پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۲ (۴): ۴۷۳-۴۶۱ (۱۴۰۲)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 12 (4): 461–473 (2023)-*Research Article*

https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2022.15655

پی‌جویی مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در توده‌های یولاف وحشی *Avena ludoviciana* مزارع گندم در برخی مناطق غرب و جنوب غرب ایران

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

[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: ۱۴۰۲/۰۳/۰۵ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷

چکیده

بروز مقاومت به علف‌کش‌ها در علف‌های هرز یکی از عوامل تهدید کننده کاهش عملکرد در مزارع گندم ایران است. یک مطالعه گلخانه‌ای، در سال ۱۴۰۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به‌منظور بررسی مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌های رایج در مزارع گندم آبی در برخی از شهرستان‌های غرب و جنوب غرب کشور شامل کامیاران، دهگلان، سقز، سنندج، شوشتر، ایلام و کرمانشاه انجام گردید. در پایان فصل رشد در مزارعی که کشاورزان از کارایی علفکش‌ها در کنترل علف‌های هرز ناراضی و مشکوک به مقاومت بودند، اقدام به جمع‌آوری بذر گردید، نتایج انجام غربال اولیه نشان داد که از ۴۴ توده مورد بررسی سه توده یولاف وحشی به علفکش کلودینافوپ پروپارژیل، مقاوم بودند. نتایج حاصل از بررسی تاثیر شش علف‌کش مورد کاربرد در گندم روی توده‌های مقاوم به کلودینافوپ پروپارژیل نشان داد که همه آن‌ها به‌طور قابل توجهی به دو علف‌کش سولفوسولفورون و مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان حساس‌تر بودند که نشان دهنده وجود مقاوت عرضی منفی در این توده‌ها می‌باشد. از دلایل وجود مقاومت عرضی منفی در توده‌های مقاوم به کلودینافوپ شایستگی به مراتب کمتر این توده‌ها، نسبت به توده‌های حساس است. از پدیده مقاومت عرضی منفی در علف‌های هرز مقاوم به کلودینافوپ می‌توان به‌عنوان یک نقطه ضعف در اتخاذ استراتژی‌های مدیریت علف‌های هرز مقاوم به این علف‌کش بهره جست.

کلمات کلیدی: غلظت- پاسخ، کلودینافوپ‌پروپارژیل، مقاومت، علف‌کش، مقاومت عرضی منفی

Assessing resistance to Clodinafop-propargyl herbicide in wild oat *Avena ludoviciana* populations in wheat fields of some western and southwestern regions of Iran

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

[1]Department of Plant Production and Genetic, 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: 26 May 2023 Revised: 21 July 2023 Accepted: 29 July 2023

Abstract

The emergence of herbicide resistance in weeds is one of the factors threatening yield reduction in wheat fields in Iran. A greenhouse study was conducted in 1401 in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture of the University of Kurdistan in order to investigate the resistance of weeds to common herbicides in wheat fields in some western cities of the country, including Kamyaran, Dehgolan, Saqqez, Sanandaj, Shushtar, Ilam and Kermanshah. At the end of the growing season, seeds were collected in fields where farmers were dissatisfied with the effectiveness of herbicides in controlling weeds and suspected resistance. Results showed that out of 44 examined stands, three populations of *Avena ludoviciana* showed resistance to Clodinafop propargyl. The results of investigating the effect of six herbicides used in wheat on clodinafop-propargyl resistant masses showed that all of them were significantly more sensitive to the two Sulfosulfuron and mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican, indicating a negative cross-resistance in these populations. One of the reasons for negative cross-resistance in clodinafop-resistant stands is that these stands are far less competent than sensitive stands. Negative cross-resistance in clodinafop-resistant weeds can be considered a weakness in adopting strategies for managing weeds resistant to this herbicide.

Keywords: Dose-response, Clodinafop propargyl, Resistance, Herbicide, Negative cross-resistance.

How to cite:
Moradi M, Babaei S, Tahmasbi I, Nosratti I. 2023. Assessing resistance to Clodinafop-propargyl herbicide in wild oat *Avena ludoviciana* populations in wheat fields of some western and southwestern regions of Iran. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (4): 461–473.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهمترین محصولات زراعی در جهان (Nakka *et al*. 2019) و راهبردی‌ترین محصول زراعی در ایران است و نزدیک به ۵۲ درصد از اراضی کشور تحت پوشش گندم می‌باشد (Gherekhloo *et al*. 2016). از اصلی‌ترین مشکلات جوامع امروزی افزایش جمعیت جهان و نیاز روزافزون به مواد غذایی از جمله گندم می‌باشد، به همین دلیل جلوگیری از تلفات عملکرد ناشی از علف‌های هرز در گندم از اهمیت بالایی برخوردار است (Van der Meulen & Chauhan 2017). علف‌های هرز برای کسب مواد مغذی، آب، نور خورشید و فضا با محصول رقابت می‌کنند و باعث افزایش بروز بیماری‌ها و آفات می‌شود (Schreiber *et al*. 2018; Jin *et al*. 2022)، و در ایران علف‌های هرز سالانه باعث کاهش ۲۳ درصدی عملکرد این محصول می‌شوند (Gherekhloo *et al*. 2016).

گونه‌های یولاف وحشی از گسترده‌ترین، مضرترین و مشکل‌سازترین علف‌های هرز در کشاورزی امروزی هستند (Bajwa *et al*., 2017). دربین گونه‌های یولاف وحشی، یولاف وحشی بهاره (*Avena fatua* L.) و یولاف وحشی زمستانه (*A. ludoviciana* Durieu) از اهمیت بیشتری برخوردارند (Heap 2014).

یولاف وحشی بومی آسیا است و به‌عنوان یک علف هرز مهم در ایالات متحده آمریکا، کانادا و انگلستان گزارش شده است و ازمهم‌ترین علف‌های هرز مقاوم در برابر علف‌کش‌ها در جهان است که حدود پنج میلیون هکتار را در ۱۳ کشور جهان آلوده کرده‌است (Bajwa *et al*. 2017). این گیاه دارای جوانه‌زنی گسترده است و با تمایز فنوتیپی زیاد، تعداد زیادی بذر تولید می‌کند که در بانک بذر خاک باقی می‌مانند و موجب افزایش تراکم این علف هرز در کشت بعدی می‌شود (Abdurruhman *et al*. 2018).

پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ به‌طور جدی مطرح گردید و به‌عنوان مشکلی اساسی در امر مبارزه با علف‌های هرز نمود یافت (Heap 2014). در حال حاضر ۵۱۳ مورد منحصر به‌فرد علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش در سطح جهان با ۲۶۷ گونه (۱۵۴ گونه دولپه‌ای و ۱۱۳ گونه تک‌لپه‌ای) وجود دارد. علف‌های هرز نسبت به ۲۱ محل از ۳۱ محل عمل شناخته شده علف‌کش و ۱۶۵ علف‌کش مختلف مقاومت نشان داده‌اند. علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش در ۹۶ محصول در ۷۲ کشور گزارش شده است (Heap 2022).

