Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Identification of *Lolium rigidum* gaud. biotypes resistant to the Clodinafop propargyl herbicide in wheat fields of Golestan province

Ali Tavasoli[1], Javid Gherekhloo[2*], Farshid Ghaderifar[3], Eskandar Zand[4], Maria Dosuna[5], Rafael De Prado[6]

[1]PhD student in Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: tavasoli5519@gmail.com
[2]Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: Gherekhloo@gau.ac.ir
[3]Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: farshidghaderifar@yahoo.com
[4]Professor, Iranian Plant Research Institute / Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran, Email: eszand@yahoo.com
[5]Researcher, Center for Scientific and Technological Research of Extremadura (CICYTEX), Badajoz, Spain, Email: mdosuna@gmail.com
[6]Professor, Department of Agricultural Chemistry University of Córdoba, Córdoba, Spain, Email: qe1pramr@uco.es

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/12/15
Revised: 2022/01/12
Accepted: 2022/01/23

Keywords:
Distribution map
Discrimination concentration
Dose-response
Seed bioassay

ABSTRACT

Background and Objectives: Detection of resistance to herbicide in a putatively resistant accession requires a series of experiments which are capable of illustrating the response of the accession to various herbicide doses. Whole plant bioassay in pots usually takes approx. 2 months to obtain the results, thus, rapid tests were developed to accelerate the process. Although determination of discriminating concentration as well as conduction of rapid test for some ACCase inhibitors has been performed by various researchers, no reports are available in this regard for in clodinafop propargyl herbicide in rigid ryegrass from wheat field of Golestan province. Thus, the following study was conducted with the objective of rapid detection of resistance to the mentioned herbicide in this weed using the rapid test.

Materials and Methods: The experiments were conducted using the seeds of 30 putatively resistant rigid ryegrass accessions and a susceptible biotype gathered from wheat field of Golestan province in 2019. Rapid test in petri dishes was conducted as a completely randomized design with three replications, with each petri dish as one replicate. To determine the discriminating concentration, various concentrations of clodinafop propargyl was applied on the susceptible accession and then, all putative accessions were screened using this concentrations. The biotypes of the studied weed were exposed to various doses of the herbicide in the petri dish bioassay to determine the resistance factor. Also, another experiment based on a completely randomized design with three replications was conducted for screening of putative accessions in the greenhouse. Accessions which maintained their survival and dry weight respectively 50 and 80 percent compared to the unsprayed control were selected. A whole plant dose-response bioassay was also done separately for each biotype. Checking the distribution map of resistant biotypes indicated that these biotypes were not uniform in the wheat fields of Golestan province. During sampling, geographical coordinates of infected areas were recorded using GPS Map60 device and weed distribution map was prepared using ArcGIS software.

Results: Discriminating concentration of clodinafop propargyl for rigid

ryegrass was obtained 0.0196 mg ai. L^{-1}. According to the results, 25 out of 30 accessions were detected as resistant and underwent the concentration-response assay in petri dishes. Resistant factors of the biotypes in the rapid test ranged from 38.75 to 1756.20. According to the results of the greenhouse, 25 accessions were detected as resistant with resistance factors of 11.58 to 24.05. There was a positive and significant correlation between the results obtained from the rapid test with the greenhouse assay (%93). Investigation of distribution map of resistant biotypes indicated non-even distribution of these biotypes across wheat fields of Golestan province, with resistant and susceptible biotypes often observed in the west and east of the province, respectively.

Conclusion: Putative rigid ryegrass accessions collected from the region may be screened using 0.0196 mg ai. L^{-1} concentration and resistant biotypes may be detected more rapidly compared to greenhouse assays. Also, the results of the rapid test are in accordance with those of the whole plant assay in pots. Due to the swift development phenomenon of herbicide resistance issue, rapid detection of resistance is essential. Thus, using methods such as rapid test may be very feasible.

Cite this article: Tavasoli, A., Gherekhloo, J., Ghaderifar, F., Zand, E., Dosuna, M., De Prado, R. 2022. Identification of *Lolium rigidum* gaud. biotypes resistant to the Clodinafop propargyl herbicide in wheat fields of Golestan province. *Crop Production Journal*, 15 (4), 1-18.

