



Original Article

Investigating the Efficacy of Pyroxasulfone Herbicide in Controlling Herbicide-Resistant and -Susceptible Biotypes of Ryegrass (*Lolium rigidum*), Winter Wild Oat (*Avena ludoviciana*), and Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor*) in Wheat

Azizeh Iry¹, Javid Gherekhloo^{2*}, Eskandar Zand³, Afshin Soltani⁴,
Saeid Hassanpour-Bourkheili⁵, Kianoosh Haghnama⁶, Sima Sohrabi^{7,8}, Mahtab Heravi⁹

1, 2, 4, 5, 9. Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3. Department of Weed Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

6. Plant Protection Department, Agricultural Jihad Organization of Golestan Province, Gorgan, Iran.

7. Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

8. Iranian Invasive Plants Working Group, Iranian Society of Weed Science.

Article Info

Received:

January 25, 2024

Accepted:

May 14, 2024

First published online:

June 21, 2024

Corresponding Author:

Javid Gherekhloo

Email:

gherekhloo@gau.ac.ir

Key words: Dose-response, grass weeds, herbicide resistance, yield.

Abstract

To investigate the efficacy of pre-emergence application of pyroxasulfone herbicide on some grass weeds in wheat, a series of experiments were conducted in 2021-2022 in greenhouse and field conditions. The results of the dose-response experiment showed that the pyroxasulfone herbicide rate to control 50% of resistant and susceptible biotypes of ryegrass, littleseed canarygrass, and winter wild oat dry weight was 24.0-28.1, 20.6-21.5, and 20.1-20.2 g a.i ha⁻¹, respectively, with no significant difference between resistant and susceptible biotypes. Also, no phytotoxicity was observed in wheat. In the second experiment, which investigated the pre-emergence application of pyroxasulfone on a ryegrass-infested wheat field in Banafshatpneh village, Bandargaz, the pyroxasulfone herbicide had good efficacy. Dry weight of rigid ryegrass in pyroxasulfone treatment was 99.2 and 144.5 g m⁻² at 60 and 90 days after sowing, which was 4.5 and 7 times higher than the dry weight of the weed-infested control, respectively. Grains per spike, 1000-grain weight, grain and biological yields, harvest index, plant height, leaf area index, and dry weight of herbicide-treated wheat were, respectively, 33.1, 19.1, 58.6, 43.1, 10.4, 10.0, 54.1, and 43.6% higher than those of the ryegrass-infested control. Also, pyroxasulfone controlled ryegrass dry weight by 89-94% when used in some townships of Golestan province without showing toxicity to wheat. According to the results obtained in the present study, pyroxasulfone herbicide successfully controlled both herbicide-resistant and -susceptible ryegrass biotypes in Golestan province.

Cite this article: Iry, A. Gherekhloo, J. Zand, E. Soltani, A. Hassanpour-Bourkheili, S. Haghnama, K. Sohrabi, S. and Heravi, M. (2024). Investigating the efficacy of pyroxasulfone herbicide in controlling herbicide-resistant and -susceptible biotypes of ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.), winter wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.), and littleseed canarygrass (*Phalaris minor* Retz.) in wheat. Iran. J. of Weed Sci. 20(1), 165-179. Doi: 10.22034/ijws.2024.365766.1458.



بررسی کارایی علف کش پیروکساسولفون بر کنترل بیوتیپ‌های مقاوم و حساس چچم (*Lolium rigidum* Gaud.)، یولاف وحشی زمستانه

(*Avena ludoviciana* Dur.) و علف خونی (*Phalaris minor* Retz.) در گندم

عزیزه ایری^۱، جاوید قرخلو^{۲*}، اسکندر زند^۳، افشین سلطانی^۴، سعید حسن پور بورخیلی^۵، کیانوش حق‌نما^۶، سیما سهرابی^{۷*}، مهتاب هروی^۸

۱- ۲، ۴، ۵ و ۹- گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳- بخش تحقیقات علفهای هرز، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران، ایران.

۶- گروه حفظ نباتات، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، گرگان، ایران.

۷- گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۸- کارگروه گیاهان مهاجم، انجمن علوم علف هرز ایران.

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد پیش‌رویشی علف کش پیروکساسولفون روی برخی علف‌های هرز باریک‌برگ مزارع گندم، آزمایش‌هایی در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در دو بخش گلخانه و مزرعه انجام شد. نتایج آزمایش دز-پاسخ در گلخانه نشان داد که دز مورد نیاز پیروکساسولفون جهت کنترل ۵۰٪ وزن بیوتیپ‌های حساس و مقاوم چچم، علف خونی و یولاف وحشی زمستانه نسبت به شاهد به ترتیب ۲۴/۰-۲۸/۱، ۲۰/۶-۲۱/۵، و ۲۰/۱-۲۰/۲ گرم ماده مؤثره در هکتار بود و تفاوت معنی‌داری بین بیوتیپ‌های حساس و مقاوم مشاهده نشد. همچنین این علف کش موجب گیاه‌سوزی در گندم نشد. در آزمایش دوم، تاثیر کاربرد پیش‌رویشی دز توصیه‌شده پیروکساسولفون روی علف‌های هرز مزرعه آلوده به چچم در روستای بنفش تپه بندرگز مورد بررسی قرار گرفت و اثربخشی خوبی داشت. وزن خشک چچم در تیمار پیروکساسولفون، ۶۰ روز پس از کاشت ۹۹/۲ و ۹۰ روز پس از کاشت ۱۴۴/۵ گرم در متر مربع به دست آمد که به ترتیب ۴/۵ و هفت برابر بیش از وزن خشک شاهد آلوده بود. تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و وزن خشک گندم‌های تیمار شده با پیروکساسولفون نسبت به شاهد آلوده به چچم به ترتیب ۳۳/۱، ۵۸/۶، ۴۳/۱، ۱۰/۴، ۱۰/۰، ۵۴/۱، و ۴۳/۶ درصد بیشتر بود. همچنین، پیروکساسولفون در چند مزرعه گندم در شهرستان‌های استان گلستان نیز بدون گیاه‌سوزی موفق به کنترل ۸۹-۹۴ درصدی وزن خشک چچم شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پیروکساسولفون در مدیریت چچم مقاوم و حساس به علف کش در استان گلستان موفق بود.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۱۱/۰۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۲/۲۵

تاریخ انتشار برخط:

۱۴۰۳/۰۴/۰۱

نویسنده مسئول:

جاوید قرخلو

ایمیل:

gherekhloo@gau.ac.ir

واژه‌های کلیدی:

دز-پاسخ، علف‌های هرز باریک‌برگ، عملکرد، مقاومت به علف کش.

