



Original Article

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

Saba Yazdanipour¹, Hassan Alizadeh^{2*}, Hamidreza Sasanfar³, Houshang Alizadeh⁴

1,2,4. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran

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

Article Info

Received:

January 30, 2024

Accepted:

April 16, 2024

First published online:

June 21, 2024

Corresponding Author:

Hassan Alizadeh

Email:

malizade@ut.ac.ir

Abstract

Due to the spread of weed resistance to herbicides in Iran, it is necessary to monitor this phenomenon and evaluate effective factors in the occurrence of weed resistance to herbicides. Therefore, resistance to the common herbicide clodinafop-propargyl in 133 wild oat populations collected from wheat fields in Ardabil (13 populations), Kermanshah (10 populations), Khuzestan (43 populations), Fars (29 populations), and Golestan (38 populations), and the evaluation of factors affecting herbicide resistance risk in these cropping systems were investigated. The screening test was conducted as a whole-plant bioassay using a completely randomized design with four repetitions in greenhouses at the Iranian Research Institute of Plant Protection in 2019. The accessions were exposed to the recommended field dose (80 g ha⁻¹) of clodinafop-propargyl (Topik, EC 8%) at the two- to three-leaf stages. Four weeks after spraying, the percentage reduction in fresh weight of the plants was calculated compared to the untreated control. The results showed that out of the 133 wild oat populations studied, 87.2% (116 populations) were classified as highly resistant (RRR), 4.5% (six populations) as resistant (RR), 1.5% (two populations) as suspected of resistance (R?), and 6.8% (nine populations) as susceptible (S) to clodinafop-propargyl. In the 5-year study period, in wheat fields where no crop rotation was applied and only clodinafop-propargyl was used, there was a 100% incidence of herbicide resistance in the populations (94% high resistance (RRR) and 6% resistance (RR)). Given the direct relationship between the occurrence of resistance in wild oat populations and the prevailing management methods in wheat fields, as well as the risk of further spread, it is necessary to pay serious attention to changing cropping patterns and management systems, including prevention and compliance with crop and chemical rotation.

Key words: ACCase inhibitor, crop rotation, fresh weight reduction.

Cite this article: Yazdanipour, S. Alizadeh, H. Sasanfar, H.R. and Alizadeh, H. (2024). Clodinafop-propargyl herbicide resistance development in winter wild oats (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman) influenced by monoculture cropping and management systems in wheat fields of Iran. Iran. J. of Weed Sci. 20(1): 53-75. DOI: 10.22034/ijws.2024.366991.1470.



مقاله پژوهشی

گسترش مقاومت به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل در یولاف وحشی زمستانه- (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman)، تحت تاثیر نظام‌های زراعی و مدیریتی یکنواخت در مزارع گندم کشور

صبا یزدانی پور^۱، حسن علیزاده^{۲*}، حمیدرضا ساسان فر^۳، هوشنگ علیزاده^۴

۴،۲،۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران، ایران.

چکیده

با توجه به گسترش مقاومت علف‌های هرز به علف کش‌ها در ایران، پایش این پدیده و ارزیابی عوامل موثر در بروز مقاومت علف‌های هرز به علف کش‌ها امری ضروری می‌باشد. از این رو مقاومت به علف کش رایج کلودینافوپ پروپارژیل در ۱۳۳ توده یولاف وحشی زمستانه جمع‌آوری شده از مزارع گندم استان‌های اردبیل (۱۳ توده)، کرمانشاه (۱۰ توده)، خوزستان (۴۳ توده)، فارس (۲۹ توده) و گلستان (۳۸ توده) و عوامل موثر بر خطر بروز مقاومت به علف کش در این نظام‌های زراعی بررسی شد. آزمایش غربال‌گری به صورت زیست‌سنجی گیاه کامل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار، در سال ۱۳۹۸ در گلخانه‌های مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام شد. توده‌های یولاف وحشی زمستانه در مرحله دو تا سه برگگی در معرض دُز توصیه‌شده (۸۰ گرم ماده موثر در هکتار) علف کش کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک، ۸٪ EC) قرار گرفتند. چهار هفته پس از سمپاشی، درصد کاهش وزن تر گیاهان در مقایسه با شاهد محاسبه شد. همچنین سابقه تناوب زراعی و شیمیایی در مزارع، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از ۱۳۳ توده یولاف وحشی زمستانه مورد بررسی، ۸۷/۲ درصد (۱۱۶ توده) در گروه قطعاً مقاوم (RRR)، ۴/۵ درصد (شش توده) مقاوم (RR)، ۱/۵ درصد (دو توده) مشکوک به مقاومت (R?) و ۶/۸ درصد (نه توده) در گروه حساس (S) به کلودینافوپ پروپارژیل قرار گرفتند. در دوره پنج‌ساله مورد بررسی، مزارع تک‌کشتی گندم و همچنین مزارعی که بدون رعایت تناوب شیمیایی، تنها کلودینافوپ پروپارژیل استفاده کرده بودند، مقاومت به علف کش در ۱۰۰ درصد توده‌ها (۹۴ درصد در گروه RRR و شش درصد در گروه RR) رخ داده بود. بنابراین، با توجه به ارتباط مستقیم بروز مقاومت در توده‌های یولاف وحشی زمستانه با روش مدیریتی حاکم در مزارع گندم و خطر گسترش هرچه بیشتر آن، توجه جدی به تغییر الگوی نظام‌های زراعی و مدیریتی، از جمله پیشگیری و رعایت تناوب زراعی و شیمیایی امری ضروری است.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۱/۲۸

تاریخ انتشار برخط:

۱۴۰۳/۰۴/۰۱

نویسنده مسئول:

حسن علیزاده

ایمیل:

malizade@ut.ac.ir

واژه‌های کلیدی:

ACCCase، تناوب زراعی،

کاهش وزن تر توده.

استناد: یزدانی پور، ص.، علیزاده، ح.، ساسان فر، ح.ر. و علیزاده، ه (۱۴۰۳). گسترش مقاومت به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل در یولاف وحشی زمستانه (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman)، تحت تاثیر نظام‌های زراعی و مدیریتی یکنواخت در مزارع گندم کشور. دانش علف‌های هرز ایران، ۲۰(۱): ۵۳-۷۵. DOI: 10.22034/ijws.2024.366991.1470

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم ترین محصولات زراعی در جهان است (Nakka et al., 2019) که حدود ۵۲ درصد از مساحت اراضی کشاورزی در ایران را به خود اختصاص داده است (Gherekhloo et al., 2016). افزایش جمعیت جهان و نیاز روزافزون به مواد غذایی از جمله گندم، از مشکلات اصلی جوامع می باشد و جلوگیری از تلفات عملکرد از اهمیت بالایی برخوردار است (Van der Meulen & Chauhan, 2017). یکی از عوامل محدود کننده تولید غلات در جهان، حضور علف های هرز در مزارع می باشد (Uludag et al., 2008) که خسارت ناشی از حضور آنها در مزارع غلات، حدود ۲۵ درصد گزارش کرده اند (Zand et al., 2020).

یولاف وحشی بهاره (*Avena fatua* L.) و یولاف وحشی زمستانه (*A. sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Nyman) از علف های هرز با گسترش بالا در مزارع هستند (Bajwa et al., 2017). یولاف وحشی دارای جوانه زنی پراکنده در فصل، توانایی بالای رقابت، تقلید از گیاه زراعی، خواب بذری، غیر یکنواختی در رسیدن و ریزش بذری است که مدیریت و کنترل آن را سخت می کند و موجب افزایش تراکم این علف هرز در کشت بعدی می شود (Abdurruhman et al., 2018). در ایران، کنترل شیمیایی، مهم ترین روش کنترل علف های هرز در طی ۳۰ سال گذشته بوده است (Sasanfar et al., 2021). با وجود آن که

علف کش ها ابزار بسیار مؤثری در مدیریت علف های هرز به شمار می روند. استفاده مکرر و غیر اصولی از علف کش ها با نحوه عمل یکسان از طریق اعمال فشار انتخابی، سبب بروز پدیده مقاومت به علف کش ها می شود که با گذشت زمان و گسترش جمعیت های مقاوم کارایی علف کش ها در مزرعه کاهش پیدا می کند (Delye et al., 2013).

