Iranian Journal of Weed Science: 2025; 20(2): 85-104

Iranian Journal of Weed Science

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

Original Article

Monitoring of Wild Oat Resistance to ACCase-Inhibiting Herbicides in Wheat Fields Across Iran

Eskandar Zand[1], Hamidreza Sasanfar[1*], Mohammad Hosein Zamani[2], Ali Joumi[2], Eshagh Keshtkar[2]

1. Department of Weed Research, Iranian research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran.
2. Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Article Info

Received:
September 24, 2024

Accepted:
December 14, 2024

First published online:
December 21, 2024

Corresponding Author:
Hamidreza Sasanfar

Email:
sasanfar@iripp.ir

Key words: ACCase inhibitor, distribution map, grass weeds, herbicide resistance.

Abstract

This study was conducted between 2018 and 2021 in two main parts, including screening experiments aimed at monitoring the resistance status of wild oats (*Avena* spp.) to commonly used ACCase-inhibiting herbicides, and mapping the distribution of wild oat populations resistant to this group of herbicides in wheat fields across the country. In the whole-plant bioassay experiment, 224 wild oat populations collected from nine provinces were exposed to the recommended application rates (1 and 1.2 L ha^{-1}) of clodinafop-propargyl (Topik® 8% EC) and pinoxaden (Axial® 5% EC). The results showed that among the wild oat populations collected from the studied provinces, Ardabil and Golestan had the highest resistance cases (100%), followed by Fars (97%), Khuzestan (91%), Kermanshah (68%), Tehran and Ilam (64%), and Alborz (33%). In contrast, no clodinafop-propargyl resistance was confirmed in wild oat populations collected from Isfahan province. Overall, 181 (81%) of the 224 tested populations exhibited resistance to clodinafop-propargyl. However, none of the populations in the studied provinces showed resistance to pinoxaden, although the development of resistance was observed in one population from Khuzestan. A distribution map of wild oat populations resistant to clodinafop-propargyl in various provinces was also created. Based on the results of this study, it can be concluded that the continuous and improper use of clodinafop-propargyl herbicide in recent decades has led to the spread of resistance to this herbicide in wild oat populations in wheat fields across various provinces of the country.

Cite this article: Zand, E. Sasanfar, H. Zamani, M.H. Joumi, A. and Keshtkar, E. (2025). Monitoring of wild oat resistance to ACCase-inhibiting herbicides in wheat fields across Iran. Iran. J. of Weed Sci. 20(2): 85-104. DOI: 10.22034/ijws.2025.369384.1487.

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؛ ۱۴۰۳، دورهٔ ۲۰، شمارهٔ ۲: صفحات ۸۵-۱۰۴

مجله دانش علف‌های‌هرز ایران

مقاله پژوهشی

پایش مقاومت یولاف وحشی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در مزارع گندم کشور

اسکندر زند[۱]، حمیدرضا ساسان‌فر[۱*]، محمد حسین زمانی[۲]، علی جومی[۲]، اسحاق کشتکار[۲]

۱- بخش تحقیقات علف‌های‌هرز، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲- گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۷/۰۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۹/۲۴

تاریخ انتشار برخط:
۱۴۰۳/۱۰/۰۱

نویسنده مسئول:
حمیدرضا ساسان‌فر

ایمیل:
sasanfar@iripp.ir

واژه‌های کلیدی: بازدارنده ACCase، علف‌های‌هرز باریک‌برگ، مقاومت به علف‌کش، نقشه پراکنش.

چکیده

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ در دو بخش شامل انجام آزمایش‌های غربال با هدف پایش وضعیت مقاومت یولاف وحشی (*Avena* spp.) به باریک‌برگ‌کش‌های پرکاربرد بازدارنده استیل‌کوآنزیم‌آکربوکسیلاز (ACCase) و ترسیم نقشه پراکنش توده‌های مقاوم در مزارع گندم کشور انجام شد. در آزمایش‌های زیست‌سنجی با گیاه کامل، ۲۲۴ توده یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از نُه استان کشور در معرض مقادیر توصیه‌شده (۱ و ۱/۲ لیتر در هکتار) علف‌کش‌های کلودینافوپ-پروپارژیل (تاپیک®، EC 8%) و پینوکسادن (آکسیال®، EC 5%) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در میان توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان‌های مورد مطالعه، اردبیل و گلستان با ۱۰۰ درصد، فارس با ۹۷ درصد، خوزستان با ۹۱ درصد، کرمانشاه با ۶۸ درصد، تهران و ایلام با ۶۴ درصد و البرز با ۳۳ درصد بیشترین تا کمترین موارد مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل را به خود اختصاص دادند؛ درحالی‌که در استان اصفهان بروز مقاومت یولاف وحشی به این علف‌کش تایید نشد. از مجموع ۲۲۴ توده مورد آزمایش، ۱۸۱ (۸۱ درصد) توده به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل مقاومت نشان دادند؛ اما هیچ‌یک از توده‌ها در استان‌های مورد مطالعه، به علف‌کش پینوکسادن مقاومت نداشتند و تنها توسعه بروز مقاومت در یک توده از استان خوزستان به این علف‌کش مشاهده شد. در پایان، نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم به کلودینافوپ-پروپارژیل در استان‌های مختلف کشور ترسیم شد. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که استفاده متوالی و غیر اصولی از علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در دهه‌های اخیر سبب گسترش مقاومت به این علف‌کش در جمعیت‌های یولاف وحشی در مزارع گندم استان‌های مختلف کشور شده است.

استناد: زند، ا. ساسان‌فر، ح. زمانی، م.ح. جومی، ع. و کشتکار، ا. (۱۴۰۳). پایش مقاومت یولاف وحشی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در مزارع گندم کشور. دانش علف‌های‌هرز ایران، ۲۰(۲): ۸۵-۱۰۴. Doi: 10.22034/ijws.2025.369384.1487

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.

مقدمه

یولاف وحشی (*Avena* spp.) از خانواده گندمیان و یکی از مهمترین علف‌های‌هرز مزارع می‌باشد که دارای دو گونه مهم بهاره (*Avena fatua* L.) و زمستانه (*Avena sterilis* L.; *Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman; *Avena ludoviciana* Durieu) می‌باشد (Tidemann *et al*., 2021). در ایران گونه غالب، یولاف وحشی زمستانه می‌باشد. همانطور که از پراکندگی جغرافیایی گسترده آن در مناطق نیمه-خشک، معتدل و مدیترانه‌ای (نیمه‌گرمسیری) در سطح جهان مشهود است، این گونه به‌خوبی با طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی سازگار است (Tidemann *et al*., 2021). گونه زمستانه احتمالاً به‌عنوان علف‌هرز در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) حدود ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ سال پیش، از منطقه هلال حاصلخیز (خاورمیانه) گسترش یافته و به محدوده بومی فعلی خود در سراسر منطقه مدیترانه و جنوب اروپا رسیده است (Rosentrater & Evers, 2018). حضور این گونه در مزارع منجر به کاهش عملکرد گندم تا ۶۰ درصد (Balyan *et al*., 1991; Dhima & Eleftherohorinos, 2001; Walia *et al*., 2001) و در مزارع جو تا ۶۵ درصد (Dhima *et al*., 2000; Torner *et al*., 1991) شده است. از سوی دیگر، کنترل یولاف وحشی در مزارع به شدت به کاربرد پس‌رویشی علف‌کش‌های مهارکننده استیل‌کوآکربوکسیلاز (ACCase) و استولاکتات-سنتاز (ALS) وابسته است که در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ معرفی شدند. اما استفاده متوالی از علف‌کش‌ها سبب بروز مقاومت به علف‌کش‌ها در علف‌های‌هرز شده است (Heap, 2025).

مقاومت علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها اولین بار در علف‌هرز زلف پیر (*Senecio vulgaris* L.) به علف‌کش‌های سیمازین و آترازین در سال ۱۹۷۰ مستند گردید (Rao, 2014; Ryan, 1970). از آن زمان تاکنون، علف‌های‌هرز مقاوم به علف‌کش با سرعت قابل توجهی گسترش یافته‌اند؛ به‌طوری‌که در حال حاضر ۵۳۴ مورد علف‌هرز از ۲۷۳ گونه (۱۵۶ گونه دولپه‌ای و ۱۱۷ گونه تک‌لپه‌ای) در ۱۰۲ محصول در ۷۵ کشور نسبت به ۱۶۸ علف‌کش از ۲۱ محل عمل شناخته‌شده مقاوم شده‌اند (Heap, 2025). البته در واقعیت وسعت اراضی درگیر پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها بسیار وسیع‌تر می‌باشد، زیرا امکان بررسی تمام اراضی امکان‌پذیر نیست. به‌عنوان نمونه، فقط در کانادا تخمین زده می‌شود حدود ۹/۶ میلیون هکتار از اراضی به علف‌های‌هرز مقاوم به علف‌کش آلوده شده باشند (Beckie *et al*., 2020). بیشتر موارد علف‌های‌هرز مقاوم، از کشورهایی با بیشترین میزان مصرف علف‌کش‌ها مانند ایالات متحده (۱۳۲)، استرالیا (۹۱)، کانادا (۵۶)، چین (۵۰)، برزیل (۵۰)، فرانسه (۳۵) و آرژانتین (۳۲) گزارش شده است (Heap, 2025). مقاومت به علف‌کش در یولاف وحشی بهاره اولین بار در سال ۱۹۸۵ در استرالیا و در گونه زمستانه در سال ۱۹۸۹ ثبت شد که از آن به بعد

موارد متعددی از بروز مقاومت یولاف وحشی به‌ویژه در غلات دانه‌ریز (گندم و جو) و پس از آن دانه‌های روغنی و حبوبات، به علف‌کش‌های مهارکننده ACCase یا ALS گزارش شد (Heap, 2025). البته به دلیل اهمیت و فراگیر بودن کشت گندم و همچنین حضور علف‌های‌هرز باریک‌برگ، سهم بیشتری از بررسی‌ها در حوزه مقاومت به علف‌کش‌ها به این موارد اختصاص پیدا کرده است.

