University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

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

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 Nookani[1] | Hassan Alizadeh [2]✉ | Mostafa Oveisi[3] | Iraj Nosratti [4]

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. Departement 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 44.23 and 61.3, 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 Atlantis (36.38% and 25.45%), and Lintor (68.41% and 70.28%). Furthermore, the dry-weight reductions observed in the R1 and R2 biotypes following treatment with Lintor (68.41% and 70.28%) and Lontrel (50.59% and 23.49%), Apirus (14.48% and 12.97% control), 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

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

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

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۸۰۸۲

بروز مقاومت علف هرز جغجغک (*Vaccaria pyramidata* Medik.) به تری‌بنورون–متیل در مزارع گندم غرب استان کرمانشاه (شهرستان گیلان‌غرب)

مهدی نوکانی[۱] | حسن علیزاده[۲]✉ | مصطفی اویسی[۲] | ایرج نصرتی[۳]

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

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

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان 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

نوع مقاله: مقالهٔ 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، جغجغک درجه مقاومت، غربال‌گری.

چکیده

جغجغک (*Vaccaria pyramidata* 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 تری‌بنورون–متیل گزارش شده است. بنابراین، به‌منظور 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 تری‌بنورون–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 (یو۴۶کمبی‌فلوئید SL 67.5%)، بروموکسینیل+ امسی‌پی‌آ (بروموکسینیل+ بروموکسینیل (EC40%)، توفوردی (بوکتریل یونیورسال EC56%)، بازاگران‌دی‌پی (بنتازون SL56.6)، مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان (اتللو OD8.25%)، سولفوسولفورون (آپیروس WG75%)، مزوسولفورون+یدوسولفورون (آتلانتیس OD1.2%) و تریاسولفورون+ دایکامبا (لینتور WG 70%) بررسی شد. نتایج نشان داد که از میان ۱۴ توده مورد بررسی جغجغک توده‌های R1 و R2 به‌ترتیب با درجات مقاومت ۴۴/۲۲ و ۶۱/۳ دارای مقاومت نسبتا بالایی به تری‌بنورون–متیل بودند. نتایج حاکی از حساسیت تمام توده‌های مقاوم و حساس به بروموایسید، بوکتریل یونیورسال، بازاگران‌دی‌پی، اتللو و توفوردی+امسی‌پی‌آ بود که در اثر تیمار با این علف‌کش‌ها از بین رفتند. همچنین، هر دو توده مقاوم با استفاده از آپیروس، آتلانتیس، لونترل به ترتیب به میزان ۱۴/۴۸ و ۱۲/۹۷ درصد ، ۳۶/۳۸ و ۲۵/۴۵ درصد و ۵۰/۵۹ و ۲۳/۴۹ درصد کنترل شدند. بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان به کشاورزان در زمینه رعایت تناوب علف‌کشی و به‌کارگیری علف‌کش‌های مناسب که در این بررسی به‌خوبی جغجغک را کنترل کردند توصیه مدیریتی داشت.

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

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان

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 تامین 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 تامین غذای مردم ایفا می‌کند (Esmaeilzadeh 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 جغجغک است که قادر به ایجاد خسارت قابل توجه به محصول زراعی است. جغجغک (*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 جغجغک هم‌زمان با گندم رشد می‌کند و دوره رشد آن با گندم تطابق زمانی دارد؛ به‌طوری‌که زمان رسیدگی بذور آن با برداشت محصول گندم تقریبا 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 می شود که می‌توان به توفوردی+ امسی‌پی‌آ (SL 67.5%)، بروموکسینیل+ امسی‌پی‌آ (EC40%)، بروموکسینیل+ توفوردی (EC56%)، بازاگران‌دی‌پی (SL56.6)، مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان (OD8.25%)، سولفوسولفورون (WG75%)، مزوسولفورون+یدوسولفورن (OD1.2%) و تریاسولفورون+ دی‌کامبا (WG70%) اشاره کرد. یکی از علف‌کش‌هایی که موارد استفاده بیشتری دارد تری‌بنورون–متیل یا گرانستار است که به دلایلی مانند کم‌بودن میزان مصرف، ویژگی‌های محیط زیستی مناسب، پایین‌بودن 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 این‌حال، در سال‌های اخیر گزارش‌های متعددی از عدم تاثیر تری‌بنورون–متیل در کنترل جغجغک ارائه شده است؛ به‌طوری‌که سطح و نیز شدت آلودگی مزراع گندم به این علف هرز توسعه یافته است. تاکنون گزارشی مبنی بر بروز مقاومت جغجغک به گرانستار در ایران به ثبت نرسیده است. همچنین روش اصلی مبارزه با جغجغک در مزارع گندم تاکنون استفاده از تری‌بنورون–متیل بوده است. بنابراین احتمال می‌رود که این علف هرز به تری‌بنورون–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 تری بنورون–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; Gherekhloo *et al*., 2016; Lorestani *et al*., 2023). هدف از این پژوهش تعیین مقاومت جغجغک 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 جغجغک از مزارع گندم شهرستان گیلان‌غرب استان کرمانشاه که سابقه طولانی در مصرف گرانستار داشتند در گلخانه دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد. در پایان فصل رشد گندم در مزارع شهرستان گیلان‌غرب، بذر بوته‌های زنده‌مانده جغجغک از مزارع سم‌پاشی‌شده با گرانستار 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 جمع‌آوری‌شده مشکوک به مقاومت در جغجغک.

