پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۳ (۴): ۳۸۵-۳۷۳ (۱۴۰۳)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 13 (4): 373–385 (2024)-*Research Article*

https://dx.doi.org/ 10.22034/arpp.2024.18600

ارزیابی مقاومت شیرپنیر *Galium aparine* به علف‌کش‌های رایج در مزارع گندم غرب و جنوب غرب ایران

مهناز مرادی[۱]، سیروان بابائی[۱]✉، ایرج نصرتی[۲]، ایرج طهماسبی[۱]

[۱]گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. [۲]گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. ✉s.babaei@uok.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

چکیده

بروز مقاومت به علف‌کش‌ها در علف‌های هرز یکی از عوامل تهدید کننده امنیت غذایی بوده و در حال حاضر یکی از بزرگترین تهدیدها برای تولید غلات در ایران و بسیاری از مناطق جهان است. به این منظور، آزمایشی در سال ۱۴۰۱ در دانشگاه کردستان جهت پی‌جویی مقاومت این علف‌هرز به علف‌کش‌های رایج روی ۳۸ توده شیرپنیر مشکوک به مقاومت مزارع گندم آبی غرب کشور شامل کامیاران، دهگلان، سقز، سنندج، ایلام و کرمانشاه انجام شد. پس از شکست خواب بذور، واکنش بذور به علف‌کش‌های توفوردی و تری بنورون متیل، در دُز توصیه شده بررسی گردید. سپس در دو آزمایش الف) دُز-پاسخ تحت تاثیر هشت دُز از علف‌کش‌های توفوردی و تری بنورون متیل و ب) مقاومت عرضی با استفاده از هشت علف‌کش ثبت شده مزارع گندم بررسی گردید. نتایج نشان داد که هیچ کدام از توده‌ها، به تری‌بنورون متیل مقاوم نبودند. چهار توده شیرپنیر مزارع شهرستان‌های مختلف به علف‌کش توفوردی، مقاوم بودند. نتایج حاصل از بررسی تاثیر سایر علف‌کش‌های مورد کاربرد در گندم روی توده‌های مقاوم به توفوردی نشان داد که همه آن‌ها به‌طور قابل توجهی به دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و مت‌سولفورون + سولفوسولفورون حساس‌تر هستند که نشان دهنده وجود مقاومت عرضی منفی در این توده‌ها می‌باشد. از دلایل وجود مقاومت عرضی منفی در توده‌های مقاوم به توفوردی، شایستگی به مراتب کمتر این توده‌ها، نسبت به توده‌های حساس است و از این ویژگی خاص می‌توان در مبارزه با علف‌های هرز مقاوم به توفوردی و استفاده از دو علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون و مت‌سولفورون + سولفوسولفورون به صورت استفاده تناوبی نام برد.

کلمات کلیدی: تری بنورون‌متیل، توفوردی، مقاومت عرضی، مقاومت عرضی منفی، بی تی راخ

Evaluation of the resistance of *Galium aparine* to common herbicides in wheat fields of Western and Southwestern Iran

Mahnaz Moradi [1], Sirwan Babaei✉[1], Iraj Nosratti and[2], Iraj Tahmasbi[1]

[1]*Department of Plant Production & Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.*[2]*Department of Plant Production & Genetics, The Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.* ✉s.babaei@uok.ac.ir

Received: 30 January 2024 Revised: 3 June 2024 Accepted: 12 June 2024

Abstract

The emergence of herbicide resistance in weeds is one of the factors threatening food security and is currently one of the biggest threats to cereal production in Iran and many other regions of the world. To this end, a study was conducted in 2022 at the University of Kurdistan to investigate the resistance of this weed to common herbicides on 38 populations of suspected-resistant *Galium aparine* collected from irrigated wheat fields in western Iran, including Kamyaran, Dehgolan, Saqqez, Sanandaj, Ilam, and Kermanshah. After breaking seed dormancy, the reaction of the seeds to the recommended doses of the herbicides 2,4-D and tribenuron-methyl (Granstar) was examined. Then, in two experiments: a) dose-response under the influence of eight doses of the herbicides 2,4-D and tribenuron-methyl, and b) cross-resistance using eight registered herbicides for wheat fields, the studies were conducted. The initial screening results showed that none of the collected populations resisted tribenuron-methyl. Four populations of *G. aparine* collected from fields in different counties were resistant to the herbicide 2,4-D. The results from examining the effect of other herbicides used in wheat on the 2,4-D-resistant populations showed that they were significantly more sensitive to the two herbicides mesosulfuron+iodosulfuron and metsulfuron + sulfosulfuron, indicating the presence of negative cross-resistance in these populations. One of the reasons for the presence of negative cross-resistance in the 2,4-D-resistant populations is their significantly lower fitness compared to the sensitive populations. This particular characteristic can be used to manage 2,4-D-resistant weeds by alternating the use of the two herbicides mesosulfuron+iodosulfuron and metsulfuron+sulfosulfuron.

Keywords: Tribenuron-methyl, 2,4-D, Cross resistance, Negative cross resistance, Stickywilly

How to cite:

Moradi M, Babaei S, Nosratti I, Tahmasbi I, 2024. Evaluation of the Resistance of *Galium aparine* to Common Herbicides in Wheat Fields of Western and Southwestern Iran. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 13 (4): 373–385.

مقدمه

گندم در رژیم غذایی انسان در سطح جهانی نقش اساسی ایفا می‌کند و حدود ۱۷ درصد از اراضی زراعی جهان را به خود اختصاص داده است (Amare *et al*. 2014). جلوگیری از کاهش عملکرد ناشی از علف‌های هرز در گندم از اهمیت بالایی برای پایداری تولید مواد غذایی برخوردار است (Van der Meulen & Chauhan 2017; Jin *et al*. 2022) زیرا علاوه بر آللوپاتی، رقابت (نور، آب، غذا و زیستگاه)، عوامل بیماری‌زا، حشرات و قارچ‌های مختلف باعث افزایش هزینه‌های داشت و برداشت و در نهایت کاهش بهره‌وری محصول می‌شوند (Schreiber *et al*. 2018; Amare *et al*. 2014). عوامل زیادی از جمله شرایط اقلیمی، خصوصیات مورفوفیزیولوژیک علف‌های هرز و مقاومت در تعیین کارایی علف‌کش‌ها نقش دارند (Nosratti & Muhammadyari 2019; Sharifi Kalyani *et al*. 2021 & 2024). علف‌های هرز پهن‌برگ که شامل ۸۴ درصد گونه‌های علف‌هرز مزارع گندم می‌باشد یک مشکل جدی در بسیاری از مناطق گندم‌کاری در ایران به شمار می‌روند (Zand *et al*. 2007; Adeli *et al*. 2022 & 2023).

علف‌هرز شیرپنیر (*Galium aparine* L.) از خانواده Rubiaceae از اوراسیا منشأ گرفته است که در مناطق معتدل و گرمسیری در سراسر جهان یافت می‌شود (Nosratti & Muhammadyari 2019)، و به‌طور گسترده در اکثر زمین‌های کشاورزی ایران پراکنده است (Mirkamali 2003). این علف‌هرز به سرعت رشد می‌کند و پس از دوره کوتاهی گل می‌دهد و در دوره رشد رویشی به گیاه مجاور چسبیده و به عنوان تکیه‌گاه از آن استفاده می‌کند این ویژگی‌ها باعث شده است، که این علف‌هرز به یک رقیب قوی برای محصولات زراعی تبدیل شود (Nosratti & Muhammadyari 2019). علاوه بر این، نتایج یک بررسی نشان داد که ۱۰ درصد از دانه‌های برداشت شده از مزارع گندم ایران آلوده به بذر شیرپنیر است و به‌طور متوسط تا ۲۰ درصد عملکرد محصول گندم زمستانه را کاهش می‌دهد (Mirkamali 2003).