در کشور ایران نیز بیش از دو دهه از مطالعات مربوط به مقاومت علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها می‌گذرد. اولین گزارش مقاومت به علف‌کش‌ها در کشور در سال ۱۳۸۳ در مزارع گندم منتشر شد. بر این اساس زند و همکاران (Zand *et al*., 2004) بروز مقاومت به علف‌کش فنوکساپروپ‌پی‌اتیل را در یک توده یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم استان فارس گزارش کردند. راستگو و همکاران (Rastgoo *et al*., 2006) مقاومت به فنوکساپروپ، دیکلوفوپ و کلودینافوپ-پروپارژیل را در توده‌های یولاف وحشی گزارش کردند. سطوح مختلفی از بروز مقاومت و همچنین الگوهای متنوعی از ظهور مقاومت عرضی به علف‌کش‌های خانواده فوپ، دیم و دن، از گروه بازدارنده ACCase، در توده‌های یولاف وحشی مزارع گندم استان فارس گزارش شد (Sasanfar *et al*., 2017a). قرخلو و همکاران (Gherekhloo *et al*., 2016) نیز در بررسی وضعیت مقاومت به علف‌کش‌ها در ایران، مقاومت گسترده به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase را در برخی از گونه‌های مهم باریک‌برگ از جمله یولاف وحشی، خونی‌واش و چچم گزارش کردند. در یک بررسی که روی ۵۰ مزرعه از قسمت‌های مختلف جنوب ایران انجام شد، نتایج حاصل از تهیه نقشه پراکنش مقاومت جمعیت‌های یولاف وحشی از این مزارع نشان داد که گسترش مقاومت در استان خوزستان نسبت به نقاط دیگر بیشتر بود (Zand *et al*., 2007).

زند و همکاران (Zand *et al*., 2009) نقشه پراکنش جمعیت یولاف‌وحشی، خونی‌واش و چچم یکساله را طی یک مطالعه ترسیم کردند که با توجه به نتایج، گسترش مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در استان فارس و خوزستان نسبت به استان گلستان بیشتر بود. کلامی و همکاران (Kalami *et al*., 2014) نقشه‌ای از پراکنش علف‌های‌هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) و خونی‌واش کوچک (*Phalaris minor* Retz.) مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل را در مزارع گندم کردکوی استان گلستان تهیه کردند.

با وجود گذشت بیش از دو دهه از گزارش اولیه بروز مقاومت و گزارش‌ها از عدم کارآیی علف‌کش‌های رایج، ضرورت دارد که وضعیت بروز مقاومت یولاف وحشی در مزارع گندم کشور مورد پایش قرار گیرد. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی جامع وضعیت مقاومت و تهیه نقشه پراکنش وضعیت مقاومت در علف‌هرز یولاف وحشی در استان‌های مهم تولیدکننده گندم کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ در دو بخش شامل الف) پی‌جویی وضعیت کنونی مقاومت باریک‌برگ‌ها به علف‌کش‌های رایج در استان‌های مهم تولید گندم کشور، و ب) تهیه نقشه جامع پراکنش علف‌های‌هرز باریک‌برگ مقاوم به علف‌کش‌ها در مزارع گندم کشور، در بخش تحقیقات علف‌های‌هرز موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام شد.

مواد آزمایشی

در این پروژه نه استان مختلف کشور شامل استان‌های فارس، خوزستان، کرمانشاه، گلستان، اردبیل، ایلام، اصفهان، تهران و البرز که سطح کشت گندم در آن‌ها قابل توجه می‌باشند و سابقه بروز مقاومت به علف‌کش‌ها در علف‌هرز یولاف وحشی را داشتند یا گزارش‌ها حاکی از احتمال بروز و گسترش مقاومت در آن‌ها با توجه سابقه مصرف علف‌کش‌ها و اظهارات کارشناسان بود، مورد مطالعه قرار گرفتند. بدین‌منظور پاکت‌هایی برای این استان‌ها ارسال و از مزارع مشکوک به مقاومت یولاف وحشی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase به روش W نمونه‌برداری انجام شد. در مجموع از نُه استان (در ۹۵ شهرستان) کشور ۲۲۴ توده یولاف وحشی جمع‌آوری شد (جدول ۱).

جدول ۱- تعداد توده‌های یولاف وحشی مشکوک به مقاومت جمع‌آوری شده از مزارع گندم استان‌های مختلف کشور.

Table 1. Number of suspected herbicide-resistant wild oat populations collected from wheat fields in various provinces of Iran.

Province	Number of populations collected
Golestan (GO)	47
Khuzestan (KZ)	46
Fars (FA)	37
Ardabil (AR)	27
Esfahan (ES)	20
Kermanshah (KR)	19
Illam (IL)	11
Tehran (TE)	11
Alborz (AL)	6
Total	224

آزمایش‌های غربال‌گری برای تشخیص مقاومت به علف‌کش

بررسی مقاومت به علف‌کش‌ها در توده‌های یولاف وحشی با روش زیست‌سنجی گیاه کامل انجام شد. بدین‌ترتیب ابتدا برای رفع خواب بذور یولاف وحشی و به‌منظور جوانه‌زنی یکنواخت آن‌ها، بذور پس از پوست‌کنی به مدت ۹۶ ساعت در شرایط سرمادهی (چهار درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. طی این زمان گلدان‌های پلاستیکی که با مخلوط خاک مزرعه، شن، رس، کود دامی پوسیده (به نسبت ۱:۱:۱:۱) و مقداری پرلیت پر شده بودند، آماده شد. سپس در هر گلدان ۱۰ بذر با آرایش منظم در عمق یک سانتیمتری کاشته شد. گلدان‌ها به گلخانه با شرایط ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و هشت ساعت تاریکی در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد منتقل و بر اساس نیاز رطوبتی تا حد ظرفیت مزرعه، به‌طور منظم آبیاری شدند. پس از اطمینان از سبز شدن کافی گیاهچه، جهت جلوگیری از رقابت،

تعداد بوته‌های هر گلدان به هفت تا هشت عدد تنک شد. سمپاشی گیاهچه‌های یولاف وحشی در مرحله دو تا سه‌برگی با کاربرد مقدار توصیه‌شده علف‌کش‌های بازدارنده ACCase شامل کلودینافوپ-پروپارژیل (تاپیک، EC 8%) به میزان یک لیتر در هکتار و پینوکسادن (آکسیال، EC 5%) به میزان ۱/۲ لیتر در هکتار با دستگاه سمپاش ثابت خودکار دارای نازل بادبزنی یکنواخت (۱۱۰۰۳) با حجم پاشش ۲۰۰ لیتر در هکتار صورت گرفت.

پس از گذشت چهار هفته از زمان سمپاشی، تعداد گیاهان زنده‌مانده درون هر گلدان یادداشت شد. سپس بوته‌ها از سطح خاک برداشت و بلافاصله وزن تر آنها توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در ادامه نمونه‌ها در دستگاه آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی پاسخ توده‌ها به علف‌کش‌ها، سه شاخص زنده‌مانی، وزن تر و وزن خشک مورد استفاده قرار گرفت. بدین‌منظور تعداد گیاه زنده‌مانده در هر گلدان به صورت درصدی از کل گیاهان داخل یک گلدان مربوط به هر توده که قبل از سم‌پاشی شمارش شده بودند، محاسبه شد. همچنین درصد کاهش وزن تر و درصد زنده‌مانی و وزن خشک توده‌ها نسبت به شاهد، با تقسیم شاخص تک‌بوته درگلدان‌های تیمار شده نسبت به گلدان های تیمارنشده، و ضرب آن در ۱۰۰ محاسبه شد.

برای دسته‌بندی توده‌ها از نظر بروز مقاومت به علف‌کش از دو روش ادکینز و همکاران (Adkins *et al*., 1997) و روش ماس و همکاران (۲۰۰۷) بهره گرفته شد. بر اساس روش ادکینز و همکاران چهار هفته بعد از اعمال علف‌کش، توده‌ای به عنوان توده مقاوم شناخته می‌شود که حداقل ۸۰ درصد وزن خشک و ۵۰ درصد گیاهان زنده خود را نسبت به شاهد بدون علف‌کش حفظ کرده باشد. در این روش حفظ ۵۰ درصد وزن خشک و ۵۰ گیاه زنده در یک توده نسبت به شاهد بدون علف‌کش، نشانه مقاومت احتمالی این توده است (احتمالا مقاوم) و در غیر این دو حالت، توده به عنوان توده حساس به علف‌کش شناخته خواهد شد. ماس و همکاران (Moss *et al*., 2007)، برای مشخص کردن تفاوت درجه مقاومت بر اساس پاسخ گیاه به تک‌غلظت استفاده‌شده، از شاخص درصد کاهش وزن تر استفاده می‌کنند؛ این سیستم طبقه‌بندی به نام رتبه‌بندی R معروف است.

در روش رتبه‌بندی R بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین صفر تا ۳۶ درصد هستند در گروه RRR (تایید مقاومت، کارایی علف‌کش به شدت کاهش می‌یابد) و بیوتیپ های که درصد کاهش وزن تر آنها نسبت به شاهد بین ۳۶ تا ۷۲ درصد هستند در گروه RR (تایید مقاومت، کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد)، بیوتیپ هایی که درصد کاهش وزن تر آنها نسبت به شاهد بین ۷۲ تا ۸۱ درصد هستند در گروه R? (مشکوک به مقاومت، احتمالاً کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) و بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۸۱ تا ۱۰۰ درصد هستند در گروه S (حساس) قرار می‌گیرند. در نهایت با تلفیق دو روش، توده‌ها از نظر بروز مقاومت به سه دسته

مقاوم (مقاوم/RRR/RR)، در حال توسعه مقاومت (احتمالا مقاوم/R?) و حساس (حساس/S) به علف‌کش گروه‌بندی شدند.

ترسیم نقشه پراکنش توده‌های مقاوم به علف‌کش

در این مرحله، مختصات جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) مربوط به هر نمونه استخراج و در قالب یک پایگاه اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار اکسل (Excel) وارد شد. سپس تصحیحات لازم با واقعیت‌سنجی اطلاعات توسط نرم‌افزار Google Earth انجام شد. بدین‌ترتیب که در صورت پرت‌بودن داده مکانی، موقعیت صحیح آن بر اساس دقیق‌ترین اطلاعات مکانی توده جمع‌آوری‌شده از روی پاکت تعیین شد. پس از انجام تصحیحات نهایی، این داده‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS تبدیل به یک ساختار Geodatabase شد و با استفاده از آن، نقشه پراکنش براساس دسته‌بندی نهایی وضعیت مقاومت به صورت مقاوم و در حال توسعه ترسیم شد.

