Iranian Plant Protection Research
https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 40, No. 3, 2026, p. 737- 749

Comparative Study of the Effect of Some Pre-emergence Herbicides with Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican (Othello) in Ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin.) Control and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Yield

Narges Keshavarz Mollae[1], Mohammad Rezvani[1*], Hamid Salehian[1], Morteza Noralizadeh Otaqsara[2]

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, QaS.C., Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
2- Departement of Plant Pathology Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education of Mazandaran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran
(*- Corresponding author's Email: m_rezvani52@iau.ac.ir)

Received: 30-12-2025
Revised: 04-03-2026
Accepted: 15-03-2026
Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:
Keshavarz Mollae, N., Rezvani, M., Salehian, H., & Noralizadeh Otaqsara, M. (2026). Comparative study of the effect of some pre-emergence herbicides with Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican (Othello) in ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin.) control and wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. *Iranian Plant Protection Research*, *40*(3), 737-749. (In Persian).
http://doi.org/10.22067/JPP.2026.97265.1273

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the most important winter cereal grown in Iran. Narrow-leaved, and broad-leaved Weeds are the main factors reducing wheat production due to the competition for resources such as light, nutrients, and soil moisture. Control of ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin.) faces many difficulties due to the morphological and phylogeographic similarities In wheat fields. Selection of suitable herbicide is essential for successful control of this weed. Currently, conventional herbicides that are applied post-emergence at tillering stage of wheat are often unable to control ryegrass. Therefore, we studied the effect of pre-emergence herbicides hncluding pyroxasulfone (WG 85%), metribuzin (WP 70%), and flumioxazin (WP 50%) were selected to compare with Diflufenican 5% + Mesosulfuron methyl 0.75% + Iodosulfuron methyl sodium 0.25% (Othello (6% OD)) on ryegrass control in wheat yield.

Materials and Methods

In order to compare the efficacy of some pre-emergence herbicides with the Othello in control of ryegrass in wheat, experiments with 10 treatments and 4 replications per treatment in a randomized complete block design were conducted at two agricultural research fields including Gavdasht (Babol county) and Bayakola (Neka County), at Mazandaran province of Iran in 2022-.2023 growing season The treatments were included application of Pyroxasulfone 150 g ha^{-1}, Pyroxasulfone 200 g ha^{-1}, metribuzin 300 g ha^{-1}, metribuzin 400 g ha^{-1}, metribuzin 500 g ha^{-1}, flumioxazin 100 g ha^{-1}, and flumioxazin 150 g ha^{-1}, Pyroxasulfone 150 g ha^{-1} + metribuzin 300 g ha^{-1}, Othello 1.6 L ha^{-1}, and weeding as control treatment. Density and biomass of ryegrass were determined. Wheat density, grain yield, and biological yield were determined in both unsprayed and sprayed sub-plots on the 9th (Gavdasht) and 11th (Baykola) of June 2023 which once grains were fully ripped. Before analysis of variance, a test of normality on collected data using PROC UNIVARIATE in SAS software was performed. To test the homogeneity of the data for both experimental sites, all data were subjected to the Bartlett

Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

http://doi.org/10.22067/JPP.2026.97265.1273

test. Due to the none-uniformity between the data of two experimental sites and analysis of variance were performed separately. Analysis of variance was performed using the PROC GLM procedure. Mean comparisons were done using the LSD test at 1% probability levels.

Results and Discussion

The application of metribuzin 500 g ha^{-1}, metribuzin 400 g ha^{-1}, and Flumioxazine 400 g ha^{-1} had the lowest wheat density at both Bayakola and Gavdasht stations. Application of this pre-emergence herbicide damaged to wheat seed germination that caused reduction in wheat density. Treatment of pyroxasulfone 150 g ha^{-1} + metribuzin 300 g ha^{-1} at both Baykola and Gavdasht stations, caused a 71.5 % and 78.8 % reduction in ryegrass density, respectively, while having the highest wheat density. Moreover, a 76.9 and 80.2 percent reduction in ryegrass biomass compared to the control, was observed by application of Pyroxasulfone 150 g ha^{-1} + metribuzin 300 g ha^{-1}. Wheat grain yield and change in grain yield both at Baykola and Gavdasht stations significantly affected by treatments. Wheat grain yield at both Bayakola and Gavdasht at combined application of Pyroxasulfone 150 g ha^{-1} + metribuzin 300 g ha^{-1} was maximum, which resulted in 40.4% and 38.3% compared to the control sub-plot, respectively. Generally, both biological and grain yield at Gavdasht was lower than Bayakola field due to the heavy rainfalls in October and November 2022 and also lower temperature. Heavy rainfalls that followed the pre-emergence herbicide and cold temperature resulted in wheat seedling injuries and decreased yield at Gavdasht station compared to the Baykola field.

Conclusion

Combined application of Pyroxasulfone 150 g ha^{-1} + metribuzin 300 g ha^{-1} increased wheat grain yield and controlled rygrass successfully at both Baykola and Gavdasht stations without causing stress or adverse effects on wheat seed germination and density. According to our results, application of pre-emergence herbicides with proper combination of some other pre-emergence and/or post-emergence herbicides could appropriately declined ryegrass density in wheat and reduces the likelihood of resistance to herbicides in the long run. Weather conditions such as heavy rainfall and low temperature may occur during and after application of post-emergence herbicide treatments should be considered to avoid injuries and increase crop safety. Further research is needed to explore ways to avoid wheat injury occasionally caused by heavy rainfall and/or irrigation, also low temperature, after pre-emergence herbicide application.

Keywords: Competition, Flumioxazin, Metribuzin, Pre-emergence herbicide, Pyroxasulfone

پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۴۰ شماره ۳، پاییز ۱۴۰۵، ص. ۷۴۹-۷۳۷

بررسی مقایسه‌ای تأثیر برخی علف‌کش‌های پیش‌رویشی با مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان+ مفن‌پایر دی‌اتیل (اوتللو) بر مهار چچم (*Lolium rigidum* Gaudin.) و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

نرگس کشاورز ملایی[۱]- محمد رضوانی[۱*]- حمید صالحیان[۱]- مرتضی نورعلی‌زاده اطاقسرا[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۳

چکیده

در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.)، مهار علف هرز چچم (*Lolium rigidum* Gaudin.) به‌دلیل تشابهات ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی با دشواری‌های زیادی روبه‌رو است بنابراین، انتخاب علف‌کش مناسب برای موفقیت در مهار این علف هرز و افزایش عملکرد گندم ضروری است. این پژوهش با هدف مقایسه کارآیی برخی علف‌کش‌های پیش‌رویشی با علف‌کش مزوسولفورون متیل ۰/۷۵ درصد + یدوسولفورون متیل سدیم ۰/۲۵ درصد + دیفلوفنیکان ۵ درصد (اوتللو (OD 6%)) و به‌صورت آزمایشی با ۱۰ تیمار و چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو ایستگاه تحقیقاتی گاودشت شهرستان بابل و بایعکلا شهرستان نکا در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. تیمارها شامل استفاده از علف‌کش‌های پیش‌رویشی پیروکساسولفون (WG 85%) به‌میزان ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در هکتار، متری‌بیوزین (WP 70%) به‌میزان ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار، فلومیوکسازین (WP 50%) به‌میزان ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در هکتار، پیروکساسولفون به‌میزان ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین به‌میزان ۳۰۰ گرم در هکتار، اوتللو به‌میزان ۱/۶ لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی گندم بودند. نتایج نشان داد که در هر دو مکان، تیمار متری‌بیوزین به‌میزان ۴۰۰ گرم در هکتار و ۵۰۰ گرم در هکتار علی‌رغم مهار مناسب علف هرز چچم، بر تراکم گندم اثر منفی داشتند که ناشی از خسارت استفاده از مقادیر بالای علف‌کش متری‌بیوزین بر جوانه‌زنی بذر گندم بود. پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار در هر دو ایستگاه بایعکلا و گاودشت ضمن داشتن بیشترین تراکم گندم، موجب کاهش ۷۱/۵ و ۷۸/۸ درصدی تراکم علف هرز چچم و کاهش ۷۶/۹ و ۸۰/۲ درصدی زیست‌توده علف هرز چچم نسبت به شاهد شد. علاوه‌بر این، کاربرد ترکیبی دو علف‌کش پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار توانست عملکرد دانه گندم را بیش از ۴۰ و ۴۲ درصد به ترتیب در ایستگاه‌های بایعکلا و گاودشت نسبت به شاهد افزایش دهد، بدون این‌که اثر سوئی بر گندم وارد کند. با توجه به این نتایج توصیه می‌شود که با معرفی علف‌کش‌های پیش‌رویشی ضمن استفاده از مقادیر مناسب آن‌ها، می‌توان بدون ایجاد خسارت روی گندم، به‌طور مناسبی چچم را مهار و عملکرد گندم را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: پیروکساسولفون، رقابت، علف‌کش پیش‌رویشی، فلومیوکسازین، متریبوزین

