Iranian Journal of Weed Science: 2025; 21(1): 1-16

Iranian Journal of Weed Science

https://ijws.areeo.ac.ir/

Original Article

Response of Wild Oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) M. Gillet & Magne) Populations to Pinoxaden + Florasulam in Wheat Fields of Khuzestan Province

Shahrzad Mohammad Asgari [1] , Elham Elahifard [2*] , Ahmad Zare [3]

[1,2,3] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Molasani, Khuzestan, Iran.

Article Info

Received:
July 12, 2025

Accepted:
November 10, 2025

First published online:
November 23, 2025

Corresponding Author:
Elham Elahifard
Email:
e.elahifard@asnrukh.ac.ir

Key words: Distribution map of resistant populations, Dose-response, Resistance factor, Screening.

Abstract

The widespread evolution of herbicide resistance in weeds represents a striking example of rapid plant adaptation in response to human-imposed selection pressure. In this study, 59 wild oat populations suspected of resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase (ACCase) inhibiting herbicides were collected from wheat fields in four counties of Khuzestan province (Andimeshk, Dezful, Shush, and Shushtar) in the spring of 2018. The experiment was conducted in two parts: screening and dose-response, using the recommended dose of pinoxaden + florasulam herbicide (75 g a.i. ha^{-1}) and doses of 0, 18.75, 37.5, 75, 150, 300, and 600 g a.i. ha^{-1}, respectively. Screening results showed that, based on the two Adkins and Moss ranking indices, 9 and 41 populations showed definite resistance to pinoxaden+florasulam, respectively. Based on the Adkins and Moss index, 7 and 41 populations (11.86% and 69.49% of total populations) were in the resistant group (generally different R categories), 21 and 8 populations (35.59% and 13.56% of total populations) were in the probably resistant (PR) or suspected resistance (R?) group, and 31 and 10 populations (52.54% and 16.95% of total populations) were in the susceptible (S) group to pinoxaden + flurasolam, respectively. The herbicide resistance index based on fresh weight and survival percentage for the studied populations was estimated to be between 2.18-5.90 and 1.53-4.05, respectively. The distribution map of herbicide-resistant and herbicide-susceptible populations, based on the results of the screening experiment, showed that the highest density of resistant populations was in wheat fields in the two counties of Andimeshk and Shush. Given the extensive spread of resistance among wild oat populations in wheat fields, it is likely that identifying populations still susceptible to ACCase inhibitors in Khuzestan province will become increasingly difficult in the near future.

Cite this article: Mohammad Asgari, S., Elahifard, E., & Zare, A. (2025). Response of wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) M. Gillet & Magne) populations to pinoxaden + florasulam in wheat fields of Khuzestan province. Iran. J. of Weed Sci. 21(1): 1-16. DOI: 10.22034/ijws.2025.370066.1489.

Copyright © 2025 The Authors. Published by Iranian Society of Weed Science & Iranian Research Institute of Plant Protection.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

مجله دانش علف‌های‌هرز ایران؛ ۱٤۰٤، دورهٔ ۲۱، شمارهٔ ۱: صفحات ۱-۱۵

مجله دانش علف‌های‌هرز ایران

https://ijws.areeo.ac.ir/

مقاله پژوهشی

پاسخ جمعیت‌های یولاف‌وحشی (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana*) به علف‌کش پینوکسادن+ فلوراسولام در مزارع گندم استان خوزستان

شهرزاد محمدعسگری[۱]، الهام الهی‌فرد[۲]*، احمد زارع[۲]

[۱، ۲، ۳] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۴/۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۸/۱۹

تاریخ انتشار برخط:
۱۴۰۴/۰۹/۰۲

نویسنده مسئول:
الهام الهی‌فرد

ایمیل:
e.elahifard@asnrukh.ac.ir

واژه‌های کلیدی: پاسخ به دز، درجه مقاومت، غربالگری، نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم.

چکیده

مقاومت گسترده علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها، نمونه‌ای بارز از تکامل سریع گیاهان در پاسخ به فشار انتخابی انسان است. در این پژوهش، ۵۹ جمعیت یولاف‌وحشی مشکوک به مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده استیل کوآنزیم-آکربوکسیلاز در بهار سال ۱۳۹۷ از مزارع گندم چهار شهرستان استان خوزستان (اندیمشک، دزفول، شوش و شوشتر) جمع‌آوری شدند. آزمایش در دو بخش غربالگری و پاسخ به دز به‌ترتیب با کاربرد دز توصیه‌شده (۷۵ گرم ماده موثر در هکتار) علف‌کش پینوکسادن+فلوراسولام و دزهای صفر، ۱۸/۷۵، ۳۷/۵، ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ گرم ماده مؤثر در هکتار انجام شد. نتایج غربالگری نشان داد براساس دو شاخص رتبه‌بندی ادکینز و ماس به‌ترتیب نه و ۴۱ جمعیت به پینوکسادن+فلوراسولام مقاومت قطعی نشان دادند. براساس شاخص‌های ادکینز و ماس، به‌ترتیب هفت و ۴۱ جمعیت (۱۱/۸۶ و ۶۹/۴۹ درصد کل جمعیت) در گروه مقاوم (به‌طورکلی دسته‌های مختلف R)، ۲۱ و هشت جمعیت (۳۵/۵۹ و ۱۳/۵۶ درصد کل جمعیت) در گروه احتمالاً مقاوم (PR) یا مشکوک به مقاومت (R?) و ۳۱ و ۱۰ جمعیت (۵۲/۵۴ و ۱۶/۹۵ درصد کل جمعیت) در گروه حساس (S) به پینوکسادن+فلوراسولام قرارگرفتند. شاخص مقاومت به علف‌کش براساس وزن تر و درصد زنده‌مانی برای جمعیت‌های موردبررسی به‌ترتیب بین ۵/۹۰-۲/۱۸ و ۴/۰۵-۱/۵۴ برآورد شد. نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم و حساس به علف‌کش، براساس نتایج آزمایش غربال‌گری نشان داد که بیشترین تراکم جمعیت‌های مقاوم در مزارع گندم دو شهرستان اندیمشک و شوش بود. به دلیل گسترش بسیار زیاد مقاومت در جمعیت‌های یولاف‌وحشی در مزارع گندم به‌نظر می‌رسد در آینده نزدیک یافتن جمعیت حساس به بازدارنده‌های استیل کوآنزیم‌آکربوکسیلاز در مزارع گندم استان خوزستان کار دشواری باشد.