مقاومت به علف کش یک پدیده جهانی است و تا اواسط سال ۲۰۲۴ حدود ۵۳۳ بیوتیپ از ۲۷۳ گونه (۱۵۶ دولپه و ۱۱۷ تک لپه) نسبت به ۲۱ گروه (از ۳۱) محل عمل علف کشی شناخته شده، مقاوم شده اند (Heap, 2024). براساس تحقیقات انجام شده تا اواسط سال ۲۰۲۴ میلادی، تعداد ۵۴ بیوتیپ علف هرز باریک برگ به خانواده ACCase در دنیا مقاومت نشان داده اند (Heap, 2024). یولاف وحشی بهاره و زمستانه در برابر چندین علف کش با مکانیسم عمل های مختلف، در سراسر جهان مقاوم شده اند (Heap, 2024). علف کش کلودینافوپ پروپارژیل از علف کش های بازدارنده ACCase می باشد که در سال ۱۳۷۳ در ایران به ثبت رسیده است (Zand et al., 2007) و می تواند به خوبی علف های هرز باریک برگ را در محصول گندم کنترل کند (Montazeri et al., 2005). در ایران مقاومت به علف کش های بازدارنده ACCase برای اولین بار در سال ۱۳۸۳ گزارش شد (Benakashani et al., 2006) و تاکنون مقاومت علف های هرز یولاف وحشی زمستانه (*A. ludoviciana* Dur.)، خونی واش (*Phalaris minor*, *P. paradoxa*), و

P. brachystachys) و چچم (*Lolium rigidum*) در سطح وسیعی از مزارع گندم کشور به این علف‌کش گزارش شده است (Gherekhlou et al., 2016). از سوی دیگر، گسترش مقاومت عرضی و چندگانه نیز در مزارع رو به گسترش می‌باشد (Sasanfar et al., 2024).

پایش مداوم مزارع و ثبت اطلاعات جهت تهیه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده، راهکار مناسبی برای بررسی روند تکامل مقاومت به علف‌کش ارائه می‌دهد. ارزیابی خطر مقاومت به علف‌کش، بخش کلیدی در فرایند تایید آفت‌کش در بسیاری از کشورها است (Moss et al., 2019). ماتریس خطر، یک روش برای کمی کردن ارزیابی خطر مقاومت به علف‌کش‌ها است که به سه عامل خطر مقاومت ذاتی علف‌کش، علف‌هرز و اقدامات مدیریتی (تعدیل‌کننده‌ها) بستگی دارد (Moss et al., 2019). خطر بروز مقاومت ذاتی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase همراه با بازدارنده‌های استولاکتات‌سینتاز (ALS) و فتوسیستم دو (PSII) بالا اعلام شده است و بیش از ۱۰ درصد تعداد گونه‌های مقاوم در جهان را شامل می‌شوند (HRAC, 2024) که با توجه به فاکتورهای آسیب‌پذیری برای مقاومت محل هدف و غیر هدف، طیف کنترلی گونه‌های علف‌هرز، فعالیت باقیمانده و ... تعیین می‌شود (Moss, 2017a; Vencill et al., 2014). خطر ذاتی علف‌هرز به مقاومت‌شدن در برابر علف‌کش، تحت تاثیر ویژگی‌های زیست‌شناختی و ژنتیکی آن گونه است. یولاف وحشی (*Avena spp.*) با داشتن خصوصیات زیستی همانند یک‌ساله‌بودن، تولید بذر فراوان و ...

در گروه علف‌های هرز با خطر ذاتی متوسط برای مقاوم‌شدن قرار دارد (EPPO, 2015). عملیات مدیریتی در ارزیابی خطر مقاومت به علف‌کش، شامل مدیریت خاک‌ورزی، نظام کشت و تناوب زراعی، تعداد دفعات کنترل شیمیایی، دسترسی به علف‌کش‌های جایگزین و نحوه مصرف آنها (تناوب، اختلاط علف‌کش، میزان و زمان مصرف) است (Moss, 2017a). مطالعات ارزیابی ماتریس خطر مقاومت به علف‌کش‌ها، در علف‌های هرز مهم مزارع در سه سطح انجام می‌شود: سطح اول کاربرد علف‌کش، سطح دوم تا حدی تعدیل‌شده (کاهش خطر مقاومت تا یک‌سوم، با کاربرد علف‌کش‌های با نحوه عمل متفاوت، تناوب یا جایگزین) و سطح سوم مدیریت تلفیقی (کاهش خطر مقاومت تا دو سوم، کاربرد علف‌کش با سایر روش‌های کنترل غیر شیمیایی) (Moss et al., 2019). بررسی سابقه تناوب زراعی و شیمیایی مزارع در پیش‌بینی و ارزیابی خطر مقاومت به علف‌کش‌ها در جهت تصمیم‌گیری راه حل مناسب و قابل اجرا در مدیریت مقاومت حائز اهمیت است (Moss et al., 2019). به دلایل حکم‌فرمایی عوامل مختلف سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی که بر کشاورزی به‌صورت منطقه‌ای یا ملی وجود دارد، کشت گندم در اولویت قرار دارد. از آنجایی که در گندم عملیات وجین دستی متداول نیست و روش‌های مکانیکی کنترل علف‌های هرز نیز کارایی ندارد، برای کنترل علف‌های هرز به ناچار از علف‌کش‌ها استفاده می‌شود (Zand et al., 2010). از طرفی، طی دهه گذشته، علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS،

(جدول ۱ پیوست). برای جوانه زنی و در نتیجه یکنواختی در سبز شدن بذرها، پیش از اجرای آزمایش، ابتدا بذور توده های یولاف وحشی زمستانه توسط دست پوست کنی شدند. برای این کار لما و پاله آ از بذرها جدا شدند (Beckie et al., 2000). بعد از اعمال تیمار رفع خفتگی، بذرها به پتری دیش های ۱۰ سانتی متری حاوی کاغذ صافی منتقل شدند و پنج میلی لیتر آب مقطر به آنها افزوده شد. پتری دیش ها به مدت سه روز درون یخچال در دمای ثابت چهار درجه سانتی گراد نگهداری شدند. ۱۰ عدد بذر جوانه دار (طول ریشه چه تقریباً سه میلی متر)، در گلدان نیم لیتری (قطر دهانه ۱۰ سانتی متر) منتقل شدند.

پس از سبز شدن گیاهچه ها و پیش از سمپاشی برای جلوگیری از رقابت درون گونه ای، تعداد گیاهان داخل هر گلدان به هشت عدد کاهش یافت. آزمایش زیست سنجی با گیاه کامل و با کاربرد دُز توصیه شده یک لیتر در هکتار علف کش کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک، 8% EC) روی توده های مورد نظر و با چهار تکرار (گلدان)، در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه بخش تحقیقات علف های هرز مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور در زمستان سال ۱۳۹۸ انجام شد. همچنین برای هر توده، شاهد بدون کاربرد علف کش (چهار گلدان) در نظر گرفته شد. در مرحله دو تا سه برگی، گیاهچه ها با دُز توصیه شده علف کش، توسط سمپاش پستی برقی مجهز به نازل بادبزی و حجم محلول مصرف ۲۰۰ لیتر در هکتار در فشار ۲۰۰ کیلو پاسکال سمپاشی شدند. چهار هفته پس از سمپاشی،

پرباربردترین علف کش ها برای کنترل باریک برگ ها در مزارع گندم کشور بوده اند (Zand et al., 2020). مقاومت علف های هرز در برابر بازدارنده های ACCase اهمیت اقتصادی ویژه ای دارد، زیرا تعداد علف کش با مکانیسم عمل جایگزین، بسیار محدود و نقش آنها در مدیریت علف های هرز باریک برگ بسیار زیاد است (Takano et al., 2019). با توجه به مصرف متوالی باریک برگ کش های مزارع گندم در استان های اردبیل، کرمانشاه، خوزستان، فارس و گلستان، و گزارش نارضایتی برخی از کشاورزان در خصوص کاهش کارایی این علف کش ها در کنترل علف های هرز باریک برگ، هدف از این پژوهش، پایش وضعیت بروز مقاومت یولاف وحشی زمستانه به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل تحت تاثیر نظام های زراعی و مدیریتی در استان های مهم کشور از نظر تولید گندم و بررسی سطح مقاومت مورد مطالعه بود.