تاکنون در زمین‌های زیر کشت گندم، علف‌کش‌ها نتوانسته‌اند علف‌هرز شیرپنیر را به‌طور موثری کنترل کنند (Heap 2018). در ایران، کنترل علف‌های هرز پهن برگ در گندم زمستانه منحصراً به کاربرد علف‌کش متکی بوده است (Zand *et al*. 2007). در حال حاضر، علف‌کش‌هایی که برای علف‌های هرز پهن برگ از جمله شیرپنیر درمزارع گندم ایران استفاده می‌شود به صورت پس‌رویشی و شامل: تری‌بنورون متیل، دیکلوپروپ‌پی+ مکوپروپ‌پی + MCPA، بروموکسینیل+ MCPA و توفوردی + MCPA و برخی علف‌کش‌های دو منظوره مانند سولفوسولفورون و مزوسولفورون + یدوسولفورون می‌باشد (Montazeri *et al*. 2005; Babaei *et al*. 2014). اما هیچ یک از این علف‌کش‌ها کنترل کافی در تمام فصل رشد علف‌های هرز پهن برگ را فراهم نمی‌کند که این امر نیاز به شناسایی علف‌کش‌های جدید پس از رویش را یادآوری می‌کند. فلوروکسیپیر، کلوپیرالید+ توفوردی و دیفلوفنیکان + MCPA از جمله علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش ثبت شده جدید هستند. این علف‌کش‌ها کنترل مناسب‌تری بر طیف گسترده‌ای از علف‌های هرز پهن‌برگ یک‌ساله، دوساله و چندساله را فراهم می‌کنند (Zand *et al*. 2007).

استفاده مداوم از علف‌کش‌ها، جمعیت علف‌های هرز را در معرض فشار انتخاب قرار می‌دهد و باعث گسترش سریع افراد مقاوم می‌شود که در نهایت، به جزء غالب جمعیت تبدیل می‌شوند (Nakka *et al*. 2019; Babaei *et al*. 2021 & 2022) و تا حدی ادامه می‌یابد که کنترل کافی علف‌های هرز با استفاده از این علف‌کش‌ها حاصل نشود (Gherekhloo *et al*. 2016; Markus *et al*. 2018). علف‌های‌هرز مقاوم در برابر علف‌کش اولین بار در دهه ۱۹۷۰ در ایالات متحده آمریکا و اروپا به یک مشکل جدی تبدیل شدند (Heap 2014). امروزه، فشار انتخاب برای تکامل مقاومت بسیار زیاد می‌باشد، به‌طوری که ۴۷ گونه علف‌هرز در جهان در مدت بیش از ۲۰ سال مقاوم شده‌اند (Dayan & Duke 2020). با توجه به استفاده مداوم از تری‌بنورون‌متیل در سال‌های اخیر، مقاومت گونه‌های پهن برگ نیز در حال توسعه است (Gherekhloo *et al*. 2016; Lorestani *et al*. 2022).

اکسین‌های مصنوعی در سال ۱۹۴۰ کشف شدند، اولین علف‌کش متعلق به این گروه توفوردی بود که در سال ۱۹۴۵ به‌صورت تجاری تولید و کنترل بسیار مؤثری را برای اکثر گونه‌های علف‌های هرز پهن‌برگ در غلات فراهم آورد و به همین دلیل به سرعت توسط کشاورزان در همه کشورها مورد استفاده قرار گرفت (Torra *et al*. 2017). از ۵۱ مورد مختلف گزارش مقاومت به اکسین‌های مصنوعی در سراسر جهان، در ۱۶ مورد به توفوردی، اشاره شده است (Torra *et al*. 2017). اولین مورد مقاومت به توفوردی در سال ۱۹۵۷ در دو ایالت آنتاریو در کانادا و هاوایی در آمریکا مشاهده و تاکنون ۴۷ مورد مقاومت به توفوردی مشاهده گردیده است که در ۱۷ گونه‌ی علف‌هرز می‌باشد (Heap 2023). تقریباً تمام علف‌کش‌های موجود برای

کنترل شیرپنیر در مزارع گندم و جو در ایران از اکسین‌های مصنوعی یا مهارکننده‌های ALS هستند (Nosratti & Muhammadyari 2019). مقاومت به هر دو مهارکننده اکسین مصنوعی و Acetolactate synthase (ALS) در شیرپنیر تهدیدی جدی برای تولید گندم در ایران است، و اولین گزارش از مقاومت شیرپنیر، به مهارکننده‌های ALS در ایران بوده است (Nosratti & Muhammadyari 2019).گزارش شده است که شیرپنیر در چین نیز به شیوه‌ی عملکرد اکسین مصنوعی علف‌کش مقاوم است (Heap 2018).

مقاومت عرضی (Cross resistance) یا متقاطع وقتی اتفاق می‌افتد که یک توده علف‌هرز به‌دلیل وجود یک مکانیسم مقاومت واحد در برابر دو یا چند علف‌کش با مکانیسم عمل مشابه مقاوم باشد (Zand *et al*. 2007)، مقاومت چندگانه (Multiple resistance) نیز به نوعی از مقاومت اطلاق می‌شود که گیاهان مقاوم به چند علف‌کش با مکانیسم عمل متفاوت مقاوم شده باشند (Heap 1997; HRAC 2017).

پدیده مقاومت در علف‌های هرز موجب کم‌رنگ شدن مبارزه شیمیایی و کاهش تولید در واحد سطح شده است. بنابراین لازم است بیش‌تر به پدیده مقاومت علف‌های هرز توجه گردد. لازم است گونه‌های مقاوم علف‌های هرز مزارع گندم به علف‌کش در مناطق مختلف کشور شناسایی شود و کشاورزان را نسبت به عدم استفاده از علف‌کش‌های با مکانیسم عمل یکسان آگاه نمود (Tahmasbi *et al*. 2017).

هدف از پژوهش حاضر، پی‌جویی علف‌های هرز شیرپنیر مقاوم به علف‌کش‌های رایج در مزارع گندم آبی مناطق غرب کشور و ارایه توصیه‌های مناسب جهت مدیریت آن‌هاست.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ روی ۳۸ توده شیرپنیر مشکوک به مقاومت جمع آوری شده از مزارع گندم آبی شهرستان‌های غرب کشور شامل کامیاران، دهگلان، سقز، سنندج و ایلام که سابقه طولانی در مصرف علف‌کش‌های توفوردی و تری‌بنورون‌متیل را دارند و از کارایی این دو علف‌کش ناراضی بودند، اجرا شد.

در پایان فصل رشد گندم، بذور شیرپنیر زنده مانده پس از کاربرد علف‌کش، جمع‌آوری و در پاکت‌های کاغذی بسته‌بندی و در هوای آزاد خشک و در دمای چهار درجه سلسیوس تا زمان اجرای آزمایش نگهداری شدند. بذور گونه‌های حساس نیز از مزارع رها شده یا مراتع که تا کنون در معرض سم‌پاشی قرار نگرفته‌اند، جمع‌آوری شدند. مشخصات توده‌ها، محل جمع‌آوری و همچنین علائم اختصاری آنها در جدول ۱ آمده است.

نام‌گذاری این توده‌ها، جهت سهولت در استفاده، از سه قسمت تشکیل شده است، قسمت اول نام منطقه جمع‌آوری نمونه به اختصار نوشته شده و در قسمت دوم، از حرف R به معنی مشکوک به مقاومت (که از مزرعه گندم آبی تحت کاربرد علف‌کش، جمع‌آوری شده) و حرف S به معنی توده حساس (که از مکان بدون کاربرد علف‌کش جمع‌آوری شده) و در پایان تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهرستان مذکور اشاره شده است. لازم به ذکر است که توده‌هایی که در یک گروه قرار گرفتند از لحاظ فلور علف‌های هرز و وضعیت زمین، نوع خاک و شرایط آب و هوایی تقریبا مشابه بودند.