نتایج و بحث

استان گلستان

نتایج آزمایش‌های غربال روی ۴۷ توده علف‌هرز یولاف وحشی از نقاط مختلف مزارع گندم استان گلستان نشان داد که از بین توده‌های مورد آزمایش، ۱۵ و ۳۲ توده بر اساس روش ارزیابی ادکینز به‌ترتیب در گروه‌های احتمالاً مقاوم و مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. همچنین بر اساس روش ارزیابی ماس (درصد کاهش وزن تر) فقط سه توده (AG6، RA7 و AG4) در گروه RR (تایید مقاومت، احتمالا کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) و بقیه توده‌ها (۴۴ توده) در گروه RRR (تایید مقاومت، به احتمال زیاد کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) قرار گرفتند (جدول ۲). قابل ذکر است که تمامی توده‌های استان گلستان به علف‌کش پینوکسادن، حساس بودند (جدول ۲). بنابراین با توجه به تایید مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در غالب توده‌های یولاف وحشی و از دست‌رفتن کارآیی این علف‌کش در مزارع مورد بررسی این استان، لازم است برای مدیریت این علف‌هرز در سطح استان دقت و پیگیری بیشتری در خصوص اجرای راهکارهای مدیریتی موثر مانند برنامه تناوب علف‌کشی موثر صورت گیرد. همچنین نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم و در حال توسعه مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در این استان ترسیم شد (شکل ۱).

استان خوزستان

نتایج آزمایش‌های غربال ۴۶ توده از نقاط مختلف استان خوزستان نشان داد که تنها سه توده BAG3، LA2 و OM4 بر اساس هر دو روش (ماس و ادکینز) به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل حساس بودند. بر طبق روش ماس بجز سه توده فوق و توده SH1 که در گروه مشکوک به مقاومت (R?) قرار گرفتند، بقیه ۴۲ توده مورد آزمایش (۲۲ و ۲۰)، به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل مقاومت (RR و RRR) نشان دادند.

جدول ۲- وضعیت مقاومت توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان گلستان به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase.

Table 2. Resistance status of wild oat populations collected from Golestan Province to ACCase-inhibiting herbicides.

Populations	Clodinafop-propargyl (Topik)					Pinoxaden (Axial)				
	% of control			Rating system*		% of control			Rating system	
	SR**	FWR	DW	Adknis	Moss	SR	FWR	DW	Adknis	Moss
W/GO-KA10/97	100	10.3	84	R	RRR	0	83.7	49.4	S	S
W/GO-BATO2/97	100	1	92	R	RRR	0	86.7	24	S	S
W/GO-GA1/97	100	1.3	91.6	R	RRR	0	88.4	40.5	S	S
W/GO-AQ5/97	100	10.8	89.5	R	RRR	0	87.9	39	S	S
W/GO-GA2/97	53.8	32.2	74.8	R?	RRR	0	83.7	44.1	S	S
W/GO-GO3/97	100	11.4	95.3	R	RRR	0	88.1	44.6	S	S
W/GO-GN6/97	100	11.9	92.5	R	RRR	0	87.7	33.3	S	S
W/GO-AQ4/97	100	37	63.9	R?	RR	0	84	48.3	S	S
W/GO-AQ6/97	95.8	42.7	53.9	R?	RR	0	92.5	25	S	S
W/GO-AQ3/97	68.5	29.2	89.3	R	RRR	0	85	49	S	S
W/GO-GO2/97	100	23.3	76.6	R?	RRR	0	88	36.9	S	S
W/GO-GA5/97	100	9.9	96.1	R	RRR	0	88.6	22.5	S	S
W/GO-GA3/97	73.5	27.1	92.9	R	RRR	0	85.3	33.9	S	S
W/GO-MATA1/97	100	20.5	82	R	RRR	0	89	24.4	S	S
W/GO-GN3/97	92.9	8.2	90.8	R	RRR	0	89.6	45.3	S	S
W/GO-RA7/97	35.7	53.8	54.1	R?	RR	0	86.2	44.4	S	S
W/GO-KA9/97	100	10.8	84.1	R	RRR	0	87.2	28	S	S
W/GO-RA9/97	100	18.5	75.2	R?	RRR	0	92.2	21.1	S	S
W/GO-KA6/97	100	27.1	77.1	R?	RRR	0	88.4	29.9	S	S
W/GO-RA4/97	96.4	17.3	88	R	RRR	0	85.3	43.	S	S
W/GO-GN1/97	100	31.3	81.5	R	RRR	0	92.3	26.6	S	S
W/GO-GEK8/97	100	14.8	100	R	RRR	0	92.6	19.2	S	S
W/GO-AZ2/97	92.9	30.2	70.7	R?	RRR	0	93.4	21.3	S	S
W/GO-AEK6/97	100	11.7	90.6	R	RRR	0	89.3	26.7	S	S
W/GO-AEK5/97	100	23.1	69.3	R?	RRR	0	86.4	31.9	S	S
W/GO-AZ9/97	100	26.2	76.7	R?	RRR	0	82.7	49.7	S	S
W/GO-AEK7/97	96.4	2.5	81.8	R	RRR	0	81.4	39.3	S	S
W/GO-AEK4/97	100	15.1	82.5	R	RRR	0	87.9	46.5	S	S
W/GO-GEK10/97	100	23	85.7	R	RRR	0	91.3	17.8	S	S
W/GO-AZ1/97	71.4	21.5	85.5	R	RRR	0	88.9	32.9	S	S
W/GO-GEK9/97	100	11	90.7	R	RRR	0	92	21.6	S	S
W/GO-GEK7/97	100	8	91.1	R	RRR	0	87.2	33.3	S	S
W/GO-MATA2/97	100	9.7	87.5	R	RRR	0	89.4	25	S	S
W/GO-GN5/97	100	14	84.1	R	RRR	0	94.2	20.3	S	S
W/GO-MATA5/97	100	21.4	82.4	R	RRR	0	93.2	22.4	S	S
W/GO-GN4/97	100	9.3	92.7	R	RRR	0	93.9	19	S	S
W/GO-MATA8/97	100	7.5	91	R	RRR	0	94.4	21.5	S	S
W/GO-BATO4/97	100	8.8	79.1	R?	RRR	0	95.3	11.2	S	S
W/GO-AQ2/97	100	16.5	78.8	R?	RRR	0	92.4	20.9	S	S
W/GO-BATO3/97	100	9.5	82.8	R	RRR	0	89	26.7	S	S
W/GO-BATO1/97	100	10.8	87.8	R	RRR	0	95	24.7	S	S
W/GO-KA2/97	100	17.6	85.9	R	RRR	0	83.4	48.4	S	S
W/GO-MI17/97	91.7	0	100	R	RRR	0	82	40.8	S	S
W/GO-MI18/97	66.7	3.3	77.9	R?	RRR	0	85	39.7	S	S
W/GO-RA6/97	91.7	23.1	55.7	R?	RRR	0	84.6	34.4	S	S
W/GO-MI19/97	58.3	4.5	82.9	R	RRR	0	81.3	39.8	S	S
W/GO-GN7/97	75	28	52.9	R?	RRR	0	81.3	31.6	S	S

* Based on Adkins *et al*. (1997), populations were classified as: R (resistant): dry weight >80% and survival >50% of the untreated control; R? (possibly resistant): both parameters >50%; S (susceptible): both parameters <50%.
Based on Moss *et al*. (2007), resistance was assessed by fresh weight reduction relative to the untreated control: RRR (0–36%)= resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance; RR (36–72%)= resistance confirmed, probably reducing herbicide performance; R? (72–81%)= early indications of developing resistance; possibly reducing herbicide performance; S (81–100%)= susceptible.

** SR: Survival rate; FWR: Fresh weight reduction; DW: Dry weight.

بر اساس روش ادکینز علاوه بر چهار توده مذکور، ۱۳ توده HA4، HE3، HA2، RA2، DEA1، SN2، IZ2، HO1، BE3، SR1، HO3، RZ1، OM3 به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل حساس بودند. مابقی توده‌های مورد آزمایش در این استان شامل ۲۹ توده بر اساس روش ادکینز، در گروه مقاوم (هشت توده) و احتمالاً مقاوم (۲۱ توده) به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند (جدول ۳). لازم به ذکر است که بروز مقاومت در هیچ یک از توده‌های غربال‌شده از استان خوزستان، بر اساس هر دو روش (ماس و ادکینز) به دیگر علف‌کش این گروه (بازدارنده ACCase)، یعنی پینوکسادن، تایید نشد و تنها توده BAEM3 با کاهش وزن تر به میزان ۸۱ درصد شواهدی از توسعه بروز مقاومت (?R) به پینوکسادن را نشان داد (جدول ۳). نقشه پراکنش مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در استان نیز ترسیم شد (شکل ۱).

استان فارس

نتایج غربالگری توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان فارس نشان داد که از بین ۳۷ توده مشکوک به مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل، به‌ترتیب ۲۶، ۱۰ و یک توده (RO2) یولاف وحشی بر اساس روش ماس در گروه توده‌های RRR (مقاوم)، RR (مقاوم) و S (حساس) قرار گرفتند. پاسخ این توده‌ها بر اساس روش ادکینز به این صورت بود که ۱۹، ۱۶ و دو توده RO2 و PA4 از میان ۳۷ توده به‌ترتیب در گروه مقاوم، احتمالاً مقاوم و حساس به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار داشتند (جدول ۴). بر اساس نتایج آزمایش، تمامی توده‌های مورد آزمایش بر مبنای هر دو روش به علف‌کش پینوکسادن حساس بودند (جدول ۴). با توجه به بروز مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در اکثر توده‌های مورد آزمایش در استان فارس می‌توان بیان کرد که مصرف مکرر و مدیریت‌نشده علف‌کش‌های مشابه با نحوه عمل یکسان در مزارع گندم سبب گسترش مقاومت در علف‌هرز یولاف وحشی شده است که به نظر می‌رسد به سطح بحرانی رسیده است. نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم و در حال توسعه مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل نیز ترسیم شد (شکل ۱).

