University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Cross- and Multiple-Resistance of the Problematic Grass Weeds to the Commonly Used Herbicides of Wheat and Canola

Hamidreza Sasanfar[1]✉| Behroz Khalil Tahmasebi[2]| Eskandar Zand[3]| Mohammad Hosein Zamani[4]| Eshagh Keshtkar[5]

1. Corresponding Author, Department of Weed Research, Iranian research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran. Email: sasanfar@iripp.ir
2. Department of Plant Protection, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran.
3. Department of Weed Research, Iranian research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran.
4. Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
5. Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: May 31, 2023
Received in revised form: September 19, 2023
Accepted: September 30, 2023
Published online: March 20, 2024

Keywords:
ACCase Inhibitors,
ALS Inhibitors,
annual ryegrass,
littleseed canarygrass,
winter wild oat.

ABSTRACT

The development of herbicide-resistant weed species is a threat to the agricultural industry in Iran and the world. The first step in managing this issue is the identification of herbicide-resistant populations. In this study, 124 and 45 grass weed accessions, including winter wild oat, annual ryegrass, and littleseed canarygrass, were collected from wheat and canola fields, respectively, in different provinces of Iran. The accessions were screened using commonly used herbicides at the three- to four-leaf stage. The weed accessions collected from wheat fields were exposed to the recommended field dose of clodinafop-propargyl, pinoxaden, mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-Na, and mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-Na+diflufenican. Similarly, the canola grass weeds were treated with haloxyfop-R-methyl, sethoxydim, cycloxydim, and clethodim. The experiment was carried out based on a completely randomized design with four replications under controlled greenhouse conditions. Four weeks after spraying, the fresh weight of the populations was measured. The results showed that 52, 9, 19, and 17% of grass weeds in wheat fields were resistant to clodinafop-propargyl, pinoxaden, mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-Na, and mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-Na+diflufenican, respectively. Morover, 47, 47, and 22% of the canola grass weeds showed resistance to haloxyfop-R-methyl, sethoxydim, and clethodim, respectively; while they were susceptible to cycloxydim. Cross-resistance to selective herbicides in canola was observed in 36% of the tested grass weed species. Additionally, multiple resistance to both ACCase and ALS inhibitors in wheat fields was identified in 13% of winter wild oat and 82% of annual ryegrass populations, respectively. It is recommended to avoid the use of herbicides with the same mechanism of action for controlling grass weeds in areas where the wheat and canola rotation system is prevalent.

Cite this article: Sasanfar, H., Khalil Tahmasebi, B., Zand, E., Zamani, M.H., & Keshtkar, E. (2024). Cross- and multiple-resistance of the problematic grass weeds to the commonly used herbicides of wheat and canola. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(1), 89-104. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.360132.655009.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2023.360132.655009

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

مقاومت عرضی و چندگانه علف‌های‌هرز باریک‌برگ مشکل‌ساز به علف‌کش‌های پرکاربرد مزارع گندم و کلزا

حمیدرضا ساسان‌فر[1]✉ | بهروز خلیل طهماسبی[2] | اسکندر زند[3] | محمدحسین زمانی[4] | اسحاق کشتکار[5]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات علف‌های‌هرز، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: sasanfar@iripp.ir

۲. بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.

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

۴. گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۵. گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
بازدارنده‌های ACCase،
بازدارنده‌های ALS،
چچم،
خونی‌واش،
یولاف وحشی زمستانه.

چکیده

گسترش مقاومت علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها یک تهدید برای کشاورزی ایران و دنیا است. اولین گام برای مدیریت این مشکل شناسایی جمعیت‌های مقاوم به علف‌کش می‌باشد. در این پژوهش ۱۲۴ و ۴۵ توده علف‌هرز باریک‌برگ (شامل یولاف وحشی زمستانه، چچم یکساله و خونی‌واش کوچک) به‌ترتیب از مزارع گندم و کلزای استان‌های مختلف جمع‌آوری و از نظر بروز مقاومت به علف‌کش‌های پرکاربرد غربال‌گری شدند. توده‌های جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم در مرحلهٔ سه تا چهار برگی علف‌های هرز با دُزهای توصیه‌شده علف‌کش‌های کلودینافوپ‌پروپارژیل، پینوکسادن، مزوسولفورون+یدوسولفورون و مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان تیمار شدند. همچنین از علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ-آر-متیل، ستوکسیدیم، سیکلوکسیدیم و کلتودیم برای تیمار توده‌های جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا استفاده شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. چهار هفته پس از اعمال تیمارها، وزن تر توده‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد به‌ترتیب ۵۲، ۹، ۱۹ و ۱۷ درصد از توده‌های جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم به کلودینافوپ‌پروپارژیل، پینوکسادن، مزوسولفورون+یدوسولفورون و مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان مقاوم بودند. همچنین ۴۷، ۴۷ و ۲۲ درصد از توده‌های جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا به‌ترتیب به هالوکسی‌فوپ-آر-متیل، ستوکسیدیم و کلتودیم مقاومت نشان دادند؛ درحالی‌که به سیکلوکسیدیم حساس بودند. درحالی‌که بروز مقاومت عرضی به علف‌کش‌های انتخابی کلزا در ۳۶ درصد از باریک‌برگ‌های مورد مطالعه تشخیص داده شد، وقوع مقاومت چندگانه در ۱۳ درصد از توده‌های یولاف وحشی زمستانه و ۸۲ درصد از توده‌های چچم یک‌ساله به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS در مزارع گندم تایید شد. توصیه می‌شود از کاربرد علف‌کش‌های با مکانیزم عمل یکسان برای کنترل علف‌های‌هرز باریک‌برگ در مناطقی که گندم و کلزا در تناوب قرار دارند خودداری شود.

استناد: ساسان‌فر، ح.، خلیل طهماسبی، ب.، زند، ا.، زمانی، م.ح.، و کشتکار، ا. (۱۴۰۳). مقاومت عرضی و چندگانه علف‌های‌هرز باریک‌برگ مشکل‌ساز به علف‌کش‌های پرکاربرد مزارع گندم و کلزا. *علوم گیاهان زراعی ایران*، *۵۵*(۱)، ۸۹-۱۰۴.
DOI: 10.22059/ijfcs.2023.360132.655009

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

گیاه زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) با توجه به شرایط آب و هوایی کشور و اهمیت آن‌ها در تأمین نیازهای غذایی مردم در سطح وسیعی از اراضی کشاورزی استان‌های مختلف کشور کشت می‌شوند. کشت این دو گیاه در تناوب با یکدیگر با هدف مدیریت زراعی بسیار رایج است. اما حضور علف‌های هرز باریک‌برگ مشترک در این دو گیاه زراعی یکی از معضلات این نظام کشت می‌باشد (Zand *et al*., 2019; Shimi *et al*., 2014). حضور بیش از ۴۰۰ و ۲۶ گونه علف هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ در مزارع گندم و کلزا گزارش شده است که از میان باریک‌برگ‌های مشکل‌ساز در کاهش عملکرد این دو گیاه زراعی می‌توان به یولاف وحشی زمستانه (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Gillet & Magne)، چچم یک‌ساله (*Lolium rigidum* Gaudin) و خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz.) اشاره کرد (Minbashi *et al*., 2008; Zand *et al*., 2019).

به‌منظور کنترل علف‌های‌هرز باریک‌برگ فوق طی دو دهه گذشته، استفاده از علف‌کش‌های بازدارنده استیل‌کوآنزیم‌آکربوکسیلاز (ACCase) و استولاکتات سینتاز (ALS) در مزارع گندم و کلزا به رویکردی رایج تبدیل شده است (Zand *et al*., 2019)؛ اما به دنبال مصرف متوالی این گروه از علف‌کش‌ها پدیده مقاومت در علف‌های‌هرز باریک‌برگ ظهور یافته است که یک مانع برای اثربخشی استفاده از علف‌کش‌های فوق در مزارع شده است (Zand *et al*., 2007; Zand & Baghestani, 2008). بررسی‌ها حاکی از آن است که از سال‌های ۱۹۸۰ به بعد بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها روند تصاعدی داشته و بیشترین افزایش به‌ترتیب مربوط به علف‌کش‌های بازدارنده ALS، بازدارنده فتوسنتز در فتوسیستم دو (PS II)، بازدارنده EPSP سینتاز و بازدارنده ACCase است (Heap, 2023). گندم و کلزا با ۳۵۸ و ۵۵ مورد مقاومت به علف‌کش، شمار قابل توجهی از علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها را در بین گیاهان زراعی به خود اختصاص داده‌اند (Heap, 2023). همچنین علف‌های‌هرز باریک‌برگ خانواده گرامینه با ۸۹ گونه، بیشترین سهم را در بین علف‌های‌هرز مقاوم به علف‌کش‌ها دارا هستند (Heap, 2023). بر این اساس علف‌های‌هرز باریک‌برگ مقاوم به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS در مزارع گندم سهم قابل توجهی از موارد مقاومت را به خود اختصاص داده‌اند که قابل تأمل می‌باشد. گزارش‌های متعددی از بروز مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS در کشورهای مختلف منتشر شده است؛ به‌طوری‌که تاکنون ۱۷۲ مورد مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ALS و ۵۰ مورد مقاومت به بازدارنده‌های ACCase در علف‌های‌هرز گزارش شده است (Heap, 2023). در میان گونه‌های باریک‌برگ، مقاومت علف‌های هرز یولاف وحشی، خونی‌واش، چچم و دم‌روباهی کشیده (*Alopecurus myosuroides* Huds.) در کشورهای مختلف گزارش شده است (Heap, 2023).