مقاومت عرضی (Cross resistance) یا متقاطع حالتی است که یک بیوتیپ علف هرز به دلیل 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 شرایطی اطلاق می‌شود که گیاهان مقاوم به چند علف‌کش با مکانیسم عمل متفاوت مقاوم شده باشند (Hrac 2017; Heap 1997).

یولاف وحشی بهاره و یولاف وحشی زمستانه در برابر چندین علف‌کش با مکانیسم عمل‌های مختلف، در سراسر جهان مقاوم شده‌اند (Heap 2016). تاکنون حدود ۵۲ مورد مقاومت به علف‌کش در یولاف وحشی بهاره گزارش شده است که از این تعداد ۱۶ مورد از ایالات متحده آمریکا و ۱۴ مورد از کانادا بوده‌است (Bajwa *et al*. 2015) جمعیت یولاف وحشی بهاره هم‌چنین در حال تکامل مقاومت چند برابر در کشورهای دیگر است. اولین مورد مقاومت به علف‌کش در یولاف وحشی بهاره در سال ۱۹۸۵ از غرب استرالیا، که در برابر دیکلوفوپ‌متیل مشاهده گردید، گزارش شد (Heap 2016). از طرف دیگر، فقط هفت مورد مقاوم در برابر علف‌کش در یولاف وحشی زمستانه تاکنون ثبت شده است که سه مورد از استرالیا و ایران هستند (Bajwa *et al*. 2015).

نخستین گزارش مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش در ایران در سال ۱۳۸۵ در چند توده یولاف وحشی در مزارع گندم استان‌های خوزستان، فارس و ایلام گزارش شد (Zand *et al*. 2018). در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸، ۹ مورد دیگر مقاومت گزارش گردید. اولین مقاومت چندگانه، در سال ۱۳۸۹ در علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه گزارش گردید که مقاومت به دو مهارکننده استیل کوآنزیم کربوکسیلاز و استولاکتات سینتاز و نسبت به دو علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل و یودوسولفورون+ مزوسولفورون متیل ایجاد شده بود (Heap 2022). تحقیقات متعدد در مورد مقاومت علف‌های هرز در برابر علف‌کش‌ها نشان از توسعه مقاومت به مهارکننده‌های ACCase در بیوتیپ‌های یولاف وحشی در مناطق وسیعی از ایران از جمله گلستان (Hassanpour-bourkheili, *et al*. 2021, 2022; Soufizadeh, *et al*. 2022)، فارس (Sasanfar *et al*. 2017; Aghajani *et al*. 2021) ایلام، کرمانشاه، خوزستان و چهارمحال است (Zand *et al*. 2007; Gherekhloo *et al*. 2016). همچنین چند جمعیت یولاف وحشی زمستانه در استان خوزستان ایران نسبت به دیکلوفوپ‌متیل، فنوکساپروپ‌اتیل و

کلودینافوپ‌پروپارژیل مقاوم شده‌اند (Zand *et al*. 2007).

برای روشن شدن میزان مقاومت متقاطع (مثبت و منفی)، از مدل‌سازی ریاضی استفاده می‌شود و می‌توان از داده‌های حاصل از برازش منحنی به‌عنوان استراتژی‌های «پیشگیرانه» برای «مدیریت» مقاومت استفاده کرد (Gressel & Segel 1990).

مقاومت در علف‌های هرز موجب کاهش رغبت کشاورزان نسبت به مبارزه شیمیایی شده است که در این حالت عملکرد محصول به‌مراتب کاهش می‌یابد. بنابراین، شناسایی گونه‌های مقاوم علف‌های هرز مزارع گندم به علف‌کش در مناطق مختلف کشور و آگاه‌سازی کشاورزان نسبت به عدم استفاده از علف‌کش‌هایی با مکانیسم عمل یکسان امری مهم و اساسی به‌شمار می‌رود (Tahmasbi *et al*. 2017).

بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی مقاومت علف‌هرز یولاف وحشی به علف‌کش‌های رایج در مزارع گندم آبی شهرستان‌های غرب و جنوب غرب کشور و در صورت یافتن توده‌های مقاوم، توصیه‌های مناسب جهت مدیریت آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ روی ۴۴ توده مشکوک به مقاومت یولاف وحشی جمع‌آوری شده از مزارع گندم آبی برخی شهرستان‌های غرب و جنوب غرب کشور شامل کامیاران، دهگلان، سقز، سنندج، شوشتر، ایلام و کرمانشاه، که سابقه طولانی در مصرف علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل را دارند، اجرا شد.

در پایان فصل رشد، بذور یولاف وحشی زنده مانده پس از کاربرد علف‌کش، جمع‌آوری و در پاکت‌های کاغذی بسته‌بندی و در هوای آزاد خشک و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان اجرای آزمایش نگهداری شدند. بذور گونه‌های حساس نیز از مزارع رها شده یا مراتع که تاکنون در معرض کاربرد علف-کش قرار نگرفته‌اند، جمع‌آوری شدند. مشخصات توده‌ها، محل جمع آوری و همچنین علائم اختصاری آنها در جدول ۱ آمده است.

نام این توده‌ها، جهت سهولت در استفاده، از سه قسمت تشکیل شده است، قسمت اول نام شهرستان محل جمع‌آوری نمونه به اختصار نوشته شده است و در پایان از حروف R به معنی مشکوک به مقاومت (که از مزرعه گندم آبی سم‌پاشی شده، جمع‌آوری شده است) و حرف S به معنی توده حساس (که از مکان بدون سابقه کاربرد علف‌کش جمع‌آوری شده است) و حروف اختصاری RR که مربوط به نمونه‌ی تایید شده مقاومت (به عنوان شاخص) می‌باشد، که در این آزمایش جهت مقایسه و اطمینان به نتایج به دست آمده، مورد استفاده قرار گرفت. در پایان از یک عدد، که به معنی تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهرستان مذکور می‌باشد، استفاده 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 مشابه بودند. علت تکرار مناطق نمونه برداری در جدول ۱، نشان دهنده تعداد توده جمع آوری شده از این مناطق بود.

در ابتدا خواب بذور یولاف وحشی با جدا کردن پوست بذور (لما و پالهآ) و قرار دادن در یخچال با دمای ۴ درجه و به مدت ۲۴ ساعت شکسته شد (Banakashani *et al*. 2015; Sassanfar *et al*. 2018). جهت مطالعه مقاومت از روش گلدانی در سه مرحله شامل آزمایش غلظت تفکیک کننده، غلظت– پاسخ و مقاومت عرضی استفاده گردید.