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یک گیاه زراعی مهم در ایران و بسیاری از کشورهای جهان است و نزدیک به ۲۵ درصد سطح کشت اراضی زراعی دنیا را در بر می‌گیرد (FAO, 2022). علف‌های هرز به‌دلیل رقابت مستقیم با گندم برای دستیابی به منابعی از قبیل نور، عناصر غذایی و رطوبت خاک، یکی از عوامل مهم و اصلی کاهش تولید و عملکرد در گندم هستند (Colbach et al., 2017). گونه‌های زیادی از علف‌های هرز در مزارع گندم مازندران و کشور شناسایی شدند که در دو گروه کلی پهن‌برگ‌ها و باریک‌برگ‌ها تقسیم می‌شوند. در میان علف‌های هرز باریک‌برگ، چچم به‌عنوان مهم‌ترین

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران
۲- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m_rezvani52@iau.ac.ir)
http://doi.org/10.22067/JPP.2026.97265.1273

گونه علف‌های هرز باریک‌برگ در مزارع گندم می‌باشد که مهار آن به‌دلیل تشابهات مورفولوژیک با دشواری‌های زیادی روبه‌رو است و در سال‌های اخیر مدیریت شیمیایی آن برای کشاورزان به چالشی بزرگ تبدیل شده است (Nooralizadeh Otaqsara & Fallahi, 2021).

چچم (*Lolium rigidum* Gaudin.) گیاهی دیپلوئید و دگرگشن می‌باشد که با توجه به تنوع ژنتیکی بالا، تمایل به بروز مقاومت به علف‌کش‌ها را دارد. بروز مقاومت در گونه‌های مختلف از جمله *Lolium rigidum* در منابع مختلف گزارش شده است (Heap, 2023) و به‌عنوان مهم‌ترین گونه چالش‌برانگیز مقاوم به علف‌کش‌ها در نقاط مختلف دنیا معرفی شده است (Beckie & Jasieniuk, 2021). علف هرز چچم قادر است در هر مترمربع حدود ۴۵ هزار بذر تولید نماید (Goggin et al., 2022) که با توجه به داشتن خواب بذر، قوه نامیه طولانی و طول عمر زیاد می‌توانند سالیان متمادی منجر به آلودگی اراضی زراعی شود. مقدار خسارت این علف هرز در دنیا بسته به شدت تراکم ۵۵ درصد (Lemerle et al., 2013) و حتی تا ۷۰ درصد (Ramesh et al., 2017) نیز گزارش شده است. این گونه رقابت شدید با گندم داشته و موجب کاهش تعداد پنجه‌های بارور و در نتیجه کاهش عملکرد گندم دانه تا ۶۸ درصد می‌شود (Mamnoie et al., 2023). در تحقیق دیگری، پوررضا (Pourreza, 2017) نشان داد که چچم در رقابت با گندم توانست موجب کاهش شدید عملکرد شود.

در بین روش‌های مختلف مهار علف‌های هرز، روش کنترل شیمیایی علف‌های هرز مهم‌ترین راه مبارزه با این گیاهان در کشاورزی امروزی است، زیرا این روش اغلب مهار مؤثر و اقتصادی علف‌های هرز را زمانی که علف‌کش به‌میزان توصیه‌شده و مرحله رشدی مناسب به کار می‌رود، امکان‌پذیر می‌کند (Kumar et al., 2021). از طرفی، ممنوعی و همکاران(Mamnoie et al., 2023) عواملی مانند ضعف علف‌کش‌ها و در دسترس نبودن علف‌کش کارآمد و مؤثر و کاربرد متوالی علف‌کش‌ها با نحوه عمل مشابه را از مهم‌ترین عوامل طغیان علف هرز در مزارع گندم ذکر کرده اند. بنابراین برای رهایی از این چالش، معرفی علف‌کش‌هایی با نحوه عمل متفاوت که توانایی مهار این علف هرز را داشته باشند و برای گندم انتخابی عمل کنند، یکی از راه‌های مهم در مدیریت علف هرز و جلوگیری از روند مقاومت به علف‌کش‌ها می‌باشد.

علف‌کش فلومیوکسازین (کلین شیت) از جمله علف‌کش‌های پیش‌رویشی خانواده ان‌ـفنیل‌فتالیمید است که بازدارنده آنزیم پروتکس (از جمله آنزیم‌های مهم در فرآیند سنتز کلروفیل است) محسوب می‌شود. تیمار خاک با علف‌کش فلومیوکسازین سبب بروز علائم نکروز و مرگ سریع متعاقب قرارگیری گیاهان حساس رویش‌یافته در معرض نور خورشید می‌شود. فلومیوکسازین علف‌کشی با نحوه عمل متفاوت با بسیاری از علف‌کش‌های رایج است و از آن می‌توان در برنامه مدیریت مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها بهره گرفت (Nooralizadeh Otaqsara, 2021).

علف‌کش پیروکساسولفون (ساکورا) از طریق بازدارندگی سنتز اسیدهای چرب با زنجیره خیلی بلند عمل می‌کند. این علف‌کش بازدارنده رشد ریشه و شاخساره است که دانه‌رست‌های گونه‌های حساس را قبل یا بلافاصله بعد از خروج از خاک از بین می‌برد (Anonymous, 2017). علف‌کش پیروکساسولفون برای مهار پیش‌رویشی علف‌های هرز یک‌ساله باریک‌برگ و پهن‌برگ در گندم و برخی گیاهان‌زراعی خانواده باقلاییان نظیر سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) معرفی شده است. رطوبت مناسب خاک برای اثرگذاری این علف‌کش ضروری است. پیروکساسولفون قادر به مهار علف‌های هرز رویش‌یافته نیست Mousavi et al., 2020()).

متری‌بیوزین (سنکور) علف‌کش انتخابی از گروه تریازینون‌ها و بازدارنده انتقال الکترون در فتوسیستم II می‌باشد. این علف‌کش برای مهار علف‌های هرز پهن‌برگ و برخی از باریک‌برگ‌ها در مزارع سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، خیار (*Cucumis sativus* L.)، سویا، گندم و جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌صورت پیش و پس‌رویشی کاربرد دارد (Mamnoie et al., 2024). متری‌بیوزین با اتصال به پروتئین D1 در فتوسیستم II باعث بازدارندگی در فتوسیستم II در گیاهان حساس می‌شود. در فتوسیستم II الکترون برانگیخته‌شده توسط یک مولکول آب جایگزین می‌شود، در نتیجه اکسیژن تولید می‌شود و سپس الکترون برانگیخته‌شده به‌وسیله پلاستوکوئینون به فتوسیستم I منتقل می‌شود. این علف‌کش انتخابی و سیستمیک است که اساساً جذب ریشه‌ای داشته، ولی از طریق برگ هم جذب می‌شود و از طریق آوند آبکشی انتقال می‌یابد (Pesticide Manual Book, 2021).