نتایج بررسی بروز مقاومت در توده‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از مزارع کانادا حاکی از مقاومت چهار توده به بازدارنده‌های ALS و مقاومت چندگانه هشت توده به علف‌کش‌های بازدارنده ALS و ACCase بود (Beckie *et al*., 2012). بروز مقاومت در جمعیت‌های یولاف وحشی از مزارع گندم آمریکا به بازدارنده‌های ALS نیز گزارش شده است (Keith *et al*., 2015). Papapanagiotou *et al*. (2020) بروز مقاومت عرضی یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase شامل کلودینافوپ–پروپارژیل، فنوکساپروپ–پی–اتیل، پینوکسادن و ترالکوکسدیم و وقوع مقاومت چندگانه به علف‌کش مزوسولفورون‌متیل+یدوسولفورون–متیل از گروه بازدارنده‌های ALS، در مزارع گندم یونان را گزارش کردند.

در کشور نیز نزدیک به دو دهه از مطالعات مربوط به مقاومت علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها می‌گذرد. اولین بار در سال ۱۳۸۳ Zand *et al*. (2004) بروز مقاومت علف‌هرز یولاف وحشی به علف‌کش فنوکساپروپ‌پی–اتیل از گروه بازدارنده‌های ACCase را در مزارع گندم استان فارس گزارش کردند. چند سال بعد Zand *et al*. (2009) بروز مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل را در علف‌های‌هرز یولاف وحشی زمستانه، خونی‌واش (*Phalaris* spp.) و چچم یک‌ساله تأیید کردند. طی دو دهه گذشته موارد مختلفی از بروز مقاومت علف‌های هرز باریک‌برگ در مزارع گندم و اخیراً در مزارع کلزا گزارش شده است؛ به‌طوری‌که در جدیدترین گزارش‌ها، Joumi *et al*. (2022) با بررسی مقاومت ۴۶ توده یولاف وحشی زمستانه از استان خوزستان به علف‌کش‌های بازدارنده ALS شامل مزوسولفورون+یدوسولفورون و مزوسولفورون+یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان دریافتند که ۲۹ توده (۶۳ درصد) به این دو علف‌کش مقاومت (RR) نشان دادند. همچنین به‌ترتیب سه و شش توده نیز در گروه با مقاومت زیاد (RRR) به علف‌کش‌های مذکور

قرار گرفتند. Molaei *et al.* (2022) مقاومت ۱۴ توده از ۱۶ توده یولاف وحشی مورد مطالعه از استان کرمان را به علف‌کش پرکاربرد کلودینافوپ‌پروپارژیل گزارش کردند.

Zamani *et al.* (2021) با بررسی ۳۸ توده خونی‌واش از استان‌های مختلف کشور گزارش کردند که به‌ترتیب ۱۳ (۳۴ درصد)، هشت (۲۱ درصد)، دو (پنج درصد) و یک (دو و نیم درصد) توده در گروه مقاوم تا مشکوک به مقاومت به علف‌کش‌های مزوسولفورون+یدوسولفورون، کلودینافوپ‌پروپارژیل، پینوکسادن و مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان قرار گرفتند. همچنین در این تحقیق بروز مقاومت عرضی و چندگانه در برخی از توده‌های خونی‌واش به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS مشاهده شد. Golmohammadzadeh *et al.* (2019) با انجام آزمایش گیاه کامل روی ۳۶ توده مشکوک به مقاومت علف‌هرز خونی‌واش جمع‌آوری‌شده از مزارع استان گلستان، نشان دادند که همه توده‌ها به علف‌کش‌های کلودینافوپ–پروپارژیل و دیکلوفوپ–متیل مقاومت عرضی داشتند. همچنین ۱۴ و ۱۳ جمعیت به علف‌کش‌های سیکلوکسیدیم و پینوکسادن با درجه‌های مختلف، مقاومت عرضی نشان دادند. نتایج بررسی بروز مقاومت در ۶۳ توده چچم یک‌ساله جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم استان فارس نشان داد که ۶۴، ۶۳، ۵۲ و سه درصد توده‌های مورد مطالعه به‌ترتیب به علف‌کش‌های کلودینافوپ‌پروپارژیل، مزوسولفورون+یدوسولفورون، مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان و پینوکسادن مقاومت عرضی و چندگانه دارند (Zamani *et al.*, 2019). مطالعه ۲۲ توده یولاف وحشی زمستانه جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا در استان گلستان نشان داد که پنج توده دارای مقاومت به هالوکسی‌فوپ–آر–متیل بودند. همچنین برخی از این توده‌ها به علف‌کش‌های کلودینافوپ–پروپارژیل و ستوکسیدیم نیز مقاومت عرضی نشان دادند (Hassanpour-bourkheili *et al.*, 2021). Sasanfar *et al.* (2021) بروز مقاومت ساده و عرضی به برخی از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase شامل هالوکسی‌فوپ–آر–متیل، ستوکسیدیم، سیکلوکسیدیم و کلتودیم را در برخی از جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه، خونی‌واش و چچم جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا استان‌های مختلف کشور گزارش کردند.

با این که تناوب گندم و کلزا مورد تأکید بسیاری از کارشناسان در کشور می‌باشد، اما استفاده از راهکار کنترل شیمیایی برای مهار علف‌های‌هرز باریک‌برگ مشابه در هر دو محصول اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. این روند مصرف متوالی علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در مزارع گندم و کلزا را در پی داشته است. این امر باعث گزارش‌های متعدد از عدم اثربخشی علف‌کش‌های پرکاربرد بر علف‌های‌هرز باریک‌برگ مزارع گندم و کلزا در استان‌های مختلف کشور شده است. از این‌رو این پژوهش با هدف بررسی الگوهای بروز مقاومت علف‌های‌هرز باریک‌برگ چچم یکساله، خونی‌واش و یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش‌های پرکاربرد در مزارع گندم و کلزا در برخی از استان‌های کشور انجام شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

بذور علف‌های‌هرز باریک‌برگ مشکل‌ساز در کشور شامل یولاف وحشی زمستانه، خونی‌واش و چچم یک‌ساله در بهار سال ۱۴۰۰ از مزارع گندم و کلزا در هفت استان کشور توسط کارشناسان جمع‌آوری شد. جمع‌آوری بذور از مناطقی که سابقه مصرف متوالی علف‌کش‌های رایج را داشتند و کشاورزان نسبت به اثربخشی این علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های‌هرز باریک‌برگ رضایت کافی نداشتند، صورت گرفت. در مجموع از مزارع گندم و کلزا به‌ترتیب ۱۲۴ و ۴۵ توده باریک‌برگ جمع‌آوری شد. از ۱۲۴ توده علف هرز باریک‌برگ مزارع گندم، ۸۶ توده مربوط به یولاف وحشی از مزارع استان‌های اردبیل (۳۹ توده)، اصفهان (۳۰ توده)، خوزستان (۱۵ توده) و البرز (دو توده)، ۲۷ توده مربوط به خونی‌واش از استان‌های اردبیل (۲۵ توده) و خوزستان (دو توده) و ۱۱ توده مربوط به چچم یک‌ساله از استان‌های اردبیل (پنج توده)، خوزستان (چهار توده) و تهران (دو توده) جمع‌آوری شده بودند. همچنین از ۴۵ توده باریک‌برگ مشکوک به مقاومت جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا، ۱۶ توده مربوط به یولاف وحشی زمستانه از استان‌های گلستان و مازندران (هشت توده از هر استان)، ۱۶ توده مربوط به خونی‌واش از استان‌های مازندران و گلستان (نُه و هفت توده) و ۱۳ توده مربوط به چچم یک‌ساله از استان‌های مازندران (هفت توده)، گلستان، فارس و تهران (از هر استان دو توده چچم) بودند (جدول ۱).

