گردیده است. اصولاً تشکیل دانه بستگی به تأمین مواد غذایی لازم و شرایط محیطی مناسب در مرحله تبدیل مریستم رویشی به زایشی و مراحل بعد از آن دارد. به نظر می‌آید با افزایش تراکم گیاهی و به دنبال محدودیت مواد غذایی و نور، تولید واحدهای زایشی کاهش می‌یابد و در مراحل بعدی با افزایش رقابت برای به دست آوردن نور و مواد غذایی، شمار زیادی از واحدهای زایشی (سنبلچه‌ها و تعداد دانه در سنبلچه) حذف می‌شوند. بنابراین به دلیل رقابت بین دانه‌های در حال رشد و عدم دریافت مواد پرورده، بسیاری از دانه‌ها در ابتدای رشد چروکیده شده و از بین می‌روند، در نتیجه، تعداد دانه کمتری تولید می‌شود (Naseri et al., 2012). کوسنس (Cousens, 1998)

عملکرد اقتصادی می‌شود. در این پژوهش نیز، علف‌کش آپروس کمترین عملکرد دانه را در بین تیمارهای مورد بررسی به خود اختصاص داد. این نتیجه با یافته‌های کلی و پیر (Kelley & Peeper, 2003) هم‌خوانی دارد؛ به‌طوری‌که این محققان گزارش کردند مصرف آپروس در مقادیر ۳۵، ۷۰ و ۱۴۰ گرم در هکتار به ترتیب موجب کاهش عملکرد دانه گندم به میزان ۱۸/۶ و ۲۲/۴ درصد شد. درمقابل، پتریک و استامن (Patrick & Stahlman, 1999) بیان کردند که آپروس (سولفوسولفورون) تراکم علف‌هرز بروموس (*Bromus secalinni*) را تا ۴۰ درصد کاهش داد، اما تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گندم نداشت.

شاخص برداشت

شاخص برداشت مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تیمار وجین و کاربرد علف‌کش‌های بازآگران‌دی‌پی و آکسیال ۱ به ترتیب با مقادیر ۳۸/۱۳، ۳۷/۹۷ و ۳۶/۴۶ درصد، بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. با این حال، این تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای علف‌کش آتلاتیس (۳۳/۹۵ درصد) و ترکیب آکسیال + برومایدام آ (۳۶/۷۸ درصد) نداشتند و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. درمقابل، کمترین شاخص برداشت معنی‌دار مربوط به تیمارهای عدم کاربرد علف‌کش و کاربرد علف‌کش آپروس به ترتیب برابر با ۱۷/۷۹ و ۲۱/۲۰ درصد بود (جدول ۵). شاخص برداشت بیانگر نسبت تخصیص مواد فتوسنتزی به عملکرد اقتصادی در مقایسه با عملکرد بیولوژیک است. به عبارت دیگر، بالا بودن شاخص برداشت نشان‌دهنده انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به دانه می‌باشد. افزایش

۳۶۵۳ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. درمقابل، تیمار عدم کاربرد علف‌کش‌ها با عملکرد ۱۳۶۱ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را نشان داد، اگرچه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار آپروس (۱۶۶۲ کیلوگرم در هکتار) نداشت.

در این مطالعه، تعداد روز تا سنبله‌دهی در جو رقم فردان تحت تأثیر تیمارهای مختلف علف‌کش و عدم کاربرد آن‌ها، در مقایسه با تیمار وجین، تغییر معنی‌داری نشان نداد (داده‌ها نشان داده نشده است). با این حال، اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک روندهای متفاوتی از خود نشان دادند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که صفاتی نظیر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک، نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه جو رقم فردان دارند. افزایش معنی‌دار عملکرد دانه تحت کاربرد علف‌کش‌هایی مانند بازآگران‌دی‌پی (در درجه اول)، و سپس علف‌کش‌های دو‌منظوره نظیر آکسیال ۱ و اختلاط آکسیال + برومایدام آ (در درجه دوم)، ناشی از کاهش چشمگیر وزن خشک کل علف‌های هرز بوده است (جدول ۳). درمقابل، کاهش شدید عملکرد دانه در تیمار اختلاط گرانستار + ایلوکسان، با وجود کنترل نسبی مناسب علف‌های هرز، احتمالاً می‌تواند نشان‌دهنده اثرات منفی این ترکیب بر گیاه زراعی باشد.