به منظور شکستن خواب بذور مورد استفاده، ابتدا بذور شیرپنیر در آب به مدت ۲۴ ساعت خیسانده و سپس به مدت شش تا هشت ساعت زیر آب جاری قرار داده شد (Nosratti & Muhammadyari 2019) تا خواب آن‌ها برطرف و جهت کشت آماده گردند. جهت مطالعه مقاومت از روش گلدانی در سه مرحله استفاده شد.

آزمایش اول: دُز توصیه شده

به این منظور آزمایشی در زمستان و بهار ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار انجام شد. برای غربال اولیه، تعداد ۱۵ تا ۲۰ بذر جوانه زده از توده‌های هر منطقه به سینی‌های کاشت با ابعاد ۴۵ × ۳۰ × ۱۰ سانتی‌متر که با خاک مزرعه پر شده بودند، منتقل شدند. در این مرحله (دو تا چهار برگی علف‌هرز)، واکنش بوته‌ها به علف‌کش‌های توفوردی با دُز ۷۲۰ گرم ماده موثره در هکتار و تری‌بنورون‌متیل (گرانستار) با دُز ۱۸/۷۵ گرم ماده موثره در هکتار بررسی شد. کاربرد علف‌کش با استفاده از سم‌پاش پشتی شارژی، نازل شره‌ایی و فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال انجام شد.

پس از کاربرد علف‌کش، هر هفت روز یک‌بار، کارایی علف‌کش‌ها بر اساس برآورد چشمی زیست‌توده بوته‌های تیمار شده با مقیاس صفر تا ۱۰ مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مقیاس صفر نشان دهنده مرگ گیاه، یک به بوته‌های دارای ده درصد زیست‌توده نسبت به تیمار شاهد (عدم تیمار با علف‌کش) و عدد ۱۰ به بوته‌های مشابه با بوته‌های شاهد اختصاص یافت. بوته‌های با عدد زیست‌توده صفر، ۱-۳، ۴-۶ و ۷ تا۱۰ به ترتیب به عنوان گیاهان حساس (مرگ گیاه)، دارای حساسیت متوسط (توقف

رشد با خسارت شدید و عدم گلدهی علف‌هرز)، مقاومت متوسط (خسارت متوسط وعدم گلدهی) و مقاوم (خسارت متوسط یا بدون خسارت و گیاه قادر به گلدهی) لحاظ (Panozzo *et al.* 2015) و میزان خسارت وارد شده به علف‌های هرز هر سینی کشت بررسی و ثبت شد، این عمل تا چهار هفته پس از اعمال تیمارها ادامه یافت. بذرهای به‌دست آمده از بوته‌های از بین نرفته و سالم در این مرحله جهت آزمایش‌های بعدی استفاده شدند.

جدول ۱. توده‌های جمع‌آوری شده مشکوک به مقاومت در شیرپنیر.

Table 1. Collected populations of suspected resistance in *Galium aparine*.

	Population Code	City	No. of population collected	Region
1	Ila-R1	Ilam	1	Ilam
2	San-R1	Sanandaj	2	Sanandaj-Sanandaj
3	Deh-R1	Dehgolan	2	Dehgolan-Dehgolan
4	Saq-R1	Saqez	1	Saqez
5	Kam-R1	Kamyaran	3	Kilegolan- Ramsht- Mochesh
6	Kam-R2	Kamyaran	2	Paniran- Cyanav
7	Kam-R3	Kamyaran	3	Wormhang- Alak- Wormhang
8	Kam-R4	Kamyaran	2	Sarcham-Marab
9	Kam-R5	Kamyaran	2	Karegel- Kore dareh
10	Kam-R6	Kamyaran	4	Ahangaran - Mavian - Kobagar - Mavians
11	Kam-R7	Kamyaran	2	Tobre riz – Tobre riz
12	Kam-R8	Kamyaran	1	Kashtar
13	Kam-R9	Kamyaran	2	Gashki
14	Kam-R10	Kamyaran	2	Shahini- Kavaneh
15	Kam-R11	Kamyaran	3	Byar-Bakhle-Towankash
16	Kam-R12	Kamyaran	4	Aliabad - Khanemabad - Zarinjob - Zarinjob
17	Kam-R13	Kamyaran	1	Hajishure
18	Kam-S	Kamyaran	1	Useder
		Total	38	

پس از کاربرد علف‌کش، هر هفت روز یک‌بار، کارایی علف‌کش‌ها بر اساس برآورد چشمی زیست‌توده بوته‌های تیمار شده با مقیاس صفر تا ۱۰ مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مقیاس صفر نشان دهنده مرگ گیاه، یک به بوته‌های دارای ده درصد زیست‌توده نسبت به تیمار شاهد (عدم تیمار با علف‌کش) و عدد ۱۰ به بوته‌های مشابه با بوته‌های شاهد اختصاص یافت. بوته‌های با عدد زیست‌توده صفر، ۱-۳، ۴-۶ و ۷ تا ۱۰ به ترتیب به عنوان گیاهان حساس (مرگ گیاه)، دارای حساسیت متوسط (توقف رشد با خسارت شدید و عدم گلدهی علف‌هرز)، مقاومت متوسط (خسارت متوسط وعدم گلدهی) و مقاوم (خسارت متوسط یا بدون خسارت و گیاه قادر به گلدهی) لحاظ (Panozzo *et al.* 2015) و میزان خسارت وارد شده به علف‌های هرز هر سینی کشت بررسی و ثبت شد، این عمل تا چهار هفته پس از اعمال تیمارها ادامه یافت. بذرهای به‌دست آمده از بوته‌های از بین نرفته و سالم در این مرحله جهت آزمایش‌های بعدی استفاده شدند.

آزمایش دوم : آزمایش دُز-پاسخ

پس از مشاهده مقاومت، آزمایش دُز-پاسخ در توده‌های مقاوم به علف‌کش مذکور انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. پس از جوانه‌دار کردن بذور از هر توده مقاوم، سه بذر در هر گلدان کشت شد و سپس گلدان‌ها تا زمان کاربرد علف‌کش به گلخانه منتقل و در ۱۶ ساعت روشنایی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ۸ ساعت تاریکی در دمای ۱۶ درجه سلسیوس نگهداری و آبیاری به‌صورت مرتب انجام گرفت. در مرحله دو تا چهار برگی علف‌های هرز، با استفاده از علف‌کش توفوردی (از شرکت رها اندیش کاوان با دُز ۷۲۰ گرم ماده موثره در هکتار)، در هشت دُز (صفر،یک، دو، چهار، هشت، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ برابر دُز توصیه شده) تحت تیمار قرار گرفتند.

آزمایش سوم: تعیین مقاومت عرضی

آزمایش مقاومت عرضی در توده‌های مقاوم به علف‌کش‌های

مذکور در مقایسه با توده حساس انجام گرفت. این بخش از آزمایش در تابستان ۱۴۰۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با استفاده از هشت علف‌کش (جدول ۲) و با استفاده از بذور به دست آمده از آزمایش قبل انجام گرفت.

همه این علف‌کش‌های مذکور در جدول ۲، به‌طور معمول برای کنترل شیرپنیر و سایر علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع گندم در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر هفته ارتفاع بوته‌ها اندازه‌گیری شد و این کار تا چهار هفته پس از اعمال تیمارها ادامه یافت. در پایان بوته‌ها باقی‌مانده را به پاکت کاغذی منتقل و وزن خشک آن‌ها پس از خشک شدن کامل در آون در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت با استفاده از ترازوی دیجیتال بادقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید.

قبل از انجام تجزیه واریانس، از نرمال بودن باقیمانده خطاها، با استفاده از آزمون نرمالیتی شاپیرو- ویلک (Shapiro- Wilk Test)، اطمینان حاصل شد، سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. هم‌چنین ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و جهت تجزیه رگرسیونی و برازش مدل‌های دُز-پاسخ از فرمول چهار پارامتره لجستیک به شرح زیر و با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۲، انجام گرفت:

$$f1 = min + (max - min)/(1 + (\frac{x}{EC_{50}})^{-\text{Hillslope}}$$

پارامترهای ارائه شده عبارتند از: min، حد پایین صفت مورد مطالعه در شرایط بالاترین غلظت علف‌کش، max، حد بالای بیشترین صفت مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد علف‌کش، EC50، غلظتی از علف‌کش که باعث کاهش ۵۰ درصد صفت مورد مطالعه شده است، Hillslope، شیب منحنی درEC50 و f1 متغیر وابسته می‌باشد.