لازم به ذکر است با توجه به سابقه و تاریخچه مصرف علف‌کش‌ها در مزارع پایش‌شده در این آزمایش و آزمایش‌های قبلی، توده W4 از استان اصفهان، توده L1 از استان تهران و توده P27 از استان اردبیل به‌ترتیب به عنوان توده‌های یولاف وحشی، چچم

و خونی‌واش حساس مورد آزمایش در مزارع گندم در نظر گرفته شدند. بر این اساس، توده یولاف وحشی W88 از استان مازندران، توده چچم L24 از استان تهران و توده خونی‌واش P14 از استان مازندران نیز به عنوان توده‌های حساس جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا در نظر گرفته شدند.

جدول ۱. محل جمع‌آوری و تعداد توده‌های باریک‌برگ مورد مطالعه از مزارع گندم و کلزا.

Location	Wheat fields			Location	Canola fields		
	Wild oat	Ryegrass	Canarygrass		Wild oat	Ryegrass	Canarygrass
Ardabil	39	5	25	Golestan	8	2	7
Isfahan	30	-	-	Mazandaran	8	7	9
Khuzestan	15	4	2	Fars	-	2	-
Alborz	2	-	-	Tehran	-	2	-
Teharn	-	2	-	-	-	-	-

ارزیابی بروز مقاومت در توده‌های باریک‌برگ با انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی با گیاه کامل در گلدان با کاربرد دُزهای توصیه‌شده هشت علف‌کش (جدول ۱) در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه بخش تحقیقات علف‌های‌هرز مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور صورت گرفت. قبل از شروع آزمایش‌ها، به‌منظور غلبه بر خفتگی بذور یولاف وحشی زمستانه، بذور با دست پوست‌کنی شده و لما و پالئا از بذور جدا شدند (Beckie *et al.*, 2000). همچنین برای رفع خفتگی در بذور توده‌های خونی‌واش از تیمار اسیدسولفوریک غلیظ (۹۸٪) به مدت یک دقیقه و سپس شستشو به مدت یک دقیقه با آب معمولی استفاده شد (Zand *et al.*, 2009). سپس بذور روی کاغذ صافی در پتری‌دیش‌های نُه سانتی‌متری قرار گرفتند و حدود ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها افزوده شد. پتری‌دیش‌ها به یخچال منتقل و در دمای ثابت چهار درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز نگهداری و سپس به ژرمیناتور با دمای متناوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد (۱۶ ساعت روشنایی) و ۱۲ درجه سانتی‌گراد (هشت ساعت تاریکی) منتقل شدند (Gherekhloo *et al.*, 2012). البته پتری‌دیش‌های محتوی بذور توده‌های چچم بدون هیچ‌گونه اعمال تیماری مستقیما به ژرمیناتور منتقل شدند.

بلافاصله پس از مشاهده جوانه‌زنی (طول ریشه‌چه تقریباً دو میلی‌متر)، ۱۰ بذر از علف‌های‌هرز یولاف وحشی زمستانه، خونی‌واش و چچم یک‌ساله در هر گلدان نیم لیتری (با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر) حاوی خاک استریل‌شده که مخلوطی از خاک مزرعه، شن، کود دامی پوسیده (یک:یک:یک) و مقداری پرلیت بود، در عمق حدود یک سانتی‌متری با چهار تکرار کشت شد. تا فرا رسیدن اعمال تیمارها، گلدان‌ها درگلخانه‌ای با ۱۶ ساعت روشنایی (۲۰ درجه سانتی‌گراد) و هشت ساعت تاریکی (دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری و آبیاری به صورت روزانه انجام گرفت. پس از رشد و رسیدن گیاهچه‌های مورد نظر به مرحله یک‌برگی، تعداد بوته‌ها به هشت بوته در هر گلدان تنک شدند. اعمال تیمارها در توده‌های علف‌های‌هرز چچم یک‌ساله، خونی‌واش و یولاف وحشی زمستانه پس از رسیدن به مرحله سه تا چهار برگی با دُزهای توصیه‌شده علف‌کش‌ها (جدول ۲) با استفاده از اتاقک سمپاش آزمایشگاهی خودکار مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت و حجم پاشش محلول به میزان ۱۵۰ لیتر در هکتار در فشار ثابت ۲/۸ بار صورت گرفت.

جدول ۲. مشخصات علف‌کش‌های مورد استفاده در آزمایش.

Common Name	Trade Name	Mechanism of action	Formulation	Field rate (g a.i. ha^{-1})	Crop
Clodinafop-propargyl	Topik	ACCase inhibitor	EC 8%	80	Wheat
Pinoxaden	Axial	ACCase inhibitor	EC 5%	60	Wheat
Haloxyfop-R-methyl	Gallant Super	ACCase inhibitor	EC 10.8%	108	Canola
Clethodim	Select Super	ACCase inhibitor	EC 12%	120	Canola
Sethoxydim	Nabu-S	ACCase inhibitor	EC 12.5%	375	Canola
Cycloxydim	Focus	ACCase inhibitor	EC 10%	200	Canola
Mesosulfuron+iodosulfuron	Atlantis	ALS inhibitor	OD 1.2%	18	Wheat
Mesosulfuron+iodosulfuron+diflufenican	Othello	ALS (+ PDS) inhibitors	OD 6%	96	Wheat

شمارش و ثبت تعداد بوته‌های زنده و مرده در هر گلدان، چهار هفته پس از سم‌پاشی انجام شد. سپس بوته‌های هر گلدان از ناحیه طوقه از سطح خاک با قیچی جدا و بلافاصله وزن تر بوته‌ها توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در

پایان درصد کاهش وزن تر هر توده نسبت به شاهد تیمارنشده همان توده محاسبه شد (Beckie *et al*., 2000). به منظور تعیین وضعیت مقاومت از سیستم ارائه‌شده توسط Moss *et al*. (2007) استفاده شد.

۳. نتایج پژوهش و بحث

۳–۱. وضعیت مقاومت به علف‌کش‌ها در مزارع گندم

نتایج غربال‌گری ۳۹ تودهٔ یولاف وحشی زمستانه از استان اردبیل، ۱۵ توده از استان خوزستان و ۲ توده از استان البرز به‌ترتیب حاکی از مقاومت (RR و RRR) ۷۷ درصد (نُه و ۲۱ توده)، ۶۷ درصد (نُه و یک توده) و ۱۰۰ درصد (یک و یک توده) توده‌ها به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل داشت. البته از ۳۰ توده مورد بررسی از استان اصفهان تنها دو توده در گروه مشکوک به مقاومت (R?) به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل قرار گرفتند و ۲۸ توده دیگر به این علف‌کش حساس (S) بودند. در مجموع از ۸۶ توده یولاف وحشی زمستانه به‌ترتیب ۳۹، پنج، ۱۹ و ۲۳ (۴۵، شش، ۲۲ و ۲۷ درصد) توده در گروه‌های S (حساس)، R? (مشکوک به مقاومت)، RR (مقاوم) و RRR (مقاوم) به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل قرار گرفتند. از سوی دیگر تنها ۱۰ و شش (۱۲ و هفت درصد) توده از ۸۶ توده یولاف وحشی در گروه‌های مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RR) به علف‌کش پینوکسادن قرار گرفتند و سایر توده‌ها (۸۱ درصد) نسبت به این علف‌کش حساس (S) بودند (جدول ۳).

وضعیت مقاومت ۲۷ توده خونی‌واش مورد بررسی از دو استان اردبیل (۲۵ توده) و خوزستان (دو توده) به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل کمی بهتر از توده‌های یولاف وحشی بود. بر اساس نتایج، ۵۶ درصد (۱۴ توده) توده‌های اردبیل در گروه مقاوم (RR) به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل قرار گرفتند. درحالی‌که دو توده خوزستان به این علف‌کش حساس (S) بودند. در مجموع از ۲۷ توده خونی‌واش مورد بررسی به‌ترتیب نُه، چهار و ۱۴ (۳۳، ۱۵ و ۵۲ درصد) توده در گروه‌های حساس (S)، مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RR) به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل قرار گرفتند. بررسی مقاومت به علف‌کش پینوکسادن در ۲۷ توده خونی‌واش نشان داد که تنها یک (چهار درصد) توده از استان اردبیل در گروه مقاوم (RR) به این علف‌کش قرار دارد و سایر توده‌ها در گروه حساس (S) قرار گرفتند (جدول ۳).