© The Author(s).
DOI:10.22069/ejcp.2023.19760.2475
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳

شناسایی بیوتیپ‌های چچم *Lolium rigidum* gaud. مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل در مزارع گندم استان گلستان

علی توسلی[۱]، جاوید قرخلو[۲*]، فرشید قادری‌فر[۳]، اسکندر زند[۴]، ماریا دوسونا[۵]، رافائل دپرادو[۶]

[۱] دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، رایانامه: tavasoli5519@gmail.com
[۲] استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، رایانامه: Gherekhloo@gau.ac.ir
[۳] استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، رایانامه: farshidghaderifar@yahoo.com
[۴] استاد، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور/ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، رایانامه: eszand@yahoo.com
[۵] محقق، مرکز تحقیقات علمی و فناوری اکسترمادورا، باداخوز، اسپانیا، رایانامه: mdosuna@gmail.com
[۶] پروفسور، گروه شیمی کشاورزی، دانشگاه کوردوبا، کوردوبا، اسپانیا، رایانامه: qe1pramr@uco.es

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۳

واژه‌های کلیدی:
دز-پاسخ
زیست‌سنجی بذر
غلظت تفکیک کننده
نقشه پراکنش

چکیده

سابقه و هدف: تشخیص مقاومت به یک علف‌کش در یک توده مشکوک به مقاومت، نیاز به یک سری آزمایش دارد که قادر به نشان دادن واکنش توده‌ها به دزهای مختلف علف‌کش است. ارزیابی زیستی کل گیاه در گلدان تقریباً ۲ ماه طول می‌کشد. در نتیجه، آزمون سریع برای تسریع روند توسعه داده شد. اگرچه تعیین غلظت تفکیک کننده و همچنین، انجام آزمایش سریع وارزیابی زیستی در گلدان برای برخی از بازدارنده‌های ACCase توسط محققان مختلف انجام شده است، اما هیچ گزارشی در این زمینه برای علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل روی چچم در مزارع گندم استان گلستان در دسترس نیست. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف تشخیص مقاومت به علف کش مذکور در این علف‌هرز در استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌ها با استفاده از ۳۰ توده بذر چچم (*Lolium rigidum* gaud.) مشکوک به مقاومت و یک بیوتیپ حساس جمع‌آوری شده از مزارع گندم استان گلستان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. آزمایش سریع در ظرف‌های پتری در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار که هر پتری یک تکرار در نظر گرفته شد. برای تعیین غلظت تفکیک‌کننده، غلظت‌های مختلف از کلودینافوپ‌پروپارژیل بر روی توده حساس اعمال شد و سپس تمام توده‌های فرضی با استفاده از این غلظت غربال‌گری شدند. بیوتیپ‌های علف‌هرز مورد مطالعه برای تعیین فاکتور مقاومت در معرض دزهای مختلف علف‌کش در زیست‌سنجی ظرف پتری قرار گرفتند. همچنین، آزمایشی دیگر در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای غربال‌گری توده های احتمالی در گلخانه انجام شد. توده‌هایی که بقا و وزن خشک خود را به ترتیب ۵۰ و ۸۰ درصد نسبت به شاهد سم‌پاشی نشده حفظ کردند، انتخاب شدند. یک سنجش زیستی دز-پاسخ گیاه کامل نیز به طور جداگانه برای هر بیوتیپ انجام شد. هنگام نمونه‌برداری، مختصات جغرافیایی مناطق آلوده با استفاده از دستگاه GPS Map60 ثبت گردید ونقشه پراکنش علف‌های هرز با

استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه گردید.