کی و همکاران (Ki et al., 2006) گزارش کردند که مصرف علف‌کش تا حد معینی باعث کاهش ماده خشک علف‌های هرز شده و از این طریق توان رقابتی گیاه زراعی را افزایش داده و در نهایت موجب بهبود

بنابراین، افزایش شاخص برداشت را می‌توان ناشی از افزایش عملکرد بیولوژیک و یا بهبود نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک دانست که این امر احتمالاً به دلیل افزایش تعداد دانه در سنبه و تعداد سنبه در واحد سطح (مترمربع) بوده است.

عملکرد دانه می‌تواند ناشی از افزایش عملکرد بیولوژیک (کل ماده خشک تولیدی در واحد سطح) یا افزایش شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) و یا ترکیبی از هر دو باشد. در این پژوهش، عملکرد بیولوژیک جو به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف علف کش قرار گرفت.

جدول ۴. تجزیه واریانس اجزای عملکرد و عملکرد دانه جو رقم فردان تحت تیماروجین، عدم وجین و کاربرد علف کش‌های مختلف

Table 4. Variance analysis of the yield components and grain yield of barley cv. Fardan under weeding, non-weeding, and various herbicide treatments

SOV	Df	Number of spikes per square meter	Number of seeds per spike	1000-seed weight	Biological yield	Grain yield	Harvest index
Replication	2	42.60 ^{ns}	2.25 ^{ns}	0.08 ^{ns}	3074.42 ^{ns}	41775.77 ^{ns}	4.53 ^{ns}
Treatment	9	6268.80 ^{**}	22.48 ^{**}	24.08 ^{**}	1850073.01 ^{**}	1954126.31 ^{**}	157.52 ^{**}
Error	18	429.60	1.32	2.15	96367.58	35105.26	6.74
Coefficient of variation (%)	-	5.37	6.21	4.00	3.74	7.20	8.41

^{ns}: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ^{**}: عدم اختلاف معنی‌دار

^{**}: significant at the 1% confidence level; ns: no significant difference.

جدول ۵. مقایسه میانگین (میانگین $\pm$ انحراف از معیار) صفات اجزای عملکرد و عملکرد دانه جو رقم فردان تحت تیماروجین، عدم وجین و کاربرد علف کش‌های مختلف

Table 5. Mean comparison (mean $\pm$ standard deviation) of the yield components and grain yield of barley cv. Fardan under weeding, non-weeding, and various herbicide treatments

Characteristics	Number of spikes per square meter	Number of seeds per spike	1000-seed weight (mg)	Biological yield (kg/ha)	Grain yield (kg/ha)	Harvest index (%)
Weedy check	330.00 $\pm$ 0.00 ^c	12.93 $\pm$ 0.29 ^c	32.33 $\pm$ 0.57 ^c	7650 $\pm$ 50.00 ^c	1361 $\pm$ 53.51 ^f	17.79 $\pm$ 0.69 ^d
Hand weeding	434.38 $\pm$ 9.38 ^a	20.17 $\pm$ 0.91 ^a	42.14 $\pm$ 0.24 ^a	9579 $\pm$ 351.26 ^a	3631 $\pm$ 63.61 ^a	38.13 $\pm$ 2.00 ^a
Bazagran DP	430.00 $\pm$ 0.00 ^a	20.50 $\pm$ 0.46 ^a	42.23 $\pm$ 0.21 ^a	9563 $\pm$ 76.56 ^a	3653 $\pm$ 251.66 ^a	37.97 $\pm$ 0.85 ^a
Axial 1	434.58 $\pm$ 12.77 ^a	20.63 $\pm$ 1.88 ^a	37.00 $\pm$ 1.73 ^{bc}	8829 $\pm$ 5.51 ^b	3215 $\pm$ 201.58 ^b	36.46 $\pm$ 3.01 ^a
Apirus	321.25 $\pm$ 21.90 ^c	14.57 $\pm$ 0.81 ^c	37.00 $\pm$ 1.73 ^{bc}	7846 $\pm$ 229.13 ^{dc}	1662 $\pm$ 93.18 ^{ef}	21.20 $\pm$ 1.52 ^{cd}
Atlantis	410.17 $\pm$ 46.78 ^{ab}	20.47 $\pm$ 0.97 ^a	35.89 $\pm$ 0.53 ^{bcd}	8396 $\pm$ 349.87 ^{bc}	2854 $\pm$ 248.66 ^c	33.95 $\pm$ 1.63 ^{ab}
Axial + Bromicide MA	413.33 $\pm$ 11.55 ^{ab}	20.17 $\pm$ 1.55 ^a	37.40 $\pm$ 2.11 ^b	8296 $\pm$ 278.33 ^{cd}	3047 $\pm$ 130.51 ^{bc}	36.78 $\pm$ 2.63 ^a
Axial + Bucitrl	388.08 $\pm$ 10.54 ^{bc}	18.90 $\pm$ 1.61 ^{ab}	33.79 $\pm$ 1.30 ^{dc}	7784 $\pm$ 487.17 ^{dc}	2350 $\pm$ 132.29 ^d	30.22 $\pm$ 1.51 ^b
Granstar + Puma super	365.82 $\pm$ 26.94 ^{cd}	19.33 $\pm$ 1.42 ^a	33.64 $\pm$ 2.23 ^{dc}	7663 $\pm$ 246.53 ^c	2345 $\pm$ 142.80 ^d	30.62 $\pm$ 2.17 ^b
Granstar + Iloxan	330.33 $\pm$ 4.51 ^{de}	17.03 $\pm$ 0.91 ^b	34.70 $\pm$ 1.25 ^{cde}	7446 $\pm$ 349.98 ^c	1889 $\pm$ 348.43 ^c	25.51 $\pm$ 5.66 ^c
LSD 5%	35.55	1.97	2.51	533.00	321	4.45