مقاومت توده‌های علف هرز چچم یک‌ساله به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل در وضعیت هشداردهنده قرار داشت؛ به‌طوری‌که تمام نه توده چچم یک‌ساله مورد بررسی از استان‌های اردبیل و خوزستان به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل مقاومت نشان دادند. درحالی‌که تمام توده‌های استان تهران و خوزستان به علف‌کش پینوکسادن حساس بودند، چهار (۸۰ درصد) توده چچم از استان اردبیل در گروه مقاوم (RR) به این علف‌کش قرار گرفتند (جدول ۳).

بررسی واکنش توده‌های یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون نشان داد که شش (۱۰ و پنج درصد) توده از استان اردبیل، شش (۲۰ درصد) توده از استان اصفهان، یک توده (۵۰ درصد) از استان البرز و یک توده (هفت درصد) از استان خوزستان در گروه مقاوم (RR و RRR) به این علف‌کش قرار گرفتند. ارزیابی وضعیت مقاومت توده‌ها یولاف وحشی زمستانه نسبت به علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان نیز حاکی از آن بود که از استان اردبیل پنج (۱۳ درصد)، و از استان‌های خوزستان و البرز یک توده (هفت و ۵۰ درصد) در گروه مقاوم (RR) به این علف‌کش قرار گرفتند. همچنین از ۳۰ توده یولاف وحشی زمستانه مورد آزمایش از استان اصفهان به علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان، ۱۱ (۳۶ درصد)، ۱۴ (۴۷ درصد) و پنج (۱۷ درصد) توده به‌ترتیب در گروه‌های حساس (S)، مشکوک (R?) و مقاوم (RR) به علف‌کش بودند (جدول ۳). در مجموع علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون توانست به‌طور موثری توده‌های خونی‌واش مورد آزمایش را کنترل کند؛ به‌طوری‌که تنها دو توده P34 و P40 از استان اردبیل در گروه مشکوک به مقاومت (R?) به این علف‌کش قرار گرفتند. همچنین تنها توده P29 از استان خوزستان در گروه مشکوک به مقاومت (R?) به علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان قرار گرفت و سایر توده‌های خونی‌واش با این علف‌کش کنترل شدند (جدول ۳).

ارزیابی مقاومت توده‌های چچم یکساله به علف‌کش‌های بازدارنده ALS نیز همانند بازدارنده ACCase، نشان از وضعیت نامطلوب این علف‌کش‌ها در کنترل این علف‌هرز داشت؛ به‌طوری‌که هر نه توده چچم یکساله جمع‌آوری‌شده از استان‌های خوزستان

و اردبیل (۲۲ و ۷۸ درصد) در گروه مقاوم (RR و RRR) به علفکش یدوسولفورون+مزوسولفورون قرار گرفتند. از سوی دیگر هر چهار توده (۵۰ و ۵۰ درصد) چچم یک‌ساله استان خوزستان و هر پنج توده (۴۰ و ۶۰ درصد) استان اردبیل در گروه مقاوم (RR و RRR) به علفکش یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان قرار گرفتند. دو توده خونی‌واش جمع‌آوری‌شده از استان تهران به هردو علف‌کش اشاره‌شده در بالا حساس (S) بودند (جدول ۳).

۲-۳. الگوهای مقاومت عرضی باریک‌برگ‌ها به علف‌کش‌های گندم

نتایج بررسی حاکی از بروز مقاومت عرضی باریک‌برگ‌های جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم به بازدارنده‌های ACCase مورد آزمایش داشت؛ به‌طوری‌که از استان اردبیل شش و یک (۱۵ و سه درصد) توده یولاف وحشی زمستانه در گروه مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RR) به هر دو علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل و پینوکسادن قرار گرفتند. همچنین از توده‌های یولاف وحشی زمستانه این استان تعداد ۱۵ و دو (۳۸ و پنج درصد) توده از نظر مقاومت به هر دو علف‌کش بازدارنده ALS شامل یدوسولفورون+مزوسولفورون و یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان در گروه مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RR) قرار گرفتند. درحالی‌که در هیچ یک از توده‌های یولاف وحشی زمستانه استان اصفهان مقاومت عرضی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase مشاهده نشد، اما ۱۵ و یک (۵۰ و سه درصد) توده در گروه مشکوک (R?) و مقاوم (RR) به هر دو علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون و یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان قرار گرفتند. در میان ۱۵ توده یولاف وحشی زمستانه استان خوزستان دو و پنج (۱۳ و ۳۳ درصد) توده در گروه مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RR) به علف‌کش‌های کلودینافوپ‌پروپارژیل و پینوکسادن قرار گرفتند. درحالی‌که تنها یک (هفت درصد) توده از این استان به هر دو علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون و یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان مقاومت نشان دادند. همچنین از دو توده استان البرز یک توده مشکوک به مقاومت (R?) عرضی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و یک توده در گروه مقاوم به هر دو علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون و یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان قرار گرفت (جدول ۳).

از میان ۲۷ توده خونی‌واش مورد بررسی تنها مقاومت عرضی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در توده P21 از استان اردبیل مشاهده شد. اما هیچ یک از توده‌ها به هر دو علف‌کش بازدارنده ALS مورد آزمایش مقاومت نشان ندادند (جدول ۳). همچنین بررسی‌ها حاکی از مقاومت عرضی به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در توده‌های چچم یک‌ساله داشت؛ به‌طوری‌که از استان اردبیل چهار توده (۸۰ درصد) به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase مورد آزمایش مقاومت عرضی نشان دادند. همچنین هر چهار توده از استان خوزستان و هر پنج توده چچم یک‌ساله از استان اردبیل به هر دو علف‌کش یدوسولفورون+مزوسولفورون و یدوسولفورون+مزوسولفورون+دیفلوفنیکان مقاومت داشتند (جدول ۳).

۳-۳. الگوهای مقاومت چندگانه باریک‌برگ‌ها به علف‌کش‌های گندم

نتایج حاکی از بروز مقاومت چندگانه در برخی توده‌های باریک‌برگ مورد مطالعه در این بررسی بود؛ به‌طوری‌که در میان توده‌های یولاف وحشی زمستانه مورد مطالعه استان اردبیل ۱۱ (۲۸ درصد) و نُه (۲۳ درصد) توده به‌ترتیب در گروه مشکوک (R?) و مقاوم (RRR / RR)، به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS قرار گرفتند. در میان توده‌های یولاف وحشی زمستانه جمع‌آوری‌شده از استان اصفهان تنها سه (۱۰ درصد) توده در گروه مشکوک به مقاومت (R?) به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS قرار گرفتند. در استان خوزستان نیز یک (هفت درصد) و یک (هفت درصد) توده در گروه مشکوک به مقاومت (R?) و مقاومت (RR) چندگانه به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS قرار گرفتند. از دو توده مورد بررسی استان البرز نیز یکی از توده‌ها در گروه مشکوک (R?) و دیگری در گروه مقاوم (RR) به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS قرار گرفت. به‌طور کلی از ۸۶ توده یولاف وحشی مورد بررسی ۱۶ (۱۳ درصد) و ۱۱ (هشت و دو درصد) توده به‌ترتیب در گروه‌های مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RR و RRR) به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول ۳). همچنین چهار (۵۰ و ۵۰ درصد) توده چچم یک‌ساله از خوزستان و پنج (۴۰ و ۶۰ درصد) توده از اردبیل در گروه مقاوم (RR و RRR) به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول

۳). برخلاف توده‌های یولاف وحشی زمستانه و چچم، مقاومت چندگانه در هیچ‌کدام از توده‌های خونی‌واش مورد مطالعه به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS مورد آزمایش تایید نشد (جدول ۳).

مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل در توده‌های یولاف وحشی توسط Joumi *et al.* (2022) و خونی‌واش و چچم یک‌ساله توسط Zamani *et al.* (2019, 2021) در استان‌های مختلف کشور گزارش شده است. نتایج این پژوهش حاکی از گسترده شدن مقاومت باریک‌برگ‌های مزارع گندم به‌ویژه به علف‌کش پرکاربرد کلودینافوپ–پروپارژیل دارد. به نظر می‌رسد الگوی مقاومت رخ‌داده با الگوی استفاده از این علف‌کش در مزارع مرتبط باشد؛ به‌طوری‌که این علف‌کش در سال‌های گذشته جزء ۱۰ قلم علف‌کش پرمصرف مورد تدارک در سطح کشور بوده و به‌طور وسیع در دسترس قرار گرفته و به صورت متوالی در مزارع گندم مصرف‌شده است (Sasanfar *et al.*, 2021). لذا باید با اعمال روش‌های درست مدیریت مزرعه و تنوع‌بخشیدن و استفاده صحیح از گزینه‌های علف‌کشی در زراعت گندم، از گسترش این پدیده در سطح مزارع کشور جلوگیری شود.