استان اردبیل

نتایج آزمایش غربال‌گری توده‌های یولاف‌وحشی جمع‌آوری‌شده از استان اردبیل نشان داد که از بین ۲۷ توده مشکوک به مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل بر اساس شاخص درصد کاهش وزن تر نسبت به شاهد (روش ماس و همکاران، ۲۰۰۷)، ۲۰ توده در گروه RRR (تایید مقاومت، به احتمال زیاد کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) و هفت توده (BS2، BS16، BS4، BS13، BS9، BS5 و BS6) در گروه RR (تایید مقاومت، احتمالا کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) قرار گرفتند.

بر اساس شاخص‌های درصد زنده‌مانی و وزن خشک نسبت به شاهد (روش ادکینز و همکاران، ۱۹۹۷)، ۱۲ توده مقاوم، ۱۳ توده احتمالا مقاوم و دو توده BS16 و BS4 حساس به علف‌کش

کلودینافوپ-پروپارژیل تشخیص داده شدند (جدول ۵). بر خلاف نتایج حاصل از کاربرد علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل، بر اساس نتایج ارزیابی با هر دو روش، همه ۲۷ توده یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان اردبیل نسبت به علف‌کش پینوکسادن حساس بودند (جدول ۵) و ازاین‌رو هیچ یک از توده‌های مورد آزمایش در این استان مقاومت عرضی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase (شامل کلودینافوپ-پروپارژیل و پینوکسادن) نداشتند. شکل ۱ نقشه پراکنش مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل را نشان می‌دهد.

جدول ۳- وضعیت مقاومت توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان خوزستان به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase.

Table 3. Resistance status of wild oat populations collected from Khuzestan Province to ACCase-inhibiting herbicides.

Populations	Clodinafop-propargyl (Topik)					Pinoxaden (Axial)				
	% of control			Rating system*		% of control			Rating system	
	SR**	FWR	DW	Adknis	Moss	SR	FWR	DW	Adknis	Moss
W/KZ-AH3/97	89.3	29.2	71.3	R?	RRR	0	92	2.5	S	S
W/KZ-AH2/97	89.3	32.9	66.5	R?	RRR	0	91.3	16.7	S	S
W/KZ-BE4/97	96.4	26.9	68.8	R?	RRR	0	93.5	17.4	S	S
W/KZ-HA4/97	25	60.8	44.4	S	RR	0	90.1	26.4	S	S
W/KZ-MO2/97	64.3	32.4	64.1	R?	RRR	0	93	16.1	S	S
W/KZ-BAEM3/97	0	82	25.5	S	S	0	80.8	47.1	S	R?
W/KZ-HA2/97	28.6	55.2	48.5	S	RR	0	94	17.6	S	S
W/KZ-DEA5/97	53.2	46.3	50.7	R?	RR	0	87	28.8	S	S
W/KZ-BE2/97	82.1	19.5	52.8	R?	RRR	0	92.2	27.6	S	S
W/KZ-KA1/97	100	54	69.2	R?	RR	0	82.4	48	S	S
W/KZ-OM1/97	100	8.2	93.5	R	RRR	0	87.8	44.9	S	S
W/KZ-RZ2/97	100	6.8	98.7	R	RRR	0	90.4	24.7	S	S
W/KZ-HE1/97	86.9	17.1	92.3	R	RRR	0	84.2	37.4	S	S
W/KZ-RA2/97	46.4	35	47.7	S	RRR	0	87.3	34.4	S	S
W/KZ-BAEM1/97	100	6.3	98.5	R	RRR	0	91.4	27	S	S
W/KZ-DEA1/97	21.4	61.3	43.9	S	RR	0	86.1	46.1	S	S
W/KZ-SN2/97	39.3	54.7	47.3	S	RR	0	87.1	26.6	S	S
W/KZ-OM4/97	0	82.5	27.4	S	S	0	88.7	43.9	S	S
W/KZ-HE3/97	32.1	60.9	37.2	S	RR	0	84.8	48.8	S	S
W/KZ-RA3/97	89.3	25.10	71.7	R?	RRR	0	91.9	21.2	S	S
W/KZ-LA1/97	96.4	26.4	72.5	R?	RRR	0	91.1	23.6	S	S
W/KZ-LA2/97	21.4	90.3	18.6	S	S	0	88.5	30.8	S	S
W/KZ-DEA4/97	92.9	22.5	87.0	R	RRR	0	87.2	38.2	S	S
W/KZ-IZ2/97	78.8	69.6	31.6	S	RR	0	90.7	16.4	S	S
W/KZ-HA1/97	75	40.7	65.1	R?	RR	0	90.3	14.7	S	S
W/KZ-BE1/97	17.9	45.6	72.8	R?	RR	0	90.7	13.2	S	S
W/KZ-IZ1/97	50	35.6	56.5	R?	RRR	0	88.3	31.2	S	S
W/KZ-HO1/97	35.7	70.8	30.5	S	RR	0	91.5	22	S	S
W/KZ-BE3/97	42.9	44.2	45.6	S	RR	0	86	43.2	S	S
W/KZ-SR1/97	53.6	55.3	46.2	S	RR	0	87.2	41.9	S	S
W/KZ-SN1/97	46.4	75.1	27.7	S	R?	0	89.8	32.9	S	S
W/KZ-HA3/97	35.7	50	84.6	R	RR	0	85.3	22.6	S	S
W/KZ-HO3/97	42.9	61.4	15.1	S	RR	0	91.2	17.8	S	S
W/KZ-RZ1/97	53.6	50.3	48.1	S	RR	0	91.1	13.2	S	S
W/KZ-DEA3/97	46.4	32.6	67.7	R?	RRR	0	89.4	23.4	S	S
W/KZ-AH1/97	35.7	43.3	57.7	R?	RR	0	93.5	16.5	S	S
W/KZ-DEA2/97	96.4	37.3	62.4	R?	RR	0	91.6	18.2	S	S
W/KZ-OM2/97	60.7	36.9	67.9	R?	RR	0	85.5	32.6	S	S
W/KZ-BAEM2/97	87.5	9.4	77.9	R?	RRR	0	86.9	40.7	S	S
W/KZ-MO1/97	67.9	0	98.6	R	RRR	0	89	27.6	S	S
W/KZ-HO2/97	89.3	20.1	73.3	R?	RRR	0	84.2	45.4	S	S
W/KZ-AH4/97	71.4	34.7	70.5	R?	RRR	0	87.4	3.5	S	S
W/KZ-OM3/97	89.3	58.7	48	S	RR	0	52.4	46.7	S	S
W/KZ-HA1/97	50	32.6	72.8	R?	RRR	0	82.59	43.3	S	S
W/KZ-HE4/97	32.1	53.2	55.3	R?	RR	0	88.7	24.6	S	S
W/KZ-RZ4/97	64.3	53.6	97.4	R	RR	0	91.5	17.3	S	S

* Based on Adkins *et al*. (1997), populations were classified as: R (resistant): dry weight >80% and survival >50% of the untreated control; R? (possibly resistant): both parameters >50%; S (susceptible): both parameters <50%.
Based on Moss *et al*. (2007), resistance was assessed by fresh weight reduction relative to the untreated control: RRR (0–36%)= resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance; RR (36–72%)= resistance confirmed, probably reducing herbicide performance; R? (72–81% = early indications of developing resistance; possibly reducing herbicide performance; S (81–100%)= susceptible.

** SR: Survival rate; FWR: Fresh weight reduction; DW: Dry weight.

جدول ٤- وضعیت مقاومت توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان فارس به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase.

Table 4. Resistance status of wild oat populations collected from Fars Province to ACCase-inhibiting herbicides.

Populations	Clodinafop-propargyl (Topik)					Pinoxaden (Axial)				
	% of control			Rating system*		% of control			Rating system	
	SR**	FWR	DW	Adknis	Moss	SR	FWR	DW	Adknis	Moss
W/FA-FD1/97	893	47.2	64.7	R?	RR	0	92.8	25.1	S	S
W/FA-ES2/97	60.7	22.6	80.4	R	RRR	0	91	24.2	S	S
W/FA-ES3/97	100	18.3	79.1	R?	RRR	0	82.6	49.5	S	S
W/FA-ES1/97	100	14.9	90.6	R	RRR	0	87.5	50.5	S	S
W/FA-ES4/97	91.8	31.3	70	R?	RRR	0	88.3	51.5	S	S
W/FA-ES5/97	82.1	16.1	94.9	R	RRR	0	89.3	42	S	S
W/FA-MA2/97	71.4	21.8	98.5	R	RRR	0	87.8	46.1	S	S
W/FA-MA1/97	100	25.8	75.1	R?	RRR	0	83.9	46.2	S	S
W/FA-MA3/97	96.4	13.4	87.3	R	RRR	0	83.3	61.7	S	S
W/FA-MA7/97	100	16.9	16.6	R	RRR	0	87.3	47	S	S
W/FA-MA8/97	100	13.7	13.7	R	RRR	0	81.7	47	S	S
W/FA-MA4/97	100	21.8	86.3	R	RRR	0	86.5	37.6	S	S
W/FA-MA6/97	100	35.6	73.8	R?	RRR	0	85.3	48.9	S	S
W/FA-FI2/97	89.3	45.1	62.8	R?	RR	0	86.1	45.4	S	S
W/FA-FI3/97	78.6	51.9	63.5	R?	RR	0	85.4	63.6	S	S
W/FA-KH2/97	64.3	61.9	51.8	R?	RR	0	81.8	49	S	S
W/FA-KH1/97	64.3	60.2	71.2	R?	RR	0	85.6	65	S	S
W/FA-PA1/97	96.4	28.2	81.5	R	RRR	0	84.5	32.7	S	S
W/FA-KH3/97	92.9	26.9	84.5	R	RRR	0	82	46	S	S
W/FA-RO3/97	89.3	27.3	70.2	R?	RRR	0	83.4	48.7	S	S
W/FA-RO2/97	32.1	84.7	22.3	S	S	0	90.4	30.9	S	S
W/FA-RO4/97	100	1.2	99.2	R	RRR	0	89.3	34.9	S	S
W/FA-RO5/97	100	18.3	96.9	R	RRR	0	87.2	36.3	S	S
W/FA-RO1/97	100	10.8	98.7	R	RRR	0	85.8	40.7	S	S
W/FA-MA5/97	100	3.2	89.2	R	RRR	0	85.8	45.8	S	S
W/FA-PA4/97	32.1	67.1	44.8	S	RR	0	83.6	54.4	S	S
W/FA-PA3/97	96.4	2.1	97.3	R	RRR	0	84.4	35.9	S	S
W/FA-PA5/97	53.6	51.9	62.1	R?	RR	0	84.5	39.9	S	S
W/FA-PA2/97	92.9	23.1	76	R?	RRR	0	86.9	44.7	S	S
W/FA-KA1/97	100	37.3	66.4	R?	RR	0	90.8	26.9	S	S
W/FA-KV1/97	100	37.5	69.7	R?	RR	0	90.3	24.8	S	S
W/FA-KV2/97	92.9	43.7	64.4	R?	RR	0	84.3	44.9	S	S
W/FA-FI1/97	96.4	35	66.9	R?	RRR	0	87.3	46	S	S
W/FA-AR1/97	62.5	0	100	R	RRR	0	85.6	21.8	S	S
W/FA-SA1/97	87.5	2.2	100	R	RRR	0	86.5	36.6	S	S
W/FA-SA2/97	90	29.2	80.3	R	RRR	0	86.4	28.7	S	S
W/FA-SE3/97	90	20.6	85	R	RRR	0	87.7	26.4	S	S