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کل (a+b) و کاروتنوئیدها، همچنین اسمولیت‌های سازشی (آمینو اسید پرولین و قندهای محلول) و صفت بیوشیمیایی محتوای فنول کل در جو رقم فردان، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

نتایج صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جو رقم فردان تحت تیمار وجین، عدم وجین و کاربرد علف کش‌های مختلف

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف شامل عدم مصرف علف کش، وجین و کاربرد علف کش‌های مورد بررسی در جو، بر محتوای

محتوای رنگیزه‌های فتوستتزی کلروفیل a، b، کل (a+b) و کاروتنوئیدها

مطابق نتایج، بیشترین محتوای رنگیزه کلروفیل a در جو رقم فردان مربوط به تیمار شاهد وجین با مقدار ۱/۷۹ میلی گرم بر گرم وزن تازه بود، در حالی که کمترین مقدار آن در تیمار عدم مصرف علف‌کش (۱/۲۵ میلی گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد (جدول ۷).

در مورد محتوای رنگیزه کلروفیل b، این مشخصه فیزیولوژیکی تحت تأثیر کاربرد تمامی علف‌کش‌های مورد بررسی در مقایسه با شاهد وجین کاهش نشان داد، اگرچه اختلاف برخی از آن‌ها با تیمار وجین معنی‌دار نبود. در مجموع تیمار عدم کاربرد علف‌کش‌ها به همراه برخی از علف‌کش‌هایی نظیر آکسیال + بوکتریل، آپروس و گرانستار + ایلوکسان با القای تنش موجب کاهش شدید محتوای رنگیزه کلروفیل b شدند (جدول ۷). در مجموع، محتوای کلروفیل کل برگ پرچم جو در اثر مصرف علف‌کش‌های مختلف (به صورت انفرادی و اختلاطی) در مقایسه با تیمار وجین کاهش یافت. بیشترین بازدارندگی معنی‌دار کلروفیل کل مربوط به تیمارهای عدم کاربرد علف‌کش و آپروس بود که به ترتیب ۳۱/۵۱ و ۲۷/۳۱ درصد کاهش نسبت به تیمار وجین نشان دادند (جدول ۷).