مواد و روش ها

آزمایش زیست سنجی غرابال مقاومت

در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ بذر توده های یولاف وحشی زمستانه مشکوک به مقاومت به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل توسط کارشناسان از مزارع گندم استان های اردبیل، کرمانشاه، خوزستان، فارس و گلستان به ترتیب ۱۳، ۱۰، ۴۳، ۲۹ و ۳۸ توده جمع آوری شدند. نامگذاری توده ها با حروف و اعداد (حروف اول و یا دوم هر شهرستان به عنوان کد توده و شماره مزرعه به صورت عدد) انجام شد

شمارش و ثبت تعداد گیاهان زنده و مرده در هر گلدان انجام شد. سپس بوته‌های هر گلدان از ناحیه طوقه از سطح خاک با قیچی جدا شدند و همزمان وزن تر بوته‌ها توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. درصد کاهش وزن تر نسبت به شاهد، بر اساس روش بکی و همکاران (Beckie et al., 2000) محاسبه شد. به منظور تعیین وضعیت مقاومت، بر اساس شاخص ارائه شده توسط ماس و همکاران (Moss et al., 2007) انجام شد. در این روش رتبه‌بندی که به سیستم رتبه‌بندی R معروف است، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آنها نسبت به شاهد (بدون سمپاشی) بین صفر تا ۳۶ درصد است، در گروه قطعا مقاوم - RRR (مقاومت تایید شده، احتمال زیاد کاهش کارایی علف‌کش)، بیوتیپ‌های که درصد کاهش وزن تر آنها نسبت به شاهد بین ۳۶ تا ۷۲ درصد است، در گروه مقاوم - RR (مقاومت تایید شده، احتمال کاهش کارایی علف‌کش)، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آنها نسبت به شاهد بین ۷۲ تا ۸۱ درصد بود، در گروه مشکوک به مقاومت - R? (نشانه‌های اولیه نشان‌دهنده گسترش مقاومت، شاید کاهش کارایی علف‌کش) و بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آنها نسبت به شاهد بین ۸۱ تا ۱۰۰ درصد بود، در گروه حساس قرار گرفتند (Moss et al., 2007).

ارزیابی نظام‌های زراعی و مدیریتی مزارع مورد بررسی

توده‌های هر مزرعه درون پاکت‌هایی که روی آن‌ها برخی مشخصات مهم مزرعه، علف‌کش‌های مورد استفاده در طی پنج سال گذشته (۹۷-۱۳۹۳)، گیاهان

زراعی کشت شده طی این سال‌ها، نام منطقه کشت - شده، مختصات جغرافیایی منطقه و... نوشته شده بود، جمع‌آوری شدند (جدول ۲ پیوست). با توجه به اطلاعات به دست آمده از سابقه زراعی و مدیریتی دوره پنج ساله در مزارع (جدول ۱ پیوست)، تاثیر تناوب زراعی و تناوب در کاربرد علف‌کش‌های با نحوه عمل متفاوت در بروز فراوانی مقاومت (RRR و RR) به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در هر استان و در سطح کشور مورد بررسی قرار گرفت. ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش زیست‌سنجی غربال مقاومت

بر اساس نتایج به دست آمده از ۱۳ توده استان اردبیل، ۹۲ درصد (۱۲ توده) در گروه قطعا مقاوم (RRR) و هشت درصد (یک توده) در گروه توده حساس (S) به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل قرار گرفتند (جدول ۱). از ۱۰ توده جمع‌آوری شده از استان کرمانشاه، ۹۰ درصد (نه توده) در گروه قطعا مقاوم (RRR) و ۱۰ درصد (یک توده) در گروه حساس (S) به علف‌کش قرار داشتند (جدول ۱).

بر اساس نتایج به دست آمده از ۴۳ توده مورد بررسی استان خوزستان، ۸۱ درصد (۳۵ توده) در گروه قطعا مقاوم (RRR)، پنج درصد (دو توده) در گروه مشکوک به مقاومت (R?)، پنج درصد (دو توده) در گروه مقاوم (RR) و نه درصد (چهار توده) در گروه حساس (S) به علف‌کش قرار گرفتند (جدول ۲). در روش ماس و همکاران (۲۰۰۷) گروه مشکوک به مقاومت (R?)، جهت تصمیم‌گیری‌های

خسارت وارد می کند. از ۳۸ توده جمع آوری شده از مناطق مختلف استان گلستان، ۹۰ درصد (۳۴ توده) در گروه RRR، پنج درصد (دو توده) در گروه مقاوم (RR) و پنج درصد (دو توده) در گروه توده های حساس (S) به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل، قرار گرفتند (جدول ۲).

مدیریت مقاومت به علف کش بسیار حائز اهمیت است؛ توده هایی که در گروه مشکوک به مقاومت (R?) قرار دارند، با کاهش وزن تر بین ۷۲ تا ۸۱ درصد، امکان رقابت با گیاه زراعی و پنجه زنی و غنی کردن بانک بذرها دارند. بانک بذر R? در مواجهه با فشار علف کش یافته و در آینده به مزرعه

Table 1. Percentage of fresh weight reduction in wild oat populations collected from Ardabil and Kermanshah provinces in response to clodinafop-propargyl and categorization based on herbicide resistance occurrence.

Ardabil			Kermanshah		
Population	Fresh weight reduction (%) control)	Rating system * Moss	Population	Fresh weight reduction (%) control)	Rating system* Moss
BI1	23.96	RRR	GL1	25.59	RRR
BI2	13.05	RRR	GL2	27.60	RRR
BI4	12.48	RRR	GL3	4.97	RRR
BI11	32.74	RRR	GL5	3.47	RRR
BI16	87.82	S	G1	82.23	S
BI17	34.19	RRR	G2	35.60	RRR
BI18	4.43	RRR	G3	31.70	RRR
BI19	4.03	RRR	SP1	32.26	RRR
PA1	32.32	RRR	SP2	27.10	RRR
PA2	33.96	RRR	SP3	29.33	RRR
PA3	32.32	RRR			
PA4	27.42	RRR			
PA6	19.48	RRR			

* Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R? (early indications that resistance may be developing, possibly reducing herbicide performance), and S (susceptible).

به طور وسیع و متوالی در مزارع گندم مصرف شده است؛ بنابراین الگوی مصرف آن با ظهور و گسترش مقاومت ارتباط نزدیکی دارد (Sasanfar et al., 2021). از ۱۳۳ توده یولاف وحشی زمستانه مورد بررسی در مزارع مختلف کشور، ۱/۵ درصد (دو توده) در گروه R?، ۶/۸ درصد (نه توده) در گروه S و ۹۱/۷ درصد (۱۲۲ توده) در گروه RRR و RR قرار گرفتند که از توده های مقاوم به علف کش، ۸۷/۲ درصد (۱۱۶ توده) در گروه RRR، ۴/۵ درصد (شش توده) در گروه مقاوم (RR) قرار داشتند.

در بین ۲۹ توده جمع آوری شده از استان فارس، ۹۰ درصد (۲۶ توده) در گروه RRR، هفت درصد (دو توده) در گروه مقاوم (RR) و سه درصد (یک توده) در گروه توده های حساس (S) به علف کش قرار گرفتند (جدول ۳). نتایج این پژوهش حاکی از گسترش بالای توده های یولاف وحشی زمستانه مقاوم به علف کش پر کاربرد کلودینافوپ پروپارژیل در مناطق گندم کاری کشور است. کلودینافوپ پروپارژیل در سال های گذشته جزء ۱۰ قلم علف کش پر مصرف در سطح کشور بوده و

بیشترین فراوانی توده‌های مقاوم (RRR و RR) به علف کش در توده‌های مورد بررسی، به ترتیب متعلق به استان‌های خوزستان با ۲۷/۸ درصد، گلستان ۲۷/۱ درصد، فارس ۲۱ درصد، اردبیل ۸ درصد و کرمانشاه ۶/۸ درصد به دست آمد.