یافته‌ها: غلظت تفکیک کلودینافوپ‌پروپارژیل برای چچم ۰/۰۱۹٦ میلی‌گرم ماده موثره بر لیتر به دست آمد. با توجه به نتایج، ۲۵ مورد از ۳۰ توده مقاوم تشخیص داده شدند و در پتری‌های مورد سنجش غلظت پاسخ قرار گرفتند. فاکتور مقاومت بیوتیپ‌ها در آزمایش سریع از ۱۷٥٦/۲۰ تا ۳۸/۷٥ متغیر بود. بر اساس نتایج گلخانه، ۲۵ توده مقاوم با فاکتورهای مقاومتی ۲٤/۰٥ تا ۱۱/٥۸ شناسایی شدند. همچنین، همبستگی بالای بین درجه مقاومت به دست آمده از روش گلخانه‌ای و آزمایشگاهی مشاهده شد (۹۳ درصد). بررسی نقشه پراکنش بیوتیپ‌های مقاوم حاکی از پراکنش غیر یکنواخت این بیوتیپ‌ها در سطح مزارع گندم استان گلستان بود و بیوتیپ‌های مقاوم و حساس به ترتیب اغلب در غرب و شرق استان مشاهده شدند.

نتیجه‌گیری: توده‌های مشکوک چچم جمع‌آوری‌شده از منطقه ممکن است با استفاده از غلظت ۰/۰۱۹٦ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر غربال‌گری شوند و بیوتیپ‌های مقاوم در مقایسه با سنجش‌های گلخانه‌ای سریع‌تر شناسایی شوند. همچنین، نتایج آزمایش سریع مطابق با نتایج آزمایش کل گیاه در گلدان بود. با توجه به گسترش سریع پدیده مقاومت در برابر علف کش‌ها، تشخیص سریع مقاومت ضروری است. بنابراین، استفاده از روش‌هایی مانند تست سریع ممکن است بسیار کاربردی باشد.

استناد: توسلی، ع.، قرخلو، ج.، قادری‌فر، ف.، زند، ا.، دوسونا، م.، ~~یا~~دپرادو، ر. (۱٤۰۱). شناسایی بیوتیپ‌های چچم *Lolium rigidum* gaud. مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در مزارع گندم استان گلستان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱٥ (٤)، ۱۸-۱.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.19760.2475

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی، تداخل علف‌های هرز است که به عنوان یک موضوع کلیدی در مباحث اکوفیزیولوژی جوامع گیاهی محسوب می‌شود (۱). حضور علف‌های‌هرز با توجه به اثرات رقابتی باعث افزایش تلفات، کاهش قابل‌توجه در بازدهی و سودآوری نظام‌های کشاورزی می‌شود (۲). به همین دلیل، امروزه مبارزه با علف‌های هرز جزو جدایی ناپذیر کشاورزی نوین محسوب می‌شود. چچم علف هرزی یکساله، باریک برگ از خانواده گندمیان (Poaceae) است که به دلیل نیازهای رشدی و مورفولوژیکی مشابه با گندم، حضور آن در مزارع غالباً خسارت‌زا شده است (۳). جنس *Lolium* دارای گونه‌های متعددی است که از بین آن‌ها *L. rigidum*، *L. multiflorum* و *L. perenne* به علت یافت شدن در مناطق گسترده‌ای از دنیا از اهمیت بیش‌تری برخوردار هستند. این سه گونه همچنین، به عنوان علف‌هرز در نواحی زراعی و غیرزراعی شناخته می‌شوند (٤). علف‌کش‌های مختلفی در ایران برای کنترل این باریک برگ‌ها به ثبت رسیده است، از جمله علف‌کش‌هایی که برای کنترل باریک برگ‌های هرز در مزارع کشور به ثبت رسیده است، می‌توان به بازدارنده‌های ACCase اشاره کرد. این بازدارنده‌ها با اخلال در آنزیم ACCase، مانع بیوسنتز مالونیل کوآنزیم آ و در نهایت موجب عدم تشکیل مریستم جدید در گیاه می‌شوند (۵). این علف‌کش‌ها شامل چهار خانواده شیمیایی آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات (APP1, 2)، سیکلوهگزاندیون (CHD) و فنیل‌پیرازولین (PPZ) است که با وجود ساختمان متفاوت، مکانیسم عمل مشابهی داشته و مانع فعالیت آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز ACCase کلروپلاستی می‌شود (٦). بازدارنده‌های ACCase از کارایی بالای در کنترل گیاهان هرز باریک برگ برخوردار هستند و از این‌رو، باعث وابستگی شدید کشاورزان به این گروه از علف‌کش‌ها شدند (۷).