علف‌کش اوتللو نام تجاری یک آمیخته علف‌کشی از سه علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل سدیم + دیفلوفنیکان + ایمن کننده مفن‌پایر دی‌اتیل می‌باشد. این علف‌کش از طریق ریشه و برگ جذب گیاه می‌شود و لذا از طریق آوندهای چوبی و آبکشی در گیاه حرکت می‌کند. این علف‌کش قادر به مهار علف‌های هرز باریک‌برگ یولاف وحشی (*Avena fatua* L.)، دم روباهی (Alopecurus myosuroides)و برخی از علف‌های هرز پهن‌برگ در گندم می‌باشد (Tomilin, 2004).

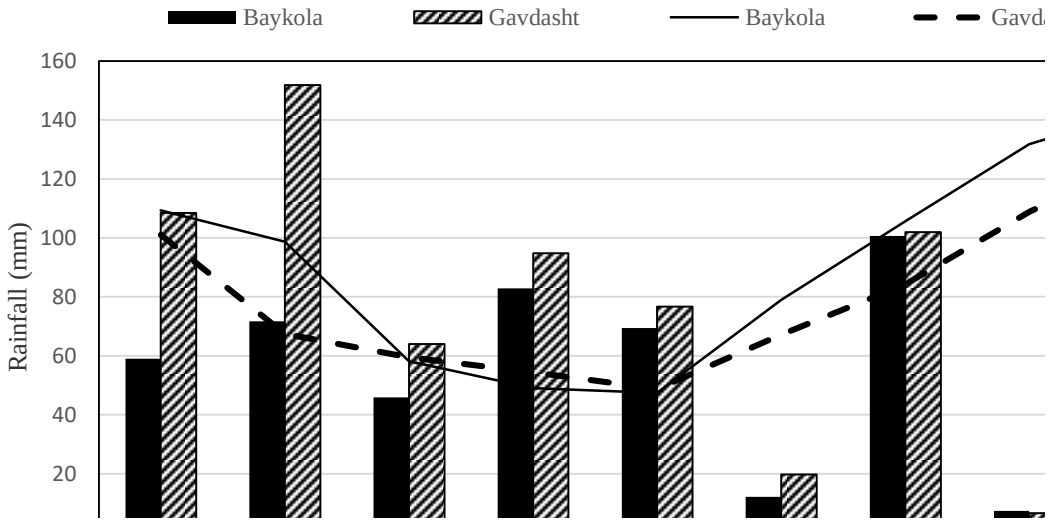
عدم اجرای تناوب صحیح زراعی در مناطق شمالی کشور و کشت متوالی گندم از یک طرف و مصرف علف‌کش‌ها با مقدار نامناسب و گاهی در زمان نامناسب و همچنین مصرف علف‌کش‌ها با محل عمل و کارکرد مشابه موجب گسترش علف هرز چچم در مزارع گندم در مازندران و عدم توفیق کشاورزان در مهار آن شده است. با توجه به

اینکه افزایش تراکم، پراکنش و توسعه علف هرز چچم در اغلب محصولات پاییزه از جمله گندم در اکثر نقاط کشور و در دسترس نبودن علف‌کش با کارآیی مناسب و ثبت‌شده موجب نارضایتی کشاورزان شده است. بنابراین معرفی راهکارهای مناسب مدیریتی و علف‌کش جدید از نیازهای فوری در جهت مهار چچم در کشت گندم می‌باشد. بر این اساس، آزمایش حاضر با هدف مهار علف هرز چچم با استفاده از علف‌کش‌های ثبت‌شده پیش‌رویشی و مقایسه کارآیی آن‌ها با علف‌کش اوتللو در ایستگاه‌های تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان مازندران در گاودشت واقع در شهرستان بابل و بایعکلا در شهرستان نکا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دو ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان مازندران شامل ایستگاه گاودشت در شهرستان بابل و ایستگاه بایعکلا در شهرستان نکا به اجرا درآمد. مختصات جغرافیایی ایستگاه تحقیقاتی گاودشت شامل طول جغرافیایی '۱۵ °۵۲ شرقی، عرض جغرافیایی'۴۳ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۶۹ متر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. طول جغرافیایی ایستگاه بایع کلا '۱۳ °۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی آن '۴۴ °۳۶ شمالی با ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا می‌باشد. تغییرات دمایی و میزان بارش در دو ایستگاه تحقیقاتی طی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در شکل ۱ نشان داده شده است. قبل از انجام آزمایش‌ها، آزمون خاک از هر دو ایستگاه انجام شد که در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۰ تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل مصرف پیروکساسولفون ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم در هکتار بعد از کاشت و قبل از سبز شدن گندم و علف هرز، متری‌بیوزین ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار بعد از کاشت و قبل از سبز شدن گندم و علف‌های هرز، فلومیوکسازین ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در هکتار بعد از کاشت و قبل از سبز شدن گندم و علف‌های هرز، پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم بعد از کاشت و قبل از سبز شدن گندم و علف‌های هرز، مزوسولفورون متیل+ یدوسولفورون متیل سدیم+ دیفلوفنیکان (اوتللو) ۱/۶ لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی گندم و چهاربرگی چچم و شاهد وجین دستی بودند. علف‌کش پیروکساسولفون WG 85% با نام تجاری کلت علف‌کشی پیش‌رویشی و از خانواده شیمیایی ایزوکسازولین می‌باشد. علف‌کش متری‌بیوزین با نام تجاری سنکور و فرمولاسیون WP 70% می‌باشد و این علف‌کش انتخابی و سیستمیک است و در گروه شیمیایی تریازینون قرار دارد. علف‌کش فلومیوکسازین با فرمولاسیون WP 50% نیز از علف‌کش‌های بازدارنده پروتوپورفیرینوژن‌اکسیداز (PPO) و از خانواده N-فنیل فتالیمید می‌باشد؛ و در نهایت علف‌کش اتللو با فرمولاسیون OD 6% (روغن قابل انتشار) ترکیبی از مزوسولفورون متیل ۰/۷۵ درصد + یدوسولفورون متیل سدیم ۰/۲۵ درصد + دیفلوفنیکان ۵ درصد است.



شکل ۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت طی سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در ایستگاه‌های تحقیقاتی بایعکلا و گاودشت

Figure 1- Rainfal and temprature means in 2022 and 2023 at Baykola and Gavdasht research stations

هر کرت آزمایشی شامل هشت خط کاشت با فاصله بین ردیف های کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. طول هر کرت ۱۰ متر در نظر گرفته شد. بین هر دو کرت مجاور ۱/۵ متر و بین تکرارها دو متر فاصله منظور شد. در هر دو ایستگاه، انتخاب مزرعه جهت کاشت، براساس سابقه کاشت و آلودگی به علف هرز چچم در سال‌های قبل انجام شد. سایر علف‌های هرز در طول فصل در صورت مشاهده، با وجین دستی حذف شدند. در ایستگاه گاودشت، کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک و به‌صورت کود اوره به‌میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله (۵۰ کیلوگرم در هکتار پایه، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مراحل پنجه‌زنی و خوشه‌دهی)، پتاسیم سولفات و سوپر فسفات تریپل به‌ترتیب۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت قبل از کاشت مصرف شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties at Baykola and Gavdasht research stations

Soil properties	Bayakola	Gavdasht
Soil texture	Silty-loam	Silty-loam
Total nitrogen (%)	0.22	0.104
Available phosphorus (mg kg^{-1})	12.6	25.4
Available potassium (mg kg^{-1})	256	203
Organic carbon (%)	1.02	1.46
Electrical conductivity (dS m^{-1})	0.74	0.72
pH	7.8	7.4

در ایستگاه بایکلا نیز کود اوره به‌میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله مانند ایستگاه گاودشت، کود پتاسیم سولفات و سوپر فسفات تریپل به‌ترتیب ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت قبل از کاشت مصرف شدند. عملیات کاشت گندم رقم احسان توسط خطی‌کار گندم با میزان بذر ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار در تاریخ ۲۵ آبان در بایکلا و ۲۶ آبان در گاودشت انجام شد.