آزمایش اول (غلظت تفکیک کننده)

انتخاب غلظت‌های تفکیک مناسب برای تمایز بین توده‌های علف هرز مقاوم و حساس مهم‌ترین عامل در دستیابی به نتایج دقیق و سازگار است (Beckie *et al*. 2000). به این منظور این آزمایش 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 ۱۵-۲۰ بذر جوانه‌زده از توده‌های هر شهرستان به سینی‌های کاشت با ابعاد ۴۵ × ۳۰ × ۱۰ سانتی‌متر که با خاک مزرعه پر شده بودند، منتقل گردیدند. ابتدا، واکنش بوته‌ها به کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک ۸٪ EC)، با غلظت ۰/۸ لیتر (در۲۴۰ لیتر آب مصرفی) در هکتار بررسی شد، که با استفاده از سم‌پاش پشتی شارژی ۲۰ لیتری، نازل شره‌ایی و فشار دو بار اعمال گردید.

ارزیابی خسارت

پس از کاربرد علف‌کش، هر هفت روز یک‌بار ارزیابی خسارت به‌صورت چشمی و بر اساس سیستم نمره‌دهی پانووزو و همکاران (۲۰۱۵) میزان خسارت وارد شده به علف‌های هرز هر سینی بررسی و ثبت گردید (Panozzo *et al*. 2015). این عمل تا چهار هفته پس از کاربرد علف‌کش ادامه یافت. بذرهای

به‌دست آمده از بوته‌های از بین نرفته و سالم (جهت حذف شرایط والدی)، در این مرحله جهت آزمایش‌های بعدی استفاده شدند.

جدول ۱. توده‌های جمع آوری شده مشکوک به مقاومت در یولاف وحشی.

Table 1. Collected populations of suspected resistance in *Avena ludoviciana.*

No.	Abbreviation of population	Sampling county	No. collected population	Sampling regions
1	Saq-R1	Saqqez	2	Saqqez
2	Ila-R1	Illam	2	Ilam-Sarawle-Sarawle
3	Ila-R2	Illam	2	Abdanan-Chawar
4	Ker-R1	Kermanshah	2	Qaleh-Qeyswand
5	Ker-R2	Kermanshah	2	Ganabad-Hojumabad
6	Ker-R3	Kermanshah	2	Kermanshah-Kalian wosta
7	Kam-R1	Kamyaran	3	Shirwaneh-Hajishorea
8	Kam-R2	Kamyaran	4	Khanmawa-Aliawa-Zarinjoub
9	Kam-R3	Kamyaran	4	Warmahang-Alk
10	Kam-R4	Kamyaran	3	Toubreriz-Neijeqawi
11	Kam-R5	Kamyaran	5	Asengaran-Mawian
12	Deh-R1	Dehgolan	1	Dehgolan
13	Kam-R6	Kamyaran	3	Shahini-Kawaneh-Karegel
14	Kam-R7	Kamyaran	2	Gommata olia and Sofla
15	Kam-R8	Kamyaran	1	Bzwash
16	Kam-R9	Kamyaran	2	Kashtar
17	Kam-S	Kamyaran	1	Ziwieh
18	Shu-S	Shushtar	1	Shushtar
19	Shu-RR	Shushtar	1	Shushtar
Total			44	

آزمایش دوم (غلظت- پاسخ)

پس از مشاهده مقاومت، آزمایش غلظت پاسخ در توده‌های مقاوم به علف‌کش مذکور انجام گردید. این آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول توده‌های علف هرز و فاکتور دوم هشت غلظت علف‌کش) در قالب طرح کاملاً تصادفی درسه تکرار انجام شد. از هر توده مقاوم سه بذر در سینی‌های مخصوص، کشت گردید و سپس سینی‌ها تا زمان کاربرد علف‌کش به گلخانه منتقل شده و در شرایط ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با هشت ساعت تاریکی با دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و آبیاری به‌صورت مرتب انجام گرفت. در مرحله دو تا چهار برگی علف‌های هرز، کاربرد علف-کش با استفاده از علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک)، در هشت غلظت (صفر، یک، دو، چهار، هشت، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ برابر غلظت توصیه شده)، انجام گردید.

آزمایش سوم (مقاومت عرضی)

آزمایش مقاومت عرضی در توده‌های مقاوم به علف‌کش‌های مذکور در مقایسه با توده حساس انجام گرفت. این آزمایش در تابستان ۱۴۰۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی درسه تکرار با استفاده از هفت علف‌کش (جدول ۲) انجام گرفت.

همه این علف‌کش‌ها به‌طور معمول برای کنترل یولاف وحشی و سایر علف‌های هرز باریک برگ مزارع گندم زمستانه در مناطق بررسی شده، مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر هفته ارتفاع بوته‌ها اندازه‌گیری شد و این کار تا چهار هفته پس از اعمال کاربرد علف‌کش ادامه یافت، در پایان بوته‌های زنده مانده جمع‌آوری شدند و بخش‌های سبز و خشک شده بوته‌ها جدا و به پاکت کاغذی منتقل و زیست توده آن‌ها پس از خشک شدن کامل در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت با استفاده از ترازوی دیجیتال بادقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید.

تجزیه داده ها

قبل از انجام تجزیه واریانس به‌منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو- ویلک (Shapiro- Wilk Test)، استفاده گردید. سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ در صد انجام شد. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel و جهت تجزیه رگرسیونی و برازش

مدل‌های غلظت- پاسخ از فرمول ۴ پارامتره لجستیک به شرح زیر و با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۲، انجام گرفت:

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

پارامترهای ارائه شده عبارتند از: min، حد پایین در شرایط بالاترین غلظت علف‌کش، max، حد بالای بیشترین صفت مورد مطالعه در شرایط عدم کاربرد علف‌کش، EC_{50}، غلظتی از علف‌کش که باعث کاهش ۵۰ درصد صفت مورد مطالعه شده است، Hillslope، شیب خط منحنی در EC_{50} و f1 متغیر وابسته به x می‌باشد.

جدول ۲. علف‌کش‌های مورد استفاده در آزمایش مقاومت عرضی.

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

No.	Common name	Trade name	Single or dual purpose	Mode of Action	Formulation	Recommended dose (ai g ha^{-1})	Time of Application
1	clodinafop-propargyl	Topic	Single purpose	ACCase inhibitor	8 % EC	800	2-4 Leaves
2	fenoxaprop-P-ethyl	Puma super	Single purpose	ACCase inhibitor	7.5 % EW	80-100	2-4 L.
3	pinoxaden	Axial	Single purpose	ACCase inhibitor	4.5 % EC	125	2-4 L.
4	sulfosulfuron + metsulfuron Methyl	Total	dual purpose	ALSase inhibitor	80 % WG	40-50	2-4 L.
5	mesosulfuron + iodosulfuron	Atlantis	dual purpose	ALSase inhibitor	1.2 % OD	1.2-5	2-4 L.
6	mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican	Othello	dual purpose	ALSase inhibitor	8.25 % OD	1.6	2-4 L.
7	Sulfosulfuron + Goldengate oil*	Apiros	dual purpose	ALSase inhibitor	75 % WG	26.6+1000	2-4 L.

