



Occurrence of Resistance of the Cowherb Weed (*Vaccaria pyramidata* Medik.) to Tribenuron-Methyl in Wheat Fields in the Western of Kermanshah Province (Gilan-e Gharb County)

Mehdi Nookani¹ | Hassan Alizadeh² | Mostafa Oveisi³ | Iraj Nosratti⁴

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mehdinookani114@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: malizade@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: moveisi@ut.ac.ir
4. Department of Plant Production and Genetics, Agriculture Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: iraj.nosratti@razi.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: February 02, 2025

Received in revised form:

March 18, 2025

Accepted: April 01, 2025

Published online:

September 23, 2025

Keywords:

ALS inhibitors,
Cowherb,
resistance level,
screening,
synthetic auxin.

Extended Abstract

Introduction:

Cowherb (*Vaccaria pyramidata* Medik.) is among the most problematic broadleaf weeds in wheat fields, capable of causing substantial yield losses. This dicotyledonous annual species from the Caryophyllaceae family reproduces exclusively by seed, and its growth cycle closely parallels that of wheat; consequently, seed maturation occurs near the time of wheat harvest. In most wheat-growing regions, acetolactate synthase (ALS)-inhibiting herbicides, particularly tribenuron-methyl, constitute the primary control strategy for this weed. However, in recent years, farmers in western Kermanshah Province have increasingly reported inadequate control, suggesting the evolution of herbicide resistance. This study aimed to assess the resistance status of *V. pyramidata* populations to tribenuron-methyl in wheat fields of western Kermanshah Province and to identify effective alternative herbicides for its management.

Materials and Methods:

To evaluate potential resistance, seeds were collected from 14 wheat fields in West Gilan County, Kermanshah Province, each with a long history of tribenuron-methyl application and documented control failures. A susceptible biotype was collected from fields with no prior exposure to this herbicide. A greenhouse experiment was conducted at the Agricultural Campus of the University of Tehran in 2022. Susceptible and putative resistant biotypes were treated with tribenuron-methyl at 0, 5, 10, 15, 20, 40, 80, 160, 320, and 640 g/ha (recommended rate: 20 g/ha). To identify herbicidal alternatives, the following products were applied at recommended rates: 2,4-D + MCPA, bromoxynil + MCPA (Bromicide), bromoxynil + 2,4-D (Buctril Universal), bentazone + dichlorprop (Basagran DP), mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican (Othello), sulfosulfuron (Apirus), mesosulfuron + iodosulfuron (Atlantis), and triasulfuron + dicamba (Lintor). Resistant and susceptible biotypes were compared through standardized screening assays.

Results and Discussion:

Among the 14 collected populations, two (R1 and R2) exhibited a high level of resistance to tribenuron-methyl, with resistance indices of 685.12 and 950.57, respectively. Despite this, all resistant and susceptible populations remained highly sensitive to Bromicide, Buctril Universal, Basagran DP, Othello, and 2,4-D + MCPA. The resistant populations displayed partial susceptibility to Apirus (14% and 36% control), Atlantis (50% and 60%), and Lintor (13% and 25%). Furthermore, the dry-weight reductions observed in the R1 and R2 biotypes following treatment with Lintor (68% and 70%) and Lontrel (51% and 23%) indicate the potential presence of multiple resistance, involving resistance to two or more herbicide modes of action.

Conclusion:

Herbicides with alternative modes of action—particularly Bromicide, Buctril Universal, Basagran DP, and 2,4-D + MCPA—were highly effective against Cowherb and represent suitable tools for managing tribenuron-methyl-resistant populations. The findings highlight the importance of herbicide rotation and integrated weed management strategies to mitigate the spread and impact of ALS-resistant *V. pyramidata* in wheat production systems.

Cite this article: Nookani, M., Alizadeh, H., Oveisi, M., & Nosratti, I. (2025). Occurrence of resistance of the cowherb weed (*Vaccaria pyramidata* Medik.) to tribenuron-methyl in wheat fields in the western of Kermanshah province (Gilan-e Gharb county). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 56(3), 83-96. Doi: 10.22059/ijfcs.2025.389691.655126.



© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: [10.22059/ijfcs.2025.389691.655126](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2025.389691.655126)



انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شماره الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

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

بروز مقاومت علف هرز جغجنگ (*Vaccaria pyramidata* Medik.) به تری بنورون-متیل در مزارع گندم غرب استان کرمانشاه (شهرستان گیلان غرب)

مهدی نوکانی^۱ | حسن علیزاده^۲ | مصطفی اویسی^۳ | ایرج نصرتی^۴

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mehdinookani114@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: malizade@ut.ac.ir

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: moveisi@ut.ac.ir

۴. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: iraj.nosratti@razi.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱ کلیدواژه‌ها: اکسین مصنوعی، بازدارنده‌های ALS، جغجنگ درجه مقاومت، غریبال‌گری.	جغجنگ (<i>Vaccaria pyramidata</i> Medik.) یکی از علف‌های هرز مهم مزارع گندم است که در سال‌های اخیر نارضایتی کشاورزان مزارع گندم غرب استان کرمانشاه از عدم کنترل آن توسط تری بنورون-متیل گزارش شده است. بنابراین، به منظور بررسی احتمال توسعه مقاومت به این علف‌کش، بذر این علف هرز از مزارعی که در آنها نارضایتی از کارایی علف‌کش گزارش شده بود جمع‌آوری شد. در یک مطالعه گلخانه‌ای که در گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران در سال ۱۴۰۱ انجام شد، توده‌های حساس و مشکوک به مقاومت به تری بنورون-متیل با غلظت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۶۰، ۳۲۰، ۶۴۰ گرم در هکتار (غلظت توصیه‌شده ۲۰ گرم در هکتار است) سم‌پاشی شدند. همچنین به منظور یافتن علف‌کش‌های جایگزین برای کنترل شیمیایی این علف هرز و نیز بررسی احتمال بروز مقاومت چندگانه، و عرضی و تاثیر غلظت توصیه‌شده سایر علف‌کش‌های گندم شامل توفوردی+ ام‌سی‌پی‌آ (یو۴۶ کمی فلوتید SL 67.5%)، بروموکسینیل+ ام‌سی‌پی‌آ (بروماسید EC40%)، بروموکسینیل+ توفوردی (بوکتریل یونیورسال EC56%)، بازاگران‌دی‌پی (بنتازون SL56.6)، مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان (اتلو OD8.25%)، سولفوسولفورون (آپروس WG75%)، مزوسولفورون+یدوسولفورون (آتلاتیس OD1.2%) و تریاسولفورون+ دایکامبا (لینتور WG 70%) بررسی شد. نتایج نشان داد که از میان ۱۴ توده مورد بررسی جغجنگ توده‌های R1 و R2 به ترتیب با درجات مقاومت ۶۸۵/۱۲ و ۹۵۰/۵۷ دارای مقاومت نسبتاً بالایی به تری بنورون-متیل بودند. نتایج حاکی از حساسیت تمام توده‌های مقاوم و حساس به بروماسید، بوکتریل یونیورسال، بازاگران‌دی‌پی، اتلو و توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ بود که در اثر تیمار با این علف‌کش‌ها از بین رفتند. همچنین، هر دو توده مقاوم با استفاده از آپروس، آتلاتیس، لونترل به ترتیب به میزان ۱۴ و ۳۶ درصد، ۵۰ و ۶۰ درصد و ۱۳ و ۲۵ درصد کنترل شدند. بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان به کشاورزان در زمینه رعایت تناوب علف‌کشی و به کارگیری علف‌کش‌های مناسب که در این بررسی به خوبی جغجنگ را کنترل کردند توصیه مدیریتی داشت.