* Based on Adkins *et al*. (1997), populations were classified as: R (resistant): dry weight >80% and survival >50% of the untreated control; R? (possibly resistant): both parameters >50%; S (susceptible): both parameters <50%.
Based on Moss *et al*. (2007), resistance was assessed by fresh weight reduction relative to the untreated control: RRR (0–36%)= resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance; RR (36–72%)= resistance confirmed, probably reducing herbicide performance; R? (72–81% = early indications of developing resistance; possibly reducing herbicide performance; S (81–100%)= susceptible.

** SR: Survival rate; FWR: Fresh weight reduction; DW: Dry weight.

استان کرمانشاه

نتایج آزمایش غربال‌گری ۱۹ توده جمع‌آوری‌شده از استان کرمانشاه نشان داد که توده‌های QES1، SA1، SA2، SA3 و SA4 بر مبنای دو روش ماس و ادکینز به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل حساسیت (S) نشان دادند. از سوی دیگر، یک (ES1)، هفت و شش توده بر اساس روش ارزیابی ماس به‌ترتیب در گروه R? (مشکوک به مقاومت، کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد)، RR (تایید مقاومت، احتمالاً کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) و RRR (تایید مقاومت، به احتمال زیاد کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) قرار گرفتند. همچنین بر اساس روش ارزیابی ادکینز نیز شش (پنج توده ذکر شده در بالا به همراه QES3)، نه و چهار توده به‌ترتیب در گروه توده‌های حساس، احتمالاً مقاوم و مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند (جدول ۶). اما تمامی توده‌های استان کرمانشاه به علف‌کش پینوکسادن، حساس بودند و با مقدار توصیه‌شده (۱/۲ لیتر در هکتار) این علف‌کش کنترل شدند (جدول ۶). شکل ۱ نقشه پراکنش

توده‌های یولاف وحشی مقاوم و در حال توسعه مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در استان کرمانشاه را نشان می‌دهد.

جدول ۵- وضعیت مقاومت توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان اردبیل به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase.

Table 5. Resistance status of wild oat populations collected from Ardabil Province to ACCase-inhibiting herbicides.

Populations	Clodinafop-propargyl (Topik)					Pinoxaden (Axial)				
	% of control			Rating system*		% of control			Rating system	
	SR**	FWR	DW	Adknis	Moss	SR	FWR	DW	Adknis	Moss
W/AR-BS18/97	100	21.7	75.8	R?	RRR	0	88.76	42.4	S	S
W/AR-BS11/97	96.4	22.3	74.7	R?	RRR	0	92.2	42.4	S	S
W/AR-BS2/97	67.9	52.7	68.4	R?	RR	0	90.7	38.7	S	S
W/AR-BS17/97	100	21.3	65.8	R?	RRR	0	95.6	15.4	S	S
W/AR-PA3/97	100	13.9	75.5	R?	RRR	0	89.2	41.1	S	S
W/AR-PA2/97	100	8.7	95.7	R	RRR	0	91.4	23	S	S
W/AR-BS22/97	100	4.6	86.9	R	RRR	0	89.4	36.3	S	S
W/AR-PA7/97	100	12.3	81.4	R	RRR	0	94	26.5	S	S
W/AR-PA5/97	100	9	80.8	R	RRR	0	90.6	42	S	S
W/AR-PA1/97	100	2.7	88.7	R	RRR	0	88.2	49	S	S
W/AR-PA4/97	100	13.5	85.3	R	RRR	0	92	38.7	S	S
W/AR-BS16/97	10.7	70.3	30.4	S	RR	0	84.6	62.5	S	S
W/AR-PA6/97	100	21.5	74.5	R?	RRR	0	93.7	28.7	S	S
W/AR-BS4/97	3.6	65.9	22.3	S	RR	0	88.3	66	S	S
W/AR-BS19/97	100	28.3	73.1	R?	RRR	0	84.1	37.1	S	S
W/AR-BS13/98	85	56.3	53.2	R?	RR	0	81.5	45	S	S
W/AR-BS9/98	91.7	61.4	61.4	R?	RR	4.2	82.2	45	S	S
W/AR-BS5/98	83.3	55.5	54.9	R?	RR	4.2	82.2	43	S	S
W/AR-BS6/98	85	42.1	63.8	R?	RR	8.3	81.4	45	S	S
W/AR-BS1/98	100	17.6	100	R	RRR	4.2	81.4	45	S	S
W/AR-BS10/98	95	14.20	81.1	R	RRR	0	86	43.3	S	S
W/AR-BS12/98	90	19	80.3	R	RRR	4.2	84	33	S	S
W/AR-BS22/98	95	32.7	54.5	R?	RRR	4.2	82	43.3	S	S
W/AR-BS14/98	95	15.3	81	R	RRR	4.2	82	42.1	S	S
W/AR-BS15/98	90	18.7	100	R	RRR	4.2	82.5	48	S	S
W/AR-BS8/98	100	33.4	59.4	R?	RRR	4.2	83.5	50	S	S
W/AR-BS3/98	95	25.2	88.4	R	RRR	8.3	82.4	46.1	S	S

* Based on Adkins *et al*. (1997), populations were classified as: R (resistant): dry weight >80% and survival >50% of the untreated control; R? (possibly resistant): both parameters >50%; S (susceptible): both parameters <50%.
Based on Moss *et al*. (2007), resistance was assessed by fresh weight reduction relative to the untreated control: RRR (0–36%)= resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance; RR (36–72%)= resistance confirmed, probably reducing herbicide performance; R? (72–81%)= early indications of developing resistance; possibly reducing herbicide performance; S (81–100%)= susceptible.
** SR: Survival rate; FWR: Fresh weight reduction; DW: Dry weight.

استان ایلام

آزمون غربال‌گری با استفاده از روش‌های ماس و ادکینز برای ۱۱ توده جمع‌آوری‌شده از استان ایلام نشان داد که توده‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل نشان دادند. به‌طوری‌که، توده‌های DE2 و DE5، بر اساس هر دو روش ارزیابی ماس و ادکینز به‌ترتیب در گروه‌های RRR (تایید مقاومت، به احتمال زیاد کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) و مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. توده BA1 نیز بر اساس روش‌های ارزیابی ماس و ادکینز به‌ترتیب در گروه RRR و احتمالاً مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفت. همچنین از بین ۱۱ توده یولاف وحشی مورد آزمایش از استان ایلام، بر اساس هر دو روش دسته‌بندی بر مبنای وزن خشک، کاهش وزن تر و زنده‌مانی فقط توده‌های ME1 و DSH3 در گروه حساس (S) به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. در استان ایلام نیز تمامی توده‌ها به علف‌کش پینوکسادن، حساس بودند؛ به‌طوری‌که با کاربرد دز توصیه‌شده این علف‌کش در هیچ یک از توده‌ها علائمی از زنده‌مانی مشاهده نشد و هر ۱۱ توده کنترل شد

(جدول ۶). همچنین نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم و در حال توسعه مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل ترسیم شد (شکل ۱).

جدول ٦- وضعیت مقاومت توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان‌های کرمانشاه و ایلام به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase.

Table 6. Resistance status of wild oat populations collected from Kermanshah and Ilam provinces to ACCase-inhibiting herbicides.

Province	Populations	Clodinafop-propargyl (Topik)					Pinoxaden (Axial)				
		% of control			Rating system*		% of control			Rating system	
		SR**	FWR	DW	Adknis	Moss	SR	FWR	DW	Adknis	Moss
Kermanshah	W/KR-SA1/97	0	90.4	15.8	S	S	0	90.3	29.1	S	S
	W/KR-QES1/97	14.3	81.2	22.5	S	S	0	91.2	30.4	S	S
	W/KR-QES3/97	60.7	58.6	32.9	S	RR	0	93.4	15	S	S
	W/KR-QES2/97	50	49.7	50.4	R?	RR	0	97.8	11.2	S	S
	W/KR-SA2/97	0	91	17.1	S	S	0	85.6	18.1	S	S
	W/KR-SA4/97	0	89.9	85	S	S	0	94.3	22.4	S	S
	W/KR-SAZ2/97	100	17.3	64.6	R	RRR	0	85.7	27.7	S	S
	W/KR-SAZ1/97	100	37.8	64.6	R?	RR	0	83.7	41.3	S	S
	W/KR-SAZ3/97	100	27	70.1	R?	RRR	0	81.9	29.7	S	S
	W/KR-GEG1/97	100	32.6	92.3	R	RRR	0	89.8	36.2	S	S
	W/KR-SA3/97	0	85.5	24.5	S	S	0	89.4	23.4	S	S
	W/KR-GEG3/97	100	35.7	57.3	R?	RRR	0	86.5	49.7	S	S
	W/KR-GEG2/97	92.9	25.8	74.2	R?	RRR	0	88	38.1	S	S
	W/KR-GEG4/97	92.9	37.9	58	R?	RR	0	88.8	28.5	S	S
	W/KR-GEG5/97	100	26.9	64.4	R?	RRR	0	84.2	42.6	S	S
	W/KR-ES1/97	70	72	72.1	R?	R?	0	81.9	45.4	S	S
	W/KR-SZ1/97	87.5	59.7	74.9	R?	RR	0	81.1	45.4	S	S
	W/KR-SZ2/97	70	50	100	R	RR	0	83.4	47.9	S	S
	W/KR-ES2/97	75	48.6	94.6	R	RR	0	81.3	46.2	S	S
Ilam	W/IL-MN1/97	0	86.7	24.7	S	S	0	91	18	S	S
	W/IL-DE5/97	82.1	19.1	83.2	R	RRR	0	88	42.9	S	S
	W/IL-BA1/97	85.7	27.4	72.8	R?	RRR	0	91.2	20.3	S	S
	W/IL-DE4/97	82.1	38.7	68.2	R?	RR	0	84.3	46.4	S	S
	W/IL-SI1/97	0	80.2	30.7	S	R?	0	88.6	24	S	S
	W/IL-DE2/97	96.4	15	83	R	RRR	0	90	29.6	S	S
	W/IL-DSH3/97	0	84.7	25.5	S	S	0	91.7	23.9	S	S
	W/IL-MSH2/97	0	80.3	27.9	S	R?	0	91.2	21	S	S
	W/IL-MSH1/97	82.1	44.4	59.3	R?	RR	0	94.8	24	S	S
	W/IL-DSH1/97	35.7	65.6	39.4	S	RR	0	84.1	39.1	S	S
	W/IL-DSH4/97	32.1	59.1	44.9	S	RR	0	86.5	29.3	S	S