Table 2. Percentage of fresh weight reduction in wild oat populations collected from Khuzestan and Golestan provinces in response to clodinafop-propargyl and categorization based on herbicide resistance occurrence.

Khuzestan			Golestan		
Population	Fresh weight reduction (%) control)	Rating system * Moss	Population	Fresh weight reduction (%) control)	Rating system * Moss
LA1	8.76	RRR	AG2	9.13	RRR
LA2	73	R?	AG4	3.32	RRR
AH1	9.71	RRR	AG5	4.13	RRR
AH2	35.24	RRR	AG6	10.33	RRR
AH3	31.42	RRR	G1	32.24	RRR
AH4	12.16	RRR	G3	14.03	RRR
HO1	32.33	RRR	G4	3.14	RRR
HO2	24.54	RRR	G5	13.59	RRR
HA1	13.68	RRR	G6	4.61	RRR
HA2	29.04	RRR	AL4	15.30	RRR
HA3	11.64	RRR	AL5	13.48	RRR
HA4	29.71	RRR	AL7	35.14	RRR
HE1	37.59	RRR	GA2	28.64	RRR
HE4	79.58	R?	GA3	10.44	RRR
BE1	38.28	RR	MR1	38.62	RR
BE2	30.78	RRR	MR2	24.43	RRR
BE3	42.76	RR	MR5	29	RRR
DA1	18.99	RRR	MR8	19.14	RRR
DA2	20.59	RRR	GM2	18.08	RRR
DA3	35.22	RRR	GM3	14.49	RRR
DA4	33.04	RRR	AZ1	40.65	RR
DA5	29.85	RRR	AZ2	29.10	RRR
BAV1	4.46	RRR	AZ9	9.32	RRR
BAV2	28.69	RRR	KL2	7.02	RRR
RS2	6	RRR	KL6	0.51	RRR
RS3	32.59	RRR	KL9	1.59	RRR
KA1	8.56	RRR	KL10	7.15	RRR
BAV2	28.69	RRR	GN7	1.62	RRR
SHO1	41.60	RR	GN8	83.28	S
SH1	81.25	S	GN9	90.51	S
SH2	30.85	RRR	GN10	1.27	RRR
OM1	13.65	RRR	RA4	3.31	RRR
OM2	35.70	RRR	RA7	33.71	RRR
OM3	23.04	RRR	RA9	15.66	RRR
OM4	86.06	S	TR1	32.96	RRR
IZ1	26.90	RRR	TR2	1.17	RRR
IZ2	18.69	RRR	TR3	9.38	RRR
BAG1	6.31	RRR	TR4	9.59	RRR
BAG2	86.62	S			
BAG3	85.01	S			
RM1	16.46	RRR			
RM2	16.49	RRR			
RM4	14.01	RRR			

* Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R? (early indications that resistance may be developing, possibly reducing herbicide performance), and S (susceptible).

Table 3. Percentage of fresh weight reductions in wild oat populations collected from Fars province in response to clodinafop-propargyl and categorization based on herbicide resistance occurrence.

Fars					
Population	Fresh weight reduction (% control)	Rating system* Moss	Population	Fresh weight reduction (% control)	Rating system* Moss
RO1	4.89	RRR	M1	21.54	RRR
RO2	90.22	S	M2	35.42	RRR
RO3	10.87	RRR	M3	14.21	RRR
RO4	11.16	RRR	M4	13.95	RRR
KV1	24.03	RRR	M5	14.88	RRR
KV2	24.80	RRR	M6	12.13	RRR
ES1	17.98	RRR	M7	26.61	RRR
ES2	2.57	RRR	M8	7.64	RRR
ES3	20.03	RRR	KH1	32.66	RRR
ES4	59.57	RR	KH2	26.42	RRR
PA1	10.62	RRR	FI1	3.19	RRR
PA2	6.26	RRR	FI2	10.39	RRR
PA3	34.80	RRR	KA1	34.03	RRR
PA4	6.03	RRR	FA1	41.85	RR
PA5	34.80	RRR			

* Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R? (early indications that resistance may be developing, possibly reducing herbicide performance), and S (susceptible).

فنوکساپروپ-پیتیل و کلودینافوپ پروپارژیل تاکنون بیشترین میزان گزارش در مقاومت بازدارنده‌های ACCase در ایران داشته است (Heap, 2024).

ارزیابی نظام‌های زراعی و مدیریتی مزارع مورد بررسی

پیش‌بینی احتمال تکامل مقاومت و سرعت آن، موضوع بسیاری از تحقیقات علم علف‌هرز شده است. پیش‌بینی تکامل مقاومت به‌طور کامل امکان‌پذیر نیست، اما عدم استفاده از سایر روش‌های مدیریتی همزمان با کاهش فشار انتخاب علف‌های هرز مقاوم به علف کش تبعات منفی بسیاری از جمله کاهش تولید، افزایش هزینه‌ها و اثرات منفی محیطی در پی دارد (Tahmasbi *et al.*, 2017). با توجه به جمع‌آوری سابقه پنج ساله تناوب زراعی و مصرف علف کش‌ها در کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ در برخی از توده‌های جمع‌آوری‌شده (جدول ۱

مزارع گندم مقاوم به علف کش، در ایران همچنان رو به افزایش است. آخرین برآوردها حاکی از آن است که بیشترین سطح مزارعی که علف‌هرز باریک‌برگ آنها نسبت به علف کش‌های بازدارنده ACCase مقاوم شده به‌ترتیب مربوط به استان‌های خوزستان، فارس، کرمانشاه، اصفهان، ایلام، گلستان، تهران، سمنان و چهارمحال و بختیاری است. در خصوص سایر استان‌ها آمار دقیقی در دست نیست (Gherekhloo & Zand, 2010). گزارش‌هایی مبنی بر بروز مقاومت برخی از توده‌های یولاف وحشی به بازدارنده‌های ACCase و ALS در استان‌های مختلف کشور ارائه شده است (Zand *et al.*, 2006, 2009, 2013; Benakashani *et al.*, 2006; Rastgoo *et al.*, 2006; Elahifard *et al.*, 2017; Heravi *et al.*, 2020; Aghajani *et al.*, 2021; Hassanpourbourkheili *et al.*, 2021; Molaei *et al.*, 2022; Joumi *et al.*, 2022; Sasanfar *et al.*, 2017, 2021, 2024). مقاومت به دیکلوفوپ متیل،

مقاومت ذاتی بالا (۶۳ درصد علف‌کش مصرفی از گروه بازدارنده ACCase و ۳۷ درصد از گروه بازدارنده ALS بود) استفاده شده بود (شکل ۱)؛ همچنین کشت مداوم گندم در طی این سال‌ها، منجر به بروز مقاومت قطعی و گسترش آن در ۱۰۰ درصد توده‌ها شد (شکل ۲).