استناد: نوکانی، م.، علیزاده، ح.، اویسی، م.، و نصرتی، ا. (۱۴۰۴). بروز مقاومت علف هرز جغجنگ (*Vaccaria pyramidata* Medik.) به تری بنورون-متیل در مزارع گندم غرب استان کرمانشاه (شهرستان گیلان غرب). *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۶(۳)، ۸۳-۹۶.
DOI: 10.22059/ijfcs.2025.389691.655126



© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

غلات از مهم‌ترین محصولات کشاورزی برای تأمین غذا و خوراک دام هستند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به حدود ۱۰ میلیارد نفر برسد و این افزایش جمعیت نیازمند دو برابر شدن تولید غذا از زمین‌های زراعی محدود است (Beffa et al., 2012). سطح زیر کشت محصول گندم ۱۷٪ از اراضی جهان را به خود اختصاص داده و ۳۵٪ از غذاهای اصلی مردم جهان را تشکیل می‌دهد (Amare et al., 2014)؛ بنابراین افزایش تولید آن ضروری به نظر می‌رسد. همچنین گندم نقش پراهمیتی در جهان و ایران دارد؛ به‌طوری‌که مصرف گندم حدود ۴۰٪ از انرژی و پروتئین مردم ایران را تأمین می‌کند (Shirinezhad, 2023). گندم پاییزه مهم‌ترین غله در ایران است که بیش از ۶۰٪ اراضی دیم را به خود اختصاص می‌دهد (Ahmadi, 2016)؛ بنابراین گندم در ایران به عنوان مهم‌ترین گیاه زراعی کشور نقش اصلی را در تأمین غذای مردم ایفا می‌کند (Esmailzadeh Moghadam et al., 2019).

کنترل علف‌های هرز در سیستم‌های زراعی یکی از گام‌های کلیدی جهت بهینه‌سازی عملکرد محصول است (Beffa et al., 2012). جلوگیری از تلفات عملکرد ناشی از علف‌های هرز در گندم از اهمیت بالایی برای پایداری مواد غذایی جهان برخوردار است (Jin et al., 2022; Mahajan & Chauhan, 2024). علف‌های هرز به دلیل کاهش حدود ۳۰٪ عملکرد محصول گندم در ایران تهدیدی جدی برای تولید محصولات زراعی محسوب می‌شوند (Nosratti et al., 2020).

یکی از علف‌های هرز مهم مزارع گندم در ایران علف هرز جغجنگ است که قادر به ایجاد خسارت قابل توجه به محصول زراعی است. جغجنگ (*V. pyramidata*) گیاهی است دولپه و یک‌ساله از خانواده میخکیان (Caryophyllaceae) که از طریق بذر تولید مثل می‌کند. خانواده Caryophyllaceae شامل سه زیرخانواده است که بیش از ۸۰ جنس و ۲۶۰۰ گونه را شامل می‌شود و به‌طور معمول و گسترده در مناطقی با آب و هوای معتدل پراکنده هستند (Katarzyna et al., 2022).

علف هرز جغجنگ هم‌زمان با گندم رشد می‌کند و دوره رشد آن با گندم تطابق زمانی دارد؛ به‌طوری‌که زمان رسیدگی بذور آن با برداشت محصول گندم تقریباً هم‌زمان بوده و وارد محصول برداشت‌شده می‌شود و در مناطق آلوده به این علف هرز شدت آلودگی محصول به حدی است که برخی از مراکز خرید گندم از خریداری محصول خودداری می‌کنند و این امر سبب ضرر و زیان کشاورزان و اجبار آن‌ها به فروش محصول با پایین‌ترین قیمت شده است.

برای کنترل این علف هرز و سایر علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع گندم در ایران و منطقه علف‌کش‌های متعددی استفاده می‌شود که می‌توان به توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (SL 67.5%)، بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ (EC40%)، بروموکسینیل + توفوردی (EC56%)، بازآگران‌دی‌پی (SL56.6)، مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان (OD8.25%)، سولفوسولفورون (WG75%)، مزوسولفورون + یدوسولفورون (OD1.2%) و تریاسولفورون + دی‌کامبا (WG70%) اشاره کرد. یکی از علف‌کش‌هایی که موارد استفاده بیشتری دارد تری بنورون-متیل یا گرانتار است که به دلایلی مانند کم‌بودن میزان مصرف، ویژگی‌های محیط زیستی مناسب، پایین بودن سمیت برای پستانداران، خاصیت انتخاب گسترده در گیاهان زراعی و کارایی بالای آن‌ها سبب محبوبیت زیاد این علف‌کش در میان کشاورزان شده است استفاده و کاربرد زیادی دارد (Dweikat et al., 2023). با این حال، در سال‌های اخیر گزارش‌های متعددی از عدم تأثیر تری بنورون-متیل در کنترل جغجنگ ارائه شده است؛ به‌طوری‌که سطح و نیز شدت آلودگی مزارع گندم به این علف هرز توسعه یافته است. تاکنون گزارشی مبنی بر بروز مقاومت جغجنگ به گرانتار در ایران به ثبت نرسیده است. همچنین روش اصلی مبارزه با جغجنگ در مزارع گندم تاکنون استفاده از تری بنورون-متیل بوده است. بنابراین احتمال می‌رود که این علف هرز به تری بنورون-متیل مقاومت پیدا کرده باشد.

در حال حاضر، ۵۳۴ مورد منحصر به فرد (گونه × محل اثر) از علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها در سطح جهان وجود دارد که شامل ۲۷۳ گونه (۱۵۶ دولپه‌ای و ۱۱۷ تک‌لپه‌ای) است. علف‌های هرز مقاوم به ۲۱ محل اثر از ۳۱ محل اثر شناخته‌شده علف‌کش‌ها و به ۱۶۸ علف‌کش مختلف تکامل یافته‌اند. علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها در ۱۰۱ محصول زراعی و در ۷۴ کشور گزارش شده‌اند (Heap, 2025).