* Based on Adkins *et al*. (1997), populations were classified as: R (resistant): dry weight >80% and survival >50% of the untreated control; R? (possibly resistant): both parameters >50%; S (susceptible): both parameters <50%.
Based on Moss *et al*. (2007), resistance was assessed by fresh weight reduction relative to the untreated control: RRR (0–36%)= resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance; RR (36–72%)= resistance confirmed, probably reducing herbicide performance; R? (72–81%)= early indications of developing resistance; possibly reducing herbicide performance; S (81–100%)= susceptible.
** SR: Survival rate; FWR: Fresh weight reduction; DW: Dry weight.

استان اصفهان

بررسی مقاومت ۲۰ توده یولاف وحشی جمع‌آوری شده از مزارع گندم استان اصفهان نشان داد که هر ۲۰ توده مورد آزمایش در این استان به دو علف‌کش بازدارنده ACCase شامل کلودینافوپ-پروپارژیل و پینوکسادن مقاومت نداشتند. در بین توده‌های مورد مطالعه تنها سه توده ES9، ES10 و ES11 بر اساس روش ماس در گروه در حال توسعه مقاومت (R?) به کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. مابقی توده‌ها (۱۷ توده) بر مبنای این روش و همه توده بر مبنای روش ادکینز در گروه حساس (S) به این علف‌کش قرار گرفتند (جدول ۷). همچنین همه ۲۰ توده یولاف وحشی مورد مطالعه در این استان، براساس روش‌های ادکینز و ماس در گروه حساس (S) به علف‌کش پینوکسادن قرار گرفتند (جدول ۷). نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم و در حال توسعه مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل نیز ترسیم شد (شکل ۱).

استان تهران

نتایج ارزیابی ۱۱ توده یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان تهران بر اساس روش‌های ماس و ادکینز نشان داد که توده‌های SH1، RA4 و RA2 نسبت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل بر اساس هر دو روش مقاوم بودند.

جدول ۷- وضعیت مقاومت توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان‌های اصفهان، تهران و البرز به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase.

Table 7. Resistance status of wild oat populations collected from Isfahan, Tehran, and Alborz provinces to ACCase-inhibiting herbicides.

Province	Populations	Clodinafop-propargyl (Topik)					Pinoxaden (Axial)				
		% of control			Rating system*		% of control			Rating system	
		SR**	FWR	DW	Adknis	Moss	SR	FWR	DW	Adknis	Moss
Isfahan	W/ES-ES1/97	4.16	81.1	39.8	S	S	4.2	86.6	46.6	S	S
	W/ES-ES2/97	12.5	82.5	43.9	S	S	4.2	87.2	41.6	S	S
	W/ES-ES3/97	12.5	81.7	44.2	S	S	4.2	92.4	36.7	S	S
	W/ES-V4/97	4.16	82.5	47.6	S	S	4.2	89.5	34.8	S	S
	W/ES-ES5/97	0	87.3	42	S	S	0	87.3	44.8	S	S
	W/ES-ES6/97	8.3	8.7	23.6	S	S	8.3	90.8	25.2	S	S
	W/ES-ES7/97	4.2	82.7	43.8	S	S	4.2	88.7	42.7	S	S
	W/ES-ES8/97	4.2	88.5	26.5	S	S	4.2	87.6	33.7	S	S
	W/ES-ES9/97	41.7	79.2	45.4	S	R?	4.2	91.2	22.	S	S
	W/ES-ES10/97	41.7	76	49.6	S	R?	4.2	91	25.2	S	S
	W/ES-ES11/97	12.5	76.9	48.4	S	R?	12.5	88	29	S	S
	W/ES-ES12/97	0	90.2	25.5	S	S	8.3	89.4	29.5	S	S
	W/ES-ES13/97	16.7	81.4	46.7	S	S	0	89	30.7	S	S
	W/ES-ES14/97	8.3	92.6	39.2	S	S	4.2	89.1	45.1	S	S
	W/ES-ES15/97	12.5	87.6	47.9	S	S	4.2	90.1	34.9	S	S
	W/ES-ES16/97	4.2	89.7	37.5	S	S	12.5	88.7	26.8	S	S
	W/ES-ES17/97	8.3	87.4	36.6	S	S	4.2	86.4	41.8	S	S
	W/ES-ES18/97	0	83.6	42.1	S	S	4.2	88.6	33.2	S	S
	W/ES-ES19/97	0	87.4	38.1	S	S	4.2	89.6	35.5	S	S
	W/ES-ES20/97	4.2	88.3	38.9	S	S	8.3	87.8	31.9	S	S
Tehran	W/TE-RA6/97	0	74.3	36.3	R?	S	0	96.3	14.2	S	S
	W/TE-PI1/97	0	75.9	40.8	R?	S	0	96.5	13	S	S
	W/TE-SH1/97	96.4	10.4	89.3	RRR	R	0	96.8	12	S	S
	W/TE-RA4/97	100	2.3	99	RRR	R	0	96.3	13.3	S	S
	W/TE-KA1/97	3.6	73.1	37.9	R?	S	0	95.9	17.2	S	S
	W/TE-RA2/97	78.6	16.5	85.1	RRR	R	0	81.7	45.5	S	S
	W/TE-RA5/97	89.3	31.2	55.5	RRR	R?	0	81.8	45.3	S	S
	W/TE-RA1/97	0	80.5	29.2	R?	S	0	97.1	13.9	S	S
	W/TE-ES2/97	92.9	36.6	94.3	RR	R?	0	86.4	40.9	S	S
	W/TE-RA3/97	82.1	23	79.5	RRR	R?	0	89.4	25.2	S	S
	W/TE-ES1/97	100	19.1	74.4	RRR	R?	0	80	69.7	S	S
Alborz	W/AL-SA1/97	3.6	77.7	31.3	S	R?	0	96.1	16	S	S
	W/AL-NA1/97	0	84.4	21.7	S	S	0	94.8	18.7	S	S
	W/AL-NA3/97	0	79.1	33.8	S	R?	0	94.4	14.3	S	S
	W/AL-NA2/97	0	74.5	34.8	S	R?	0	94.7	19	S	S
	W/AL-KA1/97	82.1	42.3	54.4	R?	RR	0	96.6	12.8	S	S
	W/AL-AA1/97	89.3	41.8	53.9	R?	RR	0	94.9	20.7	S	S

* Based on Adkins *et al*. (1997), populations were classified as: R (resistant): dry weight >80% and survival >50% of the untreated control; R? (possibly resistant): both parameters >50%; S (susceptible): both parameters <50%.
Based on Moss *et al*. (2007), resistance was assessed by fresh weight reduction relative to the untreated control: RRR (0–36%) = resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance; RR (36–72%)= resistance confirmed, probably reducing herbicide performance; R? (72–81% = early indications of developing resistance; possibly reducing herbicide performance; S (81–100%)= susceptible.
** SR: Survival rate; FWR: Fresh weight reduction; DW: Dry weight.

سایر توده‌ها نیز واکنش‌های مختلفی از نظر مقاومت به این علف‌کش بر اساس هر دو روش نشان دادند؛ به‌طوری‌که، توده‌های ES1، RA3 و RA5 بر اساس روش ارزیابی ماس و ادکینز به‌ترتیب در گروه RRR (تایید مقاومت، به احتمال زیاد کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) و احتمالاً مقاوم، توده‌های RA6، PI1، KA1 و RA1 در گروه R? (در حال توسعه مقاومت) و حساس (S) به علف‌کش