استناد: محمدعسگری، ش.، الهی‌فرد، ا.، و زارع، ا. (۱۴۰۴). پاسخ جمعیت‌های یولاف‌وحشی (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana*) به علف‌کش پینوکسادن+فلوراسولام در مزارع گندم استان خوزستان. دانش علف‌های‌هرز ایران، ۲۱(۱): ۱-۱۶.
DOI: 10.22034/ijws.2025.370066.1489

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان است. ۱۴۰۴ ©. ناشر این مقاله، انجمن علوم علف‌های‌هرز ایران و موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور است. این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده 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

مقاومت علف‌های‌هرز نسبت به علف‌کش‌های استیل‌کوآنزیم‌آکربوکسیلاز (ACCase) و استولاکتات‌سینتاز (ALS) یکی از چالش‌های اصلی کشاورزان گندمکار در بسیاری از مناطق جهان است (Peterson *et al.*, 2018). این شامل مقاومت گسترده *Phalaris minor* Retz. در برابر بازدارنده‌های فتوسیستم II (PSII)، ACCase و ALS در مناطق تولید گندم در هند، پاکستان، بنگلادش و سریلانکا است (Peterson *et al.*, 2018). برآوردها تقریباً ۴×۱۰^{۶} هکتار را آلوده به *P. minor* مقاوم به علف‌کش در شمال هند نشان می‌دهد (Peterson *et al.*, 2018). توسعه مقاومت چندگانه به علف‌کش در *P. minor* یک مثال کلاسیک ازدست‌دادن اثربخشی محل عمل‌های مختلف علف‌کش‌ها در طی یک دوره است. در برخی از مناطق، تولید گندم به‌طور قابل‌توجهی به دلیل گسترش مقاومت *P. minor* به علف‌کش کاهش یافت (Chohkar & Malik, 2002; Malik & Singh, 1995; Chohkar & Sharma, 2008). علاوه‌بر فالاریس، یولاف‌وحشی از علف‌های‌هرز باریک‌برگ مشکل‌ساز در سراسر جهان است که باعث کاهش قابل‌توجه عملکرد، به‌ویژه در محصولات غلات زمستانه می‌شود. علاوه‌براین، موارد مقاومت به علف‌کش یولاف‌وحشی افزایش یافته و تا ۵۲ مورد ثبت شده است (Sousa-Ortega *et al.*, 2023).

براساس آمار سال ۲۰۲۴، سطح زیر کشت گندم در ایران ۵۷/۹۵ درصد از ۱۲/۹۶ میلیون هکتار اراضی کشاورزی را به خود اختصاص داده است. این مقدار معادل ۷/۵۱ میلیون هکتار است که ۲/۸ میلیون هکتار آن به کشت آبی و ۴/۷۱ میلیون هکتار به کشت دیم اختصاص یافته است (Anonymous, 2024). کنترل شیمیایی، مهمترین روش مهار علف‌های‌هرز در مزارع گندم آبی ایران است (Gherekhloo *et al.*, 2016). ۵۹ درصد از مزارع برای کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ سمپاشی می‌شوند، ۳۲ درصد مزارع نیز با باریک‌برگ‌کش‌ها و سایر مزارع نیز با علف‌کش‌های دومنظوره سمپاشی می‌شوند (Gherekhloo *et al.*, 2016).

درحال حاضر تنها دو گروه بازدارنده‌های ACCase و ALS برای کنترل علف‌های‌هرز باریک‌برگ در مزارع گندم استفاده می‌شوند؛ بنابراین، این دو خانواده علف‌کشی پرخطر برای سال‌ها تنها گزینه کنترل شیمیایی بوده‌اند (Zand *et al.*, 2019).

در سال ۱۳۹۲، مطالعه‌ای توسط زند و همکاران (Zand *et al.*, 2013b) انجام شد که منجر به شناسایی بیوتیپ‌هایی از یولاف‌وحشی زمستانه مقاوم به علف‌کش‌های کلودینافپ‌پروپارژیل، ستوکسیدیم و پینوکسادن شد. این بیوتیپ‌ها سطوح مختلفی از مقاومت را در برابر بازدارنده‌های ACCase از خود نشان دادند، به‌طوری‌که فاکتور مقاومت در آن‌ها در محدوده‌ای بین ۱/۳۱ تا بیش از ۵۰/۶۳ اندازه‌گیری شد.

در حال حاضر و براساس گزارش‌های متعدد پژوهشگران علوم علف‌های‌هرز در ایران، گونه‌های باریک‌برگ متعددی ازجمله *P. minor*

(Elahifard *et al*., 2017)، *P. paradoxa* L.، *A. sterilis* ssp. *ludoviciana*، *Avena fatua* L. (Durieu) Nyman (Yazdanipour *et al*., 2024)، *Lolium rigidum* Guad. و (Sabet Zangeneh *et al*., 2018) نسبت به بازدارنده‌های ACCase و ALS در گندم‌زارهای فارس، گلستان، اصفهان، لرستان، ایلام و خوزستان مقاوم هستند (Gherekhloo *et al*., 2016).

باتوجه‌به ثبت علف‌کش دومنظوره پینوکسادن + فلوراسولام (با نام تجاری اکسیال‌وان، EC 050، تولید سینجنتا) در سال‌های اخیر برای کنترل علف‌های‌هرز مزارع گندم ایران، این نکته شایان توجه است که کارایی این علف‌کش در مهار علف‌های‌هرز باریک‌برگ مقاوم، ممکن است محدود باشد. این استدلال اغلب مبتنی بر حضور پینوکسادن به عنوان یکی از اجزای اصلی این فرمولاسیون است که متعلق به گروه A (خانواده فنیل‌پیرازولین) از طبقه‌بندی علف‌کش‌ها می‌باشد و مقاومت متقاطع به آن در جمعیت‌های مقاوم به سایر بازدارنده‌های ACCase به‌طور گسترده‌ای گزارش شده است.

باتوجه‌به این که در ایران و به‌ویژه در استان خوزستان، یولاف‌وحشی زمستانه یکی از مشکل‌سازترین علف‌های‌هرز باریک‌برگ یک‌ساله در مزارع گندم محسوب می‌شود و باتوجه‌به نارضایتی برخی از کشاورزان از عدم کارایی علف‌کش‌های بازدارنده ACCase برای مهار آن، بنابراین هدف از انجام پژوهش ، بررسی پاسخ جمعیت‌های یولاف‌وحشی زمستانه به علف‌کش پینوکسادن+ فلوراسولام (اکسیال‌وان) و همچنین تهیه نقشه پراکنش این جمعیت‌ها در سطح مزارع گندم این استان با تمرکز بر چهار شهرستان اندیمشک، دزفول، شوش و شوشتر بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش در سه مرحله شامل بازدید از مزارع گندم چهار شهرستان اندیمشک، دزفول، شوش و شوشتر، نمونه‌برداری از مزارع سمپاشی‌شده ولی آلوده به یولاف‌وحشی زمستانه زنده‌مانده پس از سمپاشی و ثبت مختصات جغرافیایی (طول و عرض) مزارع محل جمع‌آوری (بهار سال ١٣٩٧)، آزمون‌های غربال‌گری و پاسخ به دز (پاییز و زمستان، سال ١۴٠٢) در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان انجام شد.

به‌طورکلی، پنج توده یا جمعیت از مزارع گندم شهرستان شوشتر، هفت توده از مزارع شهرستان دزفول، ١٨ توده از مزارع شهرستان اندیمشک و ٢٩ توده از مزارع شهرستان شوش جمع‌آوری شد.

به‌منظور جوانه‌زنی یکنواخت جمعیت‌ها، لما و پالئا از بذرها جدا شد (Elahifard *et al*., 2017) و باتوجه‌به نگهداری توده‌های بذری از زمان جمع‌آوری تا انجام آزمایش در یخچال آزمایشگاه، بذرهای پوست‌کنی‌شده به‌صورت مستقیم و به تعداد ١٠ عدد در سینی‌های کاشت (٣۵ در ٢٢ سانتی‌متر) حاوی کوکوپیت، پرلایت و پیت‌ماس کاشته شد و پس از سبزشدن گیاهچه‌ها، تعداد شش عدد گیاهچه در تمامی تکرارها نگه داشته شد.

کود مایع Amino 20 به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار و کود مایع NPK (7-4-22) (هر دو محصول شرکت زیست‌گستر محصول کاسپین) به‌صورت کود آبیاری به میزان چهار لیتر در هکتار، براساس شیوه ذکرشده روی برچسب محصول، مصرف شد.