جهت اعمال تیمارهای علف‌کشی، هرکرت آزمایشی به دو بخش تقسیم شد که قسمت بالایی سم‌پاشی نشده (به‌عنوان شاهد) و بخش پایین هر کرت سم‌پاشی‌شده (به‌عنوان تیمار) در نظر گرفته شد. سم‌پاشی با سم‌پاش پشتی با نازل بادبزنی با فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال و با حجم پاشش آب مصرفی ۳۰۰ لیتر در هکتار انجام گردید.

۳۰ روز بعد از آخرین سم‌پاشی، نمونه‌گیری از علف‌های هرز در دو سطح معادل ۰/۵ مترمربع در هر قسمت سم‌پاشی‌شده و سم‌پاشی نشده از هر کرت جهت تعیین تراکم و نوع و وزن خشک علف هرز انجام شد. در این مرحله، علف‌های هرز در هر کادر کفبر و به تفکیک نوع آن‌ها درون پاکت قرار گرفته و در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس به‌وسیله ترازوی دیجیتال وزن شدند. کارآیی برنامه‌های مهار علف هرز (WCE[1]) از طریق محاسبه درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف هرز نسبت به تیمار آلوده به علف هرز (معادله ۱) محاسبه شد (Idziak et al., 2024).

$$WCE = (A-B)/A \times 100 \quad (۱)$$

که در آن، WCE: درصد کنترل تراکم یا زیست‌توده علف هرز، A و B: به‌ترتیب تراکم یا زیست‌توده علف هرز در کادر سم‌پاشی نشده و سم‌پاشی‌شده می‌باشد. برای تعیین تراکم بوته گندم، در هر کادر بوته‌های گندم موجود شمارش و ثبت شدند. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم از خطوط وسط هر کرت در ابعاد دو مترمربع در هر نیم کرت شاهد و تیمار در زمان رسیدگی برداشت انجام شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به دست آمد. همچنین برای تعیین تغییرات عملکرد دانه و بیولوژیک از معادله ۲ استفاده شد.

$$Yi= (Yf/ Yw)\times 100 \quad (۲)$$

که در آن، Yi: درصد تغییرات عملکرد دانه یا بیولوژیک، Yf و Yw: به‌ترتیب عملکرد در دو نیم کرت‌های سم‌پاشی‌شده و نشده است.

تجزیه و تحلیل آماری

قبل از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد. جهت بررسی همژنیتی داده‌های دو مکان آزمایش، کلیه داده‌ها تجزیه بارتلت گردید. با توجه به وجود غیریکنواختی در داده‌های مربوط به دو مکان، تجزیه واریانس هر مکان آزمایشی به‌صورت جداگانه انجام شد. تجزیه واریانس با استفاده از رویه PROC GLM در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ صورت گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح یک درصد مقایسه شدند.

1- Weed Control Efficacy

نتایج و بحث

تأثیر علف‌کش‌ها بر تراکم گندم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها تأثیر معنی‌داری بر تراکم گندم داشت (جدول ۲). علف‌کش متری‌بیوزین با مقادیر ۵۰۰ گرم در هکتار و ۴۰۰ گرم در هکتار و فلومیوکسازین به‌میزان ۱۵۰ گرم در هکتار به‌ترتیب با ۱۶۰/۲، ۱۸۱/۲ و ۲۱۴/۵ بوته در هر مترمربع، کمترین تراکم گندم در مترمربع را در ایستگاه بایعکلا داشتند و موجب خسارت به گندم شدند (جدول ۳). در ایستگاه گاودشت نیز روند به همین شکل بود و جوانه‌زنی بذر و ظهور گیاهچه گندم با تنش آب‌ماندگی در اثر بارندگی زیاد در ماه‌های آبان و آذر و دمای کم در ماه آذر روبه‌رو شده بود و این امر موجب تشدید تنش وارده از سوی این علف‌کش‌ها بر گندم شد که در نهایت منجر به کاهش تراکم گندم شد، به‌طوری‌که تراکم بوته گندم در این ایستگاه کمتر از ایستگاه بایعکلا بود. نتایج آزمایش‌های پورحیدر و همکاران (Pour Heydar Ghaffari et al., 2024) نیز نشان داد که استفاده از علف‌کش متری‌بیوزین در زمان کاشت موجب آسیب‌دیدگی بذور جوانه‌زده و کاهش تراکم و عملکرد گندم شد. در برخی موارد، مصرف متری‌بیوزین به‌ویژه در دُزهای بالا یا در شرایط نامساعد محیطی مانند بارندگی زیاد و دمای کم می‌تواند منجر به کاهش عملکرد گندم شود. این امر به‌دلیل اثرات سمی علف‌کش بر گیاه گندم و اختلال در فرآیندهای رشدی آن می‌باشد. نتایج منصوریان و همکاران (Mansourian et al., 2008) نشان داد که استفاده از دُزهای بالای متری‌بیوزین ممکن است موجب کاهش تراکم گندم شود. این امر به‌دلیل اثرات سمی علف‌کش بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گندم است. کاهش تراکم گندم همچنین در آزمایش‌های دیگر که با علف‌کش‌های خاک مصرف دیگر انجام شد مشاهده گردید. در آزمایش جیتسوپولوس و همکاران (Gitsopoulos et al., 2024) نیز استفاده از علف‌کش پرو سولفو کارب به‌صورت خاک مصرف منجر به کاهش تراکم و ایجاد خسارت در گندم شد. همچنین کاهش جوانه‌زنی بذر گندم دوروم پس از کاربرد پیش‌کاشت علف‌کش تولورکس در مقایسه با شاهد وجین دستی به‌وسیله دلچو (Delchev, 2022) مشاهده شد.

تأثیر علف‌کش‌ها بر تراکم و تغییرات تراکم چچم

تیمارها تأثیر معنی‌داری بر تراکم و درصد تغییرات تراکم چچم داشتند (جدول ۲). نتایج نشان داد که تراکم علف هرز چچم در ایستگاه بایعکلا با کاربرد ترکیبی علف‌کش‌های پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار حداقل (پنج بوته در مترمربع) بود و استفاده از این علف‌کش‌ها تراکم چچم را ۷۱/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۳). همچنین در تیمارها با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش متری‌بیوزین (از ۳۰۰ تا ۵۰۰ گرم در هکتار) تراکم چچم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که در تیمار ۵۰۰ گرم در هکتار متری‌بیوزین، تراکم چچم نسبت به شاهد ۶۵/۱ درصد کاهش یافت که با تیمار کاربرد ترکیبی پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در بین تیمارهای علف‌کشی، علف‌کش اوتللو با ۲۶/۹ درصد کاهش تراکم چچم نسبت به نیمه شاهد، کمترین میزان مهار این علف هرز را از خود نشان داد. مطالعه انجام‌شده در خوزستان به‌وسیله ثابت زنگانه و همکاران (Sabet Zanganeh et al., 2015) نیز حاکی از این بود که علف‌کش اوتللو تراکم علف هرز چچم را تنها ۴۴ درصد کاهش داد.

نتایج ایستگاه گاودشت با توجه به شرایط بارندگی و درجه حرارت در ماه‌های آبان و آذر متفاوت بود. در این ایستگاه نیز کاربرد ترکیبی علف‌کش‌های پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار با تراکم هشت بوته چچم در مترمربع بهتر از سایر تیمارها بود و نسبت به نیمه شاهد بدون مهار علف هرز، تراکم این علف هرز را ۷۰/۶ درصد کاهش داد. تیمار کاربرد متری‌بیوزین ۵۰۰ گرم در هکتار نیز با تراکم ۱۱/۳ ساقه در مترمربع و کاهش ۶۵/۱ درصدی تراکم تفاوت معنی‌داری با تیمار فوق نداشت. بیشترین تراکم چچم نیز مربوط به تیمار کاربرد علف‌کش اوتللو با ۲۴/۷ ساقه در مترمربع بود که توانست تنها ۲۵/۹ درصد تراکم چچم را نسبت به نیم کرت شاهد کاهش دهد (جدول ۳). در هر دو مکان، تیمار متری‌بیوزین به‌میزان ۴۰۰ گرم در هکتار و ۵۰۰ گرم در هکتار علی‌رغم مهار مناسب علف هرز چچم، بر تراکم گندم اثر منفی گذاشته بودند و کمترین تراکم بوته گندم را در این تیمارها شاهد بودیم که ناشی از خسارت علف‌کش بر گندم بود. نتایج شارما و همکاران (Sharma et al., 2024) نشان داد که همه تیمارهای علف‌کشی به‌طور قابل توجهی جمعیت علف‌های هرز را کاهش دادند، ولی متری‌بیوزین ۵۰ گرم در هکتار به‌عنوان مؤثرترین تیمار علف‌کش با بالاترین راندمان مهار علف‌های هرز شناخته شد.