محتوای کاروتنوئیدها نیز در اثر کاربرد علف‌کش‌ها در مقایسه با تیمار وجین روند کاهشی داشت؛ به‌طوری که کمترین و بیشترین مقدار بازدارندگی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای بازآگران‌دی‌پی (۷/۶۹ درصد) و آپروس (۲۸/۲۱ درصد) بود، هرچند این اختلاف در برخی موارد از

نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۷)

به‌طورکلی، کاهش رنگیزه‌های کلروفیلی در تیمارهای عدم وجین و کاربرد علف‌کش‌ها نشان‌دهنده بروز تنش علف‌های هرز در گیاه است؛ به‌گونه‌ای که علف‌های هرز با ایجاد رقابت برای منابع رشد، دسترسی گیاه زراعی را محدود کرده و شرایط تنش‌زا ایجاد می‌کنند. ازسوی دیگر، علف‌کش‌ها نیز می‌توانند با اختلال در فرآیندهای متابولیکی گیاه، اثرات منفی بر رشد و عملکرد آن داشته باشند. دراین‌راستا، زارکو- تیادا و همکاران (Zarco-Tejada et al., 2000) بیان کردند که رنگیزه‌های کلروفیلی برگ از شاخص‌های مهم نشان‌دهنده تنش‌های محیطی هستند و مقدار آن‌ها در شرایط تنش کاهش می‌یابد؛ این کاهش منجر به افت جذب نور، کاهش فتوستتزی و در نهایت کاهش تولید می‌شود. همچنین هار و همکاران (Harre et al., 2018) گزارش کردند که تداخل علف‌های هرز و مصرف علف‌کش‌ها موجب تحریک سنتز ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیاه می‌شود. تلسنسکی و همکاران (Telesinski et al., 2008) نیز کاروتنوئیدها را به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی معرفی کرده‌اند که در شرایط تنش نقش حفاظتی ایفا می‌کنند.

محتوای اسمولیت‌های سازشی

دامنه تغییرات آمینواسید پرولین تحت تیمارهای عدم کاربرد علف‌کش، وجین و کاربرد علف‌کش‌های مختلف بین ۳۱/۱۵ تا ۱۶/۶۵ میکرومول بر گرم وزن نمونه تازه بود. بیشترین و کمترین مقدار به‌ترتیب مربوط به تیمار عدم کاربرد علف‌کش و وجین بود. نتایج نشان داد که کاربرد علف‌کش‌ها موجب القای تنش در گیاه شد؛ به‌گونه‌ای که بیشترین تجمع پرولین

فشار اسمزی و پایداری غشاها و پروتئین‌ها از سلول محافظت می‌کنند. این اثر عمدتاً از طریق تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های کربوکسیل قندها و زنجیره‌های قطبی پروتئین‌ها و در نهایت پایداری ساختار پروتئین‌ها صورت می‌گیرد. برای مثال، تجمع ساکارز می‌تواند فسفولیپیدهای غشای سلولی را حفظ کرده و از تغییرات ساختاری پروتئین‌های محلول جلوگیری نماید (Elhovirdian Hamidi, 2016).

محتوای فنول کل

محتوای فنول کل در جو رقم فردان تحت تنش ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها در مقایسه با تیمار وجین علف‌های هرز افزایش یافت. در بین علف‌کش‌ها، تیمار آپروس با مقدار ۱۱۱/۱۶ میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک بیشترین و تیمار بازاگران‌دی‌پی با مقدار ۷۶/۳۳ میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک کمترین مقدار فنول کل را نشان داد (جدول ۷). نتایج آزمایش‌های هار و همکاران (Harre et al., 2018) نشان داده است که هم تداخل علف‌های هرز و هم کاربرد علف‌کش‌ها موجب تحریک سنتز مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله گلوکاتینون، توکوفرول، فلاونوئیدها، پرولین و ترکیبات فنولی در گیاهان می‌شود.

در برگ پرچم جو رقم فردان مربوط به تیمار علف‌کش آپروس با مقدار ۲۸/۵۸ میکرومول بر گرم وزن نمونه تازه بود (جدول ۷). همچنین، کاربرد علف‌کش‌ها و تیمار عدم وجین منجر به افزایش محتوای قندهای محلول در برگ پرچم شد. بیشترین کمترین افزایش قندهای محلول به ترتیب مربوط به تیمار عدم کاربرد علف‌کش و بازاگران‌دی‌پی بود که به میزان ۱۴۹/۵۷ و ۲۳/۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد وجین افزایش یافتند (جدول ۷).