استناد: ایری، ع. قرخلو، ج. زند، ا. سلطانی، ا. حسن پور بورخیلی، س. حق‌نما، ک. سهرابی، س. و هروی، م. (۱۴۰۳). بررسی کارایی علف کش پیروکساسولفون بر کنترل بیوتیپ‌های مقاوم و حساس چچم (*Lolium rigidum* Gaud.)، یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Dur.) و علف خونی (*Phalaris minor* Retz.) در گندم. دانش علف‌های هرز ایران. ۲۰(۱): ۱۶۵-۱۷۹. Doi: 10.22034/ijws.2024.365766.1458

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) با سطح زیر کشت حدود ۲۱۹ میلیون هکتار و متوسط عملکرد ۳/۶ تن در هکتار یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک در دنیا است (FAO, 2022). علف‌های هرز به عنوان یک محدودیت و فشار بزرگ در تولید محصولات زراعی محسوب شده و یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در تولید گندم هستند (Ullah et al., 2021). امروزه کنترل علف‌های هرز یکی از موارد جدایی‌ناپذیر کشاورزی نوین می‌باشد، چراکه این گیاهان به دلیل رقابت با گیاهان زراعی، قادر به کاهش قابل توجهی در راندمان و سودآوری نظام‌های کشاورزی دنیا هستند (Hassanpour-Bourkheili et al., 2020).

یولاف وحشی زمستانه به عنوان یکی از دردسرسازترین علف‌های هرز پاییزه در مزارع کشاورزی غلات گزارش شده است (Hassanpour-Bourkheili et al., 2021) که گونه غالب در ایران، یولاف وحشی زمستانه با نام علمی *Avena ludoviciana* Dur. است. در مطالعات متعددی کاهش عملکرد محصول در نتیجه وجود این علف هرز گزارش شده است که در تایید آن نتایج مطالعه زارع و همکاران (Zare et al., 2021) حاکی از آن بود که با افزایش تراکم یولاف وحشی زمستانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم کاهش بیشتری می‌یابد. پس از معرفی ارقام پاکوتاه گندم، علف خونی به یکی از علف‌های هرز مهم گندم در برخی از استان‌های کشور از جمله خوزستان، فارس، گلستان و مازندران

تبدیل شده است (Gherekhloo et al., 2021) و برای مثال علف خونی (*Phalaris minor* Retz.) می‌تواند موجب افت عملکردی در حدود ۳۵ درصدی در گندم شود (Chhokar et al., 2006). چچم سخت (*Lolium rigidum* Gaud.) گیاهی یکساله زمستانه و از خانواده گندمیان می‌باشد که از طریق بذر تکثیر می‌یابد و یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز مهم مزارع گندم است و دارای نیازهای مشابهی با آن می‌باشد. تاثیر منفی علف هرز چچم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در مطالعات متعددی ذکر شده است (Bajwa et al., 2021; Mamnoie et al., 2024; Flessner et al., 2021). علف کش‌ها، اصلی‌ترین ابزار مهار علف‌های هرز محصولات کشاورزی در ایران و جهان می‌باشند (Strehlow et al., 2020). اما، کاربرد مکرر و غیر اصولی از علف کش‌ها با نحوه عمل یکسان، سبب بروز پدیده مقاومت به علف کش‌ها در علف‌های هرز شده است (Gherekhloo et al., 2016). راستگو و همکاران مقاومت یولاف وحشی به علف کش کلودینافوپ پروپارگیل در مزارع گندم استان خوزستان را گزارش کردند (Rastgoo et al., 2006). مقاومت علف‌های هرز باریک برگ از جمله یولاف وحشی زمستانه، علف خونی و چچم به بازدارنده‌های ACCase در مزارع استان گلستان بررسی و مورد تایید قرار گرفت (Golmohammadzadeh et al., 2019; Hassanpour-Bourkheili et al., 2021; Soufizadeh et al., 2022; Tavassoli et al., 2023). کاشت متوالی گندم، کاهش تناوب زراعی و آیش، استفاده از علف کش‌های بی کیفیت، عدم

رعایت اصول سمپاشی، عدم دسترسی به علف-کش‌های با برند معتبر به دلیل وضع کنونی کشور باعث گسترش روزافزون پدیده مقاومت شده است (Minbashi Moeini *et al.*, 2022). از این رو لازم است که علف‌کش‌هایی با محل اثر متفاوت و جدید برای افزایش طیف کنترل علف‌های هرز و تاخیر در بروز مقاومت به بازار عرضه گردند.

با توجه به اهمیت جایگاه استان گلستان در کشاورزی کشور و گزارش‌های واصله مبنی بر بروز روزافزون مقاومت به علف‌کش‌ها در مزارع استان، پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی علف‌کش جدید پیروکساسولفون (پیروکساسولفون WG 85% با نام تجاری کلت محصول شرکت بایر کراپ ساینس، علف‌کشی پیش‌رویشی و از خانواده شیمیایی ایزوکسازولین، بازدارنده اسیدچرب زنجیره بلند و با دز توصیه‌شده ۱۲۷/۵ گرم ماده موثر در هکتار می‌باشد) برای کنترل علف‌های هرز باریک-برگ مهم در مزارع گندم که نسبت به علف‌کش‌ها مقاومت یافته‌اند، انجام شد. لازم به ذکر است که در حال حاضر با توجه به خالی‌بودن سبد علف‌کشی جهت کنترل چچم مقاوم به علف‌کش‌های موجود در استان گلستان، مطالعه حاضر عمدتاً بر چچم متمرکز بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و در دو بخش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای انجام شد. بذور علف‌های هرز بیوتیپ‌های حساس و مقاوم چچم، علف خونی و یولاف وحشی زمستانه با توجه به آزمایش‌های قبلی انجام‌شده از کلکسیون بذور دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد تا نسبت به حساسیت و مقاومت آنها به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase اطمینان وجود داشته باشد (Tavassoli *et al.*, 2023).
(Hassanpour-Bourkheili *et al.*, 2021)
(Golmohammadzadeh *et al.*, 2020). همچنین بذر گندم (رقم قابوس) نیز برای ارزیابی اثرات گیاهسوزی علف‌کش از سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان تهیه شد.

در آزمایش اول که در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۴۰۱ اجرا شد، ابتدا بذرها پیش‌جوانه‌دار شدند. بذرهای گندم، یولاف وحشی زمستانه و چچم جهت جوانه‌دار شدن تحت سرمادهی مرطوب به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند و سپس در دمای ۲۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند (Hassanpour-Bourkheili *et al.*, 2021; Tavassoli *et al.*, 2023). جوانه‌دار نمودن بذرهای علف خونی نیز پس از تیمار با اسیدسولفوریک ۹۸٪ و سپس شستشو با آب فراوان، مشابه بذرهای گندم، یولاف وحشی زمستانه و چچم انجام شد (Golmohammadzadeh *et al.*, 2020).
بعد از جوانه‌دار شدن بذر بیوتیپ‌های حساس و مقاوم چچم، یولاف وحشی زمستانه و علف خونی در آزمایشگاه، تعداد ۱۰ عدد از بذرهای پیش‌جوانه-زده در گلدان‌هایی با قطر ۱۲ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری با نسبت ۱:۱:۱ لوم، ماسه و خاکبرگ کشت شدند. هر گلدان به منزله یک تکرار بوده و برای هر دز سه تکرار در نظر گرفته شد. گلدان‌ها قبل از کاشت به صورت کامل آبیاری شدند و در طی آزمایش نیز