متداول‌ترین روش مبارزه با علف‌های هرز در مزارع گندم کشور استفاده از علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات‌سینتاز (ALS) است و تری‌بنورون-متیل نیز یکی از علف‌کش‌های این خانواده شیمیایی است. با توجه به استفاده مداوم در سال‌های اخیر از تری‌بنورون-متیل، مقاومت در برابر گونه‌های پهن‌برگ نیز در حال توسعه است. در حال حاضر ۱۴ مورد (گونه×محل عمل) علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش در ایران وجود دارد؛ بنابراین از مهم‌ترین چالش‌های نوظهور در ایران مدیریت علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش در مزارع گندم است (Nosratti et al., 2020; Gharekhloo et al., 2016; Lorestani et al., 2023). هدف از این پژوهش تعیین مقاومت جغجنگ به تری‌بنورون-متیل در مزارع گندم غرب استان کرمانشاه و ارائه راه‌کارهای مناسب برای مدیریت آن است.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ روی ۱۴ توده مشکوک به مقاومت جغجنگ از مزارع گندم شهرستان گیلان غرب استان کرمانشاه که سابقه طولانی در مصرف گرانتستار داشتند در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد. در پایان فصل رشد گندم در مزارع شهرستان گیلان غرب، بذر بوته‌های زنده‌مانده جغجنگ از مزارع سم‌پاشی شده با گرانتستار جمع‌آوری شد. بذور بعد از قرار دادن در پاکت‌های کاغذی در هوای آزاد خشک و تا زمان اجرای آزمایش در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. بذور توده حساس از مزارعی که طی پنج سال اخیر سابقه مصرف علف‌کش نداشتند جمع‌آوری شد. مشخصات جغرافیایی مزارع جمع‌آوری توده‌ها در جدول ۱ آورده شده است. نام توده‌ها با علائم A تا N به‌عنوان توده مشکوک به مقاومت آورده شده است. حرف S به معنی توده حساس و علائم R1 و R2 مربوط به نمونه‌های تاییدشده مقاومت است.

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی توده‌های جمع‌آوری شده مشکوک به مقاومت در جغجنگ.

Population collected	Latitude	Longitude
R1	34.181636250152835	45.89561339467764
R2	34.186007897148826	45.863004103302956
A	34.186627	45.861955
B	34.2111333	45.837283
C	34.163936	45.866687
D	34.13905646086797	45.8955654501915
E	34.20038347646001	45.87612982839346
F	34.1641	45.871969
G	34.181636250152835	45.89561339467764
H	34.185629041136	45.86639206856489
I	34.180359	45.873586
J	34.19188299835209	45.858677700161934
K	34.19397124530859	45.868660924959183
L	34.17897188064146	45.87312374264002
S	34.1900026998796	45.85564881563187

۲-۲. آزمایش اول (غربال‌گری)

به‌منظور تعیین غربال‌گری، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه اجرا شد. برای غربال اولیه تعداد ۲۰ بذر جوانه‌دار از هر توده در گلدان‌هایی با ارتفاع ۲۰ و قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر که با خاکی که سابقه مصرف علف‌کش نداشت، پر شده بود منتقل شدند. بوته‌ها در مرحله دو تا چهار برگگی با علف‌کش گرانتستار با غلظت ۲۰ گرم در هکتار با استفاده از سم‌پاش شارژی ۲۰ لیتری که برای پاشش ۲۸۰ لیتر در هکتار کالیبره شده بود با نازل شری‌ای و فشار دو بار سم‌پاشی شدند. تعیین وضعیت مقاومت بر اساس روش ماوس و همکاران (Moss et al., 2020) شد. در این روش توده‌هایی به عنوان توده‌های مقاوم به علف‌کش شناخته شدند که درصد وزن خشک آن‌ها نسبت به شاهد تیمار نشده حداقل ۸۰ درصد باشد. در صورتی که درصد وزن خشک ۵۰ درصد باشد آن توده احتمالاً مقاوم است و در صورتی که درصد وزن خشک کمتر از ۵۰ درصد باشد توده‌ها به عنوان توده حساس در نظر

گرفته می‌شوند (جدول ۲). برای بررسی اثر دز توصیه شده سایر علف‌کش‌های مورد استفاده بر جفجنگ در گندم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول توده‌های حساس و مقاوم جفجنگ و فاکتور دوم علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش در گندم بود (جدول ۳)، همه این علف‌کش‌ها غیر از علف‌کش لونترو به‌طور معمول برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع گندم در ایران و منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به تناوب کلزا با گندم در منطقه و تراکم بالای جفجنگ در مزارع کلزا برای بررسی وضعیت مقاومت جفجنگ به علف‌کش لونترو این علف‌کش در آزمایش چندانگانه گنجانده شد. تمام مراحل این بخش از آزمایش از کاشت تا سم‌پاشی بوته‌ها مطابق با آزمایش قبل انجام شد. چهار هفته پس از سم‌پاشی بوته‌ها کف‌بر شده و برای محاسبه وزن خشک به پاکت‌های کاغذی منتقل شدند. برای محاسبه وزن خشک، بوته‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از خشک شدن کامل با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

۳-۲. آزمایش دوم (دز-پاسخ)

پس از آزمایش دز تفکیک کننده و مشاهده مقاومت با توجه به تولید بذر در توده‌های مقاوم و حفظ وزن خشک تا ۸۰ درصد نسبت به شاهد تیمار نشده، آزمایش دز-پاسخ در توده‌های مقاوم و حساس به علف‌کش گرانستار انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول توده‌های مقاوم علف هرز و فاکتور دوم هشت غلظت مختلف علف‌کش گرانستار) انجام شد. از هر توده مقاوم و حساس تعداد دو بذر جوانه‌دار شده در هر گلدان در چهار تکرار کشت شد (هر گلدان به منزله یک تکرار بود). گلدان‌ها تا زمان سم‌پاشی در گلخانه نگهداری شدند. آبیاری با توجه به نیاز گیاه به‌طور مرتب انجام شد. در مرحله دو تا چهار برگی حقیقی سم‌پاشی با گرانستار در ده غلظت (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ برابر دز توصیه شده که معادل صفر، پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۶۰، ۳۲۰، ۶۴۰ گرم در هکتار بود) به عنوان تیمار آزمایشی روی بیوتیپ‌های مقاوم و حساس اعمال شد. چهار هفته پس از سم‌پاشی برای بررسی وزن خشک در هر گلدان، بوته‌ها با استفاده از قیچی کف‌بر شدند. سپس بوته‌ها در پاکت کاغذی و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفته و نهایتاً وزن خشک آنها با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه شد.