گیاهچه‌ها در مرحله سه تا چهاربرگی در معرض دُز توصیه‌شده (آزمون غربالگری) و دزهای علف‌کش (آزمون دز-پاسخ) قرارگرفتند. سمپاشی با شبیه‌سازی شرایط سمپاش پشتی شارژی مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت (۱۱۰۰۳) و حجم محلول مصرفی ۳۰۰ لیتر در هکتار در فشار ۲۰۰ کیلو پاسکال انجام شد. چهار هفته پس از کاربرد علف‌کش، ارزیابی گیاهچه‌ها به‌صورت چشمی (براساس جدول EWRS [1]) (Dear *et al*., 2003) انجام شد. سپس، بوته‌ها از نظر تعداد بوته‌های زنده‌مانده شمارش، کف‌بر و وزن شدند. نمونه‌های برداشت‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت (Park & Mallory-Smith, 2005) در دستگاه آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. سپس درصد زنده‌مانی، درصد وزن‌تر و خشک بوته‌های هر جمعیت نسبت به شاهد خودش محاسبه شد.

آزمایش غربالگری و ترسیم نقشه پراکنش جمعیت‌های یولاف‌وحشی

در این بخش از آزمایش، ۵۹ جمعیت جمع‌آوری‌شده از مزارع چهار شهرستان اندیمشک، دزفول، شوش و شوشتر در معرض دُز توصیه‌شده پینوکسادن+فلوراسولام+ کلوکوئینتوست (۱/۵ لیتر در هکتار معادل ۷۵ گرم ماده موثر در هکتار، 050 EC، سینجنتا) قرار گرفت. سپس وضعیت مقاومت جمعیت‌ها به دو روش ادکینز و همکاران (Adkins et al., 1997) (به‌صورت اختصاری شاخص ادکینز) و ماس و همکاران (Moss *et al*., 2007) (به‌صورت اختصاری شاخص ماس (یا سیستم R)) تعیین شد.

براساس شاخص ادکینز، جمعیتی به‌عنوان مقاوم (R) شناخته می‌شود که چهار هفته پس از کاربرد علف‌کش، حداقل ۸۰ درصد وزن خشک و ۵۰ درصد گیاهان زنده خود را نسبت به شاهد (بدون کاربرد علف‌کش) حفظ کرده باشد. در این روش اگر جمعیتی حداقل ۵۰ الی ۸۰ درصد وزن خشک و زنده‌مانی خود را نسبت به شاهد (بدون کاربرد علف‌کش) حفظ کرده باشند در گروه احتمالا مقاوم یا مشکوک به مقاومت (PR) قرار می‌گیرد و در غیر این حالت، یعنی دارا بودن حدود ۵۰ درصد وزن خشک یا کمتر و درصد زنده‌مانی معادل ۵۰ درصد یا بیشتر نسبت به شاهد، جمعیت به عنوان حساس (S) شناخته خواهد شد.

براساس شاخص ماس، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن‌تر آن‌ها نسبت به شاهد بین صفر تا ۳۶ درصد است در گروه قطعا مقاوم یا دارای مقاومت بالا (RRR)، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن‌تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۳۶ تا ۷۲ درصد است، در گروه مقاوم (RR)، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن‌تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۷۲ تا ۸۱ درصد است، در گروه مشکوک به مقاومت (R?) و

1. European Weed Research Society

جمعیت‌هایی که درصد کاهش وزن‌تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۸۱ تا ۱۰۰ درصد است، در گروه حساس(S) قرار می‌گیرند.

ترسیم نقشه نیز براساس مختصات ثبت‌شده توسط دستگاه GPS پس از تبدیل به فایل اکسل و فراخوانی نقاط توسط نرم‌افزار ArcGIS انجام شد.

آزمایش پاسخ به دُز

پس از انجام آزمایش غربالگری و تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده، آزمون پاسخ به دُز (دزهای صفر، ۱۸/۷۵، ۳۷/۵، ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ گرم ماده مؤثر در هکتار) روی شش جمعیت (پنج جمعیت بسیار مقاوم براساس نتایج آزمون غربال‌گری به همراه یک جمعیت حساس) برای تعیین درجه مقاومت جمعیت‌ها انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور به‌دست‌آوردن درجه مقاومت جمعیت‌های بررسی‌شده در آزمایش پاسخ به دُز از مدل رگرسیونی لاگ-لجستیک سه‌پارامتری (معادله۱) ارائه‌شده توسط Ritz & Streibig (2005) استفاده شد.

(۱)

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

که پارامترهای ارائه‌شده در این مدل عبارت است از b، شیب منحنی در نقطه e؛ d، حد بالای منحنی پاسخ به دز؛ و e، غلظت بیان‌کننده ED_{50}.

معادله فوق بااستفاده‌از محیط نرم‌افزاری R و بسته نرم‌افزاری drc که به همین منظور طراحی شده است (Ritz & Streibig, 2005)، به‌طور جداگانه به داده‌های حاصل از وزن تر جمعیت‌های مقاوم و حساس برازش داده شد.

نتایج و بحث

آزمون غربال‌گری و ترسیم نقشه پراکنش جمعیت‌های یولاف‌وحشی

نتایج ارزیابی پاسخ جمعیت‌های یولاف‌وحشی به پینوکسادن+فلوراسولام با دو شاخص ادکینز و ماس (جدول ۱) نشان داد، به‌ترتیب هفت و ۴۱ جمعیت (۱۱/۸۶ و ۶۹/۴۹ درصد) در گروه مقاوم (به‌طورکلی سه گروه R (شاخص ادکینز)، RRR و RR (شاخص ماس))، ۲۱ و هشت جمعیت (۳۵/۵۹ درصد و ۱۳/۵۶ درصد) در گروه احتمالاً مقاوم (PR) یا مشکوک به مقاومت (R?) و ۳۱ و ۱۰ جمعیت (۵۲/۵۴ و ۱۶/۹۵درصد) در گروه حساس به این علف‌کش (S) قرار گرفتند. با بررسی بیشتر جمعیت‌های مقاوم براساس شاخص ماس می‌توان اظهار داشت پنج جمعیت (۸/۴۷ درصد) در گروه RRR (قطعا مقاوم، به احتمال زیاد کارایی علف‌کش را کاهش می‌دهد)، ۳۶ جمعیت (۶۱/۰۲ درصد) در گروه RR (قطعا مقاوم و احتمالاً عملکرد علف‌کش را کاهش می‌دهد) قرارگرفتند. براین اساس، علف‌کش قادر به مهار ۶۹/۴۹ درصد جمعیت یولاف‌وحشی مورد آزمایش نبوده است (جدول ۱). درحالی‌که تعداد جمعیت‌هایی که براساس شاخص ادکینز در برابر علف‌کش مقاومت نشان دادند ۱۱/۸۶ درصد جمعیت‌های مورد آزمایش بوده است (جدول ۱). بررسی درصد زنده‌مانی جمعیت‌ها پس از کاربرد علف‌کش نشان داد

که اغلب جمعیت‌ها (۸۱/۳۶ درصد) قادر به حفظ درصد بالایی از جمعیت خود در پاسخ به علف‌کش بودند؛ به‌طوری‌که بجز ۱۱ جمعیت (جمعیت‌های شماره ۲، ۱۰، ۱۵، ۱۷، ۲۶، ۲۹، ۳۰، ۳۸، ۴۱، ۴۸ و ۵۰) که درصد زنده‌مانی کمتر از ۵۰ درصد داشتند؛ سایر جمعیت‌ها زنده‌مانی بالایی (۵۰-۱۰۰ درصد) داشتند (جدول ۱). درصد خسارت چشمی براساس شاخص EWRS (صفر، بدون تاثیر منفی و ۱۰۰ درصد، کنترل کامل و از بین رفتن جمعیت) نیز از ۱۳ تا ۱۰۰ درصد میان جمعیت متفاوت بود (جدول ۱).