آبیاری بر حسب نیاز انجام شد. تیمارهای مختلف علف کش مورد مطالعه (پیروکساسولفون) شامل هفت دز صفر، ۰/۰۶۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، یک و دو برابر دز توصیه شده (۱۲۷ گرم ماده مؤثره در هکتار) به صورت پیش‌رویشی (یک روز بعد از کشت بذور و قبل از سبز شدن در عمق یک سانتی متری برای علف‌های هرز و سه سانتی متری برای گندم) با استفاده از دستگاه سمپاش شارژی پستی با فشار ۲۰۰ کیلو پاسکال، حجم کالیبراسیون ۲۵۰ لیتر در هکتار با نازل بادبزی مسطح ۸۰۰۳ انجام شد. چهار هفته بعد از سمپاشی، تعداد بوته‌های زنده در گلدان‌ها شمارش و کف‌بر گردید، سپس بوته‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ الی ۷۲ ساعت قرار گرفت و نهایتاً وزن خشک هر توده به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی تاثیر علف کش مورد آزمایش روی گیاه زراعی گندم، ابتدا بذور گندم رقم قابوس پیش‌جوانه‌دار شده و در گلدان‌هایی با قطر ۱۲ سانتی متری کشت و با شرایط مشابه با آزمایش مربوط به علف‌های هرز که در بالا ذکر شد، مطالعه شدند.

در آزمایش دوم، برای بررسی اثرات علف کش پیروکساسولفون بر علف‌های هرز و گندم در شرایط مزرعه، مزرعه‌ای در روستای بنفش‌تپه بندر گز که سابقه آلودگی به علف‌های هرز باریک‌گندم با غالبیت چچم مقاوم به بازدارنده‌های ACCase داشت (Tavassoli *et al.*, 2023)، انتخاب شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ده تکرار اجرا شد. بعد از آماده‌سازی زمین و کاشت گندم، مزرعه به دو قسمت (هر قسمت ۲۵۰ متر مربع) تقسیم

شد. یک قطعه از زمین یادشده، با دز توصیه‌شده علف کش پیروکساسولفون و با سمپاش پشت تراکتوری بوم‌دار با فشار ۲۰۰ کیلو پاسکال، حجم کالیبراسیون ۲۵۰ لیتر، تیمار شد. قطعه دیگر زمین به عنوان شاهد بدون تیمار علف کش پیروکساسولفون در نظر گرفته شد. چهار هفته پس از سمپاشی، نمونه برداری از گندم در هر قطعه با ۱۰ تکرار شروع و طی پنج مرحله (۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ روز پس از کاشت) در طول فصل، صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، سطح برگ (با استفاده از نرم‌افزار Digimizer) و وزن خشک و در پایان فصل نیز عملکرد و اجزای عملکرد گندم اندازه‌گیری شد. همچنین دو مرحله نمونه برداری از علف‌های هرز در تاریخ‌های ۶۰ و ۹۰ روز پس از کاشت انجام و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد.

همچنین جهت تأیید نتایج فوق، اثر علف کش پیروکساسولفون بر عملکرد گندم و کنترل علف‌های هرز در شهرستان‌های گنبد کاووس، کردکوی، کلاله، بندر ترکمن، گرگان و علی‌آباد واقع در استان گلستان، یک مزرعه در هر شهرستان انتخاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار بررسی شد. ابعاد هر کرت ۱۰۰ متر مربع بود. تیمارهای آزمایشی شامل علف کش پیروکساسولفون با دز توصیه‌شده ۱۲۷/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار به صورت پیش‌رویشی، دو علف-کش رایج منطقه - پینوکسادن (نام تجاری آکسیال، EC 5%)، دز توصیه‌شده ۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل (نام تجاری آتلانتیس، OD 1.2%)، دز توصیه‌شده ۱۸

$$y = \frac{a_{max}}{1 + \exp\left\{-\left(\frac{t-t_{50}}{b}\right)\right\}} \quad (2)$$

که در آن Y مقدار تغییرات در طی زمان؛ a_{max} حداکثر مقدار برآورد شده برای ارتفاع یا وزن خشک، t نشان‌دهنده زمان، t_{50} زمان لازم برای رسیدن به ۵۰٪ حداکثر مقدار ارتفاع یا وزن خشک خشک و b شیب در نقطه t_{50} می‌باشد.

$$y = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-t_{100}}{b}\right)^2\right\} \quad (3)$$

که A_{max} حداکثر سطح برگ، t_{100} زمان رسیدن به درصد حداکثر سطح برگ و b ضریب معادله است. معنی‌داری برآورد پارامترها در آزمایش‌های دز-پاسخ و صفات رشدی گندم طی فصل رشد با استفاده از حدود اطمینان در بازه ۰.۹۵٪ (با بهره‌گیری از خطای معیار) انجام شد. مقایسه میانگین صفات بررسی شده طی تجزیه واریانس در آزمایش سوم با روش LSD در $p < 0.05$ و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزارهای Microsoft Excel V. 2016 و SigmaPlot V. 12.5 انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر علف‌کش پیروکساسولفون روی بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف خونی، چچم و یولاف وحشی زمستانه در گلخانه

نتایج نشان داد که کاربرد ۲۰/۱۹ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش پیروکساسولفون قادر به کنترل ۵۰ درصد وزن خشک علف خونی حساس نسبت به شاهد سم‌پاشی بود. مشخص شد که کاربرد ۲۰/۱۴ گرم ماده موثره در هکتار برای کنترل ۵۰ درصد بیوتیپ مقاوم لازم است. با توجه به حدود اطمینان خطا در بازه ۰.۹۵٪ برای شاخص مقاومت، اختلاف معنی‌داری بین دز لازم برای از بین بردن ۵۰ درصدی

گرم ماده موثره در هکتار) در مرحله سه الی چهاربرگی علف هرز- و شاهد آلوده به علف هرز بودند. سمپاشی با استفاده از دستگاه سمپاش شارژی پستی با فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال، حجم کالیبراسیون ۲۵۰ لیتر در هکتار با نازل بادبزی مسطح ۸۰۰۳ انجام شد. وزن خشک علف‌های هرز چهار هفته پس از سمپاشی و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در انتهای فصل رشد اندازه‌گیری شدند. نحوه اعمال تیمارها و نمونه‌برداری مشابه آزمایش دوم بود.