با وجود آنکه علف‌کش‌ها ابزار بسیار مؤثری در مدیریت علف‌های هرز به شمار می‌روند استفاده مکرر و غیراصولی از علف‌کش‌ها با نحوه عمل یکسان سبب بروز پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها شده است و از طریق فشار انتخاب بر روی بیوتیپ‌های مقاوم، باعث می‌شود که با گذشت زمان جمعیت‌های مقاوم زیاد شده و پس از گذشت چند سال، علف‌کش مورد نظر تأثیری بر روی این جمعیت نداشته باشد (۸). کاربرد غیر اصولی علف‌کش‌ها در دهه‌های اخیر، مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها را به یک معضل جهانی تبدیل کرده است. بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که حدود ۵۰۹ مورد مقاومت به علف‌کش‌ها در ۲٦٦ گونه (۱۱۳ تک لپه‌ای و ۱۵۳ دو لپه‌ای) در ۹۵ محصول در ۷۱ کشور نسبت به علف‌کش‌های مختلف مقاوم شده‌اند. کاربرد مداوم علف‌کش‌های بازدارنده ACCase منجر به بروز مقاومت در ۵۰ علف‌هرز باریک برگ شده است (۹). در ایران مقاومت به علف‌کش‌های باریک برگ نسبت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCaseبرای اولین بار در سال ۱۳۸۳ گزارش شد (۵) و تاکنون مقاومت علف‌های هرز یولاف وحشی *Avena Ludoviciana* Dur، خونی واش، (*Phalaris Minor*, *P. Paradoxa*, *P. Brachystachys*) و چچم (*Loulium rigidum* Gud) در سطح وسیعی از مزارع گندم کشور گزارش شده است (۱۰). به نظر می‌رسد که برای بروز مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase، ۵ تا ۷ سال گزینش توسط این علف‌کش‌ها کافی باشد. البته در صورتی که علف‌کش بیش از یک بار در سال مصرف شود، این دوره کوتاه‌تر می‌شود (۱۱).

با توجه به عدم تنوع در نحوه عمل باریک برگ‌کش‌های موجود، مبارزه با باریک برگ‌ها عمدتاً توسط علف‌کش‌های متعلق به یک گروه با نحوه عمل یکسان صورت می‌گیرد (۱۲) و با توجه به سطح وسیع زمین‌های زیرکشت گندم (*Triticum aestivum* L.)، درکشور احتمال بروز مقاومت در علف‌های هرز این مزارع نسبت به بازدارنده‌های ACCase چندان دور از ذهن نیست (۱۳). با توجه به مدت زمان طولانی که از به ثبت رسیدن باریک برگ‌کش‌های گروه APP در ایران می‌گذرد و نیز اتکای شدید کشاورزان به این باریک برگ‌کش‌ها برای مبارزه با علف‌های هرزی چون چچم، یولاف، علف خونی و ...، وقوع مقاومت به این گروه از علف‌کش‌ها در برخی از مناطق و استان‌های کشور قطعی و در برخی مناطق محتمل می‌باشد (١٤، ١٥ و ١٦). در استان گلستان نیز سابقه مصرف علف‌کش‌های بازدارنده ACCase به بیش از سه دهه می‌رسد. از این نظر پایش مستمر مناطقی که در معرض خطر بروز پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها می‌باشند و بررسی توده‌های مشکوک به مقاومت و شناسایی توده‌های مقاوم، به منظور جلوگیری و یا به تعویق انداختن بروز مقاومت و گسترش آن، ضروری می‌نماید. در سال‌های اخیر گزارش‌هایی مبنی بر نارضایتی کشاورزان در خصوص عدم کارایی مناسب این نوع علف‌کش‌ها در کنترل علف هرز چچم و گسترش آلودگی آن در برخی از مناطق استان گلستان ارائه شده است و بروز مقاومت علف‌های هرز به این گروه از علف‌کش‌ها به دلیل مصرف متوالی، در برخی از مناطق استان گلستان گزارش شده است. از این‌رو، این تحقیق با هدف شناسایی بیوتیپ‌های مقاوم چچم *L. rigidum* gaud. جمع‌آوری شده از مزارع گندم استان گلستان به کلودینافوپ‌پروپارژیل و همچنین، تهیه نقشه‌های مربوط به پراکنش بیوتیپ‌های مقاوم در استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: در این تحقیق آزمایش‌ها بر روی بذرهای بیوتیپ‌های چچم جمع‌آوری شده از مزارع گندم شهرستان‌های استان گلستان صورت گرفت. بدین منظور بذرهای ۳۰ بیوتیپ مشکوک به مقاومت در سال ۱۳۹۸ از سطح مزارع گندم شهرستان‌های بندرگز، کردکوی، بندرترکمن، گرگان، آق قلا، علی‌آباد، گنبد و کلاله استان گلستان جمع‌آوری شدند. بذر بیوتیپ حساس نیز از مناطقی در استان گلستان که تاکنون سابقه مبارزه شیمیایی با این علف هرز را نداشتد، جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است که بیوتیپ‌های جمع‌آوری شده براساس حرف اول نام شهرستانی که بیوتیپ‌ها از مزارع آن جمع‌آوری شدند (بندرگز (bag)، کردکوی (kor)، بندر ترکمن (bat)، گرگان (gor)، آق قلا (aq)، علی‌آباد (ali)، گنبد (gon) و کلاله (kal)) کدگذاری شدند.