۴–۳. وضعیت مقاومت به علف‌کش‌ها در مزارع کلزا

نتایج ارزیابی وضعیت مقاومت به علف‌کش هالوکسی‌فوپ–آر–متیل در ۱۶ توده یولاف وحشی زمستانه جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا نشان داد که به‌ترتیب پنج، سه، پنج و سه (۳۱، ۱۹، ۳۱ و ۱۹ درصد) توده در گروه‌های حساس (S)، مشکوک به مقاومت (R?)، مقاوم (RR) و مقاوم (RRR) به این علف‌کش قرار گرفتند. بر این اساس از استان مازندران شش (۵۰ و ۲۵ درصد) توده از هشت توده و از استان گلستان دو (۱۳ و ۱۳ درصد) توده از هشت توده نسبت به علف‌کش هالوکسی‌فوپ–آر–متیل در گروه مقاوم (RR و RRR) قرار گرفتند. همچنین نتایج وضعیت مقاومت توده‌های یولاف وحشی مورد مطالعه به علف‌کش ستوکسیدیم از خانواده سیکلوهگزاندیون (دیم‌ها) نشان داد که از استان مازندران سه (۱۳ و ۲۵ درصد) توده و از استان گلستان شش (۶۳ و ۱۳ درصد) توده در گروه مقاوم (RR و RRR) به این علف‌کش قرار گرفتند. بجز دو توده یولاف وحشی از مازندران و دو توده از گلستان که مشکوک به مقاومت (R?) به علف‌کش سیکلوکسیدیم بودند، سایر توده‌ها به علف‌کش سیکلوکسیدیم حساس بودند. همچنین بروز مقاومت قطعی به علف‌کش کلتودیم در هیچ کدام از توده‌های یولاف وحشی مورد آزمایش تایید نشد و تنها توده W92 از مازندران و دو توده AA1 و MA9 از گلستان در گروه مشکوک به مقاومت (R?) به این علف‌کش قرار گرفتند (جدول ۴).

وضعیت بروز مقاومت به علف‌کش هالوکسی‌فوپ–آر–متیل در ۱۶ توده خونی‌واش جمع‌آوری‌شده از استان گلستان (هفت توده) و مازندران (نُه توده) نشان داد که به‌ترتیب دو (۱۴ و ۱۴ درصد) توده و یک (۱۱ درصد) توده در گروه مقاوم (RR و RRR) به این علف‌کش قرار گرفتند. همچنین تنها دو (۲۹ درصد) توده خونی‌واش از استان گلستان به علف‌کش‌های ستوکسیدیم و کلتودیم مقاومت (RRR) نشان دادند و بجز توده P7 از استان گلستان که در گروه مشکوک به مقاومت (R?) به علف‌کش ستوکسیدم قرار داشت؛ سایر توده‌های استان مازندارن و گلستان به این دو علف‌کش حساس بودند. همچنین تمام توده‌های خونی‌واش مورد آزمایش به علف‌کش سیکلوکسیدیم حساسیت (S) نشان دادند (جدول ۴).

وقوع مقاومت به علف‌کش هالوکسی‌فوپ–آر–متیل در چچم نسبت به دو گونه علف‌هرز دیگر جدی‌تر بود؛ به‌طوری‌که ۱۰ (۷۷ درصد) توده چچم یک‌ساله از ۱۳ توده جمع‌آوری‌شده از استان‌های تهران، مازندران، گلستان و فارس به علف‌کش مذکور مقاومت (RRR / RR) نشان دادند. همچنین هر دو بیوتیپ چچم گلستان، هر دو بیوتیپ فارس و شش بیوتیپ (از هفت بیوتیپ) مازندران در گروه مقاوم (RRR / RR) به علف‌کش ستوکسیدیم قرار گرفتند. از سوی دیگر از هفت توده چچم یک‌ساله استان مازندران چهار (۵۷ درصد) توده و چهار توده جمع‌آوری‌شده از استان‌های گلستان و فارس در گروه مقاوم (RRR) به علفکش کلتودیم قرار گرفتند. این در حالی بود که همه توده‌های چچم مورد مطالعه به علف‌کش سیکلوکسیدیم حساس (S) بودند. لازم به ذکر است که هر دو توده جمع‌آوری‌شده از استان تهران و توده L8 از استان مازندران به هر چهار علف‌کش مورد آزمایش حساس (S) بودند (جدول ۴).

۵–۳. الگوهای مقاومت عرضی باریک‌برگ‌ها به علف‌کش‌های کلزا

نتایج بررسی مقاومت عرضی باریک‌برگ‌های جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا به بازدارنده‌های ACCase مورد آزمایش نشان داد که سه توده (۳۸ درصد) از توده‌های یولاف وحشی استان مازندران به بازدارنده‌های ACCase مورد آزمایش شامل هالوکسی‌فوپ–آر–متیل و ستوکسیدیم مقاومت عرضی نشان دادند. از هشت توده استان گلستان نیز به‌ترتیب چهار و یک توده (۵۰ و ۱۳ درصد)

یولاف وحشی در گروه توده‌های مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RR) به بیش از یکی از بازدارنده‌های ACCase قرار گرفتند. به‌طور کلی از ۱۶ توده یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا چهار توده (۲۵ درصد) داری مقاومت عرضی به حداقل دو علف‌کش از بازدارنده‌های ACCase مورد آزمایش بود. همچنین چهار توده (۲۵ درصد) نیز در گروه مشکوک به مقاومت عرضی به بازدارنده‌های ACCase قرار داشت (جدول ۳). در مجموع علف‌کش‌های سیکلوکسیدیم و کلتودیم در کنترل توده‌های یولاف وحشی موثرتر بودند و تنها در چند نمونه احتمال بروز مقاومت به آن‌ها گزارش شد.

از ۱۶ توده خونی‌واش مورد بررسی در مزارع کلزا، یک و دو توده (۱۴ و ۲۹ درصد) از هفت توده استان گلستان در گروه‌های مشکوک (R?) و مقاوم (RRR) به حداقل دو علف‌کش از بازدارنده‌های ACCase مورد آزمایش قرار گرفتند. این در حالی بود که توده‌های خونی‌واش استان مازندران به این گروه از علف‌کش‌ها مقاومت عرضی نشان ندادند. به‌طور کلی از ۱۶ توده خونی‌واش مورد مطالعه به‌ترتیب یک و دو توده (شش و ۱۳ درصد) در گروه‌های مشکوک به مقاومت (R?) و مقاوم (RRR) به بیش از یکی از بازدارنده‌های ACCase مورد آزمایش قرار داشتند (جدول ۴).

بررسی مقاومت عرضی ۱۳ توده چچم جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا استان‌های مختلف نسبت به بازدارنده‌های ACCase نشان داد که بروز مقاومت عرضی در توده‌های چچم در مقایسه با یولاف وحشی و خونی‌واش گسترده بود؛ به‌طوری‌که بجز سه توده (دو توده از استان تهران و یک توده از مازندران) سایر ۱۱ توده دیگر (۸۵ درصد) به علف‌کش‌های بازدارنده‌های ACCase مورد آزمایش مقاومت عرضی نشان دادند. نکته قابل توجه اینکه ۶۲ درصد (۸ توده) توده‌های مورد آزمایش همزمان به سه علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آر-متیل، ستوکسیدیم و کلتودیم مقاومت عرضی داشتند (جدول ۴). در مجموع از ۴۵ توده باریک‌برگ جمع‌آوری‌شده از مزارع کلزا استان‌های مختلف، پنج و ۱۶ توده (۱۱ و ۳۶ درصد) در گروه‌های مشکوک (R?) و مقاوم (RRR / RR) از نظر بروز مقاومت عرضی به بازدارنده‌های ACCase قرار گرفتند (جدول ۴).

Sasanfar *et al.* (2021) پیش از این با بررسی وضعیت مقاومت در مزارع کلزا استان‌های مختلف کشور گزارش کردند که به‌ترتیب ۸۷، ۳۱ و ۲۵ درصد از توده‌های چچم، یولاف وحشی و خونی‌واش به علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آر-متیل مقاومت نشان دادند. بررسی مقاومت در توده‌های باریک‌برگ به‌ویژه در توده‌های علف‌های‌هرز چچم یک‌ساله و یولاف وحشی زمستانه نسبت به علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آر-متیل در مزارع کلزا حاکی از گسترش مقاومت توده‌های باریک‌برگ به این خانواده از علف‌کش‌ها در این مناطق است. این موضوع می‌تواند ناشی سوابق کشت‌های مشابه و مصرف علف‌کش‌های با مکانیزم عمل مشابه در این مزارع باشد که نشانگر افزایش فشار انتخاب به‌واسطه مصرف متوالی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل و سایر علف‌کش‌های هم‌خانواده‌های فوپ بر علف‌های‌هرز باریک‌برگ طی سال‌های گذشته در کشت‌های متوالی است.