تجزیه داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش‌های دز-پاسخ با برازش داده تابع لوگ‌لجستیک سه-پارامتره به داده‌ها و با استفاده از نرم‌افزار R V.4.2.2 (بسته drc) انجام شد (تابع ۱).

$$y = \frac{d}{1 + \exp\{b(\log(x) - \log(e))\}} \quad (1)$$

پارامترهای ارائه‌شده در این معادله عبارت است از: b ، شیب منحنی در نقطه e ؛ d ، حد بالای منحنی دز-پاسخ؛ و e ، GR_{50} که معادل دزی از علف‌کش می‌باشد که منجر به اعمال ۵۰ درصد بازدارندگی در زیست‌توده خشک گیاه می‌شود.

تجزیه داده‌های مربوط به وزن خشک علف‌های هرز و عملکرد و اجزای عملکرد گندم‌های مورد مطالعه در آزمایش دوم و سوم با استفاده از نرم‌افزار ورژن SAS V. 9.0 و نرم‌افزار R V. 4.2.2 انجام شد. همچنین داده‌های مربوط به ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک گندم با بهره‌گیری از نرم‌افزار SigmaPlot V. 12.5 مورد تجزیه قرار گرفتند. تابع سه‌پارامتره سیگموئیدی (معادله ۲) به داده‌های ارتفاع و وزن خشک گندم و تابع سه‌پارامتره گاوسی (معادله ۳) به داده‌های شاخص سطح برگ گندم برازش داده شدند.

بیوتیپ مقاوم و حساس مشاهده نشد (جدول ۱). کاربرد ۲۰/۶۵ گرم ماده موثره در هکتار از علف کش پیروکساسولفون قادر به از بین بردن ۵۰ درصد یولاف وحشی زمستانه حساس نسبت به شاهد سم‌پاشی نشده بود؛ درحالی که برای از بین بردن ۵۰ درصدی بیوتیپ مقاوم، کاربرد ۲۱/۴۹ گرم ماده موثره در هکتار لازم بود. اختلاف معنی‌داری بین دز لازم برای کنترل ۵۰ درصد بیوتیپ حساس و مقاوم وجود نداشت. همچنین اختلاف معنی‌داری بین دز لازم برای کنترل ۹۰ درصدی بیوتیپ مقاوم و حساس مشاهده نشد. این بدان معنا است که علف‌کش پیروکساسولفون تاثیر کنترلی مشابه و قابل قبولی در دز توصیه شده روی بیوتیپ مقاوم و حساس یولاف وحشی زمستانه داشته است (جدول ۱).

بیوتیپ حساس و مقاوم مشاهده نشد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین دز لازم برای کنترل ۹۰ درصدی بیوتیپ مقاوم و حساس علف خونی مشاهده نشد (جدول ۱). با افزایش دز علف‌کش پیروکساسولفون وزن خشک هر دو بیوتیپ حساس و مقاوم علف هرز چچم کاهش پیدا کرد؛ درحالی که کاربرد ۲۴/۰۴ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش پیروکساسولفون قادر به کنترل ۵۰ درصد چچم حساس نسبت به شاهد سمپاشی شد، اما برای از بین بردن ۵۰ درصد از وزن خشک در بیوتیپ مقاوم (R)، به ۲۸/۰۹ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش نیاز بود که اختلاف معنی‌داری بین GR50 مقاوم و حساس این مقادیر وجود نداشت. همچنین اختلاف معنی‌داری بین دز لازم برای کنترل ۹۰ درصدی

جدول ۱- تاثیر علف‌کش پیروکساسولفون روی وزن خشک بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف خونی، چچم و یولاف وحشی زمستانه. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای معیار هستند.

Table 1. Effect of pyroxasulfone on the dry weight of resistant and susceptible biotypes of littleseed canarygrass, ryegrass, and winter wild oat. Values in parentheses denote standard errors.

Species	Upper limit (d)	Slope (b)	GR ₅₀ (g a.i. ha ⁻¹)	ED ₉₀ (g a.i. ha ⁻¹)	GR ₅₀ R/GR ₅₀ S
Canarygrass (R)	98.52 (6.0)	1.24 (0.2)	20.14 (3.4)	118.45 (29.5)	0.99 (0.2)
Canarygrass (S)	98.83 (5.9)	1.28 (0.2)	20.19 (3.3)	111.87 (26.9)	
Ryegrass (R)	98.06 (4.6)	1.24 (0.1)	28.09 (3.8)	124.42 (32.3)	1.16 (0.2)
Ryegrass (s)	98.26 (4.7)	1.27 (0.1)	24.04 (0.3)	116.15 (25.9)	
Wild oat (R)	97.66 (6.5)	1.27 (0.2)	21.49 (4.0)	120.38 (30.3)	1.04 (0.2)
Wild oat (s)	97.98 (6.4)	1.29 (0.2)	20.65 (3.7)	113.32 (28.8)	

تیمار شده نسبت به شاهد بدون علف‌کش تغییر چندانی نکرد. در واقع این نتایج نشان داد که علف‌کش مورد آزمایش اثر گیاهسوزی بر گندم نداشت (نتایج نشان داده نشده‌اند).

عملکرد و اجزای عملکرد گندم در مزرعه

طبق نتایج، اثر تیمار علف‌کشی بر همه صفات مورد

تاثیر علف‌کش پیروکساسولفون بر گندم در گلخانه

نتایج نشان داد که کاربرد علف‌کش پیروکساسولفون تاثیر منفی بر وزن خشک گندم‌های تیمار شده نداشت؛ به عبارت دیگر، با افزایش دز علف‌کش، وزن خشک بوته در مزارع گندم

بررسی مانند تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود؛ درحالی‌که بر تعداد سنبله در بوته اثر معنی‌داری نداشت (نتایج نشان داده نشده‌اند). تعداد دانه در سنبله در تیمار علف-کشی برابر با ۲۶ دانه در سنبله بود؛ درحالی‌که به‌طور متوسط در شاهد ۱۹ دانه در سنبله بود (شکل ۱-الف). تعداد دانه در سنبله علاوه بر رقم به عوامل محیطی مخصوصاً تشعشع خورشیدی در مراحل تشکیل و تکامل پانیکول ارتباط مستقیم دارد (Zhou et al., 2021). بنابراین در محیط‌هایی که علف هرز کنترل‌شده باشد رقابت گیاه زراعی کاهش می‌یابد و به دلیل فضای کافی و نفوذ تشعشع خورشیدی به تاج‌پوشش گیاه تکامل دانه به‌خوبی انجام شد؛ لذا تعداد دانه در سنبله در تیمار علف‌کشی بیشتر خواهد شد. وزن هزار دانه در شرایط کاربرد علف‌کش ۲۷ گرم و در تیمار شاهد آلوده ۲۳ گرم برآورد شد (شکل ۱-ب). در تیمار علف‌کشی به علت کاهش رقابت و افزایش منابع در دسترس، گیاه مواد کافی برای پر کردن دانه داشته که این امر باعث افزایش وزن دانه شده است.