۲-۴. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. هم‌نین ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و جهت تجزیه رگرسیونی و برازش معادله دز-پاسخ از فرمول معادله چهار پارامتره لوگ-جستیک به شرح زیر و با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۵ انجام شد: $Y = C + (D - C) / (1 + (x / ED50)^{Hillslope})$ که پارامترهای ارائه شده در آن عبارتند از: C حد پایین در شرایط بالاترین غلظت علف‌کش، D حد بالای بیشترین صفت مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد علف‌کش، ED50 غلظتی از علف‌کش که باعث کاهش ۵۰ درصد صفت مورد مطالعه شده است، Hillslope شیب خط منحنی در ناحیه‌ای که روند نمودار خطی می‌شود و Y متغیر وابسته به X است. در غربال اولیه، جمعیت‌هایی با حداقل حفظ ۵۰ درصد وزن خشک به عنوان جمعیت‌های مقاوم در نظر گرفته شدند تا با استفاده از ارزیابی منحنی‌های غلظت پاسخ (شکل ۱) جمعیت‌های حساس و مقاوم، درجه یا فاکتور مقاومت هر یک از جمعیت‌های مشکوک به مقاومت نسبت به جمعیت حساس طبق معادله زیر مشخص شود.

$$RF = \frac{GR50R}{GR50S} \quad \text{معادله ۱}$$

که در آن RF درجه مقاومت جمعیت مورد بررسی و GR50 (R) و GR50 (S) غلظتی از علف‌کش که به ترتیب سبب اعمال ۵۰ درصد اثر بازدارندگی روی جمعیت‌های مقاوم و حساس می‌شود.

جدول ۲. [D1] نتایج آزمایش دز تفکیک توده‌های مشکوک به مقاومت جنجنگ به علف کش‌ها.

Herbicide	Population	"R" ratings	Dry weight reduction (% as control)
Tribenuron-methyl	R1	RRR	3
	R2	RRR	0
	A	S	100
	B	S	90
	C	S	98
	D	S	83
	E	S	89
	F	S	90
	G	S	95
	H	S	80
	I	S	84
	J	S	81
	K	S	82
	S	S	100
2,4-D +MCPA	R1	S	88
	R2	S	81
	A	S	89
	B	S	90
	C	S	95
	D	S	89
	E	S	98
	F	S	83
	G	S	89
	H	S	98
	I	S	83
	J	S	90
	K	S	88
	S	S	100
Bromoxynil+ MCPA	R1	S	100
	R2	S	100
	A	S	98
	B	S	100
	C	S	100
	D	S	100
	E	S	99
	F	S	100
	G	S	100
	H	S	98
	I	S	100
	J	S	100
	K	S	97
	S	S	100
Bromoxynil+ 2,4-D	R1	S	100
	R2	S	100
	A	S	100
	B	S	100
	C	S	100
	D	S	100
	E	S	100
	F	S	100
	G	S	100
	H	S	100
	I	S	100
	J	S	100
	K	S	100
	S	S	100
Triasulfuron+ dicamba	R1	RR	69
	R2	RR	71
	A	S	80
	B	S	82
	C	S	80
	D	S	81
	E	S	81
	F	S	80
	G	S	80
	H	S	82
	I	S	81

Mesosulfuron+ Iodosulfuron	J	S	80
	K	S	80
	S	S	100
	R1	RR	36
	R2	RR	26
	A	S	82
	B	S	80
	C	S	83
	D	S	81
	E	S	80
	F	S	82
	G	S	80
	H	S	82
	I	S	81
Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	J	S	85
	K	S	87
	S	S	87
	R1	S	100
	R2	S	100
	A	S	99
	B	S	96
	C	S	98
	D	S	95
	E	S	99
	F	S	96
	G	S	90
	H	S	95
	I	S	97
Sulfosulfuron+ *Gate* Golden oil	J	S	95
	K	S	96
	S	S	100
	R1	RRR	15
	R2	RRR	13
	A	S	82
	B	S	80
	C	S	85
	D	S	81
	E	S	80
	F	S	80
	G	S	83
	H	S	80
	I	S	80
Bentazon+Dicloprop	J	S	85
	K	S	83
	S	S	85
	R1	S	99
	R2	S	100
	A	S	95
	B	S	85
	C	S	88
	D	S	88
	E	S	80
	F	S	85
	G	S	88
	H	S	95
	I	S	99
Clopyralid	J	S	100
	K	S	90
	S	S	100
	R1	RR	51
	R2	RR	23
	A	S	80
	B	S	82
	C	S	80
	D	S	83
	E	S	94
	F	S	80
	G	S	85
	H	S	80
	I	S	84
	J	S	82
	K	S	80
	S	RRR	2

جدول ۳. مشخصات عمومی علفکش‌های مورد استفاده در آزمایش مقاومت چنگانه و عرضی.

	Common name	Trade name	Single-purpose or dual-purpose	Mode of action	Formulation	Recommended dose kg or lit ha ⁻¹	Application time
1	2,4-D +MCPA	U46 combi fluid	Broadleaf Killer	Synthetic auxin and	67.5% SL	1-1.5	2 to 4 leaves
2	Bromoxynil+ MCPA	Bromicide	Broadleaf Killer	PSII inhibitor and synthetic auxin	40% EC	1.5	2 to 4 leaves
3	Bromoxynil + 2,4D	Boctrile	Broadleaf Killer	PSII inhibitor synthetic auxin and	56% EC	1.25-1.5	2 to 4 leaves
4	Triasulfuron+ dicamba	Linitor	Broadleaf Killer	ALS inhibitor Synthetic auxin	70% WG	0.016	2 to 4 leaves
5	Clopyralid	Lontrel	Broadleaf Killer	Acid Pyridinecarboxylic	30%SL	0. 6-0.8	2 to 4 leaves
6	Mesosulfuron+ Iodosulfuron	Atlantis	dual-purpose	ALS inhibitor	1.2% OD	1.5-2	2 to 4 leaves
7	Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican	Othello	dual-purpose	ALS inhibitor	8.25% OD	1.6	2 to 4 leaves
8	Sulfosulfuron+ *Gate* Golden oil	Apiros	dual-purpose	ALS inhibitor	75% WG	0.026 + 1	2 to 4 leaves
	Bentason+Dicloprop	Basagran DP	Broadleaf Killer	PSII inhibitor and synthetic auxin	56.6% % SL 56.6	2	2 to 4 leaves

۳. نتایج پژوهش و بحث

۳-۱. غربال‌گری

نتایج غربال‌گری بر توده‌های حساس و مقاوم جغجنگ از ۱۴ توده جمع‌آوری شده از مزارع مورد بررسی نشان داد که دو توده R1 و R2 به ترتیب با درجات مقاومت ۶۸۵/۱۲ و ۹۵۰/۵۷ به گرانستار مقاوم بودند و سایر توده‌ها با کاربرد غلظت توصیه شده (۲۰ گرم ماده موثره در هکتار) از بین رفتند. در آزمایشی نتایج بررسی واکنش توده‌های پنی‌رک گل‌ریز به کاربرد غلظت‌های مختلف گرانستار نشان داد که همه توده‌های انتخاب شده بر اساس آزمون غربال‌گری، با درجات متفاوتی به این علفکش مقاوم بودند (Kamaei et al., 2020). آزمایش‌های زیست‌سنجی روی علف هرز *Myosoton aquaticum* (L.) Moench (که این علف هرز نیز از خانواده Caryophyllaceae است) نشان داد که جمعیت‌های مقاوم JS17، JS08، JS16 و JS07 مقاومت شدیدی (۲۰۳ تا ۵۶۵ برابر) به تری بنورون-متیل داشتند (Liu et al., 2013).