آماده‌سازی و جوانه‌زنی بذرها: جهت اجرای آزمایش‌های مقاومت از جمله زیست‌سنجی بذر و آزمون دز پاسخ، به منظور یکنواختی در جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌ها، ابتدا بذرها جوانه‌دار شدند تا واریانس ناشی از عدم هم‌زمانی جوانه‌زنی به حداقل مقدار خود برسد. در ابتدا جهت از بین بردن کمون، بذرها در پتری‌های حاوی کاغذ صافی قرار گرفته و با آب مقطر مرطوب شدند. سپس به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد به دمای اتاق به‌مدت ٤٨ ساعت منتقل شدند (۱۷). در نهایت بذرهای جوانه‌زده جدا و در آزمون زیست‌سنجی مورد استفاده قرار گرفتند. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه و رسیدن طول آن به یک میلی‌متر در نظر گرفته شد.

تعیین غلظت تفکیک‌کننده: غلظت تفکیک‌کننده، غلظتی از علف‌کش مورد نظر می‌باشد که بیشترین اختلاف عمودی را بین منحنی‌های دز-پاسخ مربوط به توده‌های مقاوم و حساس ایجاد می‌کند و حداقل باعث ۸۰ درصد بازدارندگی در رشد توده حساس می‌شود (۲). به منظور تعیین غلظت تفکیک‌کننده، آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بر روی بذرهای بیوتیپ حساس (S) انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ده غلظت صفر، ۰/۰۰۱۲۵، ۰/۰۰۲۵، ۰/۰۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰٤، ۰/۰۸، ۰/۱٦، ۰/۳۲، ۰/٦٤، ۱/۲۸، ۲/۵۸ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر از علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل بود. لازم به توضیح است که جهت انتخاب غلظت‌های مناسب، ابتدا چندین غلظت به صورت تجربی بر روی بیوتیپ حساس اعمال شد و بر اساس نتایج به‌دست آمده، غلظت‌های مذکور در نظر گرفته شدند. بذرهای چچم بلافاصله بعد از جوانه‌زنی، به پتری هایی به قطر ۹ سانتی‌متر و حاوی کاغذ صافی منتقل شدند. در هر پتری ۱۰ بذر با آرایشی منظم قرار داده شد، سپس برای هر غلظت علف‌کش در هر پتری ۵ میلی‌لیتر محلول علف‌کش و برای تیمار شاهد ۵ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد. پتری‌ها در انکوباتوری با دمای متناوب ۱۵/۲۵ درجه سانتی‌گراد (شب/ روز) قرار داده شدند و بعد از هفت روز طول ساقه‌چه‌ها اندازه‌گیری شد و به صورت درصد نسبت به شاهد محاسبه گردید (۱۹).

غربال بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت توسط غلظت تفکیک‌کننده: بعد از مشخص نمودن غلظتی از علف‌کش که باعث ۵۰ درصد بازدارندگی در رشد ساقه‌چه بیوتیپ حساس شده بود، این غلظت بر روی تمامی بیوتیپ‌های چچم جمع‌آوری شده اعمال شد و برای هر بیوتیپ یک شاهد بدون علف‌کش نیز در نظر گرفته شد. این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار انجام شد. همچنین، از آب مقطر به عنوان شاهد استفاده شد و پس از آماده‌سازی بذرها به روش ذکر شده در آزمایش قبل، غلظت تفکیک‌کننده بر تمامی بیوتیپ‌های آزمایش اعمال شد. بعد از قرارگیری در معرض غلظت تفکیک‌کننده، بیوتیپ‌هایی که ۸۰ درصد طول ساقه‌چه خود را نسبت به شاهد در مقایسه با بیوتیپ حساس حفظ کردند، جهت تعیین درجه مقاومت در مرحله بعدی مورد آزمایش قرار گرفتند.

آزمون غلظت‌پاسخ در ظرف پتری: پس از تفکیک بیوتیپ‌های مقاوم از بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت براساس آزمون غربال، بیوتیپ‌های مقاوم در معرض چندین غلظت مختلف از علف‌کش قرار گرفتند تا درجه مقاومت آن‌ها تعیین شود. در این آزمایش، چند دز بالاتر و پایین‌تر از غلظت تفکیک‌کننده در بیوتیپ حساس به کار گرفته شد. بر این اساس ۱٦ غلظت شامل صفر، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰٤، ۰/۰۸، ۰/۱٦، ۰/۳۲، ۰/٦٤، ۱/۲۸، ۲/۵۸، ۵/۱۲، ۱۰/۲٤، ۲۰/٤۸، ٤۰/۹٦، ۸۱/۹۲ و ۱٦۳/۸٤ میلی‌گرم ماده مؤثره کلودینافوپ‌پروپارژیل است اعمال شد. در این آزمایش نیز طول ساقه‌چه، هفت‌روز بعد از اعمال تیمار علف‌کش تعیین و به صورت درصد از شاهد برای هر بیوتیپ محاسبه شد.

آزمون غربال در گلدان: در این آزمایش واکنش بیوتیپ‌های حساس و بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت در مقابل دز توصیه شده کلودینافوپ پروپارژیل (۸۰ گرم ماده مؤثره علف‌کش در هکتار) مورد سنجش قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. تعداد ۱۰عدد بذر جوانه‌دار از هر بیوتیپ در گلدان‌هایی با قطر ۱۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. هر گلدان به منزله یک تکرار بوده و آزمایش با سه تکرار برای هر بیوتیپ انجام شد. برای هر تکرار نیز یک گلدان به

عنوان شاهد سم‌پاشی نشده در نظر گرفته شد تا داده‌های حاصل برحسب درصد نسبت به شاهد سم‌پاشی نشده مورد ارزیابی قرار گیرند. تیمار علف‌کش در مرحله سه تا چهار برگی علف هرز با استفاده از دستگاه سم‌پاش استاندارد مجهز به نازل تی جت ۸۰۰۱ که در فشار دو بار و برای میزان پاشش ۲۵۰ لیتر محلول سم در هکتار کالیبره شده بود، انجام شد. چهار هفته بعد از سم‌پاشی بوته‌های باقی‌مانده از سطح خاک برداشت شده، در آون به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شدند.

آزمون دز-پاسخ در گلدان: در این آزمایش واکنش بیوتیپ‌های حساس و بیوتیپ‌هایی که در آزمون غلظت پاسخ مقاومت نشان دادند، در مقابل دزهای در نظرگرفته شده (شامل هشت دز صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ٤، ۸ و ۱٦ برابر دز توصیه شده کلودینافوپ پروپارژیل) مورد بررسی قرار گرفتند. دزهای مورد استفاده شامل ۲۰، ٤۰، ۸۰، ۱٦۰، ۳۲۰، ٦٤۰ و ۱۲۸۰ گرم ماده مؤثره علف‌کش در هکتار بود. سایر شرایط مشابه آزمون غربال در گلدان بود.

تجزیه آماری

برای تجزیه آماری غلظت یا دزی از علف‌کش که موجب کاهش رشد گیاه تا ۵۰ درصد (GR_{50}/EC_{50}) در مقایسه با شاهد می‌گردد، از برازش مدل رگرسیونی غیر خطی لگ لجستیک سه پارامتره ارائه شده توسط استریبیگ و ریتز (۲۰۰۵) استفاده شد (رابطه ۱) (۲۰).

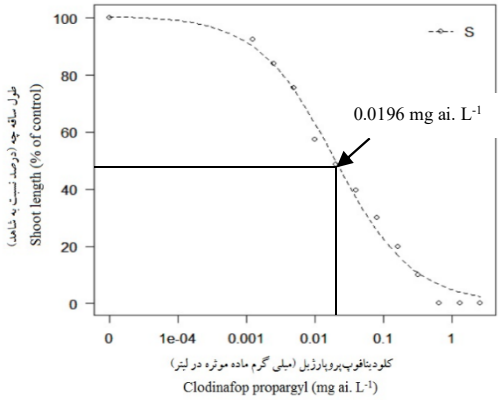
رابطه ۱: $$y = \frac{d}{1+(exp\{b(\log(x)-\log(e))\}}$$

که پارامترهای ارائه شده در این رابطه شامل y، وزن خشک بخش هوایی یا طول ساقه‌چه به صورت درصد از تیمار شاهد؛ b، شیب منحنی در نقطه e؛ d، ضریب مربوط به حد بالای منحنی پاسخ؛ و e، میزان غلظت با دز موثر برای حصول ۵۰ درصد پاسخ مشاهده شده می‌باشد. مدل فوق با استفاده از محیط نرم‌افزاری R و بسته نرم‌افزاری drc که به همین منظور طراحی شده است به داده‌های حاصل، برازش و اختلاف نمودارهای برازش داده شده با نمودار حاصل از داده‌های مربوط به بیوتیپ حساس مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر GR_{50} و EC_{50} هر دو بیوتیپ مقاوم و حساس برای محاسبه شاخص مقاومت، (RF)، ($GR_{50}R/GR_{50}S$) و ($EC_{50}R/EC_{50}S$) مورد استفاده قرار گرفت. هنگام نمونه‌برداری، مختصات جغرافیایی مناطق آلوده با استفاده از دستگاه GPS Map60 ثبت گردید. تبدیل داده‌های ثبت شده به فرم قابل اجرا در نرم‌افزار GIS توسط نرم‌افزار MapSource انجام شد. نقشه پراکنش علف‌های هرز با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید.

نتایج و بحث

با برازش مدل سه پارامتره لگ لجیستیک، غلظتی از علف‌کش که سبب ۵۰ درصد کاهش در طول ساقه‌چه (EC_{50}) بیوتیپ حساس چچم نسبت به شاهد شد، ۰/۰۱۹٦ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر برآورد شد (شکل ۱).

مقایسه بیوتیپ‌ها از نظر درصد کاهش طول ساقه‌چه نسبت به شاهد هر بیوتیپ بعد از اعمال غلظت تفکیک‌کننده علف‌کش EC_{50}=0/0196 mg ai.L کلودینافوپ‌پروپارژیل نشان داد که از بین ۳۰ بیوتیپ، ۲۵ بیوتیپ بیش از ۸۰ درصد از طول ساقه‌چه را نسبت به شاهد حفظ کردند (جدول ۱) که این امر نشان‌دهنده مقاومت این بیوتیپ‌ها نسبت به این علف‌کش می‌باشد. بیوتیپ‌ها جهت آزمایش‌های بعدی و تعیین درجه