بنابراین، باتوجه‌به اینکه ترکیب علف‌کشی اکسیال‌وان، جدیدترین علف‌کش دومنظوره معرفی‌شده برای استفاده در محصول گندم کشور می‌باشد، قاعدتا بایستی نسبت به دو علف‌کش مزوسولوفورن-متیل-سدیم+یدوسولفورون-متیل (آتلانتیس) و مزوسولوفورن-متیل+یدوسولفورون-متیل-سدیم +دیفلوفنیکان (اتللو) کارایی بیشتری داشته باشد؛ چراکه پژوهشگران طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۴۰۱ گزارش‌های متعددی در رابطه با عدم کارایی علف‌کش‌های شوالیه (مزوسولفورون+یدوسولفورون)، آتلانتیس و اتللو در برخی از مناطق درخصوص کنترل جمعیت‌های یولاف‌وحشی زمستانه ارائه نمودند (Aghajani *et al*., 2010؛ Zand *et al*., 2013a؛ Joumi *et al*., 2022). این درحالی است که در پژوهش پیش‌رو براساس شاخص‌های مورد مطالعه ادکینز و ماس به‌ترتیب حدود ۱۱/۸۶ و ۶۹/۴۹ درصد کل جمعیت‌ها به علف‌کش مقاوم بودند. بنابراین، ضروری است که راهکارهای موثرتری برای پیشگیری و کنترل گسترش مقاومت در استان به‌کار گرفته شود.

باتوجه به این‌که تعداد جمعیت‌های مقاوم بر اساس شاخص ماس، بیشتر از شاخص ادکینز بود؛ بنابراین، شاخص ماس برای نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم و حساس به علف‌کش درنظرگرفته شد. براین اساس، بیشترین پراکنش توده‌های مقاوم در دو شهرستان اندیمشک و شوش بود (شکل ۱)؛ هرچند بیشترین تراکم نمونه‌برداری نیز در این دو شهرستان بود.

براساس گزارش ساسانفر و همکاران (Sasanfar *et al*., 2024) واکنش جمعیت‌های یولاف‌وحشی زمستانه به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارجیل، متعلق به خانواده شیمیایی آریلوکسی-فنوکسی‌پروپیونات (فوپ)، همه جمعیت‌ها واکنش‌های کاملاً متفاوتی به پینوکسادن، علف‌کش دیگری در همان گروه اما از خانواده شیمیایی متفاوت، یعنی فنیل‌پیرازولین (دن) نشان دادند. به‌عبارتی، هیچ‌کدام مقاومت تقاطعی به پینوکسادن نشان ندادند.

جدول ۱. نتایج آزمایش غربالگری جمعیت‌های مشکوک به مقاومت یولاف‌وحشی زمستانه نسبت به دُز توصیه‌شده علف‌کش پینوکسادن+ فلوراسولام.

Table 1. Results of a screening test of wild winter oat populations suspected of resistance to the recommended dose of pinoxaden + florasulam.

Population	Dry weight (% of control)	Fresh weight reduction (% of control)	Survival (%)	EWRS (%)	Category index*		Population	Dry weight (% of control)	Fresh weight reduction (% of control)	Survival (%)	EWRS (%)	Category index*	
					Adkins	Moss						Adkins	Moss
1	49.65	59.71	61.11	50	S	RR	**29**	27.28	84.76	27.78	83	S	S
2	29.27	90.42	16.67	90	S	S	**30**	45.99	69.18	44.44	63	S	RR
3	94.37	28.36	100	13	R	RRR	**31**	42.33	70.13	53.33	68	S	RR
4	40.91	75.60	66.67	60	S	R?	**32**	48.66	49.29	83.33	50	S	RR
5	84.91	24.51	100	37	R	RRR	**33**	73.86	38.78	88.89	30	PR	RR
6	35.88	71.70	100	65	S	RR	**34**	37.29	71.12	55.56	70	S	RR
8	83.13	35.37	100	20	R	RRR	**35**	61.65	52.25	51.11	53	PR	RR
9	47.54	68.00	83.33	60	S	RR	**36**	92.36	21.02	72.22	35	R	RRR
10	65.76	54.47	48.89	57	PR	RR	**37**	62.43	49.27	94.44	53	PR	RR
11	67.18	42.62	77.78	42	PR	RR	**38**	38.94	75.06	38.89	70	S	R?
12	49.69	57.26	88.89	50	S	RR	**39**	70.83	42.55	100	50	PR	RR
13	56.57	57.50	94.44	50	PR	RR	**40**	69.84	42.05	83.33	43	PR	RR
14	45.98	66.12	77.78	47	S	RR	**41**	30.99	82.25	33.33	**77**	S	S
15	52.32	**77.72**	44.44	62	S	R?	**42**	54.78	60.65	88.89	53	PR	RR
16	75.32	41.99	50	53	PR	RR	**43**	32.51	80.90	64.44	50	S	R?
17	35.24	83.29	42.22	73	S	S	**44**	51.32	68.08	53.33	63	S	RR
18	34.53	85.76	50	67	S	S	**45**	57.76	60.86	66.67	55	PR	RR
19	46.23	77.44	66.67	63	S	R?	**46**	64.32	44.55	82.22	48	PR	RR
20	51.44	60.24	50	50	S	RR	**47**	58.55	54.39	66.67	53	PR	RR
21	36.55	74.97	53.33	60	S	R?	**48**	15.81	96.15	0	100	S	S
22	48.07	71.49	50	60	S	RR	**49**	59.68	61.37	68.89	50	PR	RR
23	45.98	65.13	50	58	S	RR	**50**	22.44	89.45	22.22	77	S	S
24	72.59	51.88	77.78	47	PR	RR	**51**	64.60	48.71	83.33	47	PR	RR
25	37.02	86.18	0	100	S	S	**52**	67.25	46.33	86.67	38	PR	RR
26	39.93	77.52	38.89	73	S	R?	**53**	29.21	83.56	60	70	S	S
27	66.60	42.29	100	50	PR	RR	**54**	85.04	37.58	88.89	37	R	RR
28	34.04	73.59	58.89	70	S	S	**55**	73.99	45.03	83.33	38	PR	RR

جدول ۱. (ادامه)

Table 1. (continued)

Population	Dry weight (% of control)	Fresh weight reduction (% of control)	Survival (%)	EWRS (%)	Category index*	
					Adkins	Moss
56	79.98	44.31	93.33	39	R	RR
57	32.82	73.75	68.89	37	S	R?
58	56.07	49.14	100	47	PR	RR
59	81.10	30.66	100	57	R	RRR
60	53.96	57.59	80	63	PR	RR
S	16.42	96.49	0	100	S	S