تأثیر علف‌کش‌ها بر زیست‌توده چچم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارها بر زیست‌توده و درصد تغییرات زیست‌توده چچم تأثیر داشتند (جدول ۲). اثر علف‌کش‌ها بر زیست‌توده علف هرز چچم در ایستگاه بایعکلا نشان داد که با کاربرد تیمار ترکیبی علف‌کش‌های پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار، کمترین میزان زیست‌توده چچم (۷/۸ گرم در مترمربع) به دست آمد که توانست ۷۶/۹ درصد وزن زیست‌توده چچم را نسبت به شاهد کاهش دهد. در تیمار کاربرد علف‌کش متری‌بیوزین ۵۰۰ گرم در هکتار نیز زیست‌توده چچم به‌طور

معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت، به‌طوری‌که زیست‌توده چچم نسبت در این تیمار به ۱۱/۳ گرم در مترمربع رسید که با تیمار کاربرد ترکیبی پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری نداشت، امّا درصد کاهش آن نسبت به نیم کرت شاهد کمتر بوده (۶۵/۷ درصد) که نشان از برتری تیمار ترکیبی متری‌بیوزین و پیروکساسولفون (۷۵/۹ درصد) دارد (جدول ۳). همچنین در بین تیمارها، علف‌کش اوتللو با ۲۵/۴ درصد کاهش زیست‌توده چچم نسبت به نیم کرت شاهد، کمترین میزان مهار این علف هرز را از خود نشان داد.

در ایستگاه گاودشت نیز در تیمار کاربرد ترکیبی علف‌کش‌های پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار شاهد کمترین زیست‌توده چچم (۱۳/۳ گرم در مترمربع) نسبت به سایر تیمارها بودیم که توانست ۸۰/۲ درصد وزن این علف هرز را نسبت به نیم کرت شاهد کاهش دهد. تیمار کاربرد متری‌بیوزین ۵۰۰ گرم در هکتار در این ایستگاه نیز با تولید ۱۵/۷ گرم در مترمربع زیست‌توده چچم تفاوت معنی‌داری با تیمار فوق نداشت، امّا در میزان کاهش زیست‌توده نسبت به نیم کرت شاهد کاربرد ترکیبی دو علف‌کش پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار برتر از این تیمار بود. کاربرد علف‌کش پیروکساسولفون ۲۰۰ گرم در هکتار نیز توانست زیست‌توده علف هرز چچم را در ایستگاه‌های بایعکلا و گاودشت به‌ترتیب ۵۴/۳ و ۵۶/۴ درصد نسبت به نیم کرت شاهد کاهش دهد (جدول ۳) و برخلاف علف‌کش متری‌بیوزین در مقادیر ۴۰۰ گرم در هکتار و ۵۰۰ گرم در هکتار که اثر سوء بر گندم دارند، می‌تواند گزینه مناسبی برای مهار این علف هرز باشد.

علف‌کش اوتللو برای مهار علف‌های هرز باریک و پهن‌برگ در گندم ثبت شده است و گزارش‌های زیادی مبنی بر مهار علف‌های هرز مختلف در زراعت گندم توسط این علف‌کش وجود دارد (Lotfi Sharifi Ziveh, 2014; Mavi et al., 2015) در آزمایش حاضر، علف‌کش اوتللو برای مهار علف هرز چچم کارآیی مناسبی را از خود نشان نداد و در این ایستگاه‌ها تنها توانست ۲۵/۴ و ۳۲/۸ درصد زیست‌توده این علف هرز را نسبت به نیم کرت شاهد کاهش دهد.

تأثیر علف‌کش بر عملکرد بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت گندم

نتایج جدول تجزیه واریانس اثر علف‌کش بر عملکرد بیولوژیک، دانه و شاخص برداشت گندم نشان داد که تیمارهای کاربرد علف‌کش ها تأثیر معنی‌داری بر این صفات و درصد تغییرات آن داشتند (جدول ۳).

اثر علف‌کش‌ها بر عملکرد بیولوژیک در ایستگاه بایعکلا نشان داد که با کاربرد ترکیبی علف‌کش‌های پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۱۸۴۷/۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که توانست ۲۵/۹ درصد وزن عملکرد بیولوژیک گندم را نسبت به نیم کرت شاهد افزایش دهد. تیمار کاربرد علف‌کش پیروکساسولفون ۲۰۰ گرم در هکتار نیز با عملکرد بیولوژیک ۱۱۶۵۹/۶ کیلوگرم در هکتار و با افزایش ۲۵/۰۲ درصدی نسبت به نیم کرت شاهد اختلاف معنی‌داری با تیمار فوق نداشت. این دو تیمار برتر از سایر تیمارها بودند و با شاهد وجین اختلاف آماری نداشتند (جدول ۴). تیمارهای استفاده از علف‌کش متری‌بیوزین با میزان ۴۰۰ گرم در هکتار و ۵۰۰ گرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند، به‌طوری‌که نسبت به شاهد دارای عملکرد کمتری بوده و درصد تغییرات در آن‌ها منفی شد. این کاهش عملکرد ناشی از اثرات سوء این علف‌کش بر گندم بود که موجب کاهش تراکم گندم شده بود (جدول ۲)، به همین دلیل این تیمارها علی‌رغم مهار چچم نمی‌توانند گزینه مناسبی برای افزایش عملکرد بیولوژیک که نقش مهمی در افزایش عملکرد گندم دارند، باشد.

در ایستگاه گاودشت نیز روند مشابه ایستگاه بایعکلا بود، به‌طوری‌که تیمارهای ترکیبی پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار و تیمار پیروکساسولفون ۲۰۰ گرم در هکتار بیشترین میزان افزایش عملکرد بیولوژیک را داشت که با شاهد وجین اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). در این ایستگاه به‌دلیل شرایط محیطی و جوی نامناسب طی فصل رشد (شکل ۱ و ۲)، پنجه‌زنی و رشد گندم کمتر بود که در عملکرد بیولوژیک اثرگذار بود. به همین دلیل، عملکرد بیولوژیک گندم ایستگاه گاودشت در تمامی تیمارها نسبت به ایستگاه بایعکلا کمتر بود.

مقایسه میانگین اثر علف‌کش‌ها بر عملکرد دانه گندم در ایستگاه بایعکلا نشان داد که پس از شاهد وجین با عملکرد ۵۲۴۳ کیلوگرم در هکتار که موجب افزایش ۴۵/۱ درصدی عملکرد نسبت به نیم کرت شاهد شد، تیمار کاربرد ترکیبی علف‌کش‌های پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد دانه (۴۵۹۴/۵ کیلوگرم در هکتار) را داشت که توانست ۴۰/۴ درصد عملکرد دانه گندم را نسبت به نیم کرت شاهد افزایش دهد. در تیمار کاربرد علف‌کش پیروکساسولفون ۲۰۰ گرم در هکتار نیز عملکرد دانه گندم ۴۴۷۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به نیم کرت شاهد ۳۸/۳ درصد افزایش داشت (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای علف‌کش‌ها بر تراکم گندم، تراکم چچم، درصد کاهش تراکم و زیست‌توده چچم

Table 2- Analysis of variance of the effect of herbicides on wheat density, ryegrass density and density reduction, and ryegrass biomass and biomass reduction at Baykola and Gavdasht research stations