تیمار مزرعه گندم با علف‌کش پیروکساسولفون در مقایسه با شاهد تیمارنشده با ۱۶۷۹ کیلوگرم دانه در هکتار عملکرد بیشتری در مقایسه با شاهد تیمارنشده تولید کرد (شکل ۱-ج). نتایج حاصل از عملکرد بیولوژیکی مزرعه تیمارنشده با شاهد بدون علف‌کش نشان داد که مزرعه تیمارنشده با پیروکساسولفون در مقایسه با شاهد بدون علف‌کش دارای عملکرد بیولوژیکی بالاتری بوده است (۳۰ درصد) (شکل ۱-د). با کاهش تراکم علف هرز،

وزن خشک گندم نیز افزایش می‌یابد. همچنین حصول عملکرد مطلوب در گیاه زراعی تابعی از تراکم مطلوب، نور کافی، آب قابل دسترس و وجود عناصر غذایی کافی در محیط رشد است. علف‌های هرز در دست‌یابی به این منابع در مقایسه با گیاه زراعی رقیب قوی‌تری هستند که این امر منجر به کاهش رشد مطلوب در گیاه زراعی خواهد شد (Horvath et al., 2023).

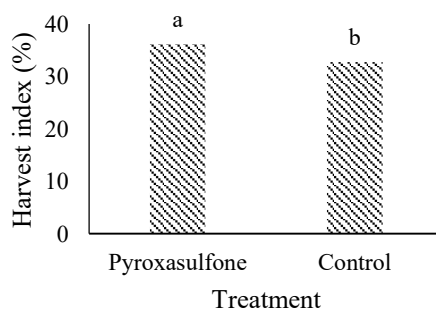
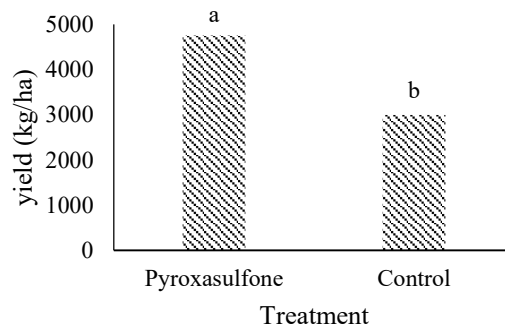
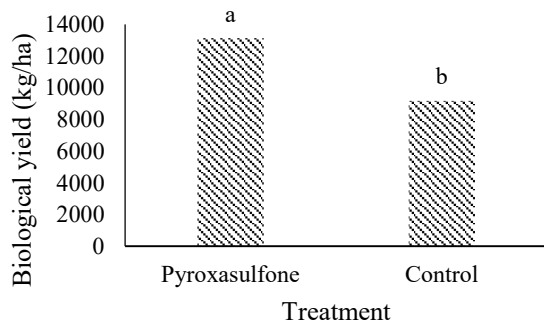
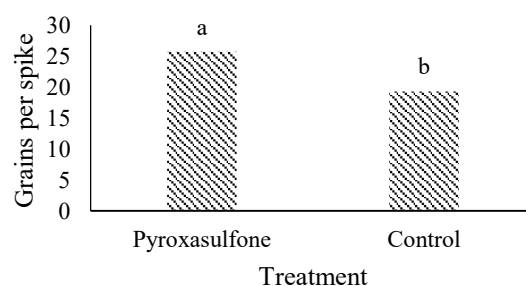
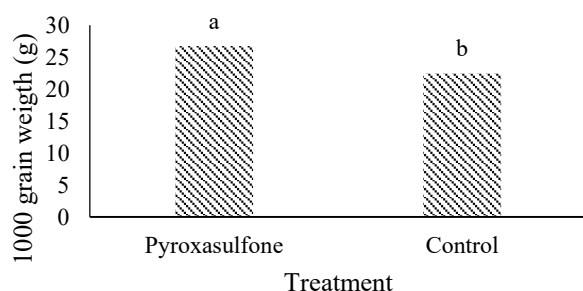
شاخص برداشت در تیمار علف‌کشی در حدود ۳۷ درصد و در شاهد بدون تیمار حدود ۳۳ درصد برآورد شد (شکل ۱-ه). لیندکوئیست (Lindquist, 2001) بیان کرد که در تحمل گیاه زراعی به علف هرز تخصیص ماده خشک به اندام‌های مختلف گیاه مهمتر از مقدار کل ماده خشک تولیدشده می‌باشد. نادری و غدیری (Naderi & Ghadiri, 2011) نیز بیان داشتند که شاخص برداشت گیاه گندم در شرایط رقابت با علف هرز کاهش یافت.

وزن خشک علف هرز چچم در مزرعه گندم

نتایج حاصل از آزمون t-student برای وزن خشک علف‌های هرز چچم در مزارع گندم تیمارنشده با پیروکساسولفون در مقایسه با شاهد تیمارنشده نشان داد که بین وزن خشک گندم در تیمار پیروکساسولفون و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. به‌طور کلی، وزن خشک علف هرز چچم در طی فصل رشد افزایشی بوده و نرخ افزایش وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای عدم سمپاشی با شدت بیشتری رو به افزایش بود و از این نظر اختلاف معنی‌داری با تیمار سمپاشی شده با علف‌کش پیروکساسولفون داشت.

پیروکساسولفون بود. بنابراین تیمار علف کشی به طور قابل توجهی باعث کاهش وزن خشک چچم شد، افزایش عملکرد گندم نتیجه مستقیم در کاهش وزن خشک علف هرز چچم داشت (نتایج نشان داده نشده‌اند).

به طوری که در مرحله اول وزن خشک چچم در تیمار شاهد ۹۹/۲ گرم در متر مربع به دست آمد که حدود ۸۰ درصد نسبت به تیمار پیروکساسولفون بیشتر بود. در مرحله دوم نمونه برداری نیز وزن خشک تیمار شاهد ۱۴۲ گرم در متر مربع و در حدود هفت برابر وزن خشک علف هرز چچم در تیمار



شکل ۱- اثر علف کش پیروکساسولفون بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آلوده به چچم.