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 کاملا 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 برگی با علف‌کش گرانستار 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 شره‌ای 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 تیمارنشده حداقل ۸۰ درصد باشد. در صورتی‌که درصد وزن خشک ۵۰ درصد باشد آن توده احتمالا مقاوم است و در صورتی‌که درصد وزن خشک کمتر از ۵۰ درصد باشد توده‌ها به عنوان توده حساس در نظر

گرفته می‌شوند (جدول ۲). برای بررسی اثر دز توصیه‌شده سایر علف‌کش‌های مورد استفاده بر جغجغک در گندم آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول توده‌های حساس و مقاوم جغجغک و فاکتور دوم علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش در گندم بود (جدول ۳)، همه این علف‌کش‌ها غیر از علف‌کش لونترل 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 جغجغک در مزارع کلزا برای بررسی وضعیت مقاومت جغجغک به علفکش لونترل این علف‌کش در آزمایش چندگانه 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 خشک‌شدن کامل با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

۳-۲. آزمایش دوم (دز-پاسخ)

پس از آزمایش دز تفکیک‌کننده 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 به‌صورت 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 (هرگلدان 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 توصیه‌شده 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 نهایتا وزن خشک آنها با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه شد.

۴-۲. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. هم‌چنین ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و جهت تجزیه رگرسیونی و برازش معادله دز-پاسخ از فرمول معادله چهار پارامتره لوگ-لجستیک به شرح زیر و با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۵ انجام شد: $Y = C + (D- C)/(1 + (x/ ED50)^{(-Hillslope))}$

که پارامترهای ارائه‌شده 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.

معادله ۱

$$RF = \frac{GR50R}{GR50S}$$

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

جدول ۲. نتایج آزمایش دز تفکیک توده‌های مشکوک به مقاومت جنجغک به علف‌کش‌ها.

Herbicide	Population	"R" ratings	Dry weight reduction (% as control)
	R1	RRR	3
	R2	RRR	0
	A	S	100
	B	S	90
	C	S	98
	D	S	83
Tribenuron-methyl	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

	J	S	80
	K	S	80
	S	S	100
Mesosulfuron+	R1	RR	36
Iodosulfuron	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
	J	S	85
	K	S	87
	S	S	87
Mesosulfuron +	R1	S	100
Iodosulfuron +	R2	S	100
Diflufenican	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
	J	S	95
	K	S	96
	S	S	100
Sulfosulfuron+ *Gate*	R1	RRR	15
Golden oil	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
	J	S	85
	K	S	83
	S	S	85
Bentason+Dicloprop	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
	J	S	100
	K	S	90
	S	S	100
Clopyralid	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 چندگانه 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	0.165	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 جغجغک از ۱۴ توده جمع آوری‌شده از مزارع مورد بررسی نشان داد که دو توده R1 و R2 به‌ترتیب با درجات مقاومت ۶۸۵/۱۲ و ۹۵۰/۵۷ به گرانستار مقاوم بودند و سایر توده‌ها با کاربرد غلظت توصیه‌شده (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 انتخاب‌شده 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 تری‌بنورون-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 جغجغک حساس و مشکوک به مقاومت، به‌صورت سیگموئیدی کاهش یافت (شکل ۱). واکنش توده‌های مقاوم به دزهای مختلف گرانستار، با توجه به توده حساس نشان داد که توده‌های جغجغک، دارای درجات مختلفی از مقاومت بودند. با مقایسه میان ED50 توده‌ها مشخص شد که توده‌های R1 و R2 به‌ترتیب 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).