S.O.V	df	Wheat density		Ryegrass density		Ryegrass density reduction		Ryegrass biomass		Ryegrass biomass reduction	
		Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht
Block	3	140.4	17.26	17.1	6.46	133.6	84.9	22.6	181.1	15.8	39.27
Treatment	9	6165.1**	2037.4**	96.4**	291.3**	2523**	2395.5**	358.5**	897.8**	2453.7**	2114.4**
Error	27	171.2	95.1	2.8	5.28	22.74	20.17	15.1	20.25	38.8	19.04
CV (%)		5.5	5.5	16.7	14.1	10.1	8.2	22.2	16.6	20.1	7.8

**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant difference at 1%

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها بر تراکم گندم، چچم و درصد کاهش تراکم و زیست‌توده چچم

Table 3- Mean comparison of the effect of herbicides on wheat density, ryegrass density and density reduction, and ryegrass biomass and biomass reduction at Baykola and Gavdasht research stations

Treatments	Wheat density (plant m^{-2})		Wheat density (plant m^{-2})		Ryegrass density reduction (%)		Ryegrass biomass (g m^{-2})		Ryegrass biomass reduction (%)	
	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht
Pyroxasulfone (150 g ha^{-1})	254 ^{bc*}	187 ^{bc}	13.5 ^{ab}	18.8 ^{c}	28.9 ^{e}	44.9 ^{e}	21.1 ^{b}	30.1 ^{bc}	37.2 ^{e}	49.3 ^{e}
Pyroxasulfone (200 g ha^{-1})	264.2 ^{ab}	190.2 ^{ab}	12 ^{b}	12.5 ^{d}	58.4 ^{c}	63.1 ^{d}	14.0 ^{c}	26.3 ^{cd}	53.3 ^{d}	56.4 ^{d}
Metribuzin (300 g ha^{-1})	262.2 ^{ab}	197.7 ^{ab}	14 ^{ab}	23 ^{b}	29.1 ^{e}	32.6 ^{f}	25.6 ^{ab}	33 ^{b}	27.9 ^{ef}	37.9 ^{fg}
Flumioxazin (150 g ha^{-1})	214.5 ^{d}	156.2 ^{ef}	12 ^{b}	21.5 ^{bc}	30.6 ^{e}	40.9 ^{e}	23.8 ^{b}	34.5 ^{b}	25.9 ^{f}	41.7 ^{f}
Metribuzin (400 g ha^{-1})	181.2 ^{e}	143.2 ^{fg}	7.7 ^{c}	13.8 ^{d}	56.7 ^{c}	63.7 ^{d}	14.6 ^{c}	22.3 ^{de}	54.7 ^{d}	62.4 ^{d}
Flumioxazin (100 g ha^{-1})	240.7 ^{c}	168.2 ^{de}	13.7 ^{ab}	27.5 ^{a}	25.6 ^{e}	27.4 ^{g}	30.1 ^{a}	49.3 ^{a}	19.5 ^{f}	27.33 ^{h}
Metribuzin (500 g ha^{-1})	160.2 ^{f}	137.5 ^{g}	7 ^{cd}	11.3 ^{de}	65.1 ^{b}	70.6 ^{c}	11.3 ^{cd}	15.7 ^{ef}	65.7 ^{c}	72.3 ^{c}
Pyroxasulfone (150 g ha^{-1}) + Metribuzin (300 g ha^{-1})	270.5 ^{ab}	198 ^{ab}	5 ^{d}	8.0 ^{e}	71.5 ^{b}	78.8 ^{b}	7.8 ^{d}	13.3 ^{f}	76.9 ^{b}	80.2 ^{b}
Othello (1.6 L ha^{-1})	238.2 ^{c}	175.7 ^{cd}	15.2 ^{a}	24.7 ^{ab}	26.9 ^{e}	25.9 ^{g}	25.9 ^{ab}	45.8 ^{a}	25.4 ^{f}	32.8 ^{gh}
Control (weeding)	281.5 ^{a}	204 ^{a}	0 ^{e}	0 ^{f}	100 ^{a}	100 ^{a}	0 ^{e}	0 ^{g}	100 ^{a}	100 ^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (LSD P≥ 0.01).

* In each column, means with the same letters are not significantly different at LSD P≥ 0.01.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای علف‌کشی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم در دو ایستگاه بایع‌کلا و گاودش‌ت

Table 4- Analysis of variance of the effect of herbicides on biological and grain yield, harvest index and biological and grain yield changes at Baykola and Gavdasht research station

S.O.V	df	Biological yield		Biological yield changes		Grain yield		Grain yield changes		Haivest index	
		Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht
Replication	3	228482.6	116635.0	0.6	45.4	115995.1	29115.8	17.4	72.1	2.4	13.9
Treatment	9	10365599.4**	2255154**	3.8**	333.5**	3770554.1**	892073.1**	313.5**	454.8**	68.2**	88.4**
Error	27	267118.3	80105.2	0.6	11.3	56490.8	36035.1	9.59	34.9	7.8	20.7
CV (%)		4.9	5.5	18.4	20.9	6.2	9. 8	13.5	20.5	7.8	12.2

**: significant difference at 1%

#: data exposed to radical transformation.

**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

#: تبدیل داده جذری انجام شد.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها بر عملکرد بیولوژیک، عماکرد دانه و شاخص برداشت گندم، و درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک و دانه گندم در دو ایستگاه بایع‌کلا و گاودشت

Table 4- Mean comparison of the effect of herbicides on biological and grain yield, harvest index and biological and grain yield changes at Baykola and Gavdasht research station

Treatments	Biological yield (kg ha^{-1})		Biological yield changes (%)		Grain yield (kg ha^{-1})		Grain yield changes (%)		Harvest index (%)	
	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht	Baykola	Gavdasht
Pyroxasulfone (150 g ha^{-1})	11373 ^{b}	5411.5 ^{bc}	22.61 ^{abc}	12.35 ^{c}	4079.5 ^{c}	2027 ^{cd}	22.4 ^{d}	23.6 ^{cd}	35.9 ^{bc}	37.49 ^{bc}
Pyroxasulfone (200 g ha^{-1})	11659.6 ^{ab}	5754.8 ^{ab}	25.02 ^{ab}	20.54 ^{b}	4476.3 ^{b}	2211.3 ^{bc}	28.3 ^{c}	32.4 ^{b}	38.51 ^{ab}	38.65 ^{abc}
Metribuzin (300 g ha^{-1})	11373.5 ^{b}	5686.8 ^{ab}	23.68 ^{abc}	18.47 ^{b}	4110.3 ^{c}	2141.8 ^{bcd}	23.5 ^{d}	30 ^{bc}	36.13 ^{bc}	37.93 ^{abc}
Flumioxazin (150 g ha^{-1})	10043.9 ^{c}	4897 ^{d}	11.99 ^{d}	0.87 ^{d}	3345 ^{e}	1672.5 ^{ef}	9.6 ^{f}	13.1 ^{e}	33.27 ^{c}	34.21 ^{c}
Metribuzin (400 g ha^{-1})	8240 ^{d}	4120 ^{e}	-4.42 ^{e}	-13.68 ^{e}	2788.3 ^{f}	1555.8 ^{f}	-13.8 ^{g}	-9.9 ^{f}	33.88 ^{c}	37.84 ^{abc}
Flumioxazin (100 g ha^{-1})	10287.4 ^{c}	5018.7 ^{cd}	14.71 ^{cd}	4.19 ^{d}	3680.8 ^{de}	1901.8 ^{de}	14.5 ^{e}	18.7 ^{de}	35.9 ^{bc}	37.88 ^{abc}
Metribuzin (500 g ha^{-1})	7414.9 ^{e}	3707.4 ^{f}	-17.98 ^{f}	-28.56 ^{f}	1944.5 ^{g}	959.8 ^{g}	-33.1 ^{h}	-37.1 ^{g}	26.45 ^{d}	36.13 ^{d}
Pyroxasulfone (150 g ha^{-1}) + Metribuzin (300 gha^{-1})	11847.7 ^{ab}	5636.4 ^{b}	25.94 ^{ab}	22.22 ^{ab}	4594.5 ^{b}	2307.3 ^{b}	40.4 ^{b}	42.8 ^{a}	38.77 ^{ab}	41.03 ^{ab}
Othello (1.6 L ha^{-1})	10555.7 ^{c}	5152.8 ^{cd}	17.6 ^{bcd}	12.25 ^{c}	3769.8 ^{cd}	1938.5 ^{cde}	17.7 ^{e}	24.2 ^{cd}	35.76 ^{bc}	37.5 ^{abc}
Control (weeding)	12439.1 ^{a}	6094.6 ^{a}	29.23 ^{a}	27.23 ^{a}	5243 ^{a}	2694.3 ^{a}	45.1 ^{a}	48.4 ^{a}	42.13 ^{a}	44.21 ^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (LSD P≥ 0.01).