جدول ۲. علف‌کش‌های مورد استفاده در آزمایش مقاومت عرضی منفی (Zand *et al*. 2012).

Table 2. Herbicides used in the cross-resistance experiment.

	Common name	Trade name	Single-purpose or dual-purpose	Mode of action	Formulation	Recommended dose kg ha^{-1}
1	2,4-D +MCPA	U46 combi fluid	Broadleaf Killer	Synthetic auxin and	67.5% SL	1-1.5
2	Bromoxynil+ MCPA	Bromicide	Broadleaf Killer	PSII inhibitor synthetic auxin and	40% EC	1.5
3	Bromoxynil+ 2,4D	Boctrile	Broadleaf Killer	PSII inhibitor synthetic auxin and	56% EC	1.25-1.5
4	Triasulfuron+ dicamba	Linitor	Broadleaf Killer	ALS inhibitor Synthetic auxin	70% WG	0.016
5	Metsulfurun+ sulfosulfuron	Total	dual-purpose	ALS inhibitor	80%WG	0.04-0.05
6	Mesosulfuron+ Iodosulfsron	Atlantis	dual-purpose	ALS inhibitor	1.2% OD	1.5-2
7	Mesosulfuron+ Iodosulfsron+ Diflufenican	Othello	dual-purpose	ALS inhibitor	8.25% OD	1.6
8	Sulfosulfuron+ *Gate* Golden oil	Apyros	dual-purpose	ALS inhibitor	75% WG	0.026 + 1

*Golden Gate oil was used to mix and have a better effect on the herbicide in the sprayer.

نتایج و بحث

نتایج غربال‌گری مقاومت (جدول ۱)، نسبت به علف‌کش توفوردی نشان داد از ۳۸ توده مورد بررسی سه توده (Kam-R1، Kam-R3 و Kam-R7) از شهرستان کامیاران و یک توده (San-R1) از شهرستان سنندج مقاوم بودند. لازم به ذکر است که توده‌های مورد بررسی از شهرستان‌های دهگلان، سقز، ایلام و تعداد زیادی از توده‌های شهرستان کامیاران نیز نسبت به توفوردی حساس بوده و با دُز توصیه شده از بین رفتند. در آزمایش غربالگری مقاومت، نسبت به علف‌کش تری‌بنورون متیل، هیچ کدام از توده‌ها قادر به گل‌دهی و تولید بذر نبودند در نتیجه توده‌ی مقاوم به تری‌بنورون متیل وجود نداشت.

آزمایش دُز-پاسخ:

ماده خشک

نتایج این بخش از مطالعه نشان داد که کاربرد دُزهای مختلف علف‌کش باعث کاهش وزن خشک علف‌هرز در مقایسه با شاهد

تیمار نشده شد (شکل ۱).

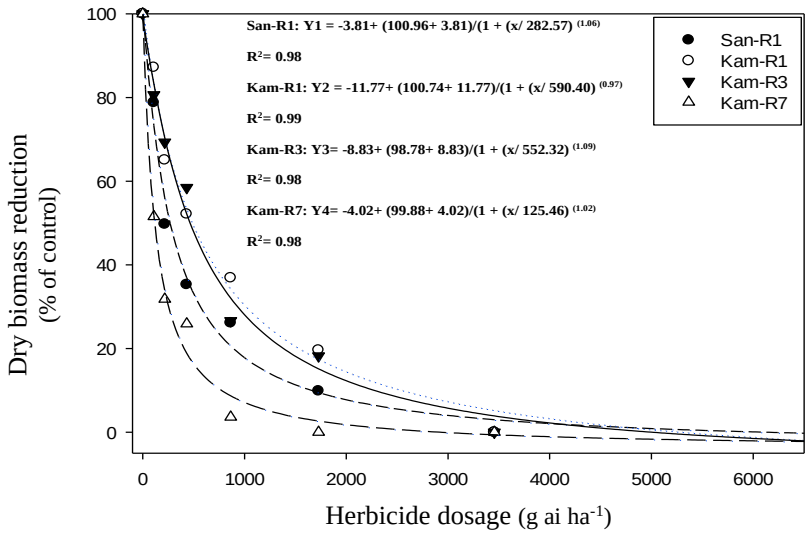
نتایج منحنی دُز پاسخ (شکل۱) نشان داد، بالا بردن دُز (در دُزهای پایین) علف‌کش، کاهش چشم‌گیری بر وزن خشک توده‌های مقاوم داشت و سپس در دُزهای بالاتر تاثیر چندانی بر وزن خشک توده‌ها نداشت و به عبارتی افزایش دُز باعث به ثبات رسیدن (میل به صفر) وزن خشک شد. همچنین با مقایسه EC50 برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک در توده مقاوم Kam-R7 مشخص گردید به ۱۲۵ گرم ماده موثره توفوردی لازم است در حالی که این مقدار برای توده مقاوم San-R1 به ۲۸۲، توده Kam-R1 به ۵۹۰ و توده Kam-R3 به ۵۵۲ گرم ماده موثره از علف‌کش مذکور لازم است. در پژوهش‌های Ismailzadeh *et al*. 2018 و Sassanfar *et al*. 2018 از منحنی وزن خشک جهت تعیین مقاومت توده‌ها استفاده شده است.

جدول ۳. پارامترهای برآورد شده زیست توده، توده‌های مقاوم حاصل از برازش تابع لجستیک چهار پارامتره در آزمون دُز- پاسخ با علف‌کش توفوردی.

Table 3. Estimated parameters of the dry weight of resistant stands obtained from fitting the four-parameter logistic function in the dose-response test with 2,4-D herbicide.

Abbreviation of population	Min	Max	Hillslope	EC_{50} (ds/m*)
San-R1	-3.81	100.96	1.06	282.57
Kam-R1	-11.77	100.74	0.97	590.40
Kam-R3	-8.83	98.78	1.09	552.32
Kam-R7	-4.02	99.88	1.02	125.46

* Decisiemens per meter



شکل ۱. تاثیر دُزهای مختلف علف‌کش توفوردی بر وزن خشک توده‌های مقاوم علف‌هرز شیرپنیر طی چهار هفته اندازه‌گیری.

Figure 1. The effect of different doses of 2,4-D herbicide on the dry biomass of resistant populations of G. aparine during four weeks of measurement.