* Golden Gate oil was used to enhance the mixing and improve the effectiveness of the herbicide in the sprayer.
ALSase: Acetolactate synthase inhibitors.
ACCase: Acetyl coenzyme carboxylase inhibitors.

نتایج و بحث

غربال‌گری اولیه مقاومت

نتایج غربال‌گری مقاومت نسبت به علف‌کش کلودینافوپ نشان داد از ۴۴ توده مورد بررسی، دو توده از شهرستان ایلام (Ila-R1, Ila-R2) و یک توده از شهرستان شوشتر (Shu-RR) مقاوم بودند و سایر توده‌ها نسبت به کلودینافوپ حساس بوده و با غلظت توصیه شده از بین رفتند.

جدول ۳. پارامترهای براورد شده زیست توده، توده‌های مقاوم حاصل از برازش تابع لجستیک چهار پارامتره در آزمون غلظت- پاسخ با علف‌کش کلودینافوپ.

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 clodinafop herbicide.

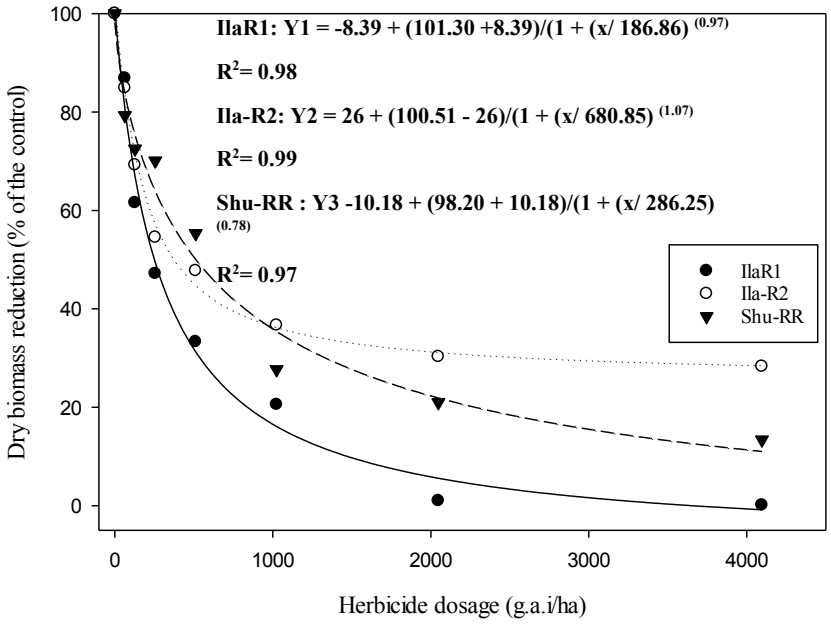
Abbreviation of population	Min	Max	Hillslope	EC_{50}	RMSE*
Ila-R1	-8.39	101.30	0.97	186.86	3.88
Ila-R2	26	100.51	1.07	680.85	1.72
Shu-RR	-10.18	98.20	0.78	286.25	4.49

*Root Mean Square Error

آزمایش غلظت- پاسخ

ماده خشک

نتایج (شکل ۱ و جدول ۳)، نشان داد افزایش غلظت (در غلظت‌های پایین) علف‌کش، موجب کاهش چشمگیر زیست توده توده‌های مقاوم شد و سپس افزایش (در غلظت‌های بالاتر) تاثیر چندانی بر زیست توده، توده‌ها نداشت و به عبارتی افزایش غلظت باعث به ثبات رسیدن زیست توده (میل به صفر) شد.



شکل ۱. تاثیر غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل بر زیست توده توده‌های مقاوم علف هرز یولاف وحشی. توده مقاوم IlaR1، توده مقاوم Ila-R2، و توده مقاوم Shu-RR.

Figure 1. Effect of different doses of clodinafop propargyl herbicide on dry weight of resistant *A. ludoviciana* weed masses. Ila-R1: resistant population, Ila-R2: resistant population, and Shu-RR resistant population.

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

Table 4- The estimated height of resistant stands from fitting the four-point logistic function in the dose-response test with clodinafop herbicide during four weeks of measurement.