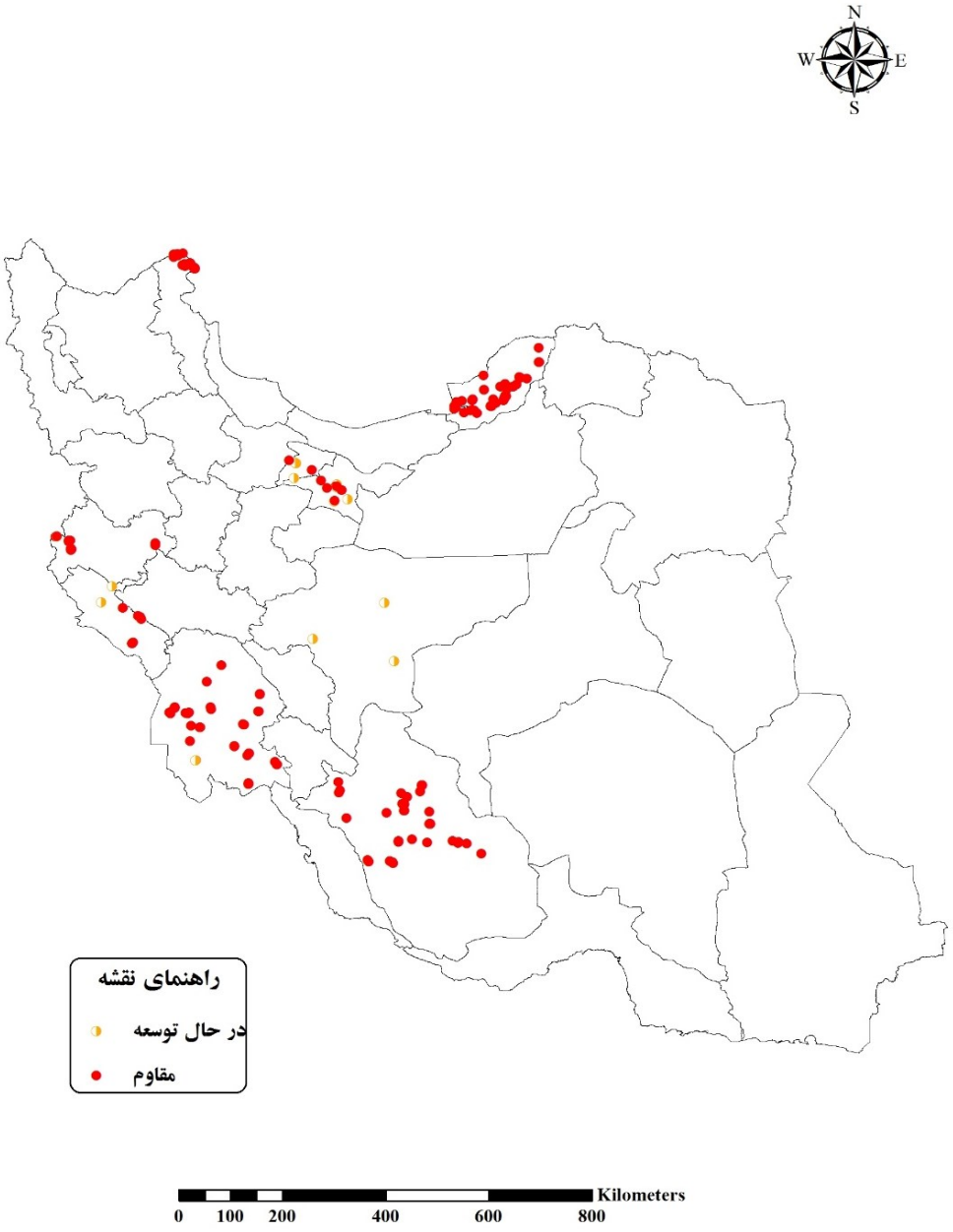
کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند (جدول ۷)؛ اما همه توده‌های مورد آزمایش نسبت به علف‌کش پینوکسادن مقاومتی نشان ندادند (جدول ۷). همچنین نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم و در حال توسعه مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل رسم شد (شکل ۱).

استان البرز

نتایج آزمایش غربال‌گری شش توده یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از استان البرز با استفاده از روش‌های ماس (درصد کاهش وزن‌تر) و ادکینز (درصد وزن خشک و زنده‌مانی) نشان داد که هیچ یک از این توده‌های مورد آزمایش از این استان به علف‌کش پینوکسادن مقاوم نبودند. فقط در توده‌های AA1 و KA1 نشانه‌هایی از توسعه بروز مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل بر اساس هر دو روش دیده شد (جدول ۷). به‌طور کلی، از بین شش توده یولاف وحشی مورد آزمایش از استان البرز، توده‌های AA1 و KA1 بر اساس روش ارزیابی ماس در گروه توده‌های RR (تایید مقاومت، احتمالا کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد) و بر اساس روش ارزیابی ادکینز در گروه توده‌های احتمالاً مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. برخی از توده‌های یولاف وحشی این استان از جمله NA2، NA3 و SA1 بر اساس روش‌های ارزیابی ماس و ادکینر به‌ترتیب در گروه R? (در حال توسعه مقاومت) و حساس به علف‌کش (S) کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. همچنین نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم و در حال توسعه مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل ترسیم شد (شکل ۱).

وضعیت و الگوهای بروز مقاومت یولاف وحشی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase

بررسی مقاومت ۲۲۴ توده یولاف وحشی با استفاده از روش ماس و روش ادکینز به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase از نُه استان ایلام، اردبیل، تهران، گلستان، خوزستان، فارس، کرمانشاه، البرز و اصفهان نشان داد که هیچ یک از ۲۲۴ توده یولاف وحشی مورد مطالعه به علف‌کش پینوکسادن مقاوم نبودند (جدول ۸). به‌طور کلی، نتایج نشان داد که از ۲۲۴ توده مورد بررسی، به‌ترتیب ۲۹ توده (۱۳ درصد)، ۱۴ توده (شش درصد)، ۵۵ توده (۲۵ درصد) و ۱۲۶ توده (۵۶ درصد) براساس روش ماس در گروه‌های حساس (S)، مشکوک (R?)، مقاوم (RR) و مقاوم (RRR) به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. همچنین براساس روش ادکینز، به‌ترتیب ۶۱ توده (۲۷ درصد)، ۸۳ توده (۳۷ درصد) و ۸۰ توده (۳۶ درصد) در گروه‌های حساس، احتمالاً مقاوم و مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل قرار گرفتند. به‌عبارت دیگر، بر اساس روش ماس حداقل در ۸۱ درصد از توده‌ها مقاومت به این علف‌کش تایید شد. بر اساس روش ادکینز نیز ۷۳ درصد از توده‌ها مقاوم یا مشکوک به مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل بودند.



شکل ۱- نقشه پراکنش توده‌های یولاف وحشی مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در مزارع گندم استان‌های مختلف.

Figure 1. Distribution map of wild oat populations resistant to clodinafop-propargyl (Topik) in wheat fields across various provinces.

در مجموع بر اساس تلفیق دو روش ارزیابی، ۱۸۱ توده یا ۸۱ درصد از ۲۲۴ توده یولاف وحشی مورد آزمایش در استان‌های مختلف کشور به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل مقاومت نشان دادند. همچنین شش درصد از توده‌ها نیز در حال توسعه مقاومت به این علف‌کش بودند. از سوی دیگر، تنها ۲۹ توده (۱۳ درصد) با کاربرد علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل کنترل شدند و به آن حساس بودند. در بین مزارع گندم مورد بررسی در استان‌های گلستان و اردبیل ۱۰۰ درصد، فارس ۹۷ درصد و خوزستان ۹۱ درصد توده‌های یولاف وحشی به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل

مقاومت نشان دادند. همچنین در ۶۸، ۶۴، ۶۴ و ۳۳ درصد مزارع مورد بررسی در استان‌های کرمانشاه، ایلام، تهران و البرز بروز مقاومت به این علف‌کش تایید شد. این در حالی بود که در استان اصفهان بروز مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در توده‌های یولاف وحشی تایید نشد و فقط ۱۵ درصد از توده‌های مورد بررسی شواهدی از توسعه بروز مقاومت به این علف‌کش را نشان دادند (جدول ۸).

برخلاف علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل، هیچ یک از ۲۲۴ توده یولاف وحشی مورد آزمایش به علف‌کش مقاومت قطعی نشان ندادند و این علف‌کش قادر بود تمام توده‌های مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل را کنترل نماید (جدول ۸).

علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل در سال ۱۳۷۶ برای مهار باریک‌برگ‌ها در مزارع گندم کشور ثبت شده است (Zand *et al*., 2019) و طی دو دهه‌ی گذشته از رایج‌ترین ترکیبات مورد استفاده در مزارع گندم بوده است؛ به‌طوری‌که، این علف‌کش در بین ۱۰ قلم علف‌کش با بیشترین مقدار تدارک سالیانه قرار داشته است (Sasanfar *et al*., 2021a). لذا مصرف این علف‌کش به دلیل فراهمی، دسترسی، پتانسیل کارآیی، سازگاری اختلاط با برخی پهن‌برگ‌کش‌های رایج مانند تری‌بنورون‌متیل و به‌ویژه اقتصادی‌بودن در بین کشاورزان گندمکار رواج داشته است. این عامل خود سبب استفاده متوالی از این علف‌کش و به دلیل ریسک ذاتی زیاد این گروه از علف‌کش‌ها (Moss *et al*., 2019)، در نتیجه سبب بروز پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها در باریک‌برگ‌ها از جمله یولاف وحشی شده است. به‌طوری‌که مصرف پنج تا هفت سال از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase می‌تواند سبب ظهور توده‌های مقاوم به علف‌کش در باریک‌برگ‌ها شود (Beckie, 2006). گزارش‌های قبلی نیز از شیوع بروز مقاومت به علف‌کش‌های خانواده آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات‌ها (فوپ‌ها) در مزارع گندم و کلزا (Sasanfar *et al*., 2024) حکایت دارد. غربالگری ۲۳۸ بیوتیپ یولاف وحشی زمستانه جمع‌آوری‌شده از یونان نیز حاکی از مقاومت گسترده به علف‌کش‌های خانواده فوپ مانند دیکلوفوپ متیل (۸۹ درصد)، فنوکساپروپ-پی‌اتیل (۷۱ درصد) و کلودینافوپ-پروپارژیل (۶۱ درصد) بود (Travlos *et al*., 2011). بروز مقاومت گسترده به علف‌کش‌های فوپ می‌تواند به دلیل وقوع برخی جهش‌ها در محل هدف آنزیم ACCase به‌ویژه جانشینی آسپاراژین به جای ایزولوسین در موقعیت ۲۰۴۱ (Ile-2041-Asn) باشد (Hassanpour-Bourkheili *et al*., 2021) که در مواقعی منجر به بروز مقاومت سطح بالا به علف‌کش‌های فوپ در باریک‌برگ‌ها می‌شود (Sasanfar *et al*., 2017b).

علف‌کش پینوکسادن متعلق به خانواده فنیل‌پیرازولین (دن) می‌باشد که می‌تواند در تناوب درون‌گروهی و بین گروهی برای مدیریت مقاومت در باریک‌برگ‌ها به‌ویژه یولاف وحشی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این علف‌کش به‌راحتی در گیاهان متابولیزه نمی‌شود (Alarcon-Reverte & Moss, 2008;

Kaundun *et al*., 2013, Kaundun, 2008, 2021) که خود سبب می‌شود مقاومت متابولیسمی نیز نسبت به این علف‌کش به کندی رخ دهد. همچنین استفاده از علف‌کش‌های خانوده دیم مانند کلتودیم و سیکلوکسیدیم در تناوب نسبت به علف‌کش‌های خانواده فوپ موثرتر می‌باشد (Sasanfar *et al*., 2021b).