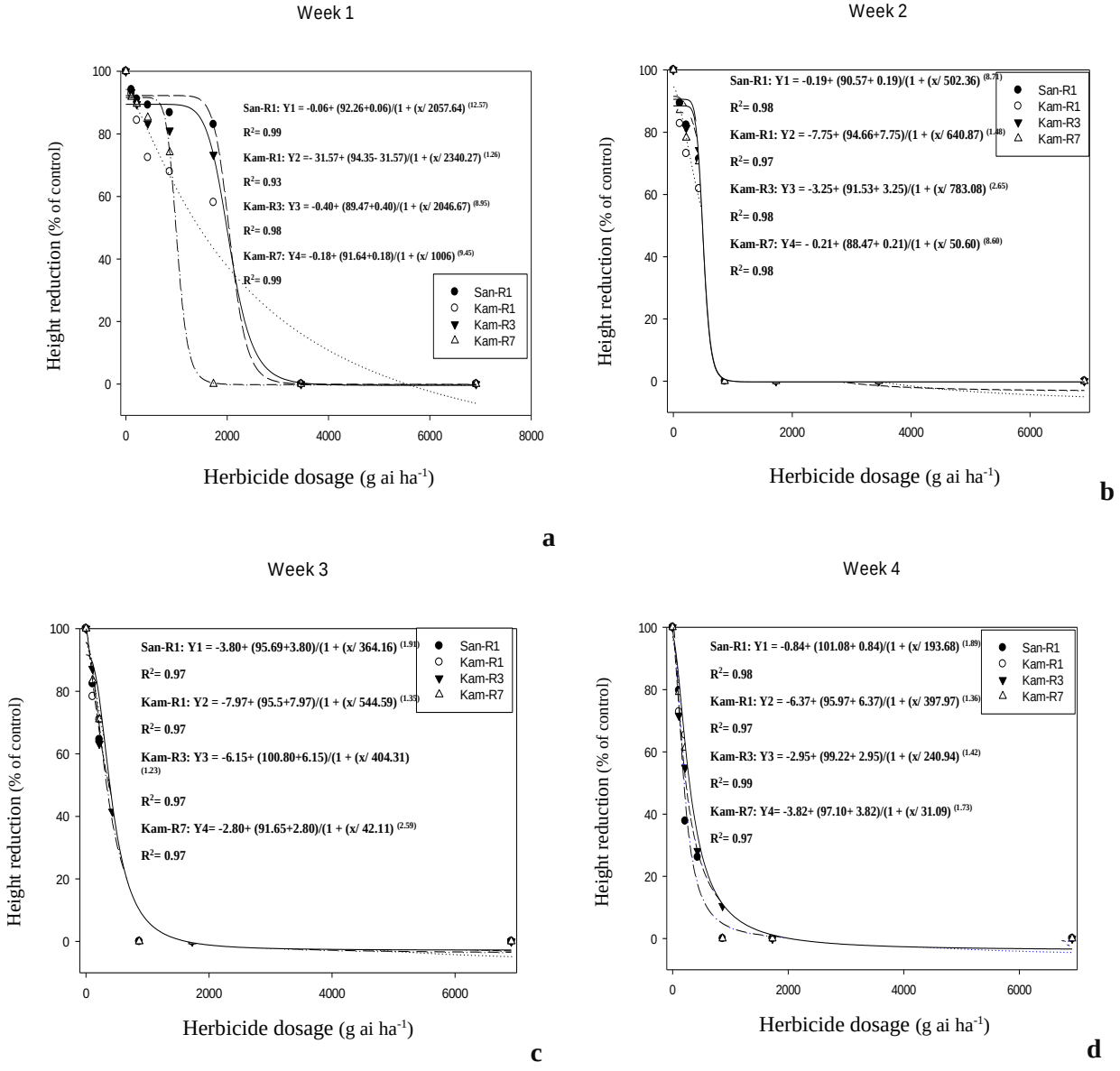
ارتفاع بوته

نتایج تاثیر دُزهای مختلف علف‌کش، بر ارتفاع بوته (شکل ۲)، نشان داد که کاربرد دُزهای مختلف علف‌کش باعث کاهش چشمگیر ارتفاع بوته در طول چهار هفته اندازه‌گیری نسبت به شاهد شد.

نتایج منحنی دُز پاسخ (شکل ۲)، نشان داد، در همان ابتدا توده مقاوم Kam-R7 دارای شیب تندتری نسبت به سایر توده‌های دیگر بوده و با افزایش دُز سریعتر به ثبات رسیده است. اما کاهش ارتفاع دو تا چهار هفته (شکل ۲ ب، ج و د)، برای سه توده دیگر طول کشیده است. همچنین مقایسه EC50 برای کاهش ۵۰ درصد ارتفاع در توده Kam-R7 در هفته اول (شکل ۲ الف)، ۱۰۰۶ گرم ماده موثره از علف‌کش توفوردی لازم است و در هفته‌ی چهارم (شکل ۲ د)، این مقدار به ۳۱ گرم ماده موثره در هکتار رسیده است این در حالی است در هفته اول مقدار EC50 (جدول ۴)، برای سه توده San-R1، Kam-R1 و Kam-R3 به‌ترتیب ۲۰۵۷، ۲۳۴۰ و ۲۰۴۶ گرم ماده موثره در هکتار می‌باشد، که بعد از ۴ هفته به‌ترتیب به ۱۹۳، ۳۹۷ و ۲۴۰ گرم ماده موثره در هکتار رسید. در تحقیقات بسیاری در بررسی

منحنی دُز-پاسخ طول گیاهچه از مقادیر EC50 برای تعیین توده‌های مقاوم به علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و پینوکسادن و تراکسوس استفاده کرده‌اند (Rastgoo *et al*. 2009; Najafi *et al*. 2012; Tatari *et al*. 2017; Ismailzadeh *et al*. 2018; Golmohammadzadeh *et al*. 2020).

بررسی منحنی دُز پاسخ در ماده خشک (شکل۱) و ارتفاع بوته (شکل۲)، نشان داد از بین چهار توده مقاوم توده Kam-R7 حساسترین توده و توده Kam- R1 مقاوم‌ترین توده بود.



شکل ۲. تاثیر دُزهای مختلف علف‌کش توفوردی بر ارتفاع توده‌های مقاوم علف‌هرز شیرپنیر طی چهار هفته اندازه‌گیری.

Figure 2. The effect of different doses of 2, 4-D herbicide on the height of resistant populations of G. aparine during four weeks of measurement.

مقاومت به سایر علف‌کش‌ها

نتایج نشان داد، مقاومت عرضی مثبت و چندگانه در علف‌کش‌های مورد استفاده مشاهده نگردید زیرا بذور شیرپنیر مقاوم فقط به توفوردی مقاوم هستند و نسبت به هیچ کدام از علف‌کش‌های مورد بررسی در این مقاله (در دُز توصیه شده) مقاومت نشان ندادند بنابراین مقاومت چند گانه و مقاومت عرضی مثبت مشاهده نگردید.

وزن خشک علف‌هرز

نتایج بدست آمده نشان داد که وزن خشک علف‌هرز شیرپنیر، نشان دهنده تاثیر معنی‌دار علف‌کش‌های مختلف بر کاهش وزن خشک و کنترل علف‌هرز مذکور می‌باشد (شکل ۳). بیشترین کاهش وزن خشک مربوط به تیمار تریاسولفورون+ دیکامبا

(کنترل کامل علف‌هرز مربوط به هر دو نوع توده مقاوم و حساس) می‌باشد که در هفته‌ی اول بعد از سم‌پاشی (بجز توده San-R1) به‌طور کامل از بین رفته‌اند (شکل ۳). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد در همه تیمارها بجز دو تیمار مزوسولفورون+ یدوسولفورون و مت‌سولفورون + سولفوسولفورون، توده حساس بلافاصله بعد از سم‌پاشی در همان هفته اول به‌طور کامل از بین رفته است، اما در دو تیمار مذکور وزن خشک توده حساس از چهار توده مقاوم بیشتر بوده است که نشان از مقاومت عرضی منفی در دو تیمار مزوسولفورون + یدوسولفورون و مت‌سولفورون + سولفوسولفورون می‌باشد (شکل ۳).

جدول ۴. پارامترهای برآورد شده ارتفاع توده‌های مقاوم حاصل از برازش تابع لجستیک چهار پارامتره در آزمون دُز- پاسخ با علف‌کش توفوردی طی ۴ هفته اندازه‌گیری.