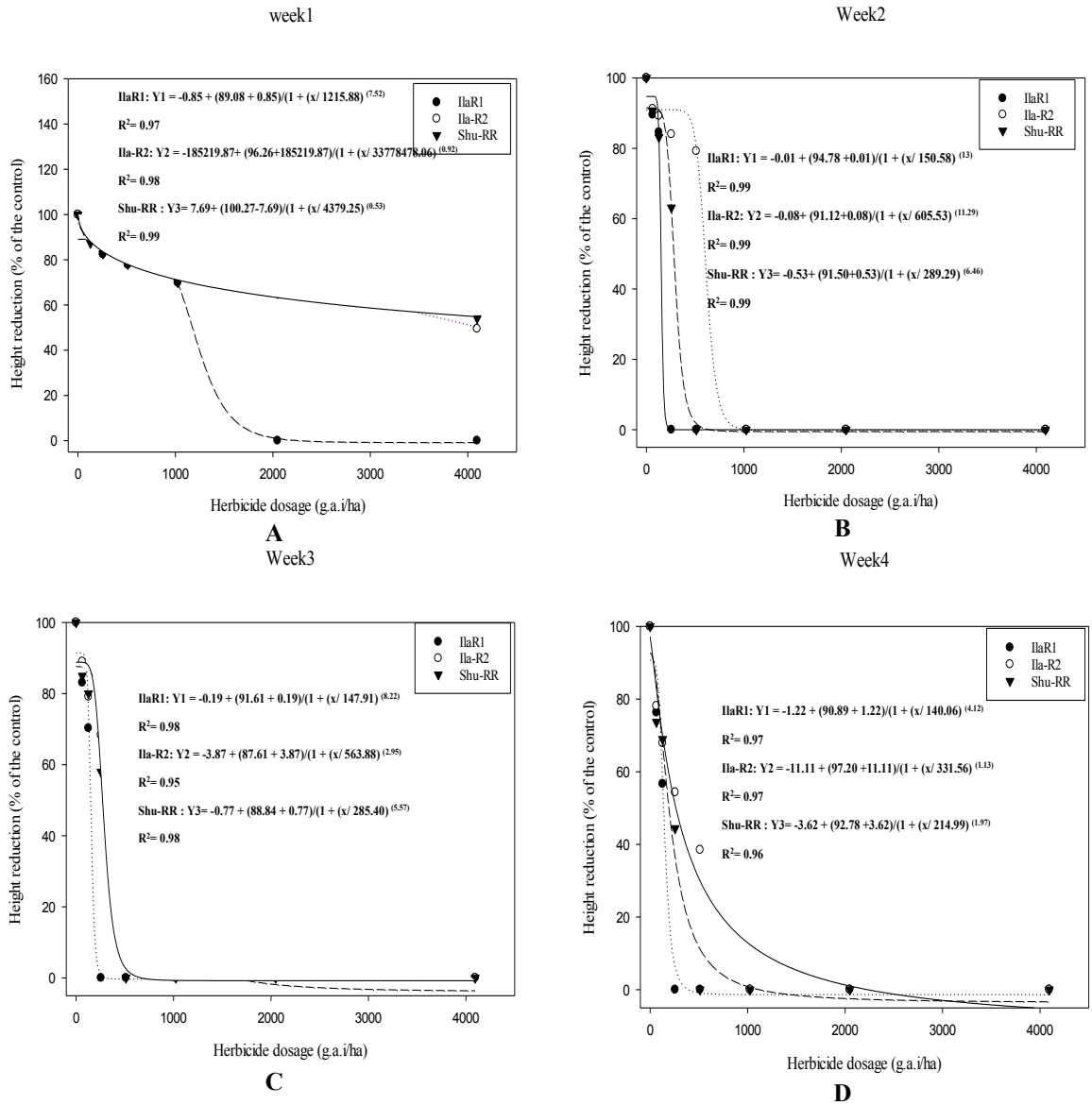
Abbreviation of population	Week	Min	Max	Hillslope	EC_{50}	RMSE*
Ila-R1**	1	-0.85	89.08	7.52	1215.88	6.34
	2	-0.01	94.78	13	150.58	2.60
	3	-0.19	91.61	8.22	147.91	4.22
	4	-1.22	90.89	4.12	140.06	5.66
Ila-R2	1	-185219.87	96.26	0.92	33778478.06	1.92
	2	-0.08	91.12	11.29	605.53	4.07
	3	-3.87	87.61	2.95	563.88	8.05
	4	-11.11	97.20	1.13	331.56	6.11
Shu-RR	1	7.69	100.27	0.53	4379.25	1.07
	2	-0.53	91.50	6.46	289.29	4.16
	3	-0.77	88.84	5.57	285.40	5.11
	4	-3.62	92.78	1.97	214.99	6.91

*Root Mean Square Error

** Ila-R1: resistant population, Ila-R2: resistant population, and Shu-RR resistant population.

نتایج منحنی غلظت پاسخ (شکل۱ و جدول ۳)، نشان داد برای کاهش ۵۰ ٪ زیست توده در توده مقاوم Ila-R1 به ۱۸۶ گرم ماده موثره کلودینافوپ پروپارژیل لازم است در حالی که این مقدار برای توده مقاوم Ila-R2 به ۶۸۰ و توده Shu-RR به ۲۸۶ گرم ماده موثره از علف‌کش مذکور لازم است همانطور که در انتهای نمودار نیز مشخص است توده Ila-R1 حساستر و توده Ila-R2 مقاومتر از دو توده دیگر می‌باشد. Ismailzadeh *et al.* (2018) در بررسی منحنی غلظت پاسخ زیست توده گزارش کردند، توده F12 نسبت به سایر توده‌ها حساسیت بیشتری نشان داد. همچنین، Sassanfar *et al.* (2018) در بررسی

منحنی غلظت پاسخ زیست توده به این نتیجه رسیدند که، توده‌های M2 و M3 مقاوم‌ترین توده‌ها بودند.



شکل ۲. تاثیر غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل بر ارتفاع توده‌های مقاوم علف هرز یولاف وحشی طی چهار هفته اندازه‌گیری. توده مقاوم IlaR1، توده مقاوم Ila-R2، و توده مقاوم Shu-RR. A) هفته اول اندازه‌گیری B) هفته دوم اندازه‌گیری C) هفته سوم اندازه‌گیری D) هفته چهارم اندازه‌گیری.

Figure 2. The effect of different doses of clodinafop propargyl herbicide on the height of resistant *A. ludoviciana* weed masses during 4 weeks of measurement. Ila-R1: resistant population, Ila-R2: resistant population, and Shu-RR resistant population. A) The first week of measurement, B) The second week of measurement, C) The third week of measurement, and D) The fourth week of measurement.

ارتفاع بوته

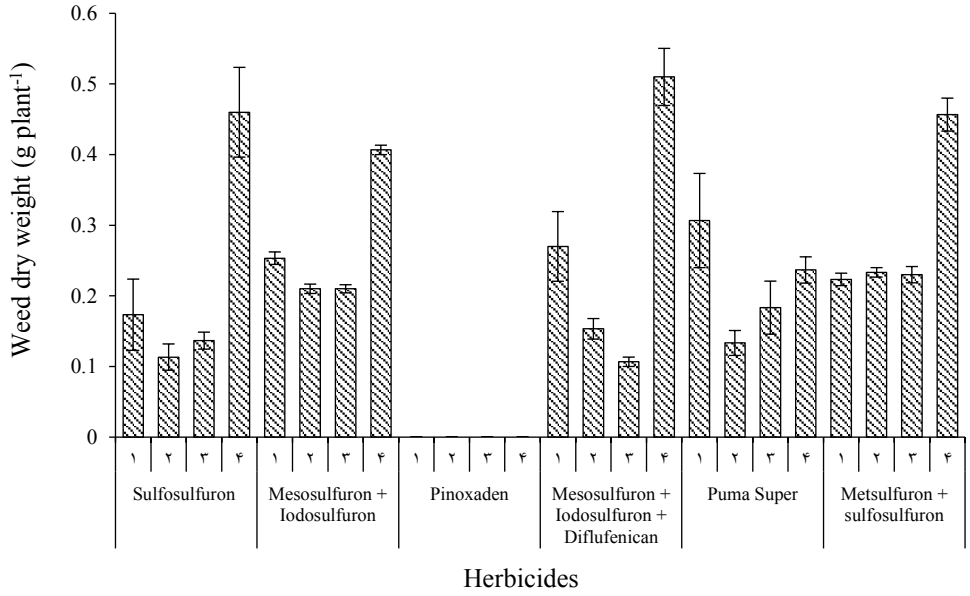
نتایج منحنی غلظت پاسخ (شکل۲ و جدول ۴)، ارتفاع (طول گیاهچه) نشان می‌دهد در همان ابتدا توده مقاوم Ila-R1 دارای شیب بیشتری نسبت به دو توده دیگر داشته و با افزایش غلظت سریعتر به ثبات رسیده است. اما کاهش ارتفاع دو تا چهار هفته برای دو توده دیگر طول کشیده است. همچنین مقایسه EC_{50} برای کاهش ۵۰ ٪ ارتفاع در توده مقاوم Ila-R1 در هفته اول (شکل ۲-A)، ۱۲۱۵ گرم ماده موثره از علف‌کش کلودینافوپ لازم است و در هفته چهارم (شکل ۲-D)، این مقدار به ۱۴۰ گرم ماده موثره در هکتار رسیده است این در حالی است در این هفته مقدار EC_{50} برای دو توده Ila-R2 و Shu-RR به‌ترتیب ۳۳۱ و ۲۱۴ گرم ماده موثره در هکتار می‌باشد. در تحقیقات بسیاری در بررسی منحنی غلظت پاسخ طول گیاهچه از مقادیر EC_{50} برای تعیین توده‌های مقاوم به

علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و پینوکسادن و تراکسوس استفاده کرده‌اند (Rastgoo *et al*. 2008; Tatari *et al*. 2017; Ismailzadeh *et al*. 2018; Najafi *et al*. 2018; Gol Mohammadzadeh *et al*. 2019). بررسی منحنی غلظت پاسخ در ماده خشک (شکل۱) و ارتفاع بوته (شکل۲)، نشان داد توده Ila-R1 حساسترین توده و توده Ila-R2 مقاومترین توده را داشتند.

مقاومت به سایر علفکش‌ها

زیست توده و ارتفاع علف‌هرز

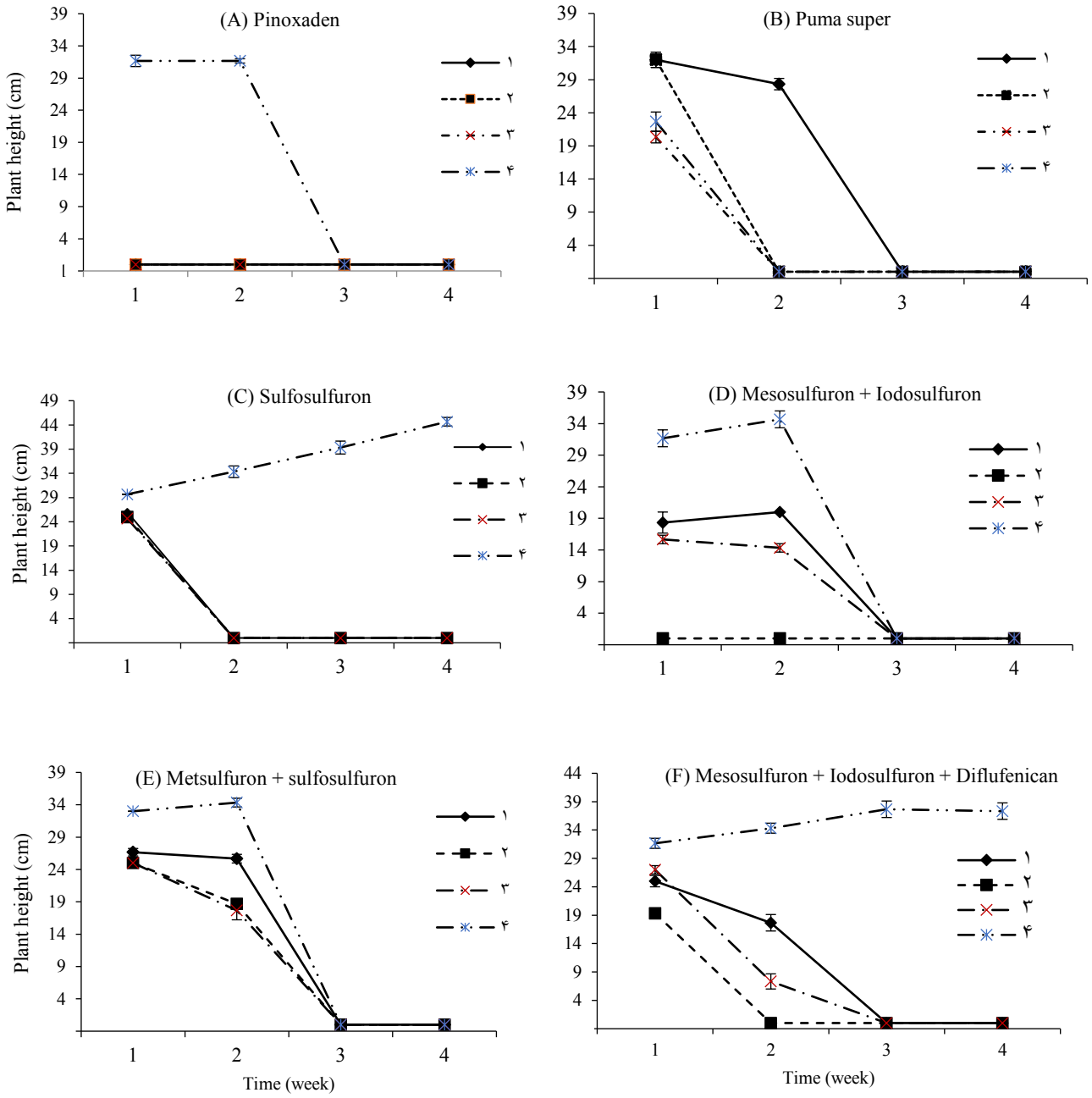
نتایج بررسی زیست توده (شکل ۳)، نشان داد، بیشترین کاهش زیست توده مربوط به تیمار پینوکسادن (کنترل کامل علف‌هرز مربوط به هر دو نوع توده مقاوم و حساس) می‌باشد که در هفته اول بعد از سم‌پاشی به‌طور کامل از بین رفته‌اند. در توده‌های شاهد بیشترین زیست توده مربوط به تیمار مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان، با وزن ۰/۵۱گرم و بقیه به‌ترتیب تیمارهای سولفوسولفورون، مت‌سولفورون+ سولفوسولفورون، مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پوماسوپر با وزن‌های ۰/۴۶، ۰/۴۵، ۰/۴۰ و ۰/۲۳گرم می‌باشد.



شکل ۳. تاثیر علف‌کش‌های مختلف بر زیست توده توده‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی. ۱: توده مقاومIlaR1، ۲: توده مقاوم Ila-R2،۳: توده مقاوم Shu-RR و ۴: توده حساس Kam-S.

Figure 3. The effect of different herbicides on the *Avena ludoviciana* R and S dry weight. 1: Resistant population Ila-R1, 2: Resistant population Ila-R2, 3: Resistant population Shu-RR, and 4: Susceptible population Kam-S.