*براساس روش ادکینز و همکاران (Adkins *et al*., 1997) جمعیت‌های مقاوم (R)، احتمالا مقاوم (PR) و حساس (S) به‌ترتیب با حفظ حداقل ۸۰ درصد وزن خشک و ۵۰ درصد زنده‌مانی نسبت به شاهد، حفظ حداقل ۵۰ الی ۸۰ درصد وزن خشک و زنده‌مانی نسبت به شاهد، و دارا بودن حدود ۵۰ درصد یا کمتر، وزن خشک و ≥۵۰ درصد زنده‌مانی نسبت به شاهد شناخته خواهند شد؛ براساس روش ماس و همکاران (Moss *et al*., 2007)، جمعیتی که در مقایسه با شاهد، درصدی از کاهش وزن تر (بین صفر تا ۳۶ درصد) را نشان می‌دهد، قطعا مقاوم (RRR) و به احتمال زیاد کارایی علف‌کش را کاهش می‌دهد؛ جمعیتی که بین ۳۶ تا ۷۲ درصد کاهش وزن تر نسبت به شاهد دارد قطعا مقاوم (RR) و احتمالاً عملکرد علف‌کش را کاهش می‌دهد؛ جمعیت با کاهش وزن تر بین ۷۲ تا ۸۱ درصد نسبت به شاهد، نشانه‌های اولیه‌ای مبنی بر احتمال توسعه مقاومت دارد (R?)؛ و جمعیتی که کاهش وزن تری بین ۸۱ تا ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد دارد حساس به علف‌کش (S) می‌باشد.

*According to the method of Adkins *et al*. (1997), resistant (R), probably resistant (PR), and susceptible (S) populations are identified by maintaining at least 80% dry weight and 50% viability compared to the control, maintaining 50-80% dry weight and viability compared to the control, and maintaining about 50% dry weight and ≥ 50% viability compared to the control, respectively. According to the method of Moss *et al*. (2007), a population that shows a percentage of fresh weight loss between 0 and 36% compared to the control is definitely resistant (RRR) and most likely reduces the efficacy of the herbicide; a population with 36-72% fresh weight loss compared to the control is definitely resistant (RR) and probably reduces the efficacy of the herbicide; a population with 72-81% fresh weight loss compared to the control shows early signs of possible resistance (R?); and a population with 81-100% weight loss compared to the control is susceptible to the herbicide (S).

*در مزرعه شماره ۷، به دلیل آلودگی مزرعه به خردل‌وحشی، توده یولاف‌وحشی جمع‌آوری نشد.

**In field number 7, the field was infested with wild mustard; therefore, the wild oat population was not collected.

در این جدول، جمعیت‌های شماره ۱ تا ۴ و ۱۳ از شهرستان شوشتر، ۵ تا ۱۲ از شهرستان دزفول، ۱۴ تا ۳۱ از شهرستان اندیمشک و ۳۲ تا ۶۰ از شهرستان شوش جمع‌آوری شدند.

According to this table, populations 1–4 and 13 originated from Shushtar, populations 5–12 from Dezful, populations 14–31 from Andimeshk, and populations 32–60 from Shush.

آزمایش پاسخ به دُز جمعیت‌های مقاوم و حساس

در این بخش از آزمایش پنج جمعیت یولاف‌وحشی زمستانه (جمعیت‌های ۳، ۵، ۸، ۳۶ و ۵۹) که در مرحله غربال‌گری بیشترین مقاومت را به پینوکسادن+فلوراسولام نشان داده بودند (جدول ۱) به همراه یک جمعیت حساس به علف‌کش برای تعیین درجه مقاومت انتخاب شدند.

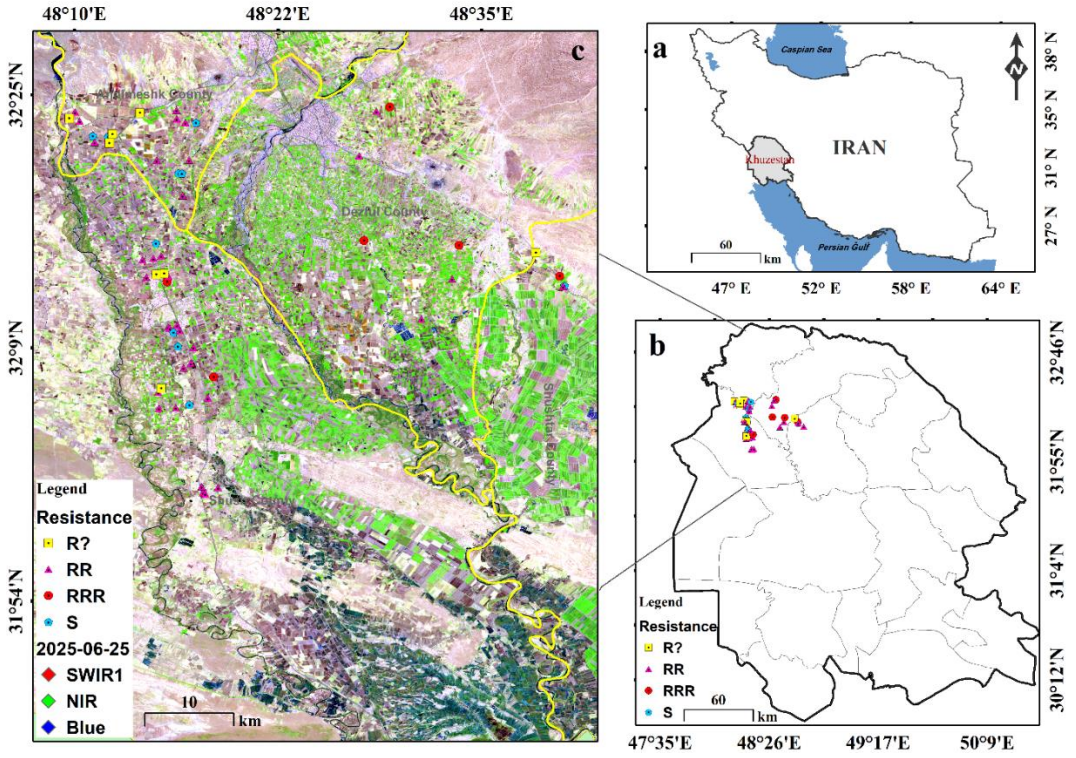
تغییرات وزن تر و درصد زنده‌مانی یولاف‌وحشی زمستانه در مقابل دز پینوکسادن+فلوراسولام برای هر جمعیت با استفاده از مدل پاسخ به دز لاگ-لجستیک سه‌پارامتری (معادله ۱) توصیف شد (جدول ۲؛ شکل ۲ و ۳).

مقایسه پارامترهای مدل پاسخ به دز (براساس وزن تر) با تعیین حدود اطمینان ۹۵ درصد نشان داد که ماهیت جمعیت اثر معنی‌داری بر مقدار b (شیب منحنی یا تندی پاسخ) داشت (جدول ۲). به‌طوری‌که مقدار b برای جمعیت‌های مختلف بین ۰/۴۴ و ۱/۴۰ برآورد شد. درخصوص دو پارامتر دیگر مدل پاسخ به دز یعنی d (حد بالای منحنی) عدم اختلاف معنی‌دار و ED_{50} اختلاف معنی‌دار میان جمعیت‌ها مشاهده شد (جدول ۲). این در حالی بود که مقایسه

پارامترهای مدل پاسخ به دز (براساس درصد زنده‌مانی) با تعیین حدود اطمینان ۹۵ درصد نشان داد که دو پارامتر b و ED_{50} در میان جمعیت‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲). بر این اساس، تغییر سه پارامتر b، d و ED_{50} در میان جمعیت‌ها با برقراری رابطه رگرسیونی مناسب توصیف شد.