افزایش تجمع پرولین در شرایط تنش می‌تواند ناشی از تحریک سنتز آن از اسید گلوتامیک، کاهش انتقال از طریق آوندها، جلوگیری از اکسیداسیون و اختلال در سنتز پروتئین‌ها باشد. برخی محققان گزارش کرده‌اند که در مواجهه گیاهان با انواع تنش‌ها، تجزیه پروتئین‌ها و افزایش آمینواسیدها به ویژه پرولین تسریع می‌شود (Hadizadeh et al., 2015). مشرا و دابی (Mishra & Dubey, 2006) بیان نمودند که پرولین علاوه بر حفظ تعادل اسمزی، به عنوان پایدارکننده پروتئین‌ها، کلات‌کننده فلزات، مهارکننده پراکسیداسیون لیپیدی و حذف‌کننده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند. قندهای محلول نیز به عنوان اسمولیت‌های سازگار در شرایط تنش تجمع یافته و نقش حفاظتی ایفا می‌کنند؛ این قندها با تنظیم

جدول ۶. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جو رقم فردان تحت تیمار وجین، عدم وجین و کاربرد علف‌کش‌های مختلف

Table 6. Variance analysis of physiological and biochemical characteristics of barley cv. Fardan under weeding, non-weeding, and various herbicide treatments

SOV	Df	Chlorophyll a content	Chlorophyll b content	Total chlorophyll content	Carotenoids content	Proline content	Soluble sugars content	Total phenol content
Replication	2	0.005 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	15.65 ^{ns}	0.81 ^{ns}	0.34 ^{ns}
Treatment	9	0.08 ^{**}	0.002 ^{**}	0.16 ^{**}	0.08 ^{**}	2118.55 ^{**}	43.48 ^{**}	840.57 ^{**}
Error	18	0.003	0.002	0.006	0.002	21.06	0.64	14.99
Coefficient of variation (%)	-	3.46	8.57	3.97	3.08	4.46	3.29	4.16

^{ns}: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

^{**}: indicates significance at the 1% probability level; ns: no significant difference.

جدول ۷. مقایسه میانگین (میانگین $\pm$ انحراف از معیار) صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جو رقم فردان تحت تیماروجین، عدم وجین و کاربرد علف‌کش‌های مختلف

Table 7. Mean comparison (mean $\pm$ standard deviation) of the physiological and biochemical characteristics of barley cv. Fardan under weeding, non-weeding, and various herbicide treatments

Characteristics	Chlorophyll a content (mg per g fresh weight)	Chlorophyll b content (mg per g fresh weight)	Total chlorophyll content (mg per g fresh weight)	Carotenoids content (mg per g fresh weight)	Proline content (μ mol per g sample fresh weight)	Soluble sugars content (mg per 100 g sample dry weight)	Total phenol content (mg GAE per g sample dry weight)
Weedy check	1.25 $\pm$ 0.05 ^g	0.38 $\pm$ 0.03 ^c	1.63 $\pm$ 0.58 ^g	1.07 $\pm$ 0.05 ^c	31.15 $\pm$ 1.95 ^a	144.20 $\pm$ 6.04 ^a	117.85 $\pm$ 5.81 ^a
Hand weeding	1.79 $\pm$ 0.05 ^a	0.59 $\pm$ 0.02 ^a	2.38 $\pm$ 0.61 ^a	1.56 $\pm$ 0.01 ^a	16.65 $\pm$ 0.09 ^f	57.78 $\pm$ 2.05 ^h	62.40 $\pm$ 2.90 ^f
Bazargan DP	1.69 $\pm$ 0.03 ^b	0.58 $\pm$ 0.03 ^{ab}	2.26 $\pm$ 0.06 ^{ab}	1.44 $\pm$ 0.03 ^b	22.42 $\pm$ 0.41 ^e	71.23 $\pm$ 2.93 ^g	76.33 $\pm$ 3.27 ^e
Axial 1	1.63 $\pm$ 0.07 ^{bc}	0.51 $\pm$ 0.04 ^b	2.14 $\pm$ 0.09 ^{bc}	1.38 $\pm$ 0.02 ^{bc}	24.80 $\pm$ 0.07 ^c	88.13 $\pm$ 2.72 ^f	78.32 $\pm$ 0.25 ^e
Apirus	1.35 $\pm$ 0.04 ^f	0.40 $\pm$ 0.03 ^c	1.73 $\pm$ 0.35 ^{fg}	1.12 $\pm$ 0.06 ^{de}	28.58 $\pm$ 1.53 ^b	130.34 $\pm$ 5.20 ^b	111.16 $\pm$ 5.88 ^b
Atlantis	1.59 $\pm$ 0.02 ^c	0.53 $\pm$ 0.04 ^{ab}	2.12 $\pm$ 0.07 ^c	1.36 $\pm$ 0.04 ^c	24.41 $\pm$ 0.42 ^{cd}	97.03 $\pm$ 1.10 ^e	97.28 $\pm$ 0.43 ^{cd}
Axial +	1.49 $\pm$ 0.10 ^{de}	0.53 $\pm$ 0.06 ^{ab}	2.02 $\pm$ 0.13 ^{cd}	1.34 $\pm$ 0.01 ^c	23.41 $\pm$ 0.61 ^{de}	95.98 $\pm$ 5.88 ^{ef}	94.40 $\pm$ 3.30 ^d
Bromicide MA							
Axial + Buctril	1.41 $\pm$ 0.09 ^{ef}	0.39 $\pm$ 0.08 ^c	1.81 $\pm$ 0.16 ^{ef}	1.15 $\pm$ 0.04 ^d	23.28 $\pm$ 0.15 ^{de}	115.77 $\pm$ 4.97 ^c	94.71 $\pm$ 0.55 ^d
Granstar + Puma	1.57 $\pm$ 0.03 ^{cd}	0.51 $\pm$ 0.03 ^b	2.08 $\pm$ 0.06 ^c	1.40 $\pm$ 0.03 ^{bc}	23.95 $\pm$ 0.21 ^{cd}	105.34 $\pm$ 5.16 ^d	95.75 $\pm$ 1.10 ^d
super							
Granstar + Iloxan	1.49 $\pm$ 0.10 ^{de}	0.43 $\pm$ 0.02 ^c	1.91 $\pm$ 0.02 ^{de}	1.13 $\pm$ 0.05 ^{de}	25.31 $\pm$ 0.06 ^c	122.56 $\pm$ 5.86 ^{bc}	103.67 $\pm$ 5.94 ^c
LSD 5%	0.09	0.07	0.14	0.07	1.38	7.87	6.64