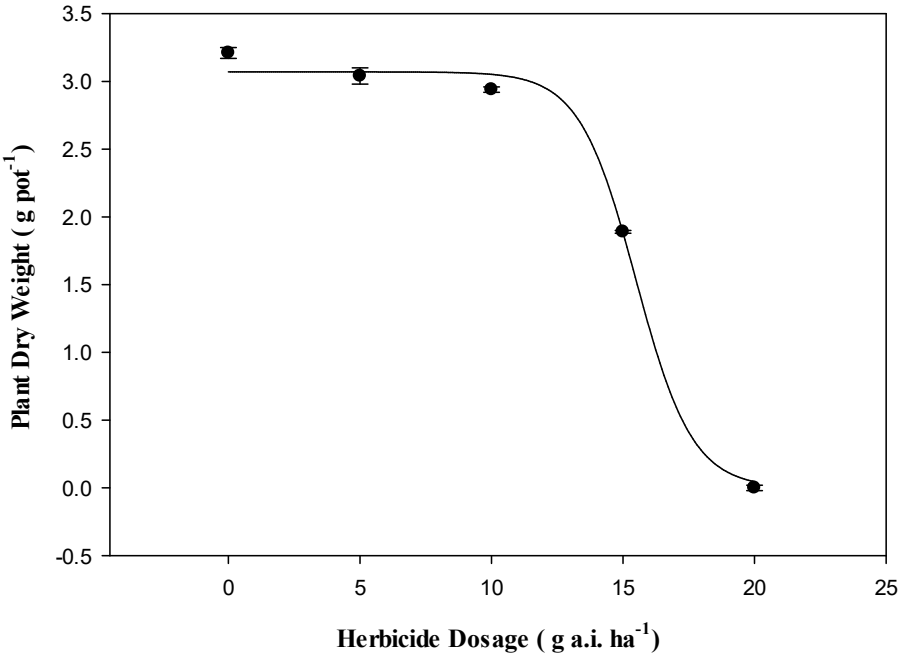
در مورد پارامتر شیب منحنی‌های غلظت پاسخ آشکار است که هرچه مقدار پارامتر شیب منحنی بیشتر باشد زیست‌توده جغجغک با شیب تندتری در پاسخ به افزایش غلظت پاسخ علف‌کش کاهش می‌یابد. دانستن میزان مقاومت جمعیت‌های علف‌های هرز و علف‌کش‌هایی که در برابر آن‌ها زنده می‌مانند، برای ارائه توصیه‌های مناسب به کشاورزان و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

پایش دقیق جمعیت علف‌های هرز و شناسایی زودهنگام 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 ارائه‌شده عنوان شد که توده F12 نسبت به سایر توده‌ها حساسیت بیشتری نشان داده است (Esmaeilzadeh Moghaddam *et al*., 2019). در بررسی مقاومت علف هرز *Myosoton aquaticum* (L.) Moenc، مقاومت شدیدی به علف‌کش‌های مهارکننده ALS مشاهده شد. نتایج این بررسی نشان داد که یک جمعیت از آن مقاومت متوسطی (۶/۱۵ برابر) به تری‌بنورون-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 جغجغک در صورت نادیده‌گرفتن 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.