پیوست) در استان اردبیل، با توجه به خطر مقاومت ذاتی بالای علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و همچنین عدم کاربرد عوامل تعدیل‌کننده (تک‌کشتی گندم) در این مزارع، ۱۰۰ درصد توده‌ها یولاف وحشی زمستانه دارای مقاومت قطعی (RRR) بودند (شکل ۱ و ۲). در استان کرمانشاه، در طی پنج سال پیش از نمونه‌برداری از دو گروه علف‌کش با خطر

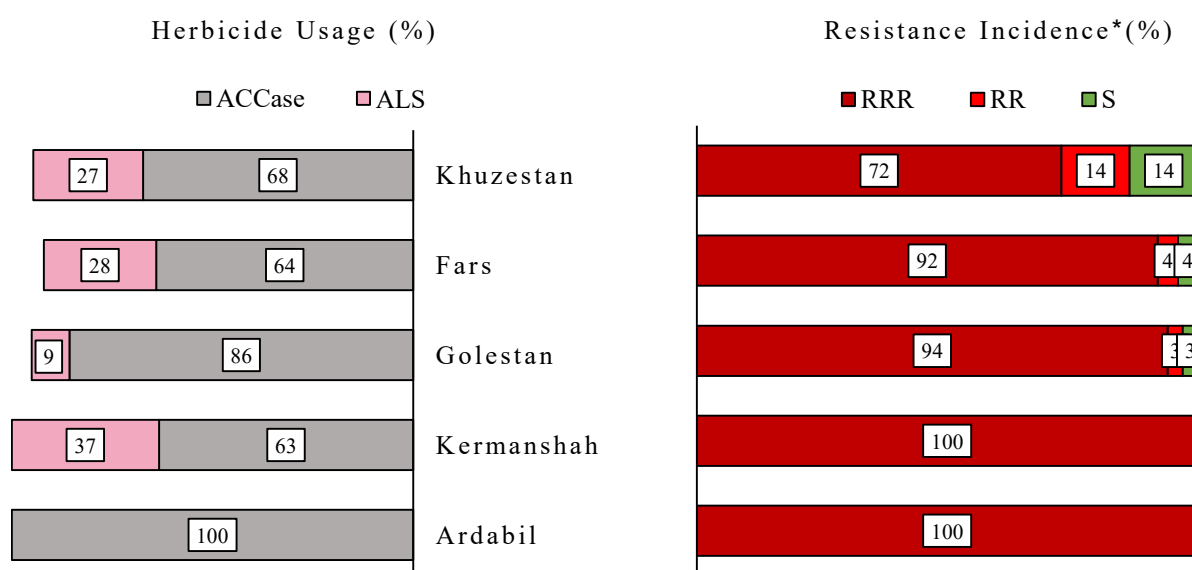


Figure 1. Comparison between herbicide usage (over a 5-year period) and resistance incidence to clodinafop-propargyl in wild oat populations in fields of different provinces.

* Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R? (early indications that resistance may be developing, possibly reducing herbicide performance), and S (susceptible).

دارای مقاومت قطعی (RRR)، سه درصد مقاوم (RR) و سه درصد حساس (S) به علف‌کش در این مزارع بودند. در سال‌های گذشته، تأکید بر بکارگیری تناوب گندم و کلزا از توصیه‌های مهم بسیاری از کارشناسان در کشور بوده است. از منظر دیگر، وجود علف‌های هرز غالب مشابه به‌ویژه علف‌های هرز باریک‌برگ در هر دو محصول پاییزه، راهکار کنترل شیمیایی را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید (Sasanfar *et al.*, 2021, 2024). با وجود اینکه

در استان گلستان سهم مصرف علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در دوره پنج‌ساله پیش از بررسی ۸۶ درصد و بازدارنده ALS ۸ درصد بود (شکل ۱). در این استان تناوب‌های زراعی کلزا و جو در برنامه کشت پاییزه برخی از کشاورزان قرار داشت. در طول پنج سال گذشته ۹۱ درصد مزارع تک‌کشتی گندم، سه درصد دارای یک تناوب، چهار درصد دارای دو تناوب و دو درصد دارای سه تناوب بودند (شکل ۲). نتایج بروز مقاومت نشان داد که ۹۴ درصد توده‌ها

باریک برگ کش های ثبت شده در کلزا را نمی توان در گندم به کار برد، اما همگی از نظر گروه (بازدارنده ACCase)، مشابه باریک برگ کش های رایج در مزارع گندم می باشند. مقاومت یولاف وحشی به باریک برگ های مورد استفاده در کشت های تناوبی مانند کلزا نیز توسعه پیدا کرده است (Sasanfar et al., 2021). با توجه به سابقه طولانی مصرف علف کش های فوپ مانند کلودینافوپ پروپارژیل، دیکلوفوپ متیل و فنوکساپروپ پیتیل در مزارع گندم، به نظر می رسد که فشار انتخابی بالا، سبب بروز مقاومت به برخی باریک برگ کش های دیگر فوپ مانند هالوکسی فوپ آرمیتیل مورد استفاده در مزارع کلزا و چغندر قند شده باشد. بروز مقاومت به فوپ ها در گزارش های متعدد قبلی در مزارع گندم تأیید شده است (Zand et al., 2007; Gharekhloo et al., 2012; Sasanfar et al., 2009, 2017, 2024). توسعه پدیده مقاومت یولاف وحشی از مزارع گندم به مزارع کلزا، بیانگر این نکته مهم می باشد که بهره وری صحیح از تناوب زراعی، نیازمند دقت لازم در انتخاب گزینه های مناسب علف کش با رعایت تنوع بخشی سازوکار عمل در کنار استفاده از سایر روش های کنترل علف هرز، به منظور پیشگیری و مدیریت مقاومت می باشد (Sasanfar et al., 2021). استفاده از روش های زراعی همراه با استفاده از علف کش های تماسی یا شخم عمیق در آیش می تواند توصیه مناسب برای این مناطق باشد تا در بلندمدت بانک بذر مقاوم مزارع تخلیه شود؛ همچنین با جلوگیری از حرکت ادوات برداشت بین مزارع،

مانع از گسترش توده های مقاوم به علف کش در منطقه شد (Norsworthy et al., 2012). در استان فارس ۶۴ درصد مصرف علف کش ها مربوط به بازدارنده های ACCase و ۲۸ درصد بازدارنده ALS بود (شکل ۱). برخی از کشاورزان استان فارس در برنامه زراعی خود، کشت جو، یونجه، کلزا، چغندر قند و آیش قرار داده بودند که به نوعی با استفاده از این عوامل تعدیل کننده (Moss et al., 2019) سبب کاهش خطر مقاومت در مزارع شدند. در این استان ۸۳ درصد مزارع مورد بررسی، تک کشتی گندم، دو درصد دارای یک تناوب، ۱۰ درصد دارای دو تناوب و پنج درصد دارای سه تناوب در طی پنج سال گذشته بودند (شکل ۲). با توجه به سابقه مصرف علف کش و تناوب زراعی، ۹۲ درصد توده ها دارای مقاومت قطعی (RRR)، چهار درصد مقاوم (RR) و چهار درصد حساس (S) به علف کش بودند (شکل ۱). با توجه به گزارش های قبلی از بروز مقاومت به علف کش ستوکسیدیم در نمونه های یولاف وحشی جمع آوری شده از مزارع گندم استان فارس (Sasanfar et al., 2017) و بررسی سوابق مزارع نمونه برداری شده، تقریباً در طول دوره پنج ساله (۹۷-۱۳۹۳)، غالب تناوب زراعی مورد استفاده کشت پی در پی گندم و کلزا بوده است که به دلیل کاربرد علف کش هایی با نحوه عمل یکسان (به ویژه هالوکسی فوپ آرمیتیل، سیکلوکسیدیم و کلتودیم) برای مهار علف های هرز

باریک‌برگ، فشار انتخاب برای مقاومت افزایش یافته است (Sasanfar *et al.*, 2021).