جدول ۳. درصد کاهش وزن تر و دسته‌بندی مقاومت به علف‌کش‌های پرکاربرد مزارع گندم درتوده‌های باریک‌برگ جمع‌آوری‌شده از استان‌های مختلف.

Weed species	Province	Population	Clodinafop-propargyl		Pinoxaden		Mesosulfuron+ iodosulfuron		Mesosulfuron+ iodosulfuron+ diflufenican	
			FWR* (%)	RC**	FWR (%)	RC	FWR (%)	RC	FWR (%)	RC
Avena sterilis subsp. *ludoviciana*	Ardabil	W49	11.04	RRR	84.47	S	77.90	R?	78.87	R?
		W50	0.00	RRR	87.63	S	81.42	S	81.06	S
		W51	0.00	RRR	88.02	S	69.55	RR	62.78	RR
		W52	22.38	RRR	93.65	S	85.03	S	85.53	S
		W53	64.86	RR	92.02	S	84.95	S	89.68	S
		W54	75.85	R?	97.90	S	96.24	S	98.10	S
		W55	0.00	RRR	92.55	S	77.45	R?	92.44	S
		W56	0.00	RRR	91.53	S	0.00	RRR	91.42	S
		W57	0.00	RRR	88.94	S	0.00	RRR	90.25	S
		W58	21.56	RRR	91.93	S	84.62	S	90.86	S
		W59	9.89	RRR	91.84	S	79.45	R?	84.85	S
		W60	30.40	RRR	93.76	S	86.70	S	90.89	S
		W61	42.77	RR	92.37	S	89.00	S	93.54	S
		W62	4.18	RRR	89.32	S	85.30	S	85.84	S
		W63	22.49	RRR	93.45	S	83.89	S	81.28	S
		W64	82.09	S	94.32	S	89.65	S	88.59	S
		W65	17.94	RRR	95.52	S	81.64	S	84.11	S
		W66	44.44	RR	96.09	S	83.45	S	87.79	S
		W67	38.16	RR	92.88	S	72.93	R?	79.20	R?
		W68	13.89	RRR	94.28	S	78.13	R?	67.47	RR
		W69	32.60	RRR	94.00	S	78.67	R?	71.80	R?
		W70	75.26	R?	92.48	S	76.84	R?	78.76	R?
		W6	0.89	RRR	71.50	R?	67.08	RR	71.49	R?
		W7	63.80	RR	79.43	R?	62.83	RR	64.14	RR
		W8	0.00	RRR	67.36	RR	72.46	R?	63.40	RR
		W9	83.30	S	83.35	S	74.91	R?	74.02	R?
		W10	14.92	RRR	72.08	R?	73.13	R?	66.16	RR
		W11	13.78	RRR	83.08	S	78.99	R?	81.45	S
		W12	0.00	RRR	80.66	R?	80.76	R?	78.74	R?
		W13	11.03	RRR	83.55	S	77.09	R?	76.15	R?
		W14	82.58	S	85.06	S	71.72	R?	72.48	R?
		W15	83.25	S	90.65	S	72.99	R?	77.10	R?
		W16	70.35	RR	73.02	R?	74.77	R?	75.37	R?
		W17	84.32	S	88.55	S	81.45	S	72.16	R?

		W18	64.20	RR	74.29	R?	69.03	RR	72.15	R?
		W99	59.98	RR	84.43	S	81.29	S	81.53	S
		W100	80.05	R?	85.15	S	79.77	R?	87.36	S
		W101	83.86	S	84.35	S	77.17	R?	84.63	S
		W102	70.03	RR	84.59	S	89.12	S	85.53	S
	Isfahan	W19	87.15	S	89.87	S	72.61	R?	72.59	R?
		W20	79.01	R?	85.34	S	79.25	R?	70.81	RR
		W21	89.18	S	89.76	S	75.65	R?	76.57	R?
	Isfahan	W22	88.79	S	88.59	S	85.81	S	71.72	RR
		W23	87.67	S	82.56	S	82.80	S	62.19	RR
		W24	87.32	S	87.05	S	80.92	R?	72.92	R?
		W25	85.93	S	88.07	S	72.10	R?	73.33	R?
		W26	85.51	S	82.04	S	76.69	R?	80.60	R?
		W27	85.27	S	84.83	S	73.73	R?	74.97	R?
		W28	86.20	S	89.88	S	84.20	S	76.18	R?
		W29	89.58	S	89.14	S	63.37	RR	79.81	R?
		W30	90.96	S	90.14	S	73.05	R?	74.38	R?
		W31	88.83	S	88.52	S	70.92	RR	83.84	S
		W32	80.35	R?	82.78	S	63.35	RR	69.62	RR
		W33	90.78	S	89.19	S	79.14	R?	81.76	S
		W34	87.96	S	85.75	S	58.51	RR	77.09	R?
		W35	84.34	S	84.97	S	74.41	R?	68.37	RR
		W36	86.12	S	81.69	S	73.26	R?	81.07	S
		W37	91.87	S	92.11	S	79.08	R?	86.00	S
		W38	87.12	S	85.72	S	71.03	RR	83.26	S
		W39	87.46	S	90.62	S	79.55	R?	79.76	R?
		W40	92.42	S	90.39	S	82.89	S	84.65	S
		W41	89.17	S	87.43	S	79.22	R?	84.69	S
		W42	88.96	S	85.41	S	80.86	R?	80.94	R?
		W43	87.87	S	79.13	R?	71.93	RR	77.35	R?
		W44	89.38	S	87.50	S	82.52	S	86.72	S
		W45	86.83	S	84.63	S	79.08	R?	80.84	R?
		W46	91.34	S	89.99	S	88.90	S	86.80	S
		W47	90.23	S	88.68	S	86.72	S	85.49	S
		W48	88.27	S	85.51	S	84.55	S	86.61	S
Avena sterilis subsp. *ludoviciana*	Khuzestan	W71	49.68	RR	71.38	RR	89.50	S	90.99	S
		W72	70.08	RR	85.89	S	88.43	S	84.33	S

		W73	41.46	RR	41.93	RR	48.43	RR	58.67	RR
		W74	87.61	S	89.34	S	85.93	S	87.70	S
		W75	40.00	RR	78.33	R?	81.77	S	89.03	S
		W76	46.99	RR	67.05	RR	88.97	S	89.59	S
		W77	65.48	RR	85.17	S	82.70	S	89.43	S
		W78	55.57	RR	79.99	R?	80.57	R?	86.86	S
		W79	45.29	RR	65.13	RR	86.07	S	86.27	S
		W80	35.89	RRR	67.79	RR	84.79	S	85.00	S
		W81	87.36	S	87.85	S	85.36	S	87.51	S
		W82	90.02	S	89.16	S	85.55	S	83.06	S
		W83	49.46	RR	85.01	S	90.62	S	90.51	S
		W84	83.69	S	88.41	S	84.73	S	85.86	S
		W85	90.91	S	87.25	S	84.93	S	87.79	S
	Alborz	W4	69.69	RR	78.34	R?	82.70	S	76.39	R?
		W5	0.00	RRR	81.65	S	67.11	RR	70.14	RR
	Ardabil	P17	50.21	RR	84.10	S	86.40	S	88.76	S
		P18	72.29	R?	89.46	S	85.73	S	85.15	S
		P19	65.00	RR	90.31	S	86.35	S	88.17	S
		P20	71.30	RR	88.64	S	88.59	S	87.10	S
		P21	36.03	RR	59.85	RR	85.99	S	89.28	S
		P22	59.35	RR	89.39	S	87.03	S	86.66	S
		P23	54.22	RR	85.56	S	85.80	S	85.35	S
		P24	60.21	RR	86.06	S	85.67	S	85.89	S
		P25	75.97	R?	87.11	S	87.35	S	87.35	S
		P26	73.08	R?	90.84	S	86.81	S	88.32	S
		P27	89.05	S	92.79	S	89.78	S	88.47	S
		P28	77.50	R?	93.12	S	91.01	S	92.06	S
		P31	50.28	RR	91.20	S	86.05	S	86.61	S
		P32	60.26	RR	84.45	S	87.76	S	86.98	S
		P33	88.13	S	93.86	S	90.58	S	90.40	S
		P34	88.22	S	89.23	S	80.68	R?	85.37	S
		P35	64.33	RR	89.49	S	83.43	S	87.35	S
		P36	90.96	S	95.38	S	86.17	S	88.46	S
		P37	83.04	S	90.96	S	83.31	S	84.47	S
		P38	58.85	RR	89.81	S	85.66	S	86.64	S
		P39	51.15	RR	86.64	S	83.05	S	84.24	S
		P40	86.46	S	92.37	S	79.69	R?	82.47	S
		P41	90.12	S	95.33	S	88.46	S	88.40	S