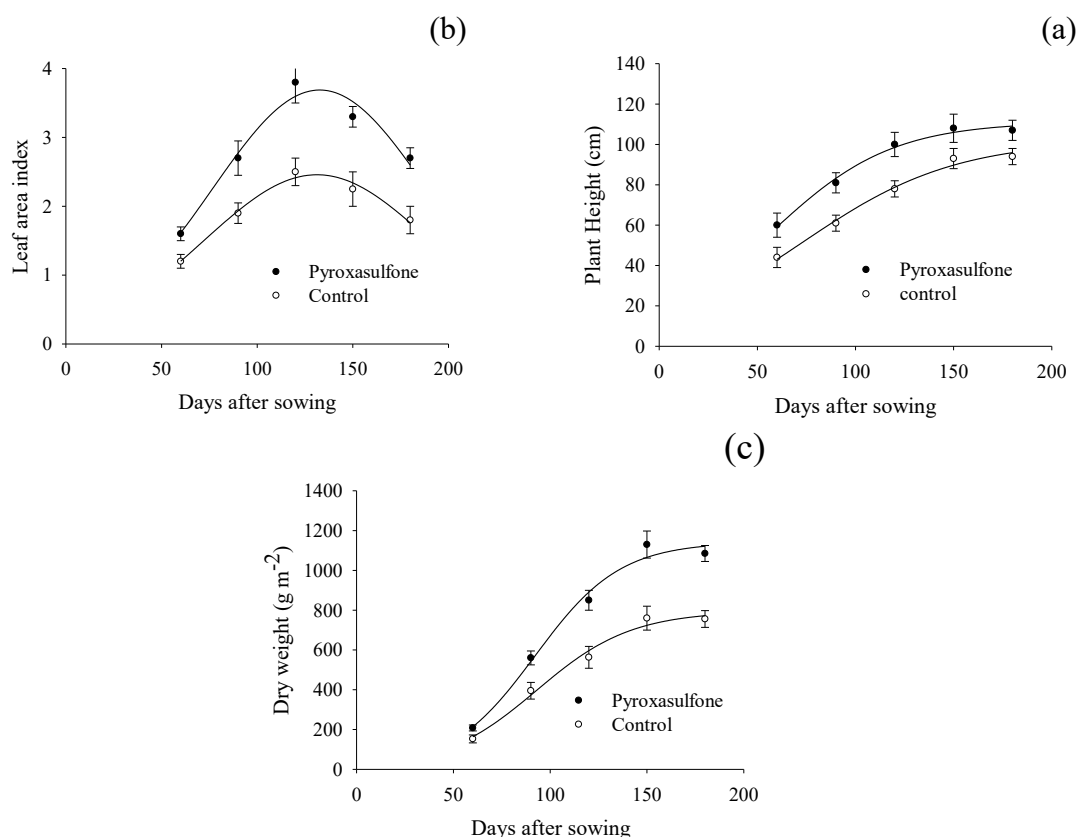
Figure 1. Effect of pyroxasulfone on the yield and yield components of ryegrass-infested wheat.

با افزایش روزهای پس از کاشت، ارتفاع گندم در تیمار علف کشی افزایش یافت، این افزایش تا زمان

بررسی صفات رشدی گندم‌های تیمار شده با پیروکساسولفون در مقایسه با تیمار شاهد

گندم تیمارشده معادل ۱۱۴۲ گرم در متر مربع بود که در مقایسه با شاهد، ۷۵۰/۵۶ گرم در متر مربع، اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۲-ج). در همین رابطه منتظری (۱۳۸۶) نیز گزارش داد که علف خونی با تراکم مختلف، تاثیر معنی‌داری روی ارتفاع گندم نداشت؛ ولی خردل وحشی به‌طور معنی‌داری موجب کاهش ارتفاع بوته شد.

بسته‌شدن کانوپی با سرعت زیادتری صورت گرفت و پس از آن تقریباً ثابت شد. در این زمان، میانگین ارتفاع گندم تیمارشده با شاهد (بدون علف‌کش خود) تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۲-الف). نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ گندم در مزرعه تیمارشده با مقدار ۳/۶۹ اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت (شکل ۲-ب). وزن خشک بوته‌های



شکل ۲- تغییرات ارتفاع (a)، شاخص سطح برگ (b) و وزن خشک (c) گندم‌های تیمارشده با پیروکساسولفون و شاهد در طی زمان. (میل‌ها روی نقاط نشان‌دهنده خطای معیار هستند).

Figure 2. Changes in height (a), leaf area index (b) and dry weight (c) of pyroxasulfone-treated and control wheats over time. Bars denote standard errors.

پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون-متیل بین ۹۰ الی ۹۴ درصد متغیر بود و تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. همچنین عملکرد گندم در شرایط کاربرد پیروکساسولفون برابر با ۳۰۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که تفاوت

بررسی اثر پیروکساسولفون در مقایسه با علف‌کش‌های رایج در شهرستان‌های استان گلستان

در شهرستان گنبد، میزان کنترل چچم نسبت به شاهد توسط علف‌کش‌های پیروکساسولفون،

معنی‌داری با عملکرد گندم تحت تیمارهای پینوکسادن (۲۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل (۲۸۹۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت. عملکرد گندم در تیمار شاهد ۱۷۸۰ کیلوگرم به دست آمد که ۴۱ درصد کمتر از تیمار پیروکساسولفون بود (جدول ۲).

در شهرستان کلاله، علف کش‌های پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل قادر به کنترل علف هرز چچم در مزرعه منتخب شهرستان کلاله نبودند و میزان کنترل این علف هرز توسط علف کش‌های مذکور به ترتیب برابر با ۱۵ و ۱۳ درصد نسبت به شاهد آلوده بود که بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کنترل چچم توسط پیروکساسولفون قابل قبول و معادل با ۹۱ درصد بود. همچنین عملکرد دانه گندم در کرت شاهد آلوده به علف هرز ۳۴۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که به ترتیب ۵۴۰ و ۴۸۰ کیلوگرم کمتر از عملکرد گندم در تیمارهای پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل بود. علف کش پیروکساسولفون موجب حصول بیشترین عملکرد به میزان ۵۳۰۰ کیلوگرم در هکتار شد (جدول ۲).

علف کش پیروکساسولفون موفق شد در مزرعه گندم شهرستان علی‌آباد علف هرز چچم را در مقایسه با شاهد آلوده به میزان ۹۰ درصد کنترل کند، در حالی که علف کش‌های رایج پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل تنها به میزان ۱۴ و ۱۱ درصد چچم را کنترل کرده و از این نظر اختلاف معنی‌داری بین کارایی این دو علف کش مشاهده نشد. بیشترین عملکرد دانه گندم مربوط به

تیمار پیروکساسولفون با ۲۷۷۰ کیلوگرم در هکتار بود. در رده بعدی تیمارهای پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل با به ترتیب ۱۷۸۰ و ۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار و بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر قرار داشتند. عملکرد دانه گندم در تیمار شاهد برابر با ۱۴۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲).

در شهرستان کردکوی، میزان کنترل چچم نسبت به شاهد آلوده توسط علف کش‌های پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل فقط شش و هشت درصد بود؛ درحالی که علف کش پیروکساسولفون چچم را به میزان ۹۲ درصد کنترل کرد. بیشترین عملکرد دانه گندم در تیمار پیروکساسولفون به میزان ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. این صفت در تیمارهای پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل ۱۶۱۰ و ۱۵۳۰ کیلوگرم در هکتار بود و در شاهد آلوده به علف هرز به میزان ۱۴۸۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت، هرچند تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه گندم در تیمارهای شاهد آلوده به علف هرز، پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل مشاهده نشد (جدول ۲).