۳-۲. آزمایش دز-پاسخ

نتایج این بخش از مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت مصرفی گرانستار، وزن خشک توده‌های جغجنگ حساس و مشکوک به مقاومت، به صورت سیگموئیدی کاهش یافت (شکل ۱). واکنش توده‌های مقاوم به دزهای مختلف گرانستار، با توجه به توده حساس نشان داد که توده‌های جغجنگ، دارای درجات مختلفی از مقاومت بودند. با مقایسه میان ED50 توده‌ها مشخص شد که توده‌های R1 و R2 به ترتیب با درجات مقاومت ۶۸۵/۱۲ و ۹۵۰/۵۷ گرم ماده موثره در هکتار ED50 برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک و در توده حساس ۱۵/۴۹ گرم ماده موثره علفکش نیاز بود (شکل ۲).

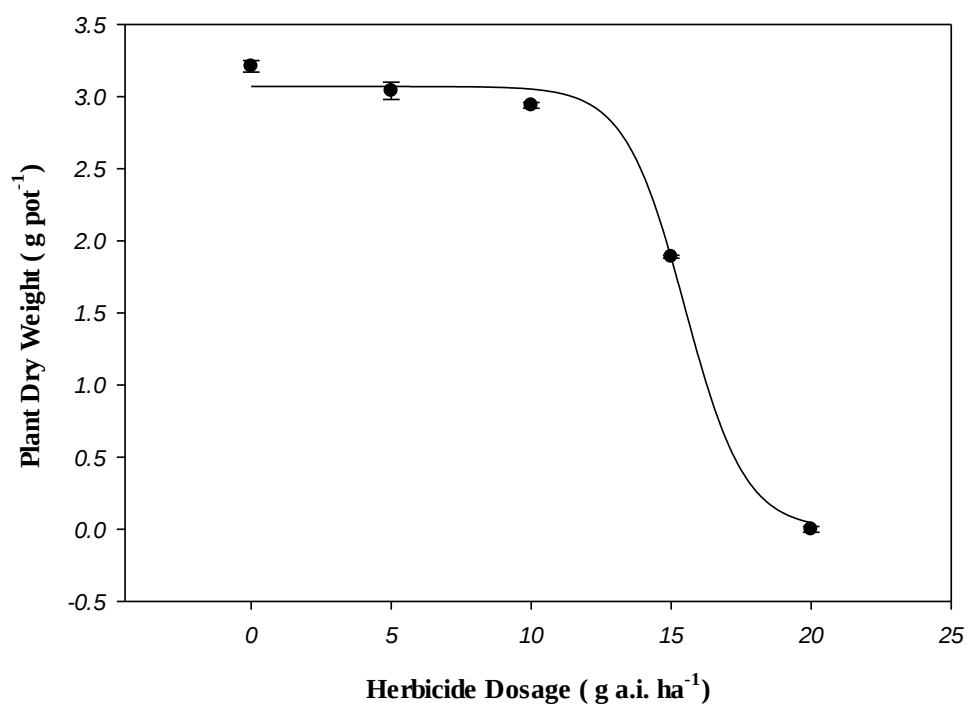
در مورد پارامتر شیب منحنی‌های غلظت پاسخ آشکار است که هرچه مقدار پارامتر شیب منحنی بیشتر باشد زیست‌توده جغجنگ با شیب تندتری در پاسخ به افزایش غلظت پاسخ علفکش کاهش می‌یابد. دانستن میزان مقاومت جمعیت‌های علف‌های هرز و علف‌کشی‌هایی که در برابر آن‌ها زنده می‌مانند، برای ارائه توصیه‌های مناسب به کشاورزان و انتخاب خط مشی مدیریت مناسب اهمیت زیادی دارد (Papapanagiotou et al., 2019).

پایش دقیق جمعیت علف‌های هرز و شناسایی زود هنگام مقاومت می‌تواند از خسارت‌های اقتصادی بلندمدت جلوگیری کند (Burgos, 2015). در پژوهشی از شاخص کاهش وزن خشک جهت تعیین مقاومت توده‌ها استفاده شده است. همچنین، در گزارش ارائه شده عنوان شد که توده F12 نسبت به سایر توده‌ها حساسیت بیشتری نشان داده است (Esmailzadeh Moghaddam et al., 2019). در بررسی مقاومت علف هرز *Myosoton aquaticum* (L.) Moench، مقاومت شدیدی به علف‌کش‌های مهارکننده ALS مشاهده شد. نتایج این بررسی نشان داد که یک جمعیت از آن مقاومت متوسطی (۶/۱۵ برابر) به تری بنورون-متیل داشت (Liu WeiTang et al., 2018). نظر به اینکه علف‌کش‌های بازدارنده ALS بیش از ۳۵ سال است (Zand, 2012) که در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند و این علف‌کش‌ها از نظر خطر مقاومت در گروه دو قرار دارند؛ با توجه به درجات بالای مقاومت در توده‌های مورد بررسی در جغجنگ در صورت نادیده گرفتن روش‌های کنترل مقاومت در منطقه توسط کارشناسان عرصه و کشاورزان انتظار می‌رود در آینده‌ای نه‌چندان دور گسترش مقاومت به بیشتر شهرستان‌های استان و حتی استان‌های دیگر افزایش یابد.

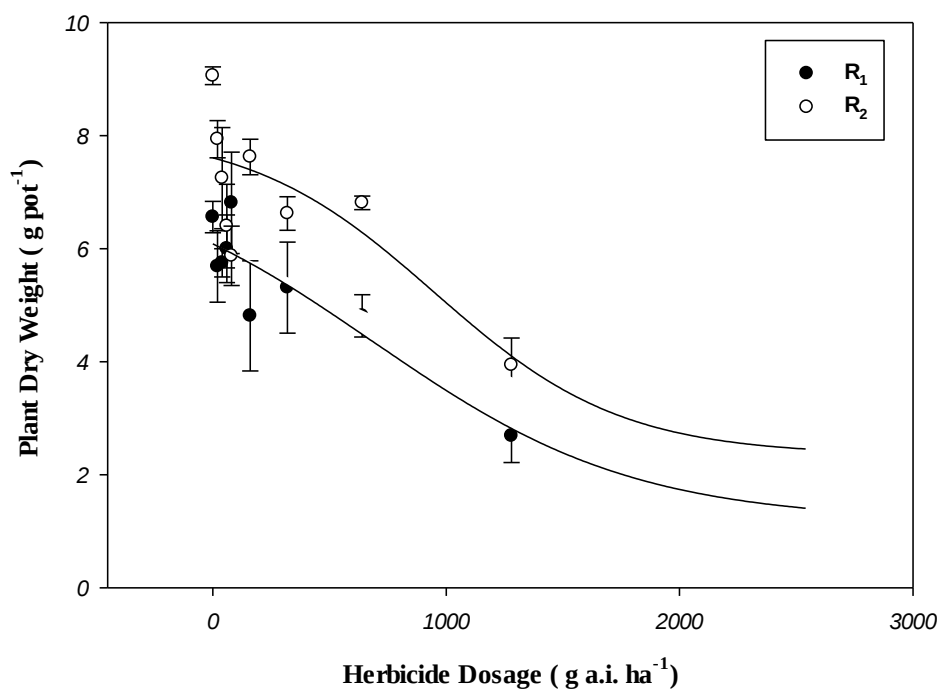
جدول ۳. پارامترهای برآورد شده توسط برازش معادله دز-پاسخ لوگ-جستیک به داده‌های وزن خشک جغجنگ (*V. pyramidata*) تیمار شده با تری بنورون-متیل.