نتایج حاصل از بررسی زیست توده (شکل ۳) و ارتفاع (شکل ۴) علف هرز یولاف وحشی نشان دهنده این موضوع است که همه‌ی توده‌های مقاوم به کلودینافوپ پروپارژیل به‌طور قابل توجهی به دو علف‌کش سولفوسولفورون (شکل۴ ج) و مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان (شکل ۴ و)، حساستر هستند، توده حساس Kam-S نسبت به دو علف‌کش مذکور حساس بوده، ولی این در حالی است که توده‌های مقاوم به کلودینافوپ پروپارژیل حساستر بوده و بیشتر از توده حساس تحت تاثیر سموم قرار گرفته‌اند. که نشان دهنده مقاومت عرضی منفی به دو علف‌کش سولفوسولفورون و مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان است. در پژوهش‌های زیادی از مقاومت عرضی منفی در علف‌کش‌ها نام برده شده است.



شکل ۴. تاثیر علف‌کش‌های مختلف بر ارتفاع توده‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی. ۱:توده مقاوم IlaR1 ، ۲ : توده مقاوم Ila-R2 ، ۳ : توده مقاوم Shu-RR و ۴ : توده حساس Kam-S. A) پینوکسادن B) پوماسوپر C) سولفوسولفورون D) مزوسولفورون+ یدوسولفورون E) مت‌سولفورون+ سولفوسولفورون F) مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان.

Figure 4. The effect of different herbicides on the R and population of S *Avena ludoviciana* height. 1: Resistant population Ila-R1; 2: Resistant population Ila-R2; 3: Resistant population Shu-RR; and 4: Susceptible population Kam-S. A) pinoxaden; B) Pumasuper; C) sulfosulfuron; D) mesosulfuron + iodosulfuron; E) metsulfuron + sulfosulfuron; F) mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican.

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). به منظور پی جویی مقاومت عرضی منفی آزمایشی در توده‌های مقاوم به خانواده تریازین در مزارع نیشکر کشت و صنعت کارون شوشتر، روی علف هرز درنه انجام گرفت، که نتایج این پژوهش 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 سایز علف‌کش‌ها بود (Elahifard *et al*. 2016). در مطالعه‌ی دیگری، ۱۱ مورد از ۱۸ علف‌کش مورد آزمایش روی علف هرز Conyza، مقاومت متقاطع منفی قابل توجهی در برابر علف‌های هرز مقاوم به آترازین از خود نشان دادند که از ۳٪ تا ۶۷٪ غلظت لازم برای تأثیرگذاری بر نوع حساس به تریازین متغیر بود (Gadamski *et al*. 2000). در مطالعه‌ایی دیگر، مقاومت عرضی منفی در تخمین پارامترهای معادلات رگرسیون معنی‌دار بود.

گیاهان مقاوم کوچیا (MBK2) نسبت به گیاهان حساس به پیراسولفوتول (ضریب مقاومت ۰/۲۵)، مزوتریون (ضریب مقاومت ۰/۴۵) و کارفنتازون (ضریب مقاومت ۰/۵۵) حساس‌تر بودند. در کل گیاهان مقاوم به ترتیب ۸۰، ۶۰ و ۵۰ درصد بیشتر از گیاهان حساس به پیراسولفوتول، مزوتریون و کارفنتازون حساس بودند و مقاومت عرضی منفی را در این علف‌کش‌ها تایید می‌کرد (Beckie *et al*. 2012).

با توجه به انجام آزمایش مقاومت عرضی و استفاده از علف‌کش‌های مختلف (جدول شماره ۲) روی توده‌های مقاوم و نتایج به دست آمده از گراف‌ها (شکل ۳ و ۴) مقاومت عرضی مثبت (مقاومت هم زمان دو علف‌کش به یک مکانیسم عمل) و چندگانه (مقاومت هم زمان به دو یا چند علف‌کش با مکانیسم عمل‌های مختلف) در علف‌کش‌های مورد استفاده، مشاهده نگردید.

نتایج غربال‌گری مقاومت در علف هرز یولاف وحشی مزارع استان‌های کردستان و کرمانشاه نشان داد، هیچ کدام از توده‌های جمع‌آوری شده از این استان‌ها به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل مقاوم نبودند. بر این اساس عدم کنترل علف هرز یولاف وحشی در این مزارع را می‌تواند به شرایط کاربرد علف‌کش مانند: استفاده از غلظت کمتر از غلظت توصیه شده علف‌کش کلودینافوپ (Brown *et al*. 2007)، عدم یکنواختی در سم‌پاشی، عدم کالیبره کردن سم‌پاش، عدم استفاده از ادوات مخصوص سم‌پاشی (Creech *et al*. 2015; Kudsk, 2008)، عدم استفاده از مواد افزودنی جهت افزایش کارایی علف‌کش‌ها (Sobiech *et al*. 2020)، سم‌پاشی در شرایط نامساعد جوی از قبیل بارندگی در زمان کاربردعلف‌کش‌ها و دمای پایین یا بالا (Zand *et al*. 2007) و استفاده از آب‌های دارای سختی و کدورت (Rastgoo *et al*. 2022) مربوط باشد، که نیاز به بررسی بیشتر دارد. لذا کشاورزان می‌توانند با رعایت موارد فوق به راحتی و با استفاده از علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل کنترل کاملی را بر علف هرز یولاف وحشی داشته باشند و جهت جلوگیری از مقاومت در مزارع خود می‌توانند از سایر علف‌کش‌های توصیه شده در مزارع گندم آبی به صورت تناوبی استفاده کنند.

از دو توده مورد بررسی از استان ایلام هر دو توده مقاوم بودند که این موضوع مبنایی بر استفاده کشاورزان این مناطق از سایر سموم علف‌کش دو منظوره می‌باشد، که به راحتی با این علف‌کش‌ها کنترل می‌گردند. نتایج حاصل از بررسی زیست توده و ارتفاع علف هرز یولاف وحشی نشان‌دهنده مقاومت عرضی منفی به دو علف‌کش سولفوسولفورون و مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان است و از آنجایی که از دلایل وجود مقاومت عرضی منفی در توده‌های مقاوم به کلودینافوپ پروپارژیل شایستگی به مراتب کمتر این توده‌ها، نسبت به توده‌های حساس است از پدیده مقاومت عرضی منفی در علف‌های هرز مقاوم به کلودینافوپ پروپارژیل می‌توان به‌عنوان یک نقطه ضعف در اتخاذ استراتژی‌های مدیریت علف‌های هرز مقاوم به این علف‌کش بهره جست و با استفاده از دو علف‌کش مذکور از ایجاد مقاومت در این مزارع جلوگیری کرد. مقاومت چندگانه و مقاومت عرضی مثبت، در سموم مورد بررسی در این مقاله مشاهده نگردید.