* In each column, means with the same letters are not significantly different at LSD P≥ 0.01.

نتایج ماهاجان و چوهان (Mahajan & Chauhan, 2024) نیز نشان دادند که کاربرد علف‌کش پندیمتالین، زیست‌توده *L. rigidum* را کاهش داد و در نتیجه به افزایش عملکرد گندم و جو در مقایسه با برخی علف‌کش‌های برگ مصرف کمک کرد. مهار مؤثر علف‌های هرز، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد به‌وسیله علف‌کش‌های پیش‌رویشی، به گندم اجازه می‌دهد تا با دسترسی بهتر به نور خورشید، مواد مغذی و آب رشد کنند و منجر به افزایش عملکرد دانه شوند.

نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش میزان علف‌کش متری‌بیوزین از ۳۰۰ گرم در هکتار به ۴۰۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار، میزان عملکرد دانه روند کاهشی داشت، زیرا میزان ۴۰۰ گرم در هکتار و ۵۰۰ گرم در هکتار این علف‌کش روی گندم ایجاد خسارت نمود و باعث کاهش تراکم گندم در واحد سطح شد. به همین خاطر این دو تیمار نسبت به نیم کرت شاهد هم که در آن‌ها مهار علف هرز صورت نگرفت، عملکرد کمتری را داشتند و به‌ترتیب موجب کاهش ۱۳/۸ و ۳۳/۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به نیم کرت شاهد شدند.

نتایج مقایسه میانگین ایستگاه گاودشت نشان داد که پس از تیمار شاهد وجین، تیمار ترکیبی استفاده از علف‌کش‌های پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار با ۴۲/۸ درصد افزایش عملکرد نسبت به نیم کرت شاهد برتر از سایر تیمارها بود و با تیمار شاهد وجین نیز اختلاف معنی‌داری نداشت. تیمار پیروکساسولفون ۲۰۰ گرم در هکتار نیز عملکرد دانه گندم را ۳۲/۴ درصد نسبت به نیم کرت شاهد افزایش داد. تیمارهای متری‌بیوزین ۴۰۰ گرم در هکتار و ۵۰۰ گرم در هکتار در این ایستگاه نیز علی‌رغم مهار مناسب علف هرز چچم موجب افت ۹/۹ و ۳۷/۱ درصدی عملکرد دانه گندم نسبت به نیم کرت شاهد شدند (جدول ۵). تأثیر استفاده از علف‌کش‌های خاک‌مصرف و پیش‌رویشی روی عملکرد گندم تحت تأثیر میزان موفقیت این نوع علف‌کش‌ها در مهار علف‌های هرز و همچنین نوع علف هرز قرار دارد (Pacanoski & Mehmeti, 2018). علاوه‌بر این در پژوهش‌های مختلف نشان داده شده است که تأثیر علف‌کش‌های خاک‌مصرف و پیش‌رویشی روی عملکرد گندم تحت تأثیر میزان خسارت و آسیب‌دیدگی گندم به‌وسیله این علف‌کش‌ها نیز قرار دارد (Gitsopoulos et al., 2024). همچنین عبداله و همکاران (Abdallah et al., 2021) گزارش کردند که اثربخشی علف‌کش‌های قبل از سبز شدن می‌تواند بسته به نوع و بافت خاک متفاوت باشد. نتایج جیتسوپولوس و همکاران (Gitsopoulos et al., 2024) نشان داد که مصرف علف‌کش‌های پروسولفوکارب، دیفلوفنیکان و کلروتولورون در مقایسه با شرایط عاری از علف هرز و شاهد بدون علف هرز سبب کاهش عملکرد گندم شد. این کاهش عملکرد بیشتر از طریق آسیب به گیاهچه گندم توسط این علف‌کش‌ها و در نتیجه کاهش تراکم حاصل شد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو ایستگاه، تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها بر شاخص برداشت گندم نیز تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر علف‌کش‌ها بر شاخص برداشت گندم در هر دو ایستگاه نشان داد که شاهد وجین بیشترین و تیمار علف‌کش متری‌بیوزین ۵۰۰ گرم در هکتار با ۲۶/۴ درصد کمترین میزان شاخص برداشت را داشتند. شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به بیولوژیک می‌باشد، به همین دلیل حتی در تیمارهایی که در اثر مصرف علف‌کش خسارت دیدند، شاخص برداشت بالا بود. زیرا علاوه‌بر کاهش عملکرد دانه، کاهش عملکرد بیولوژیک را هم در آن‌ها شاهد بودیم که در نتیجه شاخص برداشت مانند سایر صفات بررسی‌شده اثرات منفی علف‌کش‌ها را نشان نداد (جدول ۵). نتایج خیرکار (Khairkar et al., 2020) نشان داد که در تیمارهایی که از علف‌کش پندیمتالین به‌صورت پیش‌رویشی استفاده شده بود، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم در مقایسه با بقیه تیمارها بیشتر بود. نتایج خوز (Khose, 2020) نیز نشان داد که کاربرد علف‌کش‌های متری‌بیوزین و پندیمتالین کارآیی بیشتری در مهار علف‌های هرز داشتند و توانستند عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم را در مقایسه با دیگر علف‌کش‌های پس-رویشی مورد استفاده به‌میزان بیشتری افزایش دهند.

نتیجه‌گیری

علف‌کش پیروکساسولفون به‌میزان ۲۰۰ گرم در هکتار توانست ۶۰ درصد علف هرز چچم را مهار کند و موجب افزایش ۲۸ تا ۳۲ درصدی عملکرد دانه گندم در دو ایستگاه مورد آزمایش شود. علف‌کش متری‌بیوزین با میزان ۳۰۰ گرم در هکتار نیز بدون ایجاد اثر سوء بر گندم توانست با کاهش حدود ۳۰ درصدی تراکم چچم عملکرد دانه را در این دو ایستگاه ۲۳ و ۳۰ درصد افزایش دهد. افزایش میزان علف‌کش متری‌بیوزین در هر دو ایستگاه موجب خسارت به گندم شد. بهترین تیمار برای مهار علف هرز چچم، کاربرد ترکیبی دو علف‌کش پیروکساسولفون ۱۵۰ گرم در هکتار + متری‌بیوزین ۳۰۰ گرم در هکتار بود که علاوه‌بر مهار مناسب علف هرز چچم، توانست عملکرد دانه گندم را بیش از ۴۰ و ۴۲ درصد در ایستگاه‌های بایعکلا و گاودشت افزایش دهد، بدون اینکه تنش و اثر سوئی بر گندم وارد کند. استفاده از علف‌کش‌های پیش‌رویشی و تناوب در استفاده از آن‌ها با علف‌کش‌های پس‌رویشی می‌تواند برای مهار چچم در مزارع گندم و همچنین کاهش احتمال مقاومت به علف‌کش در آینده مناسب باشد. بارندگی‌های شدید پس از علف‌کش قبل از رویش و دمای پایین منجر به آسیب به گیاهچه‌های گندم و کاهش عملکرد در ایستگاه گاودشت شد. بنابراین، تحقیقات بیشتری برای بررسی راه‌های جلوگیری از آسیب به گندم در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای، که می‌تواند گاهی اوقات در اثر باران شدید یا آبیاری و

درجه حرارت کم ایجاد شود، مورد نیاز است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از کلیه کارشناسان و تکنسین‌های ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران واقع در گاودشت و بایعکلا که در مراحل مختلف این تحقیق همکاری نمودند، کمال تشکر را داریم.