Population a	GR50 (g a.i. ha ⁻¹) b	R ²	b	D	RI
S	15.49	0.9951	-1.0733	2.3499	-
R1	685.12	0.9110	398.8780	1.1824	44.23
R2	950.57	0.8323	561.2973	2.3499	61.36

a: S، حساس؛ R، مقاوم؛ b: GR50، میزانی از علفکش که باعث کاهش ۵۰ درصدی رشد گیاهان می‌شود. c: GR50:RI مقدار جمعیت R / مقدار GR50 جمعیت S.



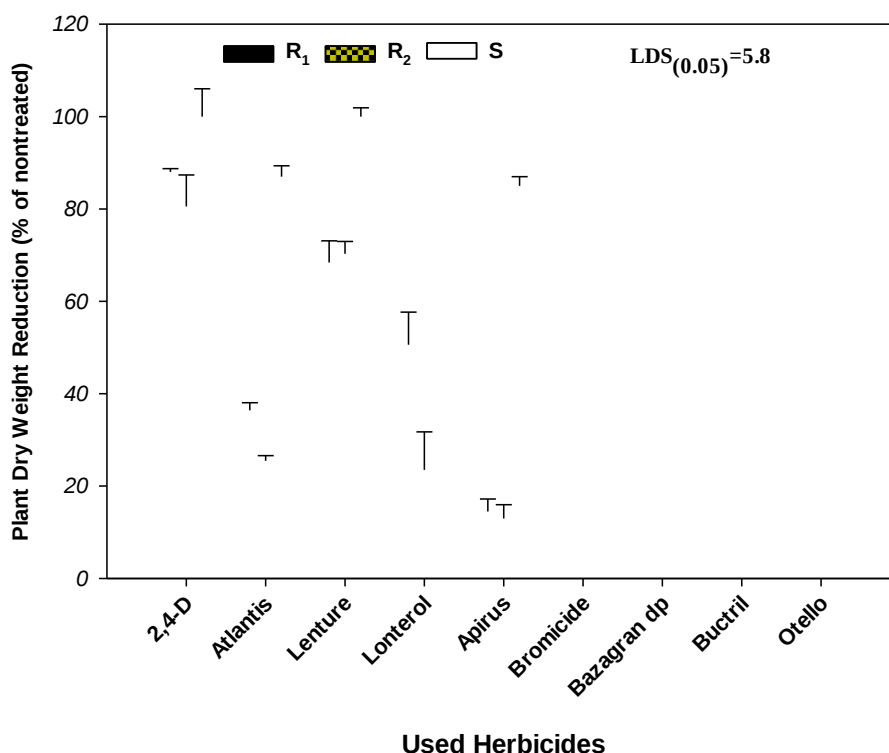
شکل ۱. تاثیر غلظت‌های مختلف تری‌بنورون-متیل بر توده حساس جفجنگ (*V. pyramidata*) از نظر وزن خشک اندام‌های هوایی نسبت به شاهد تیمار نشده.



شکل ۲. پاسخ توده‌های مقاوم جفجنگ (*V. pyramidata*) به دزهای مختلف علف‌کش گرانتستار از نظر وزن خشک اندام‌های هوایی نسبت به شاهد تیمار نشده.

۳-۳. غربالگری سایر علفکش‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل توده‌های علف هرز و علفکش‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج بررسی وزن خشک اندام‌های هوایی جغجگک در پاسخ به کاربرد سایر علفکش‌های مورد استفاده نشان داد که بیشترین کاهش وزن خشک مربوط به کاربرد علفکش‌های بروم‌ایسید، بوکتریل یونیورسال، بازاگران دی پی و اتللو و توفوردی+ام‌سی پی آ بر جمعیت‌های حساس و مقاوم جغجگک نسبت به شاهد تیمار نشده بود (شکل ۳).



شکل ۳. پاسخ توده‌های مقاوم و حساس جغجگک (*V. pyramidata*) به دزهای توصیه‌شده علفکش‌های پهن‌برگ‌کش متداول مورد استفاده در گندم و علفکش کلوپیرالید بر اساس وزن خشک اندام‌های هوایی نسبت به شاهد با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد.

بیوتیپ حساس توسط علفکش‌های مذکور و همچنین علفکش‌های لینتور، آتلاتیس، آپروس کنترل شد. از میان علفکش‌های مورد آزمایش توده‌های مقاوم R1 و R2 به ترتیب با استفاده از آتلاتیس به میزان ۳۶ و ۲۵ درصد، لینتور به میزان ۶۸ و ۷۰ درصد، لونتrel به میزان ۵۱ و ۲۳ درصد و آپروس به میزان ۱۴ و ۱۳ درصد کنترل شدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان از احتمال بروز مقاومت عرضی (مقاومت هم‌زمان به دو علفکش با یک مکانیسم عمل) به علفکش‌های آپروس و آتلاتیس (که با علفکش گرانستار در گروه بازدارنده‌های ALS از خانواده سولفونیل‌اوره‌ها هستند) دارد.

بیوتیپ حساس توسط علفکش‌های مذکور و همچنین علفکش‌های لینتور، آتلاتیس، آپروس کنترل شد. از میان علفکش‌های مورد آزمایش توده‌های مقاوم R1 و R2 به ترتیب با استفاده از آتلاتیس به میزان ۳۶ و ۲۵ درصد، لینتور به میزان ۶۸ و ۷۰ درصد، لونتrel به میزان ۵۱ و ۲۳ درصد و آپروس به میزان ۱۴ و ۱۳ درصد، کنترل شدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان از احتمال بروز مقاومت عرضی (مقاومت هم‌زمان به دو علفکش با یک مکانیسم عمل) به علفکش‌های آپروس و آتلاتیس (که با علفکش گرانستار در گروه بازدارنده‌های ALS از خانواده سولفونیل‌اوره‌ها هستند) دارد.