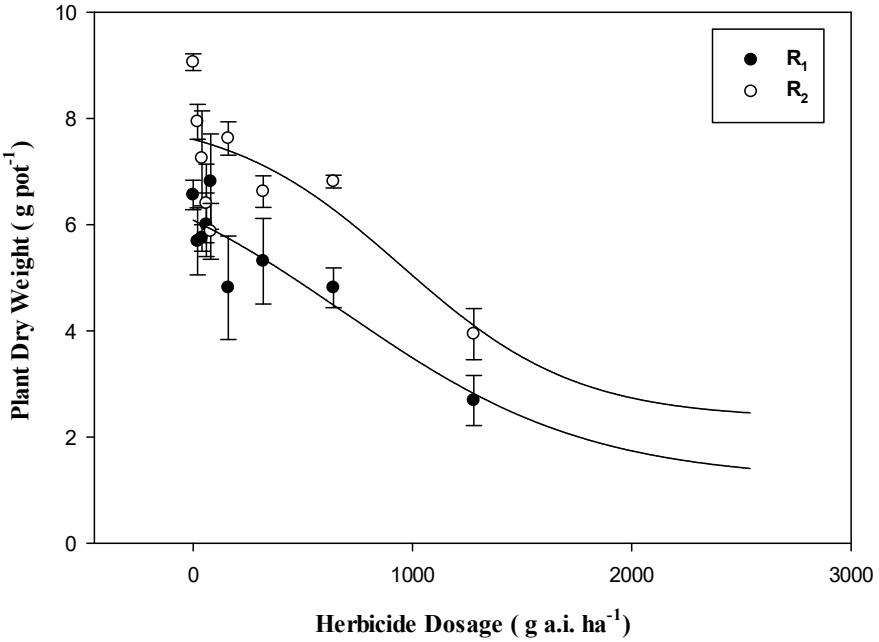
جدول ۳. پارامترهای برآوردشده توسط برازش معادله دز-پاسخ لوگ-لجستیک به داده‌های وزن خشک جغجغک *(V. pyramidata)* تیمار شده با تری‌بنورون-متیل.

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: RI:GR50 مقدار جمعیت R / مقدار GR50 جمعیت S.



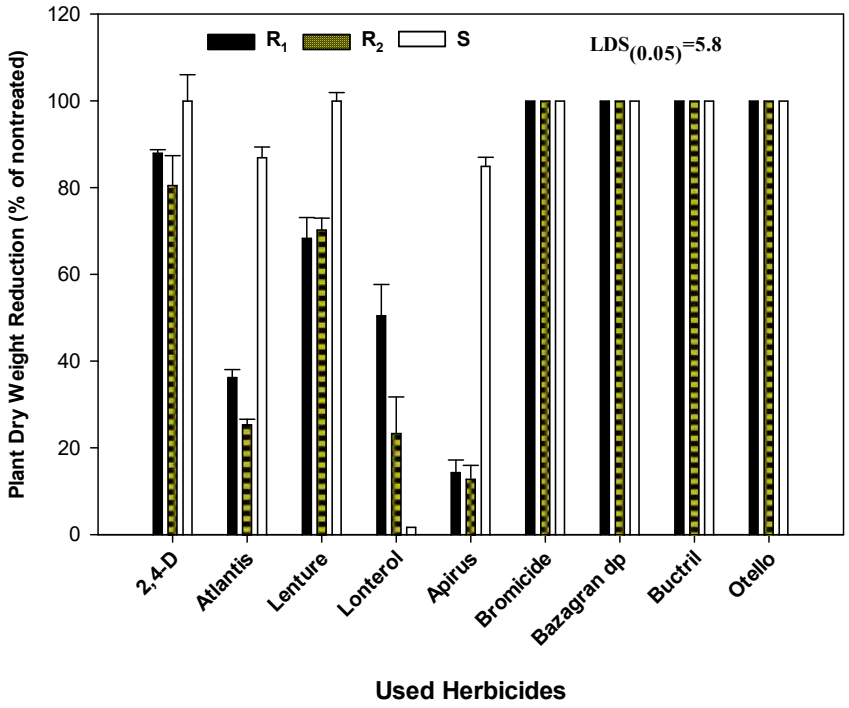
شکل ۱. تاثیر غلظت‌های مختلف تری‌بنورون-متیل بر توده حساس جغجغک *(V. pyramidata)* از نظر وزن خشک اندام‌های هوایی نسبت به شاهد تیمار نشده.



شکل ۲. پاسخ توده‌های مقاوم جغجغک *(V. pyramidata)* به دزهای مختلف علف‌کش گرانستار 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 جغجغک در پاسخ به کاربرد سایر علف‌کش‌های مورد استفاده نشان داد که بیشترین کاهش وزن خشک مربوط به کاربرد علف‌کش‌های برومایسید، بوکتریل‌یونیورسال، بازاگران‌دی‌پی و اتللو و توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ بر جمعیت‌های حساس و مقاوم جغجغک نسبت به شاهد تیمار نشده بود (شکل ۳).