Phalaris minor

		P42	52.71	RR	94.48	S	87.74	S	89.26	S
		P43	53.39	RR	91.07	S	85.70	S	86.58	S
	Khuzestan	P29	85.55	S	83.98	S	81.14	S	80.34	R?
		P30	89.12	S	92.77	S	88.26	S	84.12	S
	Tehran	L1	87.34	S	86.57	S	86.35	S	87.40	S
		L2	84.87	S	88.20	S	88.94	S	87.72	S
	Khuzestan	L15	45.76	RR	90.86	S	4.09	RRR	43.01	RR
		L16	19.28	RRR	91.64	S	0.00	RRR	33.76	RRR
		L17	8.71	RRR	69.23	S	0.00	RRR	38.03	RR
		L18	0.00	RRR	87.36	S	0.00	RRR	14.61	RRR
Lolium rigidum	Ardabil	L19	0.00	RRR	86.79	S	0.00	RRR	19.81	RRR
		L20	6.84	RRR	66.02	RR	13.75	RRR	25.95	RRR
		L21	0.00	RRR	45.47	RR	13.37	RRR	13.51	RRR
		L22	12.42	RRR	70.46	RR	57.81	RR	39.27	RR
		L23	0.00	RRR	71.07	RR	39.22	RR	66.21	RR

* کاهش وزن تر، ** براساس روش طبقه‌بندی مقاومت که به‌وسیله ماس و همکاران (2007) پیشنهاده شده است، توده‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین صفر تا ۳۶، بین ۳۶ تا ۷۲، بین ۷۲ تا ۸۱ و بین ۸۱ تا ۱۰۰ باشد به‌ترتیب به عنوان توده‌های مقاوم (RRR)، مقاوم (RR)، مشکوک به مقاومت (R?) و حساس (S) به علف‌کش طبقه‌بندی می‌شوند.

جدول ٤. درصد کاهش وزن تر و دسته‌بندی مقاومت به علف‌کش‌های پرکاربرد مزارع کلزا درتوده‌های باریک‌برگ جمع‌آوری‌شده از استان‌های مختلف.

Weed species	Province	Population	Haloxyfop-R-methyl		Sethoxydim		Cycloxydim		Clethodim	
			FWR* (%)	RC**	FWR (%)	RC	FWR (%)	RC	FWR (%)	RC
	Mazandaran	W86	89.06	S	87.79	S	94.93	S	94.93	S
		W87	39.12	RR	93.33	S	95.85	S	95.85	S
		W88	94.41	S	92.21	S	96.68	S	96.68	S
		W89	70.95	RR	71.56	RR	88.92	S	88.92	S
		W90	15.73	RRR	86.03	S	93.45	S	93.45	S
		W91	64.29	RR	0.00	RRR	73.60	R?	84.67	S
		W92	47.27	RR	0.00	RRR	75.62	R?	77.27	R?
		W93	10.30	RRR	81.59	S	96.10	S	96.10	S
	Golestan	AA1	83.33	S	65.62	RR	74.70	R?	74.70	R?
		AA2	84.05	S	70.27	RR	93.43	S	93.43	S
		AA3	27.62	RRR	91.52	S	95.81	S	95.81	S
		MA30	77.97	R?	55.29	RR	91.89	S	91.89	S
		MA26	83.44	S	54.74	RR	82.14	S	82.14	S
		MA31	58.88	RR	43.23	RR	89.38	S	89.38	S
		MA9	80.84	R?	3.93	RRR	79.03	R?	79.03	R?
		MA23	75.23	R?	77.05	R?	89.66	S	89.66	S
Avena sterilis subsp. *ludoviciana*	Golestan	P1	87.02	S	82.99	S	95.47	S	93.54	S

		P2	10.41	RRR	25.12	RRR	90.25	S	8.89	RRR
		P3	86.65	S	5.55	RRR	91.44	S	13.88	RRR
		P4	87.39	S	89.37	S	94.11	S	93.75	S
		P5	88.86	S	89.77	S	94.38	S	94.38	S
		P6	85.55	S	85.87	S	92.77	S	91.46	S
		P7	41.47	RR	78.81	R?	93.91	S	92.30	S
Phalaris minor	Mazandaran	P8	81.54	S	85.70	S	93.90	S	92.53	S
		P9	86.98	S	89.48	S	92.28	S	92.28	S
		P10	11.44	RRR	81.32	S	84.82	S	83.85	S
		P11	77.71	R?	89.08	S	94.55	S	94.17	S
		P12	96.41	S	96.59	S	96.76	S	96.67	S
		P13	91.88	S	93.86	S	96.93	S	96.77	S
		P14	91.64	S	96.46	S	97.42	S	97.17	S
		P15	90.56	S	95.15	S	96.88	S	96.55	S
		P16	93.23	S	96.28	S	96.77	S	96.64	S
	Tehran	L25	90.99	S	90.90	S	95.43	S	89.72	S
		L24	90.37	S	92.29	S	95.81	S	93.46	S
		L3	23.72	RRR	61.28	RR	92.77	S	0.00	RRR
		L4	37.29	RR	0.00	RRR	94.96	S	0.00	RRR
	Mazandaran	L5	5.42	RRR	62.85	RR	93.47	S	0.34	RRR
		L6	0.00	RRR	12.61	RRR	91.40	S	0.00	RRR
		L7	61.50	RR	44.20	RR	85.12	S	81.06	S
		L8	81.89	S	88.99	S	85.06	S	82.92	S
Lolium rigidum		L10	0.00	RRR	70.79	RR	83.03	S	72.10	R?
	Golestan	L11	12.53	RRR	0.00	RRR	90.74	S	0.00	RRR
		L12	2.08	RRR	21.59	RRR	92.62	S	30.87	RRR
	Fars	L13	2.86	RRR	0.00	RRR	92.77	S	0.00	RRR
		L14	6.20	RRR	0.00	RRR	95.39	S	0.00	RRR

* کاهش وزن تر، ** براساس روش طبقه‌بندی مقاومت که به‌وسیله ماس و همکاران (2007) پیشنهاده شده است، توده‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین صفر تا ۳۶، بین ۳۶ تا ۷۲، بین ۷۲ تا ۸۱ و بین ۸۱ تا ۱۰۰ باشد به‌ترتیب به عنوان توده‌های مقاوم (RRR)، مقاوم (RR)، مشکوک به مقاومت (R?) و حساس (S) به علف‌کش طبقه‌بندی می‌شوند.

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج آزمایش‌های غربال‌گری نشان داد که از ۱۲۴ توده باریک‌برگ مورد بررسی در مزارع گندم، ۵۲، نه، ۱۹ و ۱۷ درصد از توده‌ها به‌ترتیب به علف‌کش‌های کلودینافوپ‌پروپارژیل، پینوکسادن، مزوسولفورون+یدوسولفورون و مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان مقاومت داشتند. همچنین نتایج ارزیابی در ۴۵ توده باریک‌برگ مزارع کلزا حاکی از بروز مقاومت در ۴۷، ۴۷ و ۲۲ درصد از توده‌ها به‌ترتیب به علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ–آر–متیل، ستوکسیدیم و کلتودیم بود. از سوی دیگر، وقوع مقاومت چندگانه در ۱۱ توده (۱۳ درصد) یولاف وحشی زمستانه و نه توده (۸۲ درصد) چچم یک‌ساله به هر دو گروه از علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و ALS در مزارع گندم تایید شد. این در حالی بود که ۳۶ درصد از باریک‌برگ‌های مورد مطالعه در مزارع کلزا به علف‌کش‌های مورد مطالعه مقاومت عرضی نشان دادند (جدول‌های ۳ و ۴).