References

1. Abdallah, I. S., Atia, M. A. M., Nasrallah, A. K., El-Beltagi, H. S., Kabil, F. F., El-Mogy, M. M., & Abdeldaym, E. A. (2021). Effect of new pre-emergence herbicides on quality and yield of potato and its associated weeds. *Sustainability*, *13*(17), 9796. https://doi.org/10.3390/su13179796
2. Anonymous. (2017). Zidua Herbicide Supplemental Label. Research Triangle Park, NC, BASF Corporation.
3. Beckie, H. J., & Jasieniuk, M. (2021). Biology and Management of Problematic Crop Weed Species. Chapter 12 - *Lolium rigidum* and *Lolium multiflorum*. p. 261-283. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822917-0.00017-3
4. Delchev, G. (2022). Sowing characteristics of the durum wheat seeds (*Triticum durum* Desf.) by use of some antigraminaceous and combined herbicides. *Agricultural Science and Technology*, *14*, 54–59. https://doi.org/10.15547/ast.2022.01.008
5. Colbach, N., Darmency, H., Fernier, A., Granger, S., Le Corre, V., & Messéan, A. (2017). Simulating changes in cropping practices in conventional and glyphosate-resistant maize. II. Weed impacts on crop production and biodiversity. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(14), 13121-13135. https://doi.org/10.1007/s11356-017-8796-9
6. FAO. (2022). FAOSTAT. Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http:/www.fao.org
7. Gitsopoulos, T., Georgoulas, I., Botsoglou, D., & Vazanelli, E. (2024). Response of wheat to pre-emergence and early post-emergence herbicides. *Agronomy*, *14*(8), 1875. https://doi.org/10.3390/agronomy14081875
8. Goggin, D. E., Powles, S. B., & Steadman, K. J. (2022). Understanding *Lolium rigidum* seeds: The key to managing a problem weed. *Agronomy*, *2*, 222-239. https://doi.org/10.3390/agronomy2030222
9. Heap, I. M. (2023). International Herbicide-Resistant Weed Database. http://www.weedscience. Org.
10. Idziak, R., Waligóra, H., Majchrzak, L. M., & Szulc, P. (2024). Multifunctional adjuvants affect sulfonylureas with synthetic auxin mixture in weed and maize grain yield. *Plants*, *13*, 1480 https://doi.org/10.3390/plants13111480
11. Khairkar, A. K., Kumar, S., Gawali, K., Kalmegh, J., Sarda, A., & Nagmote, A. (2020). Effect of pre and post emergence herbicides on growth, yield and economics of wheat. *International Journal of Chemical Studies*, *8*, 2649-2652. https://doi.org/10.22271/chemi.2020.V8.I5AJ.10731
12. Khose, P., (2020). Efficacy of pre and post-emergence herbicides on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under Doon Valley of Uttarakhand. *International Journal of Agricultural and Applied Sciences*, *2*, 109-114.
13. Kumar, L., Singh, P. K., Alam, M. S., & Ujjwal, A. (2021). Herbicides combinations for sustainable weed management on complex weed flora in dry and irrigated direct seeded rice: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *10*(1), 2539-2544.
14. Lemerle, D., Lockley, P., Koetz, E., & Diffey, S. (2013). Herbicide efficacy for control of annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.) is influenced more by wheat seeding rate than row spacing. *Crop and Pasture Science*, *64*, 708715. https://doi.org/10.1071/CP13211
15. Lotfi Mavi, F., Baghestani, M. A., Zand, A., & Khalaj, A. (2015). Evaluation of the efficacy of the new herbicide Othello (Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl sodium + Diflufenican + Mefenpyrdiathyl) on weed control in wheat fields. The 6th Iranian Weed Science Conference, Birjand, September 10-12, pp. 1153-1157. (in Persian).
16. Mahajan, G., & Chauhan, B. S. (2024). Novel use pattern of pendimethalin for annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) control in wheat and barley. *Frontier Agronomy*, *5*, 1341880. https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1341880
17. Mamnoie, E., Karminijad, M. R., Barjasteh, A., Haghighi, A., Minbashi Moeini, M., & Askari Golestani, A. (2023). Efficacy of dual-purpose herbicides Axial One (Pinoxaden + Flurosulamide) and Kasik (Diflufenican + Iodosulfuron methyl sodium + Flurosulamide) compared to common herbicides in controlling wheat weeds (*Triticum aestivum*). *Iranian Plant Protection Research*, *37*, 455-469. (in Persian).
18. Mamnoie, E., Minbashi, M., Mojab, M., Karaminejad, M., Ariyafar, A., Esmaeili, A., & Din-Ghazli, F. (2024). Management of Hard Rye Weeds in Wheat Fields. Technical Publication, Agricultural Research, Education and Extension Organization, 33 p. (in Persian).
19. Mansourian, S., Mohammad Alizadeh, H., & Zand, E. (2008). Effect of dose and application time of metribuzin on grain yield of different wheat varieties. *Iranian Journal of Weed Science*, *4*, 65-75. (in Persian).
20. Mousavi, S. K., Nooralizadeh Otaqsara, M., Younesabadi, M., & Sharifi Ziveh, P. (2020). Efficacy of the herbicides Pyroxasulfone and Flumioxazine in controlling soybean weeds. Final Report of the Research Project, Agricultural Research, Education and Extension Organization Publications, 26 p. (In Persian).

21. Nooralizadeh Otaqsara, M. (2021). Investigating the efficacy of Flumioxazine herbicide in controlling soybean weeds. Final Report of the Research Project, Agricultural Research, Education and Extension Organization Publications, 28 p. (In Persian).
22. Nooralizadeh Otaqsara, M., & Fallahi, H. (2021). Factors affecting the increase of wheat production by weed management. *Moravej Mazandaran Journal*, *105*, 1-4. (in Persian).
23. Pacanoski, Z., & Mehmeti, A. (2018). Post herbicide programme for effective weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy Research*, *16*, 1796-1808. https://doi.org/10.15159/AR.18.177
24. Pesticide Manual Book. (2021). Nineteenth Edition. British Crop Production Council. UK.
25. Pour Heydar Ghaffari, S., Najafi, H., & Ghahremanian, G. (2024). The effect of soil-applied herbicides on weeds and grain yield of rainfed wheat in cold regions. 25th Iranian Plant Protection Conference (2024), Tehran, Iran. (in Persian).
26. Pourreza, J. (2017). Evaluating the wheat (*Triticum aestivum*) yield loss caused by wild oat (*Avena fatua*) interference at nitrogen different levels. *Iranian Journal of Plant Production*, *40*, 41-52. (in Persian). https://doi.org/10.22055/ppd.2017.18933.1372
27. Ramesh, K., Matloob, A., Aslam, F., Florentine, S. K., & Chauhan, B. S. (2017). Weeds in a changing climate: Vulnerabilities, consequences, and implications for future weed management. *Frontier in Plant Science*, *8*, 95. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00095
28. Sabet Zanganeh, H., Mohammad Dost Chamanabad, H. R., Zand, E., Asghar, A., & Alemi Saeed, K. (2015). Study of resistance of ryegrass (*Lolium rigidum*) to herbicides clodinafop propargyl and pinoxaden. The 6th Iranian Weed Science Conference, Birjand, September 10-12, p. 1164-1167. (in Persian).
29. Sharma, S., Tomar, V., Tiwari, N. K., Behl, R. K., Sharma, P. K., Singh, J., & Kamboj, M. (2024). The effect of pre and post-emergence herbicide application on the growth and yield of late-sown wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Research in Agronomy*, *7*(6), 711-714. https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i6j.953
30. Sharifi Ziveh, P. (2014). Evaluating the efficacy of the new herbicide Othello (Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl sodium + Diflufenican + Mefenpyrdiathyl) on weed control in wheat fields. Final Report of the Research Project, Agricultural Research, Education and Extension Organization Publications, 25 p. (In Persian).
31. Tomilin, C. D. .(2004) . The pesticide manual. Bcpc (British crop protection council) .1399 p.