شاخص مقاومت به علف‌کش براساس وزن تر و درصد زنده‌مانی برای پنج جمعیت در محدوده ۵/۹۰–۲/۱۸ و ۴/۰۵–۱/۵۳ برآورد شد (جدول ۲).

شاخص‌های مقاومت محاسبه‌شده به‌خوبی نتایج آزمون غربالگری را تایید می‌کنند. به‌طوری‌که ED_{50} برآوردشده برای جمعیت‌ها براساس وزن تر (۲۲۴/۰۸–۸۲/۹۳ گرم ماده موثر در هکتار) و درصد زنده‌مانی (۶۴۸/۳۳–۲۴۶/۱۹ گرم ماده موثر در هکتار) همگی بیشتر از ED_{50} جمعیت حساس (۳۷/۹۷ و ۱۶۰/۲۶ گرم ماده موثر در هکتار) بود (جدول ۲).



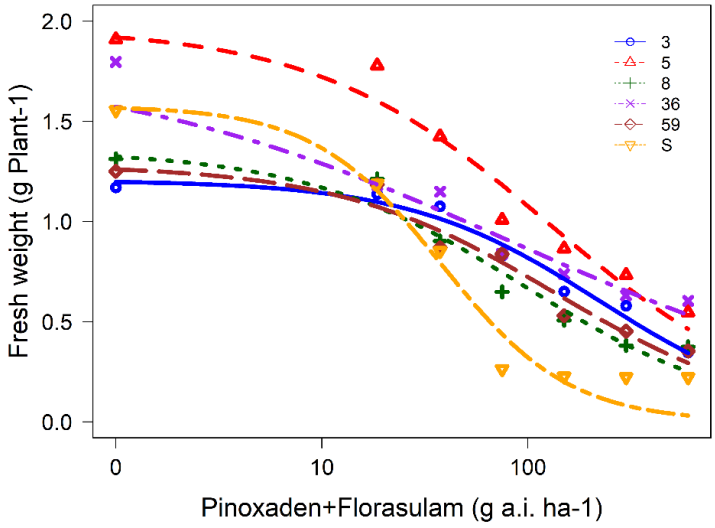
شکل ۱. نقشه پراکنش جمعیت‌های یولاف‌وحشی زمستانه مقاوم و حساس به علف‌کش پینوکسادن+فلوراسولام در استان خوزستان.

Figure 1. Distribution map of winter wild oat populations resistant or susceptible to pinoxaden+florasulam in Khuzestan province.

مقایسه آماری شاخص‌های مقاومت جمعیت‌های مقاوم با جمعیت حساس (جدول ۲) نشان داد که براساس وزن تر، سه توده ۳، ۵ و ۵۹ با دارا بودن درجه مقاومت به‌ترتیب ۵/۹۰، ۳/۳۸ و ۳/۶۰ اختلاف معنی‌داری با جمعیت حساس داشتند ($p<0.05$). دو جمعیت ۳۶ و ۸ با دارا بودن درجه مقاومت‌های به‌ترتیب ۲/۵۳ و ۲/۱۸ اختلاف معنی‌داری با جمعیت حساس نداشتند. همچنین، بررسی درجه مقاومت جمعیت‌ها از نظر درصد زنده‌مانی نشان داد که سه جمعیت ۵، ۸، و ۵۹ با دارا بودن درجه مقاومت

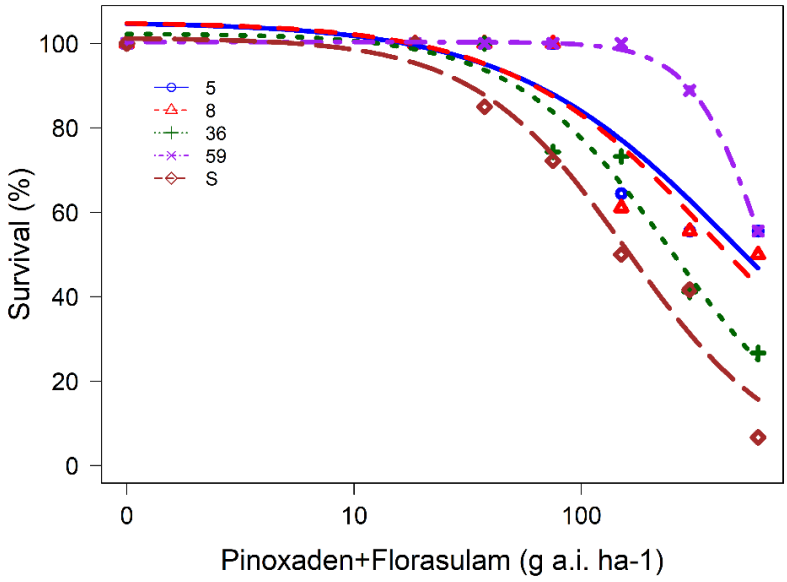
۲/۴۹-۴/۰۵ با جمعیت حساس اختلاف معنی‌دار داشتند و جمعیت شماره ۳۶ (RI=1.53) فاقد اختلاف معنی‌دار با جمعیت حساس از این نظر بود (جدول ۲).

همانطورکه در مورد سایر علف‌کش‌ها و شیوه-های عمل وجود دارد، بیوتیپ‌های علف‌های‌هرز مقاوم به مهارکننده‌های ACCase می‌توانند به دلیل مقاومت محل هدف یا مقاومت در غیر محل هدف تکامل یابند. به‌طور مشابه در دنیا موارد متعددی از بروز مقاومت در گونه‌های *Sorghum halepense* (L. Pers. (قیاق، همچنین مقاوم به گلایفوسیت)، *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster (الکساندرگرس)، *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel (علف‌خرچنگ جنوبی)، *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (علف غاز هندی، همچنین مقاوم به گلایفوسیت)، *A. fatua* (یولاف‌وحشی)، *Lolium multiflorum* Lam. (چچم، همچنین مقاوم به گلایفوسیت یا بازدارنده‌های ALS)، *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv (سوروف)، و *Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman (علف خرچنگ، همچنین مقاوم به گلایفوسیت) و گونه‌های فالاریس (*Phalaris* spp.) گزارش شده است (Heap, 2025).



شکل ۲. برازش معادله دز-پاسخ لوگ-لجستیک به داده‌های وزن تر یولاف‌وحشی زمستانه در مقابل دُز علف‌کش پینوکسادن+فلوراسولام.

Figure 2. Fitting a log-logistic dose-response equation to fresh weight data of winter wild oat versus the dose of pinoxaden+florasulam.



شکل ۳. برازش معادله پاسخ به دز لاگ-لجستیک به داده‌های درصد زنده‌مانی یولاف‌وحشی زمستانه در مقابل دُز علف‌کش پینوکسادن+فلوراسولام.

Figure 3. Fitting a log-logistic dose-response equation to the survival percentage of winter wild oat versus the dose of pinoxaden+florasulam.

جدول ۲. پارامترهای برآوردشده توسط برازش معادله سه‌پارامتری لاگ-لجستیک به داده‌های وزن تر و درصد زنده-مانی جمعیت‌های یولاف‌وحشی زمستانه.

Table 2. Parameters estimated by fitting a three-parameter log-logistic equation to fresh weight and survival percentage data of winter wild oat populations.