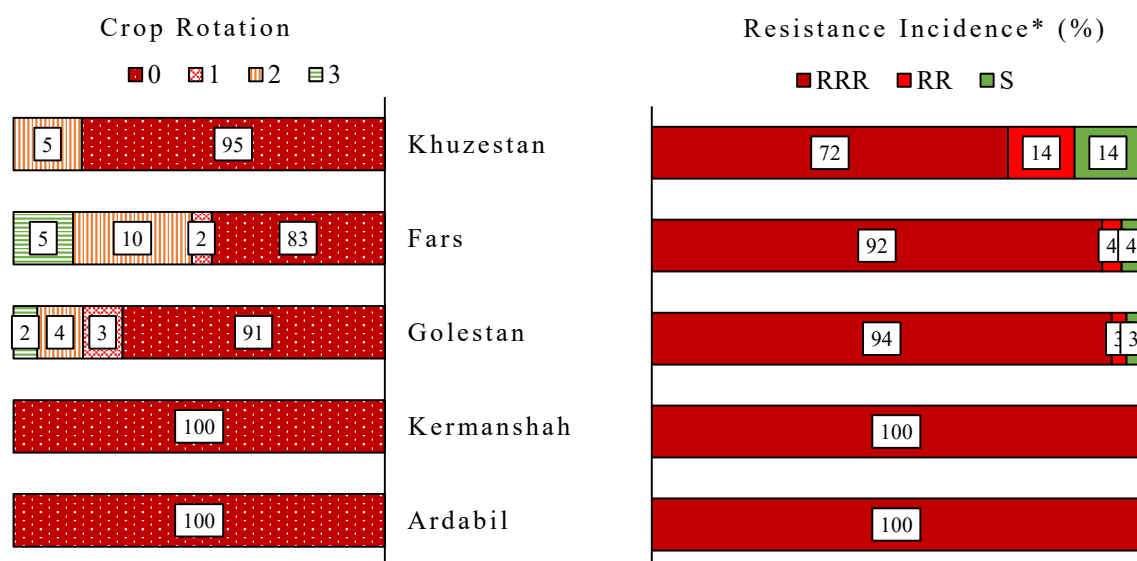


Figure 2. Comparison between crop rotation (over a 5-year period) and resistance incidence to clodinafop-propargyl in wild oat populations in fields of different provinces.

* Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R? (early indications that resistance may be developing, possibly reducing herbicide performance), and S (susceptible).

مزرعه بوده باشند و یا نوعی مکانیسم مقاومتی (تغییر در محل هدف یا افزایش متابولیسم) در مزرعه وجود داشته یا این مقاومت توسط ماشین‌آلات مشترک در مزارع به این مکان منتقل شده باشد و با کاربرد این علف‌کش‌ها در مزارع و فشار انتخاب ناشی از آن مقاومت نهفته در آینده فرصت بروز یابد (Burgos, 2015). مقاومت یولاف وحشی در مزارع استان خوزستان به علف‌کش‌های دومنظوره بازدارنده‌های ALS، تنها پس از سه سال از مصرف مکرر آنها گزارش شد (Aghajani, 2010). با توسعه مقاومت چندگانه، علف‌کش‌های توصیه‌شده در دسترس برای کنترل علف‌های هرز محدودتر می‌شود. بر این اساس ضروری است که راهکارهایی برای مدیریت و کنترل مقاومت به این علف‌کش‌ها

در استان خوزستان، ۶۸ درصد علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ۲۷ درصد بازدارنده ALS طی پنج سال گذشته در مزارع به کار رفته بود (شکل ۱). در این استان ۹۵ درصد مزارع تک‌کشتی گندم، پنج درصد مزارع یک سال آیش در تناوب زراعی به کار رفته بود. توده‌های جمع‌آوری‌شده این استان دارای ۷۲ درصد مقاومت قطعی (RRR)، ۱۴ درصد مقاوم (RR) و ۱۴ درصد حساس (S) به علف‌کش بودند (نمودار ۱). با توجه به جدول تاریخچه مصرف علف‌کش‌ها (جدول ۱ پیوست) در مواردی که توده‌ای مقاوم به خانواده علف‌کش ACCase تأیید می‌شود، اما سابقه مصرف این علف‌کش‌ها در پنج سال گذشته مزرعه وجود نداشته، احتمال می‌رود توده‌های مقاوم از سال‌های قبل‌تر در بانک بذر

در مزارع گندم کشور به کار گرفته شود. از جمله این راهکارها می توان به اختلاط و تناوب علف کش ها اشاره کرد (Norsworthy *et al.*, 2012). همچنین پایش و نظارت مستمر مزارع انجام شود تا مشخص شود که چه میزان راهکارهای مدیریتی به کار گرفته شده، موثر بوده است (Moss *et al.*, 2007). راهکارهای فوق در صورت بکارگیری دقیق و مستمر در مزارع گندم سطح کشور می تواند در جلوگیری از گسترش بیشتر مقاومت و مدیریت بهتر این پدیده مفید باشد.

با توجه به سابقه پنج ساله مصرف علف کش کلودینافوپ پروپارژیل در مناطق گندم کاری مورد مطالعه در کشور (جدول ۱ پیوست)، صرف نظر از سابقه مصرفی علف کشی قبلی، در مزارعی که تنها یک سال از علف کشی با خطر مقاومت ذاتی بالا همچون کلودینافوپ پروپارژیل در مزارع گندم استفاده شده بود، ۸۹ درصد آن ها دارای مقاومت قطعی (RRR) و ۱۱ درصد جمعیت یولاف وحشی زمستانه حساس (S) به علف کش بودند که البته عملیات زراعی و سابقه مصرف علف کش ها در سال های قبل در وقوع شرایط حاضر تاثیرگذار بوده است. در مزارعی که بدون رعایت تناوب در کاربرد گروه علف کشی در سال دوم و سوم از کلودینافوپ پروپارژیل استفاده شده بود، به ترتیب ۹۰ و ۹۱ درصد توده ها دارای مقاومت قطعی (RRR)، و ۱۰ و نه درصد توده حساس (S) به علف کش بودند. در مزارعی که چهار سال به طور متوالی کلودینافوپ پروپارژیل استفاده کرده بودند، توده های مقاوم (RR) به علف کش در آنها گسترش

یافته بود. در نهایت مزارع با پنج سال مصرف متوالی این علف کش، ۹۴ درصد توده ها دارای مقاومت قطعی (RRR) و شش درصد مقاوم (RR) بودند (شکل ۳). براساس نظر برخی پژوهشگران، بروز مقاومت به علف کش های بازدارنده ACCase پس از پنج تا هفت کاربرد مکرر رخ خواهد داد (Beckie, 2006). با توجه به شرایط آب و هوایی کشور و اهمیت گندم در تامین نیازهای غذایی مردم، در سطح وسیعی از اراضی کشاورزی استان های مختلف کشور کشت می شود (Zand *et al.*, 2020). همچنین عدم آگاهی کافی کشاورزان از بروز پدیده مقاومت، برخی توصیه های نادرست توسط کارشناسان و فروشندگان سموم، فاکتور مهم اقتصادی (بالا بودن قیمت علف کش های جایگزین) و عدم در دسترس بودن سایر روش ها، از مهم ترین دلایل تک کشتی و مصرف متوالی علف کش های پرخطر توسط کشاورزان است (Sasanfar *et al.*, 2024).

با توجه به سابقه پنج ساله تناوب زراعی در مناطق گندم کاری کشور (جدول ۱ پیوست) و صرف نظر از سابقه مصرفی علف کشی و تناوب زراعی قبل تر، در مزارعی که طی پنج سال گذشته، تک کشتی گندم کشت اصلی مزرعه بود، ۹۴ درصد توده های یولاف وحشی زمستانه دارای مقاومت قطعی (RRR) و شش درصد مقاوم (RR) بودند (شکل ۴). با اعمال یک مرتبه تناوب زراعی، ۸۶ درصد توده های دارای مقاومت قطعی (RRR) و ۱۴ درصد توده ها مقاوم (RR) بودند. با اعمال دو تا سه تناوب زراعی، جمعیت توده های دارای مقاومت قطعی (RRR)

هرز باریک‌برگ بدون توجه به خانواده شیمیایی، علف‌کش‌های بازدارنده ACCase، اولویت در انتخاب آنها دارد. با عدم برنامه‌ریزی زمانی در مدیریت علف‌های هرز و استفاده از کنترل شیمیایی به‌عنوان آخرین راه حل، فشار گزینشی تشدید می‌یابد. این امر سبب تغییر نسبت‌های فنوتیپی و ژنوتیپی فلور علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها شده و فراوانی توده‌های مقاوم را افزایش می‌دهد (Heravi et al., 2020).