References

Abdurruhman AM, Uygur S, Uygur FN, 2018. Detection of acetyl-CoA carboxylase (ACCase) inhibitor herbicides resistance in sterile wild oat (*Avena sterilis* L.) using agar quick test. *Journal of Agricultural Science & Technology* 8(1): 10–17.

Aghajani Z, Rastgoo M, Zand E, Bagheri A, 2021. Evaluation of the Winter Wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) Resistance Trend to Acetyl coA carboxylase Inhibitor Herbicides in Fars Province's Wheat Fields of Fars Province. *Journal of Applied Field Crops Research* 34(2): 29–54 (In

Persian with English abstract).

Bajwa AA, Akhter MJ, Iqbal N, Peerzada AM, Hanif Z, *et al.,* 2017. Biology and management of *Avena fatua* and Avena ludoviciana: two noxious weed species of agro-ecosystems. *Journal of Environmental Science and Pollution Research* 24: 19465–19479.

Bajwa AA, Jabran K, Shahid M, Ali HH, Chauhan BS, 2015. Eco-biology and management of *Echinochloa crus-galli*. *Journal of Crop Protection* 75: 151–162.

Banakashani F, Zand A, Mohammad Alizadeh H, 2015. Resistance of wild oat weed biotypes (*Avena ludoviciana*) to clodinafop-propargyl herbicide. *Journal of Pests & Plant Diseases* 74(2): 127–149 (In Persian with English abstract).

Beckie HJ, Heap IM, Smeda RJ, Hall LM, 2000. 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.

Brown L, Soltani N, Shropshire C, Spieser H, Sikkema PH, 2007. Efficacy of four corn (*Zea mays* L.) herbicides when applied with flat fan and air induction nozzles. *Weed Biology & Management* 7(1): 55–61.

Creech CF, Henry RS, Fritz BK, Kruger GR, 2015. Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. *Weed Technology* 29(2): 298–310.

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

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

Gherekhloo J, Oveisi M, Zand E, Prado RDe, 2016. A review of herbicide resistance in Iran. *Weed Science* 64(4): 551–561.

Gressel J, Segel LA, 1990. Negative Cross Resistance; a Possible Key to Atrazine Resistance Management: A Call for Whole Plant Data. Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C. *Journal of Biosciences* 45(5): 470–473.

Gol Mohammadzadeh S, Garakhloo J, Kamkar B, Qadrifar F, 2019. Identification of short-spike bloodgrass (*Phalaris brachystachys* Link.) resistant to ACCase-inhibiting herbicides by seed bioassay method. *Iranian Journal of Weeds Science* 16(2): 155–168 (In Persian with English abstract).

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

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

Heap I, 2016. International survey on herbicide resistant weeds. http://www. Weed science. Org /Summary. Species. Aspx. [Accessed on 8 October 2016].

Heap I, 2022. The international survey of herbicide resistant weeds. http://www.Weed science. Org. [Accessed on August 2022].

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

Hassanpour-bourkheili S, Gherekhloo J, Kamkar B, Ramezanpour SS, 2022. Rapid test for detecting haloxyfop-R methyl ester resistance in winter wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu). *Journal of Plant Productions* 45(2): 267–276.

HRAC, 2017. Guideline to the management of herbicide resistance. Herbicide Resistance Action Committee, 1–5. From http://hracglobal.com /files/Management-of-Herbicide Resistance.pdf%0 Ahttps://hracglobal.com/files/Management-of-Herbicide-Resistance.pdf

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 Weed Science*, Volume 1 (2): 61–75 (In Persian with English abstract).

Kudsk P, 2008. Optimizing herbicide dose: A straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *Environmentalist* 28(1): 49–55.

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

Najafi Z, Eslami SV, Zand A, 2018. Investigation of the resistance of wild oat biotypes (*Avena ludoviciana*) to the herbicides clodinafop propargyl, pinoxaden and their mixture. *Iranian Journal of Iranian Weed Research* 7: 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.

Panozzo S, Scarabel L, Collavo A, Sattin M, 2015. Protocols for robust herbicide resistance testing in different weed species. *Journal of Visualized Experiments* 2015(101): 1–10.

Rastgoo M, Rashid Mozal MH, Zand A, Nasiri Mahalati M, 2008. Detection of wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu) resistant to clodinafop propargyl herbicide in wheat fields of Khuzestan by seed biometry method. *Journal of Iranian Agricultural Research* 7(2): 421–430 (In Persian with English abstract).

Rastgoo M, Mirzaei M, Gherekhloo J, Hasanfard A, 2022. Effect of water hardness induced by bicarbonate and chloride forms of magnesium and sodium on the performance of herbicides for littleseed canarygrass control. *Journal of Crop Protection* 11(3): 315–327.

Sassanfar H, Zand E, Baghestani MA, Mirhadi MJ, Mesgaran MB, 2017. Cross-resistance patterns of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to ACCase inhibitor herbicides. *Journal of Phytoparasitica* 45: 419–428.

Sassanfar H, Zand A, Baghestani MA, Mirhadi MJ, 2018. Investigating the resistance of wild oat weed (*Avena ludoviciana*) to the herbicide clodinafop propargyl in Fars province, *Journal of Environmental Sciences* 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. *IntechOpe*: 39–58.

Sobiech Ł, Grzanka M, Skrzypczak G, Idziak R, Włodarczak S, Ochowiak M, 2020. Effect of adjuvants and pH adjuster on the efficacy of sulcotrione herbicide. *Journal of Agronomy* 10(4): 530.

Soufizadeh T, Gherekhloo J, Sohrabi S, Bagherani N, Siahmarguee A, 2022. Mapping the distribution of winter wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) biotype resistant to clodinafop-propargyl, diclofop-methyl and fenoxaprop-P ethyl herbicides in wheat fields of Kalaleh. *Iranian Journal of Weed Science* 18(1): 101-113 (In Persian with English abstract).

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

Tatari S, Garakhloo J, Siah Margoui A, Kazemi H, 2017. Identification of resistant populations of wild winter oat (*Avena ludoviciana* Dur) to ACCase inhibitor herbicides in wheat fields of Gonbadkavus city and preparation of their distribution map. *Journal of Herbal Products* 21(2): 103–117 (In Persian with English abstract).

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, Eskandari A, Pourazar R, *et al.,* 2007. Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. *Journal of Crop Protection* 26(9): 1349–1358.

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 FN, Mousavi MR, *et al.,* 2013. 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. Mashhad University Press, 176.

Zand A, Baghestani MA, Nizamabadi N, Minbashi-Moini M, *et al.,* 2018. A review of the latest list of Irans herbicides and weeds, *Journal of Iranian Weed Research* 1(2): 83–100 (In Persian with English abstract).

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