شکل ۳. پاسخ توده‌های مقاوم و حساس جغجغک *(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، آتلانتیس، آپیروس کنترل شد. از میان علف‌کش‌های مورد آزمایش توده‌های مقاوم R1 و R2 به‌ترتیب با استفاده از آتلانتیس به میزان ۳۶ و ۲۵ درصد، لینتور به میزان ۶۸ و ۷۰ درصد، لونترل به میزان ۵۱ و ۲۳ درصد و آپیروس 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 آپیروس و آتلانتیس (که با علف‌کش گرانستار در گروه بازدارنده‌های ALS از خانواده سولفونیل‌اوره‌ها هستند) دارد.

بیوتیپ حساس توسط علف‌کش‌های مذکور و همچنین علف‌کش‌های لینتور، آتلانتیس، آپیروس کنترل شد. از میان علف‌کش‌های مورد آزمایش توده‌های مقاوم R1 و R2 به‌ترتیب با استفاده از آتلانتیس به میزان ۳۶ و ۲۵ درصد، لینتور به میزان ۶۸ و ۷۰ درصد، لونترل به میزان ۵۱ و ۲۳ درصد و آپیروس 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 آپیروس و آتلانتیس (که با علف‌کش گرانستار در گروه بازدارنده‌های ALS از خانواده سولفونیل‌اوره‌ها هستند) دارد.

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

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

در بررسی انجام‌شده 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 علف‌کش تری‌بنورون–متیل داشت. همچنین نسبت به سایر بازدارنده‌های ALS مقاومت متقاطع بالایی نشان داد؛ اما، این جمعیت با مقادیر توصیه‌شده علف‌کش‌های دیگر نظیر بنتازون، MCPA، fl، fluroxypyr، و carfentrazone-ethyl کنترل شد (Sun *et al*., 2022). در یک مطالعه انجام‌شده 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 آزمایش‌شده (۳۲ برابر دز توصیه‌شده) برای ایمیدازولینون‌ها، تری‌آزولوپیریمیدین‌ها و سولفونیل‌اوره‌ها زنده ماندند؛ درحالی‌که 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 علف‌کش‌های 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* نتایج نشان داده که جمعیت مقاوم *E. sumatrensis* (L.) به علف‌کش‌های 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 *Myosoton aquatic* (L.) *Moench* مقاومت به دسته‌های مختلفی از علف‌کش‌ها مشاهده شد، جمعیت AH03 مقاومت چندگانه به علف‌کش‌ها نشان داد. همچنین در این بررسی جمعیت AH03 مقاومت بالایی به بازدارنده‌های ALS (تری‌بنورون–متیل و دیگر علف‌کش‌های 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 علف‌کش‌های جایگزین، چالش‌های جدی را ایجاد کرده است. در یک مطالعه علف‌های هرزی مانند *Descurainia Sophia* (L.)، *Echinochloa crus-galli* (L.) مقاومت چندگانه به مهارکننده‌های ALS و سایر گروه‌های علف‌کش 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 جغجغک به کاربرد دزهای مختلف تری‌بنورون–متیل نشان داد که دو توده با درجه بالایی به این علف‌کش مقاوم بودند. بنابراین این علف‌کش در منطقه، در مهار علف هرز جغجغک در مزارع گندم کارایی لازم را ندارد. استفاده از سایر علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش با سازوکار اثر متفاوت از بازدارنده‌های ALS مانند بروموکسید، بوکتریل‌یونیورسال، بازاگران‌دی‌پی و توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ 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 روشن‌شدن این موضوع کمک کرده و منجر به ارائه راه‌کارهای موثر برای کنترل این علف‌های هرز شود. همچنین با این مطالعه می‌توان ضمن آگاهی‌بخشی 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 به‌فرد آن، همچنین، گزارش‌های متعدد مقاومت به آن، تا حد امکان استفاده از این خانواده از علف‌کش‌ها خصوصا 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 نهادینه‌کردن روش‌های غیر شیمیایی در کنترل علف‌های هرز مقاوم گامی ضروری و حیاتی به‌نظر 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, *Minitry 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., Yanniccari, 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.

Esmaeilzadeh 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.

Gherekhloo, 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*.

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., Chaghamirzaee, 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., Soteres, 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.