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

Similar letters in each column indicate no significant difference at the 5% probability level based on the LSD test

نتیجه‌گیری کلی

علف‌کش‌های دو منظوره آکسیال ۱ و پهن‌برگ‌کش بازآگران‌دی‌پی در مقایسه با تیمار شاهد (عدم وجین)، موجب کنترل مؤثرتر علف‌های هرز و در پی آن افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در جو رقم فردان در شرایط اقلیمی منطقه گنبدکاووس شده است. این یافته‌ها نشان‌دهنده کارایی بالاتر این علف‌کش‌ها در مدیریت علف‌های هرز تحت شرایط مورد بررسی است. در مقابل، اختلاط علف‌کش‌های گرانستار + پوما سوپر، آکسیال + بوکتریل و آپروس کارایی پایین‌تری در کنترل علف‌های هرز نشان داده و در نهایت منجر به بهبود قابل توجهی در عملکرد دانه نشد، که می‌تواند بیانگر محدودیت اثربخشی این ترکیب در شرایط محیطی و زراعی منطقه مورد مطالعه باشد. باتوجه به گزارش‌های موجود مبنی بر مقاومت علف‌های هرز در استان گلستان، نظیر خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) نسبت به علف‌کش ترینورون متیل (Gherekhloo et al., 2018) و چچم (*Lolium rigidum*) نسبت به کلودینافوپ-پروپارژیل

بررسی‌ها نشان داد که علف‌کش‌های به کاررفته در این آزمایش اثرات متفاوتی بر مهار علف‌های هرز و عملکرد دانه جو رقم فردان دارند. عملکرد دانه در تیمارهای اختلاط از ۱۸۸۹ کیلوگرم در هکتار با استفاده از اختلاط علف‌کش ایلوکسان + گرانستار تا ۳۶۵۳ کیلوگرم در هکتار با کاربرد علف‌کش بازآگران‌دی‌پی متغیر بود، که بیانگر افزایش ۹۳/۴۹ درصدی عملکرد دانه در اثر استفاده از علف‌کش مؤثرتر (بازآگران‌دی‌پی) است. نکته قابل توجه، کاهش ۱۷۴۲ کیلوگرمی عملکرد دانه در هکتار در تیمار اختلاط ایلوکسان + گرانستار نسبت به شاهد (وجین دستی) بود که این نتیجه بیانگر کارایی پایین‌تر این ترکیب در کنترل علف‌های هرز و به تبع آن کاهش عملکرد گیاه زراعی جو بوده و بر اهمیت انتخاب صحیح علف‌کش در برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز تأکید دارد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که کاربرد