رقیق شده و توده‌های مقاوم (RR) و حساس (S) به علف‌کش در مزرعه ظهور پیدا می‌کند و در واقع گسترش توده‌های با مقاومت قطعی (RRR) به تأخیر می‌افتد (شکل ۴). هروی و همکاران (Heravi et al., 2020) در بررسی‌های میدانی دریافتند که در مزارع گندم که تناوب زراعی رعایت می‌شود، کشاورزان کنترل شیمیایی را به‌واسطه سهولت کاربرد و صرفه اقتصادی به کنترل مکانیکی و زراعی ترجیح می‌دهند و جهت مبارزه با علف‌های

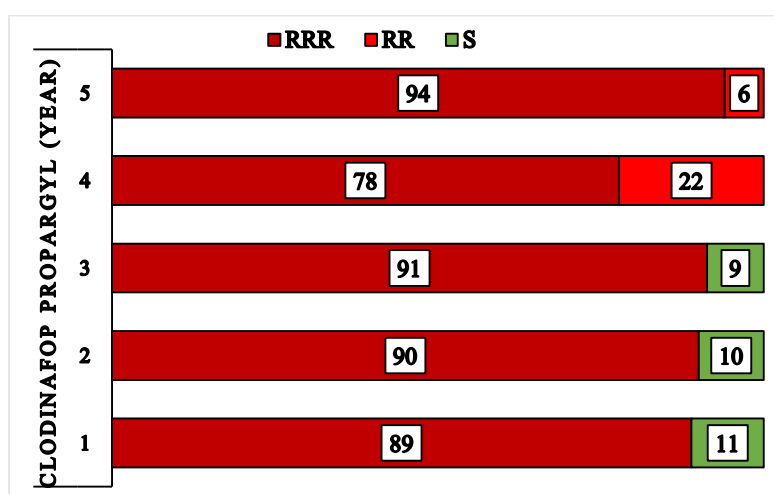


Figure 3. Comparison of consecutive use of clodinafop-propargyl and resistance development in wild oat in fields across different provinces.

* Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R? (early indications that resistance may be developing, possibly reducing herbicide performance), and S (susceptible).

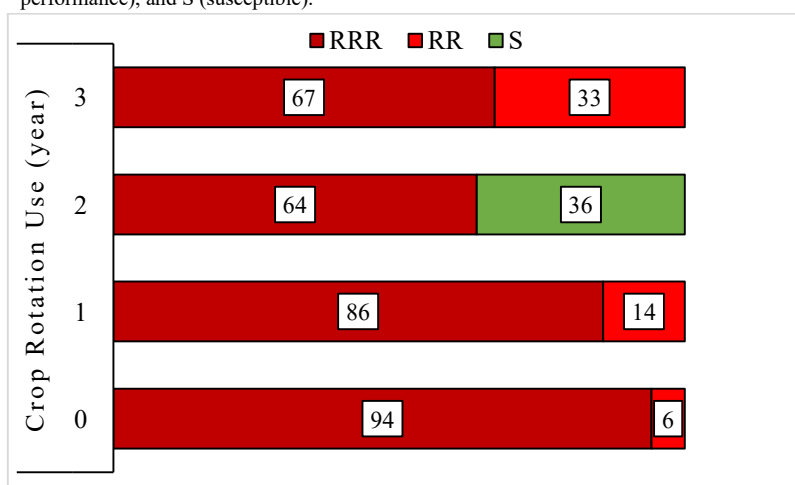


Figure 4. Comparison of crop rotation practices and resistance development to clodinafop-propargyl in wild oat in fields across different provinces.

* Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R?

(early indications that resistance may be developing, possibly reducing herbicide performance), and S (susceptible).

نتیجه گیری کلی

با توجه به اهمیت استراتژیک تولید گندم در کشور و گسترش مقاومت به بازدارنده های ACCase در این مزارع، مسئله مقاومت به علف کش ها و پی جویی مداوم آن و همچنین بررسی راهکارهای مدیریتی صحیح مزرعه می تواند از بروز و گسترش این پدیده مخاطره آمیز جلوگیری کند. نتایج این پژوهش نشان داد که از ۱۳۳ توده یولاف وحشی زمستانه مورد بررسی در مزارع مختلف کشور، ۹۱/۷ درصد (۱۲۲ توده) مقاوم (RRR و RR)، ۱/۵ درصد (دو توده) مشکوک به مقاومت (R?) و ۶/۸ درصد (نه توده) در گروه حساس (S) به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل قرار گرفتند. بیشترین فراوانی توده های مقاوم (RRR و RR) به علف کش به ترتیب متعلق به استان های خوزستان، گلستان، فارس، اردبیل و کرمانشاه بود که بین نوع کشت گیاه زراعی، مدیریت یکنواخت مزارع و عدم رعایت تناوب زراعی، استفاده ممتد از یک علف کش یا علف کش هایی با خانواده یکسان و بروز مقاومت روابط مستقیمی وجود داشت. با توجه به بررسی سابقه پنج ساله مزارع، تک کشتی بودن گندم و عدم رعایت تناوب در استفاده از علف کش کلودینافوپ پروپارژیل سبب بروز ۱۰۰ درصدی مقاومت (RRR و RR) شده بود که زنگ خطری برای کشاورزی این مناطق می باشد. به منظور پایداری مصرف علف کش های بازدارنده ACCase در سبب سموم، از کاربرد متوالی آنها در مزارع خودداری شود. در اکثر مناطق مورد بررسی، روش های

مدیریتی با خطر بالا، همچون کاربرد سموم جایگزین از گروه بازدارنده های ALS که دارای خطر مقاومت ذاتی بالا است بکار رفته بود که نه تنها راهکاری برای کاهش بروز مقاومت نیست بلکه زمینه بروز مقاومت چندگانه در مزرعه را ایجاد می کند. به کارگیری صحیح تناوب زراعی، ابزاری جهت برهم زدن تعادل و ثبات جوامع علف های هرز است. همچنین توان رقابتی گیاه زراعی در تناوب، در درازمدت موجب کاهش حضور و به حداقل رساندن تعداد علف های هرز غالب و خسارت ناشی از حضور آنها در مزرعه خواهد شد. تناوب گندم و کلزا که مورد تأکید بسیاری از کارشناسان در کشور می باشد به سبب داشتن علف های هرز باریک برگ مشابه و کنترل شیمیایی توسط پرخطرترین گروه های علف کشی وقوع مقاومت را اجتناب ناپذیر کرده است که باید مصرف آنها در سال های متوالی محدود شود (Moss *et al.*, 2019). در صورت تداوم الگوی مدیریتی یکنواخت، مقاومت به علف کش گسترش و شرایط وخیم تر می شود، بنابراین تغییر نظام کشت و مدیریتی ضرورت دارد. با تنوع بخشی در استفاده از روش هایی مانند تناوب زراعی، تناوب در کاربرد علف کش های با محل عمل متفاوت، مدیریت در زمان آیش و بکارگیری مدیریت تلفیقی علف های هرز می توان خطر مقاومت به علف کش ها را کاهش و وقوع آن را به تاخیر انداخت (Moss *et al.*, 2019; Norsworthy *et al.*, 2012). در آخر تناوب های زراعی و علف کشی باید طوری بکار روند که در مدیریت علف های هرز مقاوم

اثربخش و با نظر گرفتن شرایط، توصیه‌ها قابلیت
اجرائی در عرصه داشته باشند.