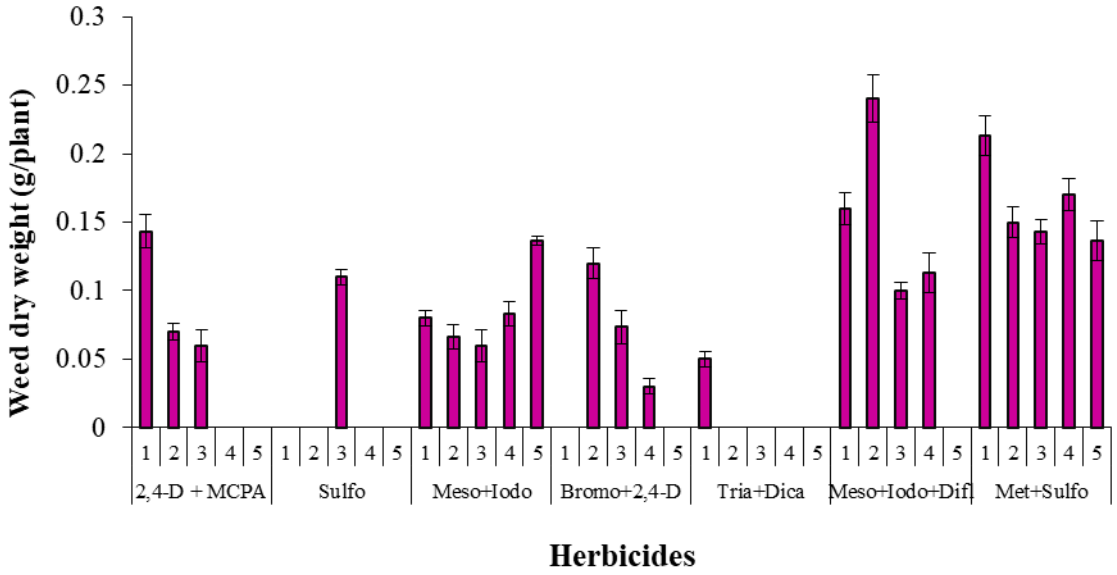
Table 4. Estimated height of resistant stands from fitting the four-point logistic function in the dose-response test with 2,4-D herbicide during four weeks of measurement.

Abbreviation of population	Week	Min	Max	Hillslope	EC50 (ds/m*)
San-R1	1	-0.06	92.26	12.57	2057.64
	2	-0.19	90.57	8.71	502.36
	3	-3.80	95/69	1.91	364.16
	4	-0.84	101.08	1.89	193.68
Kam-R1	1	-31.57	94.35	1.26	2340.27
	2	-7.75	94.66	1.48	640.87
	3	-7.97	95.5	1.35	544/59
	4	-6.37	95.97	1.36	397/97
Kam-R3	1	-0.40	89.47	8.95	2046.67
	2	-3.25	91.53	2.65	783.08
	3	-6.15	100.80	1.23	404.31
	4	-2.95	99.22	1.42	240.94
Kam-R7	1	-0.18	91.64	9.45	1006
	2	-0.21	88.47	8.60	50.60
	3	-2.80	91.65	2.59	42.11
	4	-.3.82	97.10	1.73	31.09

* Decisiemens per meter

ارتفاع علف‌هرز:

نتایج حاصل از بررسی وزن خشک (شکل ۳) و ارتفاع (شکل ۴) علف‌هرز شیرپنیر، نشان دهنده این موضوع است که همه توده‌های مقاوم به توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ به‌طور قابل توجهی به دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و مت‌سولفورون + سولفوسولفورون حساستر هستند، توده حساس Kam-S نسبت به دو علف‌کش مذکور حساس بوده، و این در حالی است که توده‌های مقاوم به توفوردی حساستر بوده و بیشتر از توده حساس تحت تاثیر علف‌کش‌ها قرار گرفته‌اند. هنگامی که یک گیاه به یک علف‌کش مقاوم می‌شود تغییرات فیزیولوژیکی دیگری ممکن است در آن رخ دهد که منجر به افزایش حساسیت به سایر خانواده‌های علف‌کش شده، گیاه جهش یافته و مقاوم که بیشتر به علف‌کش دوم حساس است، ویژگی‌های مقاومت عرضی منفی را نشان می‌دهد (Beckie *et al*. 2012) و از آنجایی که از دلایل وجود مقاومت عرضی منفی در توده‌های مقاوم به توفوردی شایستگی به مراتب کمتر این توده‌ها، نسبت به توده‌های حساس است و از این ویژگی خاص می‌توان در مبارزه با علف‌های هرز مقاوم به توفوردی و از دو علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون و مت‌سولفورون + سولفوسولفورون به صورت تناوبی استفاده کرد و در مکان‌هایی که مقاومت رخ داده است، برای کاهش جمعیت‌های مقاوم باید از نرخ‌های مختلف علف‌کش‌هایی که مقاومت متقاطع منفی ایجاد می‌کنند، استفاده گردد (Gressel & Segel 1990).



شکل ۳. تاثیر علف‌کش‌های مختلف بر وزن خشک توده‌های مقاوم و حساس علف‌هرز شیرپنیر.

Figure 3. The effect of different herbicides on the dry weight of resistant and sensitive *Galium aparine* population.

Meso+ Iodo+ Difl: Mesosulfuron + Iodosulfuron + Diflufenican
Met + sulfo: Metsulfuron + Sulfosulfuron

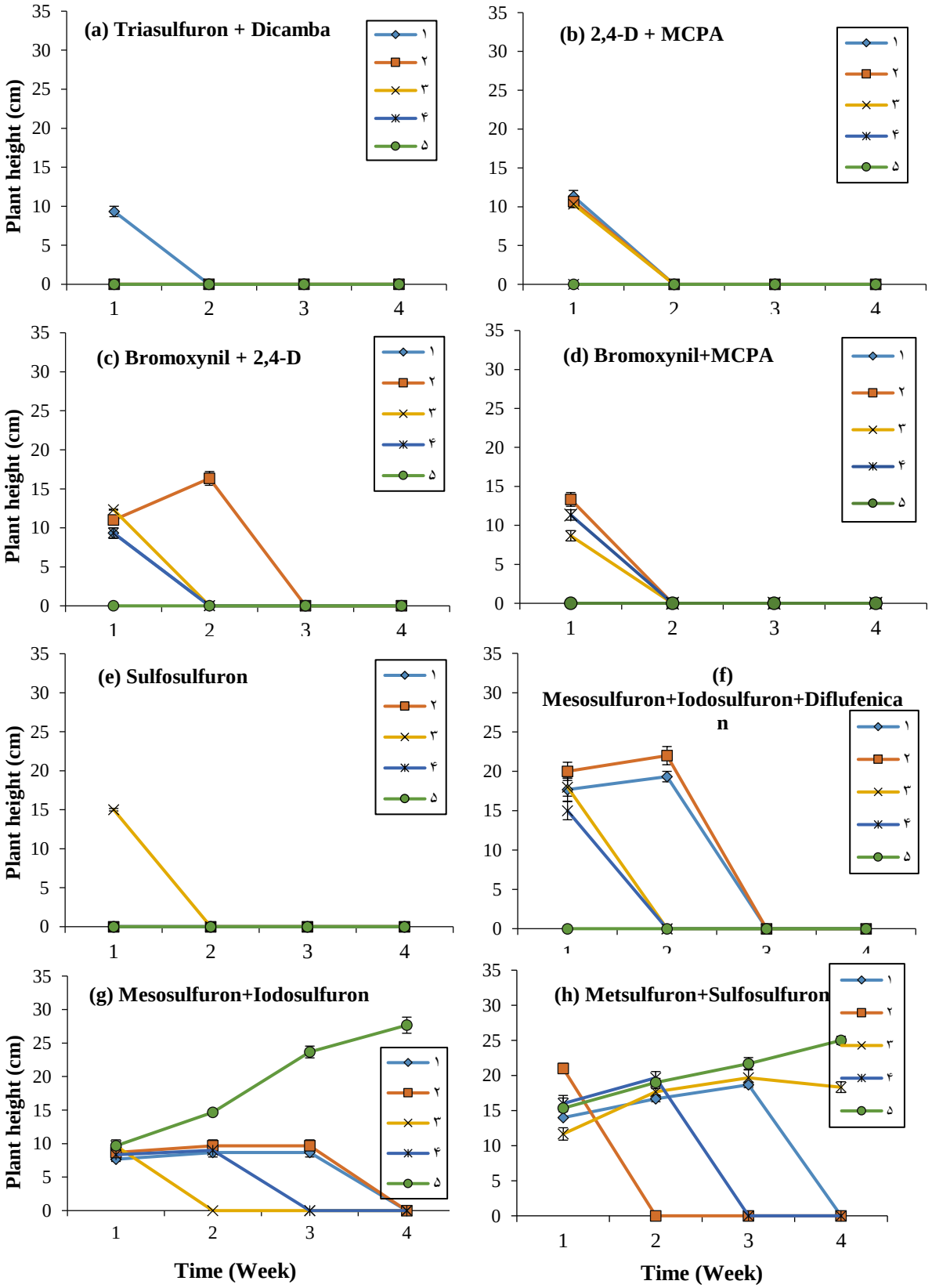
Sulfo: Sulfosulfuron
Meso+ Iodo: Mesosulfuron + Iodosulfuron
Bromo+ MCP: Bromoxynil + MCPA
Bromo + 2,4D: Bromoxynil + 2,4-D