طبق نتایج به دست آمده در شهرستان گرگان، علف کش پیروکساسولفون توانست ۹۰/۶ درصد علف هرز چچم را نسبت به شاهد آلوده کنترل کند، درحالی که میزان کنترل علف هرز چچم توسط علف کش‌های رایج پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل به ترتیب ۱۷ و ۱۲ درصد بود. همچنین عملکرد دانه گندم تحت تأثیر تیمار

پیروکساسولفون ۳۰۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. تیمارهای پینوکسادن و مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل موجب حصول عملکرد دانه گندم به ترتیب به میزان ۲۲۵۰ و ۲۱۸۰ کیلوگرم در هکتار شدند و تفاوت معنی داری بین این دو تیمار مشاهده نشد. کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار شاهد به میزان ۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲).

در شهرستان بندر ترکمن میزان کنترل علف هرز چچم توسط علف کش پیروکساسولفون ۸۹ درصد بود. موفقیت علف کش‌های پینوکسادن و

مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل در کنترل چچم به ترتیب ۱۶ و ۱۲ درصد بود (بدون تفاوت معنی دار). عملکرد دانه گندم در تیمار پیروکساسولفون برابر با ۴۳۲۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که به شکل معنی داری بیشتر از تیمارهای پینوکسادن (۳۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل (۲۹۳۰ کیلوگرم در هکتار) بود. تیمار شاهد آلوده با ۲۴۸۰ کیلوگرم در هکتار نیز کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۲).

جدول ۲- اثر پیروکساسولفون بر عملکرد گندم و کنترل علف هرز چچم (بر اساس وزن خشک) در مقایسه با علف کش‌های رایج در استان گلستان. حروف مشابه در هر سطر نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی دار در $p < 0.05$ می‌باشد.

Table 2. Effect of pyroxasulfone on wheat yield and ryegrass control (based on dry weight) in comparison with herbicides commonly used in Golestan Province. Similar letters in each row denote non-significant differences at $p < 0.05$.

Township	Trait	Treatment			
		Pyroxasulfone	Pinoxaden	Mesosulfuron methyl+ iodosulfuron methyl	Weedy check
Gonbad	Grain yield (kg ha ⁻¹)	3025 ^a	2950 ^a	2890 ^a	1780 ^b
	Weed control (% of control)	94 ^a	92 ^a	90 ^a	---
Kalaleh	Grain yield (kg ha ⁻¹)	5300 ^a	4030 ^b	3900 ^b	3480 ^c
	Weed control (% of control)	91 ^a	15 ^b	13 ^b	---
Aliabad	Grain yield (kg ha ⁻¹)	2770 ^a	1780 ^b	1700 ^b	1460 ^c
	Weed control (% of control)	90 ^a	14 ^b	11 ^b	---
Kordkuy	Grain yield (kg ha ⁻¹)	3000 ^a	1610 ^b	1530 ^b	1480 ^b
	Weed control (% of control)	92 ^a	8 ^b	6 ^b	---
Gorgan	Grain yield (kg ha ⁻¹)	3030 ^a	2250 ^b	2180 ^b	1700 ^c
	Weed control (% of control)	90.6 ^a	17 ^b	12 ^b	---
Bandar Torkman	Grain yield (kg ha ⁻¹)	4320 ^a	3150 ^b	2930 ^b	2480 ^c
	Weed control (% of control)	89 ^a	16 ^b	12 ^b	---

عدم کاربرد متوالی علف کش‌ها، رعایت تناوب زراعی و اصول مدیریت تلفیقی علف‌های هرز از عوامل عدم بروز مقاومت در چچم به علف کش‌ها در اکثر مزارع گندم شهرستان گنبد است. علف کش

پیروکساسولفون نیز چچم را در مزرعه منتخب این شهرستان به خوبی کنترل کرد و بنابراین می‌توان آن را به تناوب علف کشی این مزرعه اضافه نمود. علاوه بر رعایت اصول تناوب علف کشی در مزرعه مورد

مطالعه در شهرستان گنبد، سال‌هایی که در این شهرستان بارندگی کم و سبز شدن گندم نامناسب باشد، از سمپاشی مزرعه برای جلوگیری از هزینه اضافی خودداری می‌شود و همین عدم کاربرد متوالی علف‌کش‌ها، باعث کاهش فشار انتخابی می‌شود. این عوامل موجب شده است که عملکرد گندم در شرایط کاربرد هر یک از علف‌کش‌های به کار رفته در این مزرعه در سطح قابل قبولی باشد. افزایش تنوع گیاهان زراعی در برنامه تناوب به عنوان اصلی مهم در کشاورزی حفاظتی در درازمدت مزایایی در جهت کاهش تولید بذور علف هرز داشته و منجر به ایجاد وضعیتی می‌شود که بذور کمتری در بانک بذر خاک وارد می‌شوند (Murphy et al., 2006).

علف‌کش‌های رایج پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل در شهرستان‌های گرگان، کلالة، کردکوی، علی‌آباد و بندرترکمن قادر به کنترل علف هرز چچم مقاوم به بازدارنده‌های ACCase و ALS نبودند. در شهرستان بندرترکمن علاوه بر چچم مقاوم، علف خونی مقاوم به بازدارنده‌های ACCase و ALS هم توسط این علف‌کش‌ها کنترل نشد. این امر نشان‌دهنده گسترش شدید مقاومت به بازدارنده‌های ACCase و ALS در این مزارع می‌باشد. کاربرد یک علف‌کش به طور مداوم طی چندین سال، یا چندین مرتبه در طول یک سال یکی از عوامل مدیریتی است که می‌تواند گسترش مقاومت به علف‌کش‌ها را افزایش دهد (Gherekhloo et al., 2021).

عدم کنترل علف‌های هرز مقاوم توسط علف‌کش‌های رایج همچنین موجب خسارت شدید

به عملکرد گندم در این مزارع شد. خسارت ناشی از علف‌های هرز مقاوم در شرایط کاربرد پینوکسادن و مزوسولفورون‌متیل + یدوسولفورون‌متیل در شهرستان‌های مورد مطالعه بین ۲۴ الی ۴۶ درصد متغیر بود که در این بین شهرستان کردکوی بیشترین خسارت را به علت عدم کارایی این علف‌کش‌ها متحمل شد. همچنین عدم مبارزه با علف‌های هرز نیز بین ۳۳ الی ۵۱ درصد خسارت به عملکرد دانه گندم در مزارع مورد مطالعه در شهرستان‌های گرگان، کلالة، کردکوی، علی‌آباد و بندرترکمن وارد نمود.

به کار بردن علف‌کش جدید پیروکساسولفون موجب کنترل مناسب علف‌های هرز و در نتیجه حصول عملکرد قابل قبول دانه گندم شد. استفاده از علف‌کش‌هایی که نحوه عمل متفاوت دارند، می‌تواند منجر به از بین رفتن بوته‌های حساس و مقاوم شود، ولی از سوی دیگر این امر به منزله اعمال فشار گزینشی جدیدی خواهد بود که در نهایت باعث تشدید مقاومت و حتی بروز مقاومت‌های عرضی و چندگانه خواهد شد (Gherekhloo et al., 2016). بنابراین به نظر می‌آید ثبت، معرفی و استفاده از علف‌کش‌های جدید با نحوه اثر متفاوت در کنار علف‌کش‌های رایج در برنامه کوتاه‌مدت، روش موثری در شکستن مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها باشد. با این حال و با توجه به توضیحات داده‌شده، بایستی از روش‌های غیر شیمیایی در برنامه مدیریت علف‌های هرز استفاده نمود تا در آینده مشکلات کمتری در خصوص مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها رخ

دهد.