منابع

- Abdurrhman, A.M. Uygur, S. and Uygur, F.N. 2018. Detection of Acetyl-CoA carboxylase (ACCase) inhibitor herbicides resistance in sterile wild oat (*Avena sterilis* L.) using agar quick test. J. of Agric. Sci. & Technol. 8(1): 10–17.
- Aghajani, Z. 2010. Investigation of multiple-resistance of wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) populations collected from Khuzestan province to ACCase and ALS inhibitor herbicides. MSc. Dissertation, Faculty of agriculture, Science and Research University of Tehran, Iran (In Persian).
- Aghajani, Z. Rastgoo, M. Zand, E. and Bagheri, A.R. 2021. Evaluation of the wild oat (*Avena ludoviciana*) resistance trend to Acetyl coAcarboxylase inhibitor herbicides in Fars Province's wheat fields. Applied Research in Field Crops. 34(2).
- Bajwa, A.A. Akhter, M.J. Iqbal, N. Peerzada, A.M. Hanif, Z. *et al.* 2017. Biology and management of *Avena fatua* and *Avena ludoviciana*: Two noxious weed species of agro-ecosystems. J. of Environmental Sci. and Pollution Res. 24: 19465–19479.
- Beckie, H.J. 2006. Herbicide resistant weeds: Management tactics and practices. Weed Technol. 20: 793-418.
- Beckie, H.J. Heap, I.M. Smeda, R.J. and Hall, L.M. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. Weed Technol. 14: 428-445.
- Benakashani, F. Zand, E. and Alizade, M.H. 2006. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) biotypes to clodinafop-propargil herbicide. Applied Entomology and Phytopathol. 74(2): 127-149. (In Persian).
- Burgos, N.R. 2015. Whole-plant and seed bioassays for resistance confirmation. Weed Sci. 63(sp.1): 152-165. Doi: <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00019.1>.
- Delye, C. Jasieniuk, M. and Valerie, C.L. 2013. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. Trend Genet. 29(11): 649-658.
- 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. Plant Prot. 31(2): 284-295. (In Persian).
- EPPO. 2015. Efficacy evaluation of plant protection products PP 1/213 (4) resistance risk analysis. OEPP/EPPO Bull. 45(3): 371–387.
- Gherekhloo, J. and Derakhshan, D. 2012. Investigating cross-resistance of resistant-*Phalaris minor* to ACCase herbicides. Weed Res. 4: 15-25.
- Gherekhloo, J. and Zand, E. 2010 A short review on conducted herbicide-resistance researches in Iran. Eleventh Congress of Crop Sci. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
- 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 Ramezani, S.S. 2021. Mechanism and pattern of resistance to some ACCase inhibitors in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Gillet & Magne) biotypes collected within canola fields. Crop Prot. 143: 105541.
- Heap, I. 2024. International survey of herbicide resistant weeds. Annual report internet. <http://www.weed.sci>.
- Heravi, M. Gherekhloo, J. Siahmarguee, A. Kazemi, H. and Hassanpour- Bourkheili, S. 2020. Investigating the resistance of winter wild oat biotypes to ACCase inhibitor herbicide in wheat fields of Ramian county. J. of Plant Prot. 34(3): 385-399.
- HRAC. 2024. Global classification lookup. In: Herbicide Resistance Action Committee.

- Joumi, A. 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. Iranian J. of Weed Sci. 18(1). Doi: 10.22092/ijws.2022.353809.1387.
- Molaei Moghbeli, N. Hosseini, S. Mamnoie, E. and Sasanfar, H. 2022. The first report of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) accessions's resistance to clodinafop-propargyl herbicide in south of Kerman. Iranian J. of Weed Sci. 18(1): 23-33. Doi: 10.22092/ijws.2021.354407.1391.
- Montazeri, M. Zand, E. and Baghestani, M.A. 2005. 25 weeds and their control in wheat fields of Iran, Tehran. Plant Pest & Disease Res. Institute Press.
- Moss, S.R. 2017a. Herbicide-resistance in weeds. In: Hatcher, P.E., Froud-Williams, R.J. (Eds.), Weed Res: Expanding Horizons. John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 181–214.
- 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.R. Ulber, L. and den Hoed, I. 2019. A herbicide resistance risk matrix. Crop Prot. 115: 13-19. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.09.005>.
- Nakka, S. Jugulam, M. Peterson, D. and Asif, M. 2019. Herbicide resistance: Development of wheat production systems and current status of resistant weeds in wheat cropping systems. The Crop J. 7(6): 750–760.
- Norsworthy, J.K. Ward, S.M. Shaw, D.R. Llewellyn, R.S. Nichols, R.L. Webster, T.M. Bradley, K.W. Frisvold, G. Powles, S.B. Burgos, N.R. Witt, W.W. and Barrett, M., 2012. Reducing the risk of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. Weed Sci. 60: 31–62. Special issue: Herbicide resistant weeds
- 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 test. Iranian J. of Weed Sci. 2(2): 96-104.
- Sasanfar, H. Khalil Tahmasebi, B. 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'. Iranian J. of Field Crop Sci. 55(1): 89-104. 10.22059/ijfcs.2023.360132.655009.
- Sasanfar, H. Zand, E. Baghestani, A. and Mirhadi, M. 2009. Resistance of wild oat (*Avena Ludoviciana*) populations to clodinafop propargyl herbicide in Fars province. Environmental Sci. 7(1).
- Sasanfar, H., Zand, E., Baghestani, M.A., Mirhadi, M.J. and Mesgaran, M.B. 2017. Cross-resistance patterns of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to ACCase inhibitor herbicides. Phytoparasitica. 459(3): 419-428.
- Sasanfar, H. Zand, E. Zamani, M.H. Keshtkar, E. and Joumi, A. 2021. Resistance of the problematic grass weeds to some commonly used herbicides in canola (*Brassica napus* L.) fields in three provinces of Iran. Iranian J. Weed Sci. 17(2): 79-98. (In Persian).
- Tahmasbi, B. Al Ibrahim, M.T. Fakhari, R. Zand, A. and Deprado, R. 2017. A look at the phenomenon of weed resistance to herbicides, from theory to exploitation. J. of Weed Res. 9(1): 83–101. (In Persian).
- Takano, H.K. Ovejaro, R.F.L. Belchior, G.G. Maymone, G.P.L. and Dayan, F.E. 2019. ACCase-inhibiting herbicides: Mechanism of action, resistance evolution and stewardship. Agricola Sci. 78(1): 1-11. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0102>.
- Uludag, A. Park, K.W. Cannon, J. and Mallory, A. 2008. Cross resistance of acety-CoA carboxylase (ACCase) inhibitor resistance wild oat (*Avena sterilis*) biotypes in the Pacific Northwest. Weed Technol. 22: 14-145.

- Van der Meulen, A. and Chauhan, B.S. 2017. A review of weed management in wheat using crop competition. *Crop Prot.* 95: 38–44.
- Vencill, W. Nichols, R. Webster, T. and Moss, S.R. 2014. Framework for an expert evaluation for the evolution of weed resistance. In: Nordmeyer, H., Ulber, L. (Eds.), *Proceedings of the 26th German Conference on Weed Biol. and Weed Control*, vol 443. Julius-Kühn-Archiv, Braunschweig, Germany, pp. 45–51.
- Zand, E. Baghestani, M.A. Pourbeig, M. Soufizadeh, S. Banakashani, F. Dastaran, F. Khayyami, M.M. Labbafi, H. and Hosseinabadi, M.R. 2010. Study on the efficacy of some current herbicides for control of resistant and susceptible canarygrass (*Phalaris* spp.) biotypes to Acetyl CoA Carboxylase (ACCase) inhibitors. *Iran. J. Field Crop Res.* 8: 594-605.
- Zand, E. Baghestani, M.A. Soufizadeh, S. Eskandari, A. PourAzar, R. Veysi, M. Mousavi, K. and Barjasteh, A. 2007. Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. *Crop Prot.* 26: 1349-1358.
- Zand, E. Bena Kashani, F. Ebrahimi, M. Minbashi, M. Dastaran, F. Poorbage, M. Jamali, M. Maknali, A. Younesabadi, M. Deihimfard, R. and Fourozesh, S. 2009. Study on the resistance of problematic grass weed species to clodinafop propargyl in wheat in Iran. *Environmental Sci.* 6: 145-160.
- Zand, E. Bena Kashani, F. Alizadeh, H.M. Soufizadeh, S. Ramezani, K. Maknali, A. and Fereidounpoor, M. 2006. Resistance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in wild oat (*Avena ludoviciana*). *Iranian J. of Weed Sci.* 2: 17-32.
- Zand, E. Nezamabadi, N. Baghestani, M. Shimi, P. and Mosavi, S. 2020. *A guide to chemical control of weeds in Iran*. Mashhad: University Jihad Publications. 216 Pp.