سپاس‌گزاری

(Tavasoli et al., 2023)، ضرورت جایگزینی

این پژوهش با حمایت مالی حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه گنبد کاووس انجام شده است، لذا صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

علف‌کش‌های مؤثر و جدید بیش از پیش احساس می‌شود.

منابع

- Amoo, S.O., Ojo, A.U., Van Staden, J. 2008. Allelopathic potential of *Tetrapleura tetraptera* leaf extracts on early seedling growth of five agricultural crops. *S. Afr. J. Bot.* 74: 149-152.
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24: 1-5.
- Baghestani, M.A., Zand, E., Soufizadeh, S., Eskandari, A., PourAzar, R., Veysi, M., Nassirzadeh, N., 2007. Efficacy evaluation of some dual purpose herbicides to control weeds in maize (*Zea mays* L.). *J. Crop Prot.* 26(7): 936-942.
- Bates, L.S. Walderen, R.D., Taere., I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil.* 39: 205-207.
- Beckie, H.J., Ashworth, M.B., Flower, K.C., 2019. Herbicide resistance management: recent developments and trends. *Plants*, 8(6): 161.
- Caceres, A., 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarma ceuticas. Primer Congreso Internacional FITO 2000 Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de las plantas medicinals 27-30 de septiembre, Lima, Peru.
- Chen, G., Wang, L., Xu, H., Wu, X., Pan, L., Dong, L., 2017. Cross-resistance patterns to acetyl-CoA carboxylase inhibitors associated with different mutations in Japanese foxtail (*Alopecurus japonicus*). *Weed Sci.* 65(4): 444-451.
- Cousens, R., 1988. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. *J. Agric. Sci.* 105:513-521.
- Ebadati, A., Gholamalipour Alamdari, E., Avarsaji, Z., Rahemi Karizaki, A., 2020. Effect of application time of dual purpose herbicides and mixing herbicides on weeds control and wheat yield. *Iran. J. Plant Ecophysiol.* 11(39): 192-209.
- Elhovirdian Hamidi, A., 2016. Interactive effects of arbuscular mycorrhizal colonization and Super Galant herbicide on growth and physiology of canola plant (*Brassica napus* L.). Master's Thesis, Faculty of Science, Urmia University, Iran.
- FAO STAT. 2024. Crops and livestock products database <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Fernandes, C.L.F., Volcão, L.M., Ramires, P.F., De Moura, R.R., Júnior, F.M.R.D.S., 2020. Distribution of pesticides in agricultural and urban soils of Brazil: a critical review. *Environ. Sci. Process. Impacts.* 22(2): 256-270.
- Gherekhloo, J., Hatami, Z.M., Alcántara-de la Cruz, R., Sadeghipour, H.R., De Prado, R., 2018. Continuous use of tribenuron-methyl selected for cross-resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Sci.* 66(4): 424-432.
- Hadizadeh, M.H., Nizamabadi, N., Turabi, S.H., 2015. The effectiveness of iodosulfuron + foramsulfuron+tincarbazon as a premixed herbicide compared to the usual registered herbicides for controlling corn weeds (*Zea mays* L.) in Mashhad. The 7th National Weed Conference, September 5th to 7th. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
- Harre, N.T., Nie, H., Jiang, Y., Young, B.G., 2018. Differential antioxidant enzyme activity in rapid-response glyphosate-resistant *Ambrosia trifida*. *Pest Manag. Sci.* 74: 2125-2132.
- Hosseinizadeh, E., Gholamalipour Alamdari, E., Nakhzari Moghaddam, A., 2024. Evaluating the effect of dual and single-purpose herbicides and their combination to control weeds, yield components, seed yield and photosynthetic content of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iran. J. Appl. Res. Ecophysiol.* 9(16): 137-155.
- Janaki, P., Sharma, N., Chinnusamy, C., Sakthivel, N., Nithya, C., 2015. Herbicide residues and their management strategies. *Indian J. Weed Sci.* 47: 329-344.
- Kaur, A., Kumar, S., Singh, N., Kaur, M., 2018. Effect of different herbicides on weeds and growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) in central Punjab. *Agriways*, 6(2): 37-40.
- Kelley, J.P. & Peeper, T.F. 2003. Wheat (*Triticum aestivum*) and rotational crop response to MON 37500. *Weed Technol.* 17(1): 55-59.
- Khan, B.A., Nadeem, M.A., Nawaz, H., Amin, M.M., Abbasi, G.H., Nadeem, M., Ali, M., Ameen, M., Javaid, M.M., Maqbool, R., 2023. Emerging contaminants and plants: interactions, adaptations and remediation technologies. Springer, Cham. Pp. 109-134.