بیولوژیکی، شاخص برداشت، ارتفاع بوته‌ها، شاخص سطح برگ و وزن خشک بیشتری در مقایسه با شاهد آلوده به چچم داشتند. نتایج به‌دست آمده در شهرستان‌های استان گلستان نیز مؤید نتایج آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای بود. هرچند لازم به یادآوری است که برای اطمینان از کارایی علف‌کش‌های جدید مطالعه‌شده در این پژوهش و عدم محدودیت تناوبی برای محصول بعدی آزمایش‌های بیشتری مورد نیاز خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

علف‌کش پیروکساسولفون توانست بدون آسیب به گندم، علف‌های هرز مهم مقاوم و حساس استان گلستان - به‌ویژه چچم - را در شرایط کاربرد مقادیری کمتر از دز توصیه‌شده ۱۲۷ گرم ماده مؤثره در هکتار با موفقیت کنترل نماید (ED₉₀). همچنین بوته‌های گندم تیمار شده با پیروکساسولفون، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد

منابع

- Bajwa, A.A. Latif, S. Borger, C. Iqbal, N. Asaduzzaman, M. Wu, H. and Walsh, M. 2021. The remarkable journey of a weed: Biology and management of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in conservation cropping systems of Australia. *Plants*, 10(8): 1505.
- Chhokar, R.S. Sharma, R.K. Chauhan, D.S. and Mongia, A.D. 2006. Evaluation of herbicides against *Phalaris minor* in wheat in north-western Indian plains. *Weed Res.* 46: 40-49.
- FAO. 2022. FAOSTAT Statistical Database.
- Flessner, M.L. Burke, I.C. Dille, J.A. Everman, W.J. VanGessel, M.J. Tidemann, B. Manuchehri, M.R. Soltani, N. and Sikkema, P.H. 2021. Potential wheat yield loss due to weeds in the United States and Canada. *Weed Technol.* 35(6): 916-923.
- Gherekhloo, J. Hassanpour-Bourkheili, S. Hejazirad, P. Golmohammadzadeh, S. Vazquez-Garcia, J.G. and De Prado, R. 2021. Herbicide resistance in phalaris species: A review. *Plants*, 10(11): 2248.
- Gherekhloo, J. Oveisi, M. Zand, E. and De Prado, R. 2016. A review of herbicide resistance in Iran. *Weed Sci.* 64(4): 551-561.
- Golmohammadzadeh, S. Rojano-Delgado, A.M. Vázquez-García, J.G. Romano, Y. Osuna, M. D. Gherekhloo, J. and De Prado, R. 2020. Cross-resistance mechanisms to ACCase-inhibiting herbicides in short-spike canarygrass (*Phalaris brachystachys*). *Plant Physiol. Biochem.* 151: 681-688.
- Hassanpour-Bourkheili, S. Gherekhloo, J. Kamkar, B. and Ramezanpour, S.S. 2021. Mechanism and pattern of resistance to some ACCase inhibitors in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Gillet & Magne) biotypes collected within canola fields. *Crop Protec.* 143: 105541.
- Hassanpour-Bourkheili, S. Heravi, M. Gherekhloo, J. Alcántara-de la Cruz, R. and De Prado, R. 2020. Fitness cost of imazamox resistance in wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.). *Agron.* 10(12): 1859.
- Horvath, D.P. Clay, S.A. Swanton, C.J. Anderson, J.V. and Chao, W.S. 2023. Weed-induced crop yield loss: A new paradigm and new challenges. *Trends Plant Sci.*, 28(5): 567-582.
- Lindquist, J.L. 2001. Performance of INTERCOM for predicting corn-velvetleaf interference across north-central United States. *Weed Sci.* 49(2): 195-201.

- Mamnoie, E. Karaminejad, M.R. Sabeti, P. Behrouzi, D. Minbash Moeini, M. and Mojab, M. 2024. Comparison of fenoxaprop-p-ethyl+ metribuzin herbicide with some common herbicides in wheat (*Triticum aestivum* L.) fields. *J. Crop Prod.* 17(1): 145-168.
- Minbashi Moeini, M. Hadizadeh, M. Karaminejad, M. Sabet Zangeneh, H. Jamali, M. and Haghighi, A. 2022. Efficacy of fluroxypyr compared with common broadleaf herbicides in the wheat fields. *J. Iranian Plant Protec. Res.* 36(3): 367-384.
- Murphy, S.D. Clements, D.R. Belaousoff, S. Kevan, P.G. and Swanton, C.J. 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Sci.* 54(1): 69-77.
- Naderi, R. and Ghadiri, H. (2011). Competition of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) densities with rapeseed (*Brassica napus* L.) under different levels of nitrogen fertilizer. *J. Agric. Sci. Technol.* 13(1): 45-51.
- Rastgoo, M. Rashed, M. Zand, E. and Nassiri, M. 2007. Resistance of winter wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) to aryloxyphenoxy propionate herbicides in wheat fields of Khuzestan province: First screening test. *Iranian J. Weed Sci.* 2(2): 96-104.
- Soufizadeh, T., Gherekhloo, J., Sohrabi, S., Bagherani, N. and Siahmarguee, A. 2022. Mapping the distribution of winter wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) biotype resistant to clodinafop-propargyl, diclofop-methyl and fenoxaprop-P ethyl herbicides in wheat fields of Kalaleh. *Iranian J Weed Sci.* 18(1): 101-113.
- Strehlow, B. de Mol, F. and Gerowitt, B. 2020. Herbicide intensity depends on cropping system and weed control target: Unraveling the effects in field experiments. *Crop Protec.* 129: 105011
- Tavassoli, A. Gherekhloo, J. Ghaderi-Far, F. Zand, E. Osuna, M.D. and Prado, R.D. 2023. Rigid ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud) resistant to ACCase and ALS inhibitors in northeastern Iran. *Adv. Weed Sci.* 41: e020220069.
- Ullah, H. Khan, N. and Khan, I.A. 2021. Complementing cultural weed control with plant allelopathy: Implications for improved weed management in wheat crop. *Acta Ecol. Sin.* 43: 27-33.
- Zare, A. Rahimian Mashhadi, H. Oveisi, M. and Hamidi, R. 2021. Does increase of wild oat density change time of application of wheat selective herbicide? *Iranian J. Field Crop Sci.* 52(1): 131-143.
- Zhou, X.B. Yang, L. Wang, G.Y. Zhao, Y.X. and Wu, H.Y. 2021. Effect of deficit irrigation scheduling and planting pattern on leaf water status and radiation use efficiency of winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 207(3): 437-449.