	Fresh weight (g Plant^{-1})			
Population	**b***	**d**	**ED_{50} (g a.i. ha^{-1})**	**RI**
3	0.93 (±0.24)	1.20 (±0.09)	224.08 (±66.37)	5.90 (±1.99)**
5	0.76 (±0.11)	1.97 (±0.10)	128.54 (±27.14)	3.38 (±0.90)**
8	0.81 (±0.17)	1.36 (±0.10)	96.08 (±27.54)	2.53 (±0.83)^{NS}
36	0.44 (±0.09)	1.80 (±0.11)	82.93 (±31.41)	2.18 (±0.90)^{NS}
59	0.82 (±0.18)	1.28 (±0.10)	136.90 (±42.08)	3.60 (±1.25)*
S	1.40 (±0.35)	1.58 (±0.10)	37.97 (±6.21)	-
Survival (%)				
5	0.89 (±0.18)	105.10 (±5.00)	469.13 (±108.68)	2.92 (0.83)**
8	0.96 (±0.19)	105.09 (±4.94)	400.56 (±82.73)	2.49 (0.66)*
36	1.27 (±0.24)	102.35 (±5.03)	246.19 (±38.73)	1.53 (0.35)^{NS}
59	2.73 (±1.03)	100.34 (±3.12)	648.33 (±70.05)	4.05 (±0.80)***
S	1.29 (±0.22)	101.32 (±5.45)	160.26 (±26.62)	-

*علائم اختصاری: b، شیب منحنی دز-پاسخ در نقطه ED_{50}؛ d، حد بالای منحنی دز-پاسخ؛ ED_{50}، دز ایجادکننده ۵۰ درصد پاسخ بین حد بالا و پایین منحنی؛ RI، شاخص یا درجه مقاومت که از تقسیم ED_{50} جمعیت مقاوم به ED_{50} جمعیت حساس محاسبه شد. **علائم مثبت و منفی داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

پارامترهای درصد زنده‌مانی برای جمعیت شماره ۳ به دلیل حفظ ۱۰۰ درصد بوته‌ها در تمامی دزهای علف‌کش، محاسبه نشد.

ns، *، ** و *** به‌ترتیب نشان‌دهنده بدون اختلاف معنی‌دار و دارای اختلاف معنی‌دار با توده حساس در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ می‌باشند.

*Abbreviation: b, Slope of the dose-response curve for populations at the ED_{50} point; d, Upper limit of the dose-response curve; ED_{50}, Dose required to produce 50% of the maximum response between the upper and lower limits of the curve; RI, the index or degree of resistance was calculated by dividing the ED_{50} of the resistant population by the ED_{50} of the susceptible population. **The positive and negative signs in parentheses indicate the standard error.

Survival percentage parameters were not calculated for population number 3 due to 100% plant survival at all herbicide doses.

ns, *, **, and *** indicate no significant difference and significant differences from the sensitive population at the probability levels of 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

آزمایش پاسخ به دز Sousa-Ortega *et al.* (2023) نشان داد که دو جمعیت *A. sterilis* subsp. *sterilis* از جنوب اسپانیا دارای ضریب مقاومت بیش از ۱۰ برابر کلودینافوپ-پروپارژیل و بیش از چهار برابر پینوکسادن بودند. در مقابل، تیمار با مخلوط مزوسولفورون-متیل و پروپوکسی‌کاربازون-نا (NA) کنترل کامل جمعیت‌ها را فراهم کرد. همچنین، نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که افزایش دُز پینوکسادن همراه با مواد افزودنی، موجب بهبود کنترل جمعیت‌های مقاوم چچم شده است (Ghafouri *et al.*, 2023)؛ هرچند این روش احتمالاً تنها در کوتاه‌مدت مؤثر خواهد بود.

نتایج پژوهش ثابت زنگنه و همکاران (Sabet Zangeneh *et al.*, 2018) نشان می‌دهد که اگرچه در سال‌های اخیر کشاورزان علف‌کش‌های بازدارنده ACCase را با علف‌کش‌های بازدارنده‌ی ALS جایگزین کرده‌اند، اما باتوجه‌به دو عامل مهم، احتمال بروز مقاومت‌های تقاطعی و چندگانه به این دو گروه علف‌کش در سال‌های آینده افزایش خواهد یافت: نخست، علف‌های‌هرز باریک‌برگ به‌سرعت نسبت به بازدارنده‌های ALS مقاوم می‌شوند؛ و دوم، در بیشتر مزارع استان خوزستان، تناوب زراعی که نقش تعیین‌کننده‌ای در جلوگیری از گسترش مقاومت به علف‌کش‌ها دارد، رعایت نمی‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده توسط شاخص ادکینز و ماس، به‌ترتیب هفت و ۴۱ جمعیت (۱۱/۸۶ و ۶۹/۴۹ درصد) در گروه مقاوم (که در مورد شاخص ماس پنج جمعیت در گروه RRR و ۳۶ جمعیت در گروه RR قرارگرفت)، ۲۱ و هشت جمعیت (۳۵/۵۹ و ۱۳/۵۶ درصد) در گروه احتمالاً مقاوم (PR) یا مشکوک به مقاومت (R?) و ۳۱ و ۱۰ جمعیت (۵۲/۵۴ و ۱۶/۹۵درصد) در گروه حساس (S) به پینوکسادن+فلوراسولام قرار گرفتند. یافته‌ها حاکی از آن بود که علف‌کش پینوکسادن + فلوراسولام فاقد کارایی لازم در مهار اکثر جمعیت‌های یولاف-وحشی زمستانه در مزارع گندم شمال خوزستان است. باتوجه‌به احتمال مقاومت درصد بالایی از این جمعیت‌ها و همچنین وجود پینوکسادن (به‌عنوان یکی از اجزای اصلی این علف‌کش) و باتوجه‌به گزارش‌های متعدد از بروز مقاومت به این ماده موثر در جمعیت‌های علف‌های‌هرز باریک‌برگ استان خوزستان، به‌ویژه یولاف‌وحشی زمستانه، به نظر می‌رسد این علف‌کش در آینده نزدیک نخواهد توانست به‌عنوان گزینه اصلی در کنترل شیمیایی این علف‌هرز در مزارع گندم شمال خوزستان ایفای نقش نماید؛ این در حالی است که شرکت‌های واردکننده و توزیع‌کننده، تبلیغات گسترده‌ای را برای آن انجام می‌دهند. به‌نظر می‌رسد معرفی علف‌کش‌های جدید (البته برای ایران) مانند پیریبنزوکسیم[1] (که تحقیقات مخلوط مزوسولفورون-متیل و پروپوکسی‌کاربازون-نا که در دنیا گزارش شده

[1] Pyribenzoxim

است) می‌تواند در به‌تأخیرانداختن بروز مقاومت و یا جلوگیری از گسترش آن در مزارع گندم سودمند باشد. همچنین، ارائه الگوی تناوبی برای واردکردن سایر محصولات پاییزی یا زمستانه مانند گلرنگ (به‌ویژه در خوزستان) می‌تواند در مناطقی که تولید گندم به دلیل آلودگی زیاد به یولاف‌وحشی زمستانه و چچم عملکرد پایینی دارد مفید باشد. نقشه پراکنش جمعیت‌های مورد بررسی نشان داد که تراکم جمعیت‌های مقاوم عمدتا در اندیمشک و شوش بود؛ چرا که بیشترین نمونه‌برداری نیز از مزارع گندم این دو شهرستان به عنوان نمایندگان قطب کشاورزی استان خوزستان انجام شد. شاخص یا فاکتور مقاومت (درجه مقاومت) جمعیت‌ها از نظر شاخص وزن تر و درصد زنده‌مانی نشان داد که درجه مقاومت جمعیت‌ها از نظر درصد زنده‌مانی به مراتب بیشتر از وزن تر بود چراکه جمعیت‌ها علی‌رغم کاهش وزن، بر اثر در معرض علف‌کش قرارگرفتن، قادر به حفظ بوته‌های خود در حالت زنده در دزهای بالای علف‌کش بودند. نتایج نشان داد که مقاومت به علف‌کش در جمعیت‌های یولاف‌وحشی زمستانه در استان خوزستان به‌شدت گسترده می‌باشد. به‌طوری‌که تنها با تغییر علف‌کش‌های موجود و تولید مولکول جدید علف‌کش (نه صرفا اختلاط جدید با مولکول‌های قبلی) می‌توان تاحدی بر این معضل فائق آمد.