Tria+ dica: Triasulfuron + Dicamba

1. San-R1: Resistant population
2. Kam-R1: Resistant population
3. Kam-R3: Resistant population
4. Kam-R7: Resistant population
5. Kam-S: Susceptible population

2,4D +MCP: 2,4-D + MCPA

در پژوهش‌های زیادی از مقاومت عرضی منفی در علف‌کش‌ها نام برده شده است. در مطالعه‌ای نشان داده شد، توده‌های یولاف وحشی مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ پروپرژیل، که مقاومت آن‌ها از نوع مقاومت مبتنی بر محل غیر هدف بود نسبت به هر سه خانواده آریلوکسی فنوکسی پروپینات (فوپ‌ها)، سیکلوهگزاندیون‌ها (دیم‌ها)، فنیل پیرازول‌ها (دن‌ها) مقاومت عرضی منفی نشان دادند و این در حالی است که در توده‌های یولاف وحشی مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ پروپاژیل که مقاومت آن‌ها از نوع مقاومت مبتنی بر محل هدف بوده است فقط نسبت به خانواده آریلوکسی فنوکسی پروپینات (فوپ‌ها)، مقاومت عرضی منفی نشان دادند (Zand *et al*. 2009). به‌منظور پی‌جویی مقاومت عرضی منفی آزمایشی در توده‌های مقاوم به خانواده تریازین در مزارع نیشکرکشت و صنعت کارون شوشتر، روی علف‌هرز درنه (*Saccharum officinarum* L.) انجام گرفت، که نتایج این پژوهش حاکی از مقاومت عرضی منفی توده‌های مقاوم به علف‌کش‌های تبوتیورون، لینورون، دایورون و دایورون + هگزازینون بر مبنای وزن تر و تعداد بوته را اثبات کردند. لازم به ذکر است مقاومت عرضی منفی (حساسیت) توده‌های مقاوم به دایورون + هگزازینون بیشتر از سایر علف‌کش‌ها بود (Elahifard *et al*. 2016). در مطالعه دیگری، ۱۱ مورد از ۱۸ علف‌کش مورد آزمایش، مقاومت متقاطع منفی قابل توجهی در برابر علف‌های هرز مقاوم به آترازین از خود نشان دادند که از ۳ تا ۶۷ درصد غلظت لازم برای تأثیرگذاری بر نوع حساس به تریازین متغیر بود. هیچ هم‌افزایی بین بنتازون و فلوراکسیپر در مخلوط روی *Conyza* sp. یافت نشد، حتی اگر هر دو به‌طور جداگانه مقاومت متقاطع منفی اعمال کردند (Gadamski *et al*., 2000). در مطالعه‌ای دیگر، مقاومت متقاطع منفی در بیشتر موارد، تخمین پارامترهای معادلات رگرسیون معنی‌دار بود. گیاهان مقاوم کوچیا MBK2 نسبت به گیاهان حساس به پیراسولفوتول (فاکتور مقاومت ۰/۲۵)، مزوتریون (ضریب مقاومت ۰/۴۵) و کارفنتازون (فاکتور مقاومت ۰/۵۵) حساس‌تر بودند. بنابراین، گیاهان مقاوم آن به‌ترتیب ۸۰، ۶۰ و ۵۰ درصد بیشتر از گیاهان حساس به پیراسولفوتول، مزوتریون و کارفنترازون حساس بودند (Beckie *et al*. 2012).



شکل ۴. تاثیر علف‌کش‌های مختلف بر ارتفاع توده‌های مقاوم و حساس علف‌هرز شیرپنیر.

Figure 4. The effect of different herbicides on the height of resistant and sensitive *Galium aparine* population.

1. San-R1: Resistant population; 2. Kam-R1:Resistant population; 3. Kam-R3: Resistant population; 4. Kam-R7: Resistant population; 5. Kam-S: Susceptible population

نتایج غربال‌گری مقاومت در علف‌هرز شیرپنیر نشان داد، که توده‌های مقاوم از شهرستان‌های کامیاران و سنندج بوده، این نتایج نگرانی‌هایی را در آینده در مورد استفاده از علف‌کش توفوردی در شهرستان کامیاران و سنندج ایجاد می‌کند اما در سایر شهرستان‌های مورد بررسی توده مقاوم مشاهده نشد. در غربالگری مقاومت در علف‌کش تری‌بنورون متیل در هیچ کدام از توده‌ها مقاومت مشاهده نشد و لزوم بررسی‌های بیشتر و استفاده از علف‌کش‌های جدیدتر در کنترل علف‌های هرز پهن برگ را می‌طلبد.

همچنین مقاومت چندگانه و مقاومت عرضی مثبت (علف‌کش‌های مورد بررسی در این مقاله) مشاهده نشد. نتایج حاصل از بررسی وزن خشک و ارتفاع علف‌هرز شیرپنیر نشان دهنده این موضوع بود که همه‌ی توده‌های مقاوم به توفوردی به طور قابل توجهی به دو علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون و مت‌سولفورون + سولفوسولفورون حساستر هستند، که نشان دهنده مقاومت عرضی منفی می‌باشد. بنابراین لازم است، برای مدیریت پیشگیرانه کسانی که با تولید علف‌کش‌ها و مدیریت علف‌های هرز مقاوم درگیر هستند، تشویق شوند تا اطلاعات لازم را در مورد مقاومت متقاطع منفی به دست آورند و استراتژی‌های ذکر شده در بالا را در شرایط مزرعه آزمایش کنند. در مکان‌هایی که مقاومت رخ داده است، برای کاهش جمعیت‌های مقاوم باید از دُزهای مختلف علف‌کش‌هایی که مقاومت متقاطع منفی ایجاد می‌کنند، استفاده گردد.

References

Adeli T, Tahmasebi I, Babaei S, Sadeghpour A, 2023. Assessing allelopathic potential: *Boreava orientalis* impact on *Triticum aestivum*. *Journal of Crop Protection* 12(4): 389–401.

Adeli T, Tahmasbi I, Babaei S, 2022. Environmental factors affecting seed germination and seedling emergence of waxy-leaved mustard *Boreava orientalis*. *Journal of Crop Protection* 11(3): 413–423.

Amare T, Sharma JJ, Zewdie K, 2014. Effect of Weed Control Methods on Weeds and Wheat (*TriticumAestivum* L.) Yield. *World Journal of Agricultural Research* 2(3): 124–128.

Babaei S, Alizadeh H, Baghestani MA, Naghavi, MR, 2014. Effect of some adjuvants on sulfosulfuron efficacy in *Hordeum spontaneum* control in wheat fields. *Iranian Journal of Weed Science* 10(2): 132–121.

Babaei S, Lahooni S, Mousavi SK, Tahmasbi I, Sabeti P, 2022. Efficiency of herbicides for weed control in chickpea and effect of their residues on wheat growth. *Agronomía Colombiana* 40(2): 249–257.