علفکش لونتrel نتوانست بیوتیپ‌های مقاوم و حساس را به خوبی کنترل کند و این عدم کنترل در توده حساس مشهود است. دلیل این عدم کنترل توده حساس توسط علفکش لونتrel احتمالاً تحمل ذاتی این علف هرز به علفکش لونتrel می‌باشد. در

توده‌های مقاوم به دلیل تغییراتی که در علف هرز در جهت تکامل مقاومت به علف کش گرانستار ایجاد شده است ممکن است حساسیت جغجنگک به علف کش لونتزل افزایش یافته باشد (Vencill et al., 2012). با توجه به درصد کاهش وزن خشک توده‌های مقاوم R1 و R2 به ترتیب توسط علف کش‌های لینتور به میزان ۶۸ و ۷۰، لونتزل به میزان ۵۱ و ۲۳ درصد احتمال وجود مقاومت چندگانه (مقاومت هم‌زمان دو یا چند علف کش با مکانیسم‌های عمل متفاوت) در علف هرز مورد بررسی وجود دارد.

در بررسی انجام شده روی علف هرز *Silene conoidea* (L.) (که این علف هرز نیز از خانواده Caryophyllaceae است) نشان داده شد که جمعیت مقاوم سطح مقاومت بالایی (۳۸۲/۳ برابر) به علف کش تری‌بنورون-متیل داشت. همچنین نسبت به سایر بازدارنده‌های ALS مقاومت متقاطع بالایی نشان داد؛ اما، این جمعیت با مقادیر توصیه شده علف کش‌های دیگر نظیر بنتازون، MCPA، fluroxypyr و carfentrazone-ethyl کنترل شد (Sun et al., 2022). در یک مطالعه انجام شده برای بررسی سازوکار مقاومت و مقاومت عرضی در جمعیت‌های *Amaranthus palmeri* (S.) در آزمایش‌های غلظت پاسخ مشخص شد که همه زیرجمعیت‌های مقاوم در بالاترین غلظت‌های آزمایش شده (۳۲ برابر دز توصیه شده) برای ایمیدازولینون‌ها، تری‌آزولوپیریمیدین‌ها و سولفونیل‌اوره‌ها زنده ماندند؛ درحالی که جمعیت حساس در غلظت‌های بسیار پایین‌تر کاملاً کنترل شد (Palmieri et al., 2022). همچنین در بررسی پنج جمعیت علف هرز قیاق، برای بررسی سطوح و مکانیزم‌های مقاومت به علف کش‌های مهارکننده ALS و ACCase، آزمایش‌های پاسخ گیاهان نشان داد که دو جمعیت مقاومت عرضی بالایی به همه مهارکننده‌های ALS (فورامسولفورون، نیکوسولفورون، ریم‌سولفورون، و ایمازاموکس) داشتند (Papapanagiotou et al., 2022). در بررسی مطالعه مقاومت عرضی و مکانیسم مقاومت در علف هرز *Erigeron sumatrensis* (L.) نتایج نشان داده که جمعیت مقاوم *E. sumatrensis* (L.) به علف کش‌های کلری‌مورون-اتیل و کلوران‌سولام-متیل مقاومت عرضی دارد (Vital Silva et al., 2022).

در بررسی مقاومت بیوتیپ‌های خردل وحشی *Brassica rapa* (L.) به بازدارنده‌های ALS و بازدارنده EPSPS روی پنج جمعیت، مقاومت چندگانه مشاهده شد (Dominguez-Valenzuela et al., 2023). همچنین در بررسی مقاومت *Moench Myosoton aquatic* (L.) به دسته‌های مختلفی از علف کش‌ها مشاهده شد، جمعیت AH03 مقاومت چندگانه به علف کش‌ها نشان داد. همچنین در این بررسی جمعیت AH03 مقاومت بالایی به بازدارنده‌های ALS (تری‌بنورون-متیل و دیگر علف کش‌های مرتبط) نشان داد (Bai Shuang et al., 2019). توسعه مقاومت عرضی و چندگانه در علف‌های هرز، تهدیدی بزرگ برای تولید محصولات و امنیت غذایی محسوب می‌شود، عدم دسترسی به علف کش‌های جایگزین، چالش‌های جدی را ایجاد کرده است. در یک مطالعه علف‌های هرزی مانند *Echinochloa crus-galli* (L.) و *Descurainia Sophia* (L.) مقاومت چندگانه به مهارکننده‌های ALS و سایر گروه‌های علف کش را نشان دادند، این الگوهای مقاومت منجر به شکست مدیریت علف‌های هرز شده و به افزایش چالش‌های کشاورزی کمک کرده است (XiangYing et al., 2019).

۴. نتیجه‌گیری

نتایج بررسی واکنش توده‌های جغجنگک به کاربرد دزهای مختلف تری‌بنورون-متیل نشان داد که دو توده با درجه بالایی به این علف کش مقاوم بودند. بنابراین این علف کش در منطقه، در مهار علف هرز جغجنگک در مزارع گندم کارایی لازم را ندارد. استفاده از سایر علف کش‌های پهن‌برگ کش با سازوکار اثر متفاوت از بازدارنده‌های ALS مانند برومیسید، بوکتریل‌یونیورسال، بازاگران‌دی‌پی و توفوردی+ام‌سی‌پی بهترین اثر را در کنترل این علف هرز داشتند. بنابراین، با توجه به نقش و جایگاه عمده گندم در کشور و اهمیت اقتصادی و استراتژیک آن و بحران کم‌آبی در کشور لازم به نظر می‌رسد که در روش‌های مدیریت آن تجدید نظر اساسی صورت گیرد. بنابراین اثبات مقاومت و متعاقب آن تعیین سازوکار مربوطه می‌تواند به روشن شدن این موضوع کمک کرده و منجر به ارائه راه کارهای موثر برای کنترل این علف‌های هرز شود. همچنین با این مطالعه می‌توان ضمن آگاهی بخشی به کشاورزان از گسترش آن به نقاط دیگر که سابقه آلودگی ندارند جلوگیری کرد و مقاومت را تاخیر انداخت. بنابراین، با توجه به اتکای بیش از حد کشاورزان در مزارع گندم در ایران به استفاده از تری‌بنورون-متیل آن‌هم با دزهای بالا، به دلیل خصوصیات منحصر به فرد آن، همچنین، گزارش‌های متعدد مقاومت به آن، تا حد امکان استفاده از این خانواده از علف کش‌ها خصوصاً در مناطقی که گزارش

مقاومت در آنها به ثبت رسیده به نظر می‌رسد بایستی محدود شود و با دیگر علف‌کش‌ها و همراه با سایر روش‌های کنترل علف‌های هرز جایگزین گردد.