- Ki, D.S. Marshall, E.J.P. Brain, P., Caseley, J.C., 2006. Modeling the effects of sub-lethal doses of herbicide and nitrogen fertilizer on crop-weed competition. *Weed Res.* 46: 492-502.
- Kochert, G., 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Hellebust JA, Craigie JS, (Ed) Handbook of Phycological Methods, Physiological and Biochemical Methods. Pp. 95-97.
- Malick, C.P. & Singh, M.B. 1980. In plant enzymology and histoenzymology. Kalyani Publishers, New Delhi. 286 Pp.
- Mishra, Sh. & Dubey, R.S. 2006. Heavy metal uptake and detoxification mechanisms in plants. *Int. J. Agric. Res.* 1(2): 122-141.
- Naseri, R. Soleymanifard, A. Khoshkhabar, H. Miraei, A., Nazaralizadeh, K., 2012. Effect of plant density on grain yield, yield components and associated traits of three durum wheat cultivars in western Iran. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 4(2): 79-85.
- Nourbakhsh, S., 2021. List of important pests, diseases and weeds of agricultural products, chemicals and recommended strategies to control of them. Plant Protection Organization, Ministry of Agricultural Jihad, Iran. 224 Pp.
- Ntanos, D.A. & Koutroubas, S.D., 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 74: 93-101.
- Pandya, N. Chouhau, G.S., Nepulia, V., 2005. Effect of varieties, crop geometrics and weed management on nutrient uptake by soybean (*Glycine max*) and associated weeds. *Indian J. Agron.* 50(3): 218-220.
- Patrick, W. & Stahlman, W., 1999. Environmental and application effects Mon 37500 efficacy and Phytotoxicity. *Weed Sci.* 47: 736-739.
- Samota, S.R., Chhokar, R.S., Yadav, D.B., Kumar, N., Gill, S.C., Mamrutha, H.M., 2024. Pyroxasulfone based tank-mix herbicide combinations for diverse weed flora control in wheat. *J. Crop Prot.* 181: 106695.
- Sondhia, S., 2014. Herbicides residues in soil, water, plants and nontargeted organisms and human health implications: an Indian perspective. *Indian J. Weed Sci.* 46: 66-85.
- Tavasoli, A., Gharekhloo, J., Ghaderi-Far, F., Zand, E., Osuna, M.D., De Prado, R., 2023. Identification of *Lolium rigidum* gaud. biotypes resistant to the clodinafop propargyl herbicide in wheat fields of Golestan province. *J. Crop Prod.* 15(4): 1-18. (In Persian with English Abstract)
- Telesinski, A., Nowak, J., Smolik, B., Dubowska, A., Skrzyiec, N., 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean plants. *J. Elem.* 13: 401-409.
- Thomas, J.B. Schaalje, G.B., Grant, M.N., 1994. Height, competition and yield potential in winter wheat. *Euphytica*, 74: 9-17.
- Zand, A., Baghestani, M.A. Mousavi, S.K., Ovisi, M., Ebrahimi, M., Rastgoo, M., Labafi Hossein Abadi, M.R., 2008. Weed Management Guide. Mashhad Jihad Daneshgahi Publications, Mashhad, Iran. 275 Pp.
- Zand, A., Shimi, P., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., 2011. Herbicides and important weeds of Iran. 2nd edition, University Publication Center. 1542 Pp. (In Persian)
- Zarco-Tejada, P.J., Miller, J.R., Mohammad, G.H., Noland, T.L., Sampson, P.H., 2000. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. *Remote Sens. Environ.* 74(3): 582-595.