با مشاهده نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان بیان کرد که بین نوع کشت گیاه زراعی، استفاده ممتد از یک علف‌کش یا علف‌کش‌هایی با خانواده یکسان و بروز مقاومت روابط مستقیمی وجود دارد. به عنوان مثال تناوب کشت گندم و کلزا به همراه مصرف علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل در گندم و هالوکسی–فوپ–آر–متیل و ستوکسیدیم در کلزا از فراوانی بیشتری در مقایسه با سایر علف‌کش‌ها برخوردار است. نتایج این آزمایش نیز گسترش مقاومت به این سه علف‌کش در هر سه باریک‌برگ مورد مطالعه در اکثر استان‌های کشور را تایید کرد؛ به‌طوری‌که حدود نصف نمونه‌های مورد بررسی در مزارع گندم و کلزا به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل و هالوکسی‌فوپ–آر–متیل یا و ستوکسیدیم مقاومت نشان دادند. از مصرف این علف‌کش‌ها در مزارع باید برای چند سال خودداری شود.

از آنجایی که علف‌کش‌های کنترل‌کننده باریک‌برگ‌ها در مزارع گندم و کلزا از پرخطرترین گروه‌های علف‌کشی از نظر وقوع مقاومت می‌باشند، مصرف آن‌ها در سال‌های متوالی باید محدود شود (Moss *et al*., 2019). از سوی دیگر حضور گونه‌های علف‌های‌هرز در مزرعه مانند چچم که دارای خطر زیاد و یولاف وحشی که دارای خطر متوسط از نظر مقاومت می‌باشند، در کنار مصرف علف‌کش‌های پرخطر، وقوع و توسعه مقاومت را سرعت می‌بخشند. با تنوع بخشی در استفاده از روش‌هایی مانند تناوب زراعی، تناوب علف‌کش‌های با محل عمل متفاوت و بکارگیری مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز می‌توان خطر مقاومت به علف‌کش‌ها را کاهش و وقوع آن را به تاخیر انداخت (Moss *et al*., 2019; Norsworthy *et al*., 2012). لذا تناوب‌های زراعی و علف‌کشی باید طوری بکار روند که در مدیریت علف‌های‌هرز مقاوم اثربخش باشند. البته مولفه‌های مختلف مانند عدم آگاهی کافی از بروز پدیده مقاومت، عادت به سنت‌های متداول گذشته، توصیه‌های نادرست، عدم دسترسی به روش‌های دیگر و عامل مهم اقتصادی می‌تواند در اتخاذ یک رویکرد فعال در مدیریت صحیح علف‌های‌هرز با رویکرد مقابله با مقاومت موثر باشد. در نتیجه یک برنامه مدیریتی در صورتی می‌تواند به موفقیت بیانجامد که تاثیر این عوامل را واکاوی کند و سپس با در نظر گرفتن این عوامل و قابلیت کاربرد، حمایت‌های لازم برای به اجرا درآمدن توصیه‌ها در عرصه انجام شود؛ لذا مدیریت موثر پدیده مقاومت یک عملیات چندجانبه با مشارکت بخش‌های مختلف می‌باشد.

۵. منابع

Beckie, H.J., Warwick, S.I., & Sauder, C.A. (2012). Basis for herbicide resistance in Canadian populations of wildoat (*Avena fatua*). *Weed Science*, *60*(1), 10-18.

Beckie, H.J., Heap, I.M., Smeda, R.J., & Hall, L.M. (2000). Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Technology*, *14*, 428-445.

Gherekhloo, J., Osuna, M., & De Prado, R. (2012). Biochemical and molecular basis of resistance to accase-inhibiting herbicides in Iranian *Phalaris minor* Retz. populations. *Weed Research*, *52*, 367-372.

Golmohammadzadeh, S., Gherekhloo, J., Rojano-Delgado, A.M., Osuna-Ruíz, M.D., Kamkar, B., Ghaderi-Far, F., & De Prado, R. (2019). The first case of short-spiked canarygrass (*Phalaris brachystachys*) with cross-resistance to ACCase-inhibiting herbicides in Iran. *Agronomy*, *9*(7), 377.

Hassanpour-Bourkheili, S., Gherekhloo, J., Kamkar, B., & Ramezanpour, S.S. (2021). Mechanism and pattern of resistance to some ACCase inhibitors in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Gillet & Magne) biotypes collected within canola fields. *Crop Protection*, *143*, 105541.

Heap, I. (2023). *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. Retrieved May 23, 2023, from http://www.weedscience.org.

Joumi, A., Zand, E., & 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 Journal of Weed Science*, *18*(1), 10.22092/ijws.2022.353809.1387.

Keith, B.K., Lehnhoff, E.A., Burns, E.E., Menalled, F.D., & Dyer, W.E. (2015). Characterisation of *Avena fatua* populations with resistance to multiple herbicides. *Weed Research*, *55*(6), 621-630.

Molaei Moghbeli, N., Hosseini, S., Mamnoie, E., & Sasanfar, H. (2022). The first report of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) accessions'sresistance to clodinafop-propargyl herbicide in south of Kerman. *Iranian Journal of Weed Science*, *18*(1), 23-33. Doi: 10.22092/ijws.2021.354407.1391.

Moss, S., Ulber, L., & den Hoed, I. (2019). A herbicide resistance risk matrix. *Crop Protection*, *115*, 13-19.

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

Norsworthy, J., Ward, S., Shaw, D., Llewellyn, R., Nichols, R., Webster, T., & Barrett, M. (2012). Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. *Weed Science*, *60*(SP1), 31-62, 10.1614/WS-D-11-00155.1.

Papapanagiotou, A.P., Damalas, C.A., Menexes, G.C., & Eleftherohorinos, I.G. (2020). Resistance levels and chemical control options of sterile oat (*Avena sterilis* L.) in Northern Greece. *International Journal of Pest Management*, *66*(2), 106-115.

Sabet Zangeneh, H., Mohammaddust Chamanabad, H.R., Zand, E., Asghari, A., Alamisaeid, K., Travlos, I.S., & Alebrahim, M.T. (2018). Cross-and multiple herbicide resistant rigid ryegrass (*Lolium rigidum* Guad.) biotypes in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *20*(6), 1187-1200.

Sasanfar, H., Zand, E., Baghestani, M.A., Mirhadi, M.J., & Mesgaran, M.B. (2017). Cross-resistance patterns of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) accessions to accase inhibitor herbicides. *Phytoparasitica*, *45*, 419-428.

Sasanfar, H., Zand, E., Zamani, M., Keshtkar, E., & 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 Journal of Weed Science*, *17*(2), 79-98.

Shimi, P., Pourazar, R., Ghezeli, F., & Sasanfar, H. (2014). Efficiency of two commercial forms of clopyralid at different doses in controlling canola weeds. *Iranian Journal of Weed Science*, *10*, 145-153.

Zamani, M.H., Keshtkar, E., Sasanfar, H., & Zand, E. (2023). Seed germination and seedling emergence fitness of clodinafop-propargyl resistant *Lolium rigidum* populations. *Gesunde Pflanzen*, 1-9, 10.1007/s10343-022-00812-1.

Zamani, M., Keshtkar, E., Zand, E., & Sasanfar, H. (2019). Cross and multiple resistance of rye grass (*Lolium rigidum*) to some commom accase and ALS inhibitor herbicides in wheat feilds of Fars proviance. In: Proceedings of *the 8th Iranian Weed Science Congress*, 27-29 Aug., Ferdowsi University, Mashhad, Iran., pp. 643-646.

Zamani, M., Keshtkar, E., Zand, E., & Sasanfar, H. (2021). Monitoring the resistance status of canarygrass (*Phalaris minor*) accessions to some commonly used herbicides in wheat fields of five provinces in Iran. *Iranian Journal of Weed Science, 17*(1), 111-121.

Zand, E., & Baghestani, M.A. (2008). A review on five years research on herbicide resistance in Iran. In: Proceedings of *the 2nd Iranian Weed Science Congress*, 29-30 Jan., Ferdowsi University, Mashhad, Iran., pp. 98-112.

Zand, E., Baghestani, M.A., Soufizadeh, S., Eskandari, A., Pourazar, R., Veysi, M., Mousavi, K., & Barjasteh, A. (2007). Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. *Crop Protection*, *26*, 1349-1358.

Zand, E., Bena Kashani, F., Eebrahimi, M., Minbashi, M., Dastaran, F., Poorbage, M., Jamali, M., Maknali, A., Younesabadi, M., Deihimfard, R., & Fourozesh, S. (2009). Study on the resistance of problematic grass weed species to clodinafop propargyl in wheat in Iran. *Environmental Science*, *6*, 145-160.

Zand, E., Moosavi, M.R., Deihim Fard, R., Maknali, A., Bagherani, N., Fridonpoor M., & Tabatabaei, R. (2004). A survey for determining weeds resistance to herbicides in some provinces of Iran. *Environmental Science*, *2*(5), 43-53.

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