Babaei S, Mahmoudi G, Mohammadi N, 2021. Evaluation of the effect of chemical methods, intercropping and mulching on weed control of Field Pumpkin (*Cucurbita Pepo*). *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10(2): 23–32 (In Persian with English abstract).

Beckie HJ, Heap IA, Smeda RJ, Hall LM, Beckie HJ, 2000. Screening for herbicide resistance in weeds review screening for herbicide resistance in weeds. *Weed Technology* 14(2): 428–445.

Beckie HJ, Johnson EN, Légère A, 2012. Negative cross-resistance of acetolactate synthase inhibitor–resistant kochia (*Kochia scoparia*) to protoporphyrinogen oxidase– and hydroxyphenylpyruvate dioxygenase–inhibiting herbicides. *Weed Technology* 26(3): 570–574.

Dayan FE, Duke SO, 2020. Discovery for new herbicide sites of action by quantification of plant primary metabolite and enzyme pools. *Engineering*. 6(5): 509–514.

Elahifard A, Shamshirgarzadeh N, Abdali Mashhadi A, Moradi Rekat M, 2016. Negative cross resistance in atrazine resistant junglerice (*Echinochloa colona* Link) populations in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) fields Iran. *Iranian Plant Protection Research* 31(3): 456–465 (In Persian with English abstract).

Gadamski G, Ciarka D, Gressel J, Gawronski S W. 2000. Negative cross-resistance in triazine-resistant biotypes of *Echinochloa crus-galli* and *Conyza canadensis*. *Weed Science* 48(2): 176–180.

Gherekhloo J, Resources N, Secondary CA, Author C, Oveisi M, *et al*. 2016. A review of herbicide resistance in Iran. *Weed Science* 64(4): 551–561

Golmohammadzadeh S, Gherekhloo J, Kamkar B, Ghaderi Far F, Rojano-Delgado A, *et al*., 2020. Identifying short-spike canarygrass (Phalaris brachystachys) accessions resistant to ACCase-

inhibiting herbicides using seed bioassay technique. *Iranian Journal of Weeds Science* 16(2): 155–168 (In Persian with English abstract).

Gressel J, Segel L A, 1990. Negative cross resistance; a possible key to atrazine resistance management: a call for whole plant data. *Zeitschrift für Naturforschung C* 45(5): 470–473.

Heap IM, 1997. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. *Pesticide Science* 51(3): 235–243.

Heap I, 2014. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science* 70(9): 1306–1315.

Heap I, 2018. The international survey of herbicide resistant weeds. http://www.weed science.com/ (Accessed, September, 2018).

Heap I, 2023. The international survey of herbicide resistant weeds. www.weedscience.org (Accessed, October, 2023).

HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). 2011. Guideline to the management of herbicide resistance. HRAC Publicity Office, 4002.

Ismailzadeh Z, Eslami SV, Zand A. 2018. Investigation of the resistance of rye biotypes (*Lolium rigidum*) collected from wheat fields in Fars province to Pinoxaden herbicide. *Iranian Journal of Weeds Science* 7(2): 61–75 (In Persian with English abstract).

Jin M, Chen L, Deng XW, Tang X, 2022. Development of herbicide resistance genes and their application in rice. *The Crop Journal* 10(1): 26–35.

Lorestani E, Babaei S, Tahmasbi I, Sabeti P, 2022. Assessment of tribenuron methyl soil residual on crops germination properties. *Gesunde Pflanzen*. 1–9.

Markus C, Pecinka A, Karan R, Barney JN, Merotto A, 2018. Epigenetic regulation – contribution to herbicide resistance in weeds? *Pest Management Science* 74(2): 275–281.

Mirkamali SH, 2003. Guidebook on Weeds and Their Control in Wheat Fields. *Nashr Amoozesh Keshavarzi*. pp 150. (In Persian with English abstract).

Montazeri M, Baghestani MA, & Zand E, 2005. Weeds and Their Control in Wheat Fields of Iran. First Edition. *National Plant Protection Research Institute*. 85 pp (In Persian with English abstract).

Najafi Z, Eslami SV, Zand A, 2012. Investigation of wild oat (*Avena ludoviciana*) biotypes resistance to the clodinafop propargyl, pinoxaden herbicides, and their mixture. *Iranian Journal of Weed Science* 7(2): 77–88 (In Persian with English abstract).

Nakka S, Jugulam M, Peterson D, Asif M, 2019. Herbicide resistance: Development of wheat production systems and current status of resistant weeds in wheat cropping systems. *The Crop Journal* 7(6): 750–760.

Nosratti I, Muhammadyari A, 2019. First report of multiple resistance in *Galium aparine* to als-inhibiting and auxin analog herbicides in Kermanshah, Iran. *Planta Daninha* 37: 1–9.

Panozzo S, Scarabel L, Collavo A, Sattin M, 2015. Protocols for robust herbicide resistance testing in different weed species. *Journal of Visualized Experiments* (101): p.e52923.

Rastgoo M, Rashed Mohassel MH, Zand A, Nasiri Mahalati M, 2009. Seed bioassay to detect wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.) resistant to clodinafop-propargyl in Khuzestan wheat fields. *Iranian Journal of Crop Research* 7(2): 421–430. (In Persian with English abstract).

Sassanfar HR, Zand A, Baghestani MA, Mirhadi MJ, 2009. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to clodinafop propargyl herbicide in Fars province. *Environmental Science* 7(1): 109–118. (In Persian with English abstract).

Schreiber F, Scherner A, Andres A, Concenço G, Goulart F, 2018. Competitive ability of rice cultivars in the era of weed resistance. In: Plant Competition in Cropping Systems. Intech Open. 104 pp.

Sharifi Kaliani F, Babaei S, ZafarSohrabpour Y, 2021. Study of the effects of dusts on the morphological and physiological traits of some crops. *Journal of Plant Production Research 28*(3): 205–220.

Sharifi Kalyani F, Babaei S, Zafarsohrabpour Y, Nosratti I, Gage K, Sadeghpour A, 2024. Investigating the impacts of airborne dust on herbicide performance on *Amaranthus retroflexus*. *Scientific Reports* 14(1), p.3785.

Tahmasbi B, Alebrahim MT, Fakhari R, Zand E, De Prado R, 2017. A look at the phenomenon of weed resistance to herbicides; from theory to exploitation. *Weed Research Journal* 9(1): 83–101. (In Persian with English abstract).

Tatari S, Gherekhloo J, Siah Margoui A, Kazemi H, 2017. Identification of resistant populations of wild winter oat (*Avena ludoviciana* Durieu) to ACCase inhibitor herbicides in wheat fields of Gonbadkavus city and preparation of their distribution map. *Journal of Plant Production* 41(2): 103–116. (In Persian with English abstract).

Torra J, Rojano-Delgado AM, Rey-Caballero J, Royo-Esnal A, Salas ML, *et al*., 2017. Enhanced 2,4-D metabolism in two resistant *Papaver Rhoeas* populations from Spain. *Frontiers in Plant Science* 8: p.1584.

Van der Meulen A, Chauhan BS, 2017. A review of weed management in wheat using crop competition. *Crop Protection* 95: 38–44.

Zand E, Ali M, Soufizadeh S, Pourazar R, 2007. Broadleaved weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with post-emergence herbicides. *Journal of Crop Protection* 26(5): 746–752. (In Persian with English abstract).

Zand A, Baghestani MA, Bana Kashani F, Dastaran F, 2009. Investigating the efficacy of herbicides in *Avena ludoviciana* Durieu resistant and sensitive to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitor herbicides, *Journal of Plant Protection* 24(3): 242–251. (In Persian with English abstract).

Zand A, Baghestani MA, Shimi P, Nizamabadi N, Mousavi SM, Mousavi SK, 2012. Guide To The Chemical Control of Weeds In Important Agricultural and Horticultural Crops of Iran (With The Approach of Correct Application and Reducing The Use of Herbicides). University of Mashhad Press.176 pp.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons .org/licenses/by-nc/2.0/)