۵. پیشنهادها

با توجه به توسعه روزافزون مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها و همچنین جایگاه ویژه گندم در امنیت غذایی کشور، بومی‌سازی دانش در مورد مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها و ارائه اطلاعات مدیریتی مناسب توسط متخصصان با در نظر گرفتن شرایط خاص منطقه‌ای مانند ایجاد تناوب در علف‌کش‌ها از دیگر خانواده‌های شیمیایی، ایجاد تناوب در محصولات کشاورزی، و تغییر رویه به سمت نهادینه کردن روش‌های غیر شیمیایی در کنترل علف‌های هرز مقاوم گامی ضروری و حیاتی به نظر می‌رسد.

۶. تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

۷. منابع

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Badzadh, H.R., Hatami, F., Fazli, M., Hoseinpour, R., Kazemian, A., Rafee, M.M., & Fzlyastbrq, R.H.W.K.A.M.R. (2016). Agricultural Statistics: Field Crops, *Ministry of Jehade-Kashavarzi*.
- Amare, T., Sharma, J.J., & Zewdie, K. (2014). Effect of weed control methods on weeds and wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. *World Journal of Agricultural Research*, 2, 124-128.
- Burgos, N.R. (2015). Whole-plant and seed bioassays for resistance confirmation. *Weed Science*, 63, 152-65.
- Dominguez-Valenzuela, J.A., Palma-Bautista, C., Vazquez-Garcia, J.G., Yannicari, M., Gigón, R., Alcántara-De la Cruz, R., De Prado, R., & Portugal, J. (2023). Convergent adaptation of multiple herbicide resistance to auxin mimics and ALS-and EPSPS-Inhibitors in *Brassica rapa* from North and South America. *Plants*, 12, 2119.
- Dweikat, I.M., Gelli, M., Bernards, M., Martin, A., & Jhala, A. (2023). Mutations in the acetolactate synthase (ALS) enzyme affect shattercane (*Sorghum bicolor*) response to ALS-inhibiting herbicides. *Hereditas*, 160, 28.
- Esmailzadeh Moghaddam, M., Khodarahmi, M., Mahmoudi, K., Akbari Moghaddam, H., Sayahfar, M., Tahmasebi, S., Lotfalie Aeineh, G.A., Naderi, A., Amir Bakhtiar, N., & Farhadi Sadr, M. (2019). Barat a new bread wheat cultivar, suitable for irrigated areas in southern warm and dry zone of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7, 139-147.
- Gherekhlou, J., Oveisi, M., Zand, E., & De Prado, R. (2016). A review of herbicide resistance in Iran. *Weed Science*, 64, 551-61.
- Heap, I. (2025). The international survey of herbicide resistant weeds. [www. weedscience.com](http://www.weedscience.com).
- Katarzyna, J., Wink, M., & Tomczyk, M. (2022). Flavonoids of the caryophyllaceae. *Phytochemistry Reviews*, 21, 179-218.
- LoRESTANI, E., Babaei, S., Tahmasebi, I., & Sabeti, P. (2023). Assessment of tribenuron methyl soil residual on crops germination properties. *Gesunde Pflanzen*, 75, 765-773.
- Mahajan, G., & Bhagirath, S.C. (2024). Multiple herbicide resistance in annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) in the southeastern cropping region of Australia. *Agronomy*, 14, 2206.
- Man, J., Chen, L., Wang Deng, X., & Tang, X. (2022). Development of herbicide resistance genes and their application in rice. *The Crop Journal*, 10, 26-35.
- Moss, S.R., Perryman, S.A.M., & Tatnell, L.V. (2007). Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): Theory and practice. *Weed Technology*, 21, 300-309.
- Nosratti, I., Sabeti, P., Chaghmirzaee, G., & Heidari, H. (2020). Weed problems, challenges, and opportunities in Iran. *Crop Protection*, 134, 104371.
- Palmieri, V.E., Larran, A.S., Martinatto, A.K., Permingeat, H.R., & Perotti, V.E. (2022). D376E, A205V and A122S substitutions recently found in *A. palmeri* confer cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides. *Advances in Weed Science*, 40, e20210079.
- Papapanagiotou, A.P., Damalas, C.A., Bosmali, I., Madesis, P., Menexes, G.C., & Eleftherohorinos, I.G. (2019). *Galium spurium* and *G. aparine* resistance to ALS-inhibiting herbicides in northern Greece. *Planta Daninha*, 37, e019207288.

- Papapanagiotou, A.P., Loukovitis, D., Ntoanidou, S., & Eleftherohorinos, I.G. (2022). Target-site cross-resistance to ALS inhibitors in johnsongrass originating from Greek cornfields. *Weed Technology*, 36, 276-282.
- Roland, B., Figge, A., Lorentz, L., Hess, M., Laber, B., Ruiz-Santaella, J.P., & Strek, H. (2012). Weed resistance diagnostic technologies to detect herbicide resistance in cereal-growing areas. A review.'
- Shuang, B., Shuang, B., FengWen, Z., ZuRen, L., HengZhi, W., Qian, W., JinXin, W., WeiTang, L., & LianYang, B. (2019). Target-site and non-target-site-based resistance to tribenuron-methyl in multiply-resistant *Myosoton aquaticum* (L.).
- Shirinezhad, A. (2023). Performance and production gaps in irrigated wheat in Parsabad Moghan. *Journal of Crop and Horticultural Production and Processing*, 13, 97–109.
- Vencill, W.K., Nichols, R.L., Webster, T.M., Soteris, J.K., Mallory-Smith, C., Burgos, N.R., Johnson, W.G., & McClelland, M.R. (2012). Herbicide resistance: Toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. *Weed Science*, 60, 2-30.
- Vital, S., Vanessa, R.M., Suzukawa, A., Adegas, F., Francismar M.G., & Rubem O.J. (2022). A target-site mutation confers cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides in *Erigeron sumatrensis* from Brazil. *Plants*, 11, 467.
- Weitang, L., Bi, Y., Li, L., Yuan, G., & Wang, J. (2013). Molecular basis of resistance to tribenuron in water starwort (*Myosoton aquaticum*) populations from China. *Weed Science*, 61, 390-95.
- WeiTang, L., Bai Shuang, B., Ning, Z., SiSi, J., Wei, L., LeLe, Z., & JinXin, W. (2018). Non-target site-based resistance to tribenuron-methyl and essential involved genes in *Myosoton aquaticum* (L.).
- XiangYing, L., ShiHai, X., Tao, Z., GuoLan, M., LaMei, W., KaiLin, L., XuGuo, Z., & LianYang, B. (2019). Herbicide resistance in China: A quantitative review.
- Ying, S., Han, Y., Ma, H., Wei, S., Lan, Y., Cao, Y., Huang, H., & Huang, Z. (2022). First report of the molecular mechanism of resistance to tribenuron-methyl in *Silene conoidea* (L.), *Plants*, 11, 3044.
- Zand, E., Baghestani, M.A., Shimi, P., Nezamabadi, N., Mousavi, M.R., & Mousavi, S.K. (2012). Chemical weed control quideline for major of Iran. *Jahade Daneshgahi Mashhad*, 176 pp.