جدول ۸- خلاصه‌ای از وضعیت مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم در استان‌های مختلف.

Table 8. Summary of resistance status to ACCase-inhibiting herbicides in wild oat populations collected from wheat fields across various provinces.

Province	No. of populations	Clodinafop-propargyl (Topik)			Pinoxaden (Axail)		
		R*	R?	S	R	R?	S
Golestan	47	47 (100%)	0	0	0	0	47 (100%)
Khuzestan	46	42 (91%)	1 (2%)	3 (7%)	0	1 (2%)	45 (98%)
Fars	37	36 (97%)	0	1 (3%)	0	0	37 (100%)
Kermanshah	19	13 (68%)	1 (5%)	5 (26%)	0	0	19 (100%)
Illam	11	7 (64%)	2 (18%)	2 (18%)	0	0	11 (100%)
Ardabil	27	27 (100%)	0	0	0	0	27 (100%)
Isfahan	20	0	3 (15%)	17 (85%)	0	0	20 (100%)
Tehran	11	7 (64%)	4 (36%)	0	0	0	11 (100%)
Alborz	6	2 (33%)	3 (50%)	1 (17%)	0	0	6 (100%)
Total	224	181 (81%)	14 (6%)	29 (13%)	0	1 (0.5%)	223 (99.5%)

R: Resistant; R?: Developing Resistant; VS; Susceptible.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، ۸۱ درصد توده‌های مورد مطالعه به علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل مقاومت نشان دادند که این شاهدی بر بروز و پراکنش گسترده مقاومت به این علف‌کش در جمعیت‌های یولاف وحشی در مزارع گندم کشور می‌باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده طولانی‌مدت، مکرر و یکنواخت از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase به‌ویژه ترکیبات گروه فوپ، یکی از عوامل اصلی بروز مقاومت در این گونه‌ی باریک‌برگ است. از این‌رو، لزوم بازنگری در راهبردهای مدیریت علف‌های‌هرز با تأکید بر تنوع شیمیایی علف‌کش‌ها، و تنوع‌بخشی به روش‌های کنترل بیش از پیش اهمیت دارد. همچنین، پایش‌های منطقه‌ای و ملی در کنار شناسایی دقیق مکانیزم‌های مقاومت می‌تواند به طراحی توصیه‌های بهینه‌ی مدیریت مقاومت کمک کند. در نهایت، آموزش بهره‌برداران، به‌روزرسانی دستورالعمل‌های مصرف علف‌کش‌ها و اعمال سیاست‌های تنظیمی در زنجیره تأمین و توزیع علف‌کش‌ها به‌ویژه در مکان‌های داغ، از جمله اقداماتی است که باید به‌طور هم‌افزا در دستور کار نهادهای متولی قرار گیرد تا از گسترش بیشتر این پدیده و کاهش اثربخشی علف‌کش‌ها جلوگیری شود.

منابع

Adkins, S. Wills, D. Boersma, M. Walker, S. Robinson, G. McLeod, R. and Einam, J. 1997. Weeds resistant to chlorsulfuron and atrazine from the north-east grain region of Australia. Weed Res. 37: 343–349.

Alarcon-Reverte, R. and Moss, S.R. 2008. Resistance to ACCase inhibiting herbicides in the weed *Lolium multiflorum* (Italian ryegrass). Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. 73: 899–902.

Balyan, R.S. Malik, R.K. Panwar, R.S. and Singh, S. 1991. Competitive ability of winter wheat cultivars with wild oat (*Avena ludoviciana*). Weed Sci. 39: 154–158.

Beckie, H.J. 2006. Herbicide-resistant weeds: Management tactics and practices. Weed Technol. 20(3): 793–814.

Beckie, H.J. Shirriff, S.W. Leeson, J.Y. Hall, L.M. Harker, K.N. Dokken-Bouchard, F. and Brenzil, C.A. 2020. Herbicide-resistant weeds in the Canadian prairies: 2012 to 2017. Weed Technol. Doi: 10.1017/wet.2019.128.

Dhima, K.V. and Eleftherohorinos, I.G. 2001. Influence of nitrogen on competition between winter cereals and sterile oat. Weed Sci. 49: 77–82.

Dhima, K.V. Eleftherohorinos, I.G. and Vasilakoglou, I.G. 2000. Interference between *Avena sterilis*, *Phalaris minor* and five barley cultivars. Weed Res. 40: 549–559.

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

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*) biotypes collected within canola fields. Crop Prot. 143: 105541.

Heap, I. 2025. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online. Accessed May 3, 2025. Available: www.weedscience.org.

Kalami, R. Gherekhloo, J. Kamkar, B. Esfandiaripour, E. and De Prado, R. 2014. Identifying and mapping of wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.) and *Phalaris minor* Retz. populations resistant to clodinafop-propargyl in wheat fields of Kordkuy. Abs. Am. Chem. Soc. 248: 1155.

Kaundun, S.S. 2021. Syngenta's contribution to herbicide resistance research and management. Pest Manag. Sci. 77(4): 1564–1571.

Kaundun, S.S. 2008. Comparison of pinoxaden's resistance profile with other ACCase inhibitors. Proc. 5th Int. Weed Sci. Congr., Vancouver, Canada, June 23–27.

Kaundun, S.S. Bailly, G. Dale, R. Hutchings, S.J. and McIndoe, E. 2013. A novel W1999S mutation and non-target site resistance impact on acetyl-CoA carboxylase inhibiting herbicides to varying degrees in a UK *Lolium multiflorum* population. Plos One, 8: e58012.

Moss, S.R. Perryman, S.A. and Tatnell, L.V. 2007. Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): Theory and practice. Weed Technol. 21: 300–309.

Moss, S. Ulber, L. and den Hoed, I. 2019. A herbicide resistance risk matrix. Crop Prot. 115: 13–19.

Rao, V.S. 2014. Herbicide resistance. In: Transgenic Herbicide Resistance in Plants. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 17–83.

Rastgoo, M. Rashed, M.H. Zand, E. and Nassiri, M. 2006. Resistance of winter wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) to aryloxyphenoxy propionate herbicides in wheat fields of Khuzestan province: First screening. Iran. J. Weed Sci. 2(2): 96–104.

Rosentrater, K.A. and Evers, A.D. 2018. Introduction to cereals and pseudocereals and their production. In: Kent's Technology of Cereals. 5th ed. Sci. Direct, London, UK. pp. 1–76.

Ryan, G. 1970. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. Weed Sci. 18(5): 614–616.

Sasanfar, H. Tahmasebi, B.K. Zand, E. Zamani, M.H. and Keshtkar, E. 2024. Cross- and multiple-resistance of the problematic grass weeds to the commonly used herbicides of wheat and canola. Iran. J. Field Crop Sci. 55(1): 89–104. (In Persian).

Sasanfar, H. Zand, E. Nezamabadi, N. Baghestani, M.A. Keshtkar, E. and Zamani, M.H. 2021a. Consequences of herbicides ban on weed management in Iran and the world. The 9t^{h} Iranian Weed Science Congress. 16–17 November, Tehran, Iran. (In Persian).

Sasanfar, H. Zand, E. Zamani, M. Keshtkar, E. and Joumi, A. 2021b. Resistance of the problematic grass weeds to some commonly used herbicides in canola (*Brassica napus* L.) fields in three provinces of Iran. Iran. J. Weed Sci. 17(2): 79–98. (In Persian).

Sasanfar, H. Zand, E. Baghestani, M.A. Mirhadi, M.J. and Mesgaran, M.B. 2017a. Cross-resistance patterns of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to ACCase inhibitor herbicides. Phytoparasitica, 45(3): 419–428.

Sasanfar, H. Rastgo, M. Zand, E. Bagheri, A. and Rashed Mohassel, M.H. 2017b. Role of Ile-2041-Asn in conferring high-level resistance to clodinafop-propargyl in winter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations. Iran. J. Weed Sci. 12(2): 133–150. (In Persian).

Tidemann, B.D. Geddes, C.M. and Beckie, H.J. 2021. *Avena fatua* and *Avena sterilis*. In: Biology and Management of Problematic Crop Weed Species. Acad. Press: 43-66.

Torner, C. Gonzalez-Andujar, J.L. and Fernandez-Quintanilla, C. 1991. Wild oat (*Avena sterilis*) competition with winter barley: Plant density effects. Weed Res. 31: 301–307.

Travlos, I.S. Giannopolitis, C.N. and Economou, G. 2011. Diclofop resistance in sterile wild oat (*Avena sterilis* L.) in wheat fields in Greece and its management by other post-emergence herbicides. Crop Prot. 30(11): 1449–1454.

Walia, U.S. Seema, J. Brar, L.S. and Singh, M. 2001. Competitive ability of wheat with variable population of wild oats (*Avena ludoviciana* Dur.). Indian J. Weed Sci. 33: 171–173.

Zand, E. Nezamabadi, N. Baghestani, M. Shimi, P. and Mosavi, S. 2019. A guide to chemical control of weeds in Iran. Mashhad: University Jihad Publications. 216 pp. (In Persian).

Zand, E. Bena Kashani, F. Soufizadeh, S. Ebrahimi, M. Minbashi, M. Dastaran, F. Poorbayge, M. Jamali, M. Maknali, A. Younesabadi, M. Deihimfard, R. and Forouzesh, S. 2009. Study on the resistance of problematic grass weed species to clodinafop-propargyl in wheat in Iran. Environ. Sci. 6(4): 145–160

Zand, E. Bena Kashani, F. Baghestani, M.A. Maknali, A. Minbashi, M. Soufizadeh, S. and Deihimfard, R. 2007. Investigating the distribution of clodinafop-propargyl resistant wild oat (*Avena ludoviciana*) populations in southwestern Iran. Environ. Sci. 4(3): 85–92.

Zand, E. Moosavi, M.R. Deihim Fard, R. Maknali, A. Bagherani, N. Fridonpoor, M. and Tabatabei Nimavard, R. 2004. A survey for determining weeds resistance to herbicides in some provinces of Iran. Environ. Sci. 2(5): 43-53. (In Persian).