هرچند، گزینه‌هایی مانند تناوب زراعی به‌نظر گزینه‌های آسان‌تری برای توصیه به کشاورزان می‌باشد ولی ترویج این امر مستلزم وجود زیرساخت‌های اجتماعی و اقتصادی می‌باشد که اغلب فراهم نیست و کشاورز ترجیح می‌دهد با فشار انتخاب بیشتر به مزرعه، محصول موردنظر خود را به‌دست آورد. ازاین‌رو، ادامه این روند منجر به مقاوم‌شدن تمامی جمعیت‌های کشیده‌برگ در مزارع گندم خواهد شد؛ به‌طوری‌که در آینده نزدیک، جمعیت حساسی وجود نخواهد داشت و حتی جمعیت‌های موجود در حواشی مزارع نیز مقاوم خواهند شد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تمامی کشاورزانی که در زمان جمع‌آوری نمونه‌ها از مزارع، همکاری نموده و تجربیات ارزشمند خود را در اختیار ما نهادند، کمال تشکر و قدردانی را دارد.

منابع

Adkins, S.W., Wills, D., Boersma, M., Walker, S.R., Robinson, G., McLeod, R.J. and Einam, J.P. 1997. Weeds resistant to chlorsulfuron and atrazine from the North East grain region of Australia. Weed Res. 37(5): 343-349.

Aghajani, Z.Z and, E. Baghestani, M.A. and Mirhadi., M.J. 2010. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) population to iodosulfuron+mezosulfuron herbicide. Iran. J. Weed Sci. 6(1): 79-95. (In Persian).

Anonymous. 2024. Agricultural statistics- The first volume: Crops 2022-2023. Ministry of Agriculture Jihad. Deputy Director of Economic Planning, Center for Statistics, Information and Communication Technology. https://get.agrodl.ir/statistics/field-crops/401-402.pdf. Accessed August 31, 2025. (In Persian).

Chhokar, R.S. and Malik, R.K. 2002. Isoproturon-resistant littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) and its response to alternate herbicides. Weed Tech. 16(1): 116–123.

Chhokar R.S. and Sharma R.K. 2008. Multiple herbicide resistance in littleseed canarygrass (*Phalaris minor*): A threat to wheat production in India. Weed Biol. Manag. 8(2): 112–123.

Dear, B.S., Sandral, G.A., Spencer, D., Khan, M.R.I. and Higgins, T.J.V. 2003. The tolerance of three transgenic subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) lines with the *bxn* gene to herbicides containing bromoxynil. Aust. J. Agric. Res. 54: 203-210.

Elahifard, E., Derakhshan, A. and Zarrinjoob, H. 2017. Tracing resistance of weeds to aryloxyphenoxypropionate (ACCase), acetolactate synthase (ALS) and synthetic auxcins herbicides in Shoushtar wheat fields. J. Plant Prot. 31(2): 284-295. (In Persian).

Ghafouri, A., Alimoradi, L., Baghestani Meibodi, M.A., Zand, E. and Rashed Mohassel, M.H. 2023. The role of adjuvants in increasing the effectiveness of pinoxaden herbicide in controlling susceptible and resistant populations of two important narrow-leaves in wheat fields. Iran. J. Weed Sci. 19(1): 41-45. (In Persian).

Gherekhloo, J., Oveisi, M., Zand, E. and De Prado, R. 2016. A review of herbicide resistance in Iran. Weed Sci. 64(4): 551-561.

Heap, I.M. 2025. International survey of herbicide resistant weeds. Available at: http://www.weedscience.org [Accessed July 10, 2025].

Joumi, A., Keshtkar, E., Zand, E. and Sasanfar, H. 2022. Evaluation of resistance to mesosulfuron methyl+ idosulfuron methyl and mesosulfuron methyl+ idosulfuron methyl+ diflofenican herbicides in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana*) populations collected from wheat fields of Khuzestan province and preparing distribution map of populations. Iran. J. Weed Sci. 18(1): 115-127. (In Persian).

Malik, R.K. and Singh, S. 1995. Littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) resistance to isoproturon in India. Weed Tech. 9(3): 419–425.

Moss, S.R., Perryman, S.A.M. and Tatnell, L.V. 2007. Managing herbicide resistant black grass (*Alopecurus myosuroides*): Theory and practice. Weed Tech. 21(2): 300-309.

Park, K.W. and Mallory-Smith, C.A. 2005. Multiple herbicide resistance in downy brome (*Bromus tectorum*) and its impact on fitness. Weed Sci. 53(6): 780-786.

Peterson, M.A., Collavo, A., Ovejero, R., Shivrain, V. and Walsh, M.J. 2018. The challenge of herbicide resistance around the world: A current summary. Pest Manag. Sci. 74(10): 2246-2259.

Ritz, C. and Streibig, J.C. 2005. Bioassay analysis using R. J. Stat. Softw. 12(5): 1-22.

Sabet Zangeneh, H., Mohammaddust Chamanabad, H.R., Zand, E., Asgari, A., Alamisaeid, K.,Travlos, I.S. and Alebrahim, M.T. 2018. Cross and multiple herbicide resistant *Lolium rigidum* Gaud. (Rigid ryegrass) biotypes in Iran. JAST. 20(6): 1187-1200.

Sasanfar, H., Keshtkar, E., Zand, E., Zamani, M.H. and Khalil Tahmasbei, B. 2024. Herbicide resistance development in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana*) populations: Field margins vs. within fields. Adv. Weed Sci. 42: e020240061.

Sousa-Ortega, C., Fernandez, J.L. and Sportelli, M. 2023. Case report of *Avena sterilis* subsp. *sterilis* ACCase herbicide resistance in Southern Spain. Agriculture. 13(1): 85.

Yazdanipour, S., Alizadeh, H., Sasanfar, H. and Alizadeh, H. 2024. Clodinafop-propargyl herbicide resistance development in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman) influenced by monoculture cropping and management systems in wheat fields of Iran. Iran. J. Weed Sci. 20(1): 53-75. (In Persian).

Zand, E., Baghestani, M.A., BenaKashani, F. and Nezamabadi, N. 2013a. Weed survey of acetolactate inhibitors and acetyl coenzyme A carboxylase suspected resistant weeds of wheat (*Triticum aestivum*) fields in Khuzestan and Kermanshah provinces. Iran. J. Weed Sci. 9(1): 39-53.

Zand, E., Nezamabadi, N., Baghestani, M.A. and Mousavi, S.K. 2019. A guide to chemical control of weeds in Iran. Jihad Daneshgahi of Mashad Press. 216 p. (In Persian).

Zand, E., Razmi, A., Benakashani, F., Nezam Abadi, N., Gherekhloo, J. and Sasanfar, H. 2013b. Using CAPS and dCAPS methods to detect some mutations that cause resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibiting herbicides in wild oat (*Avena ludoviciana*). Iran. J. Weed Sci. 9: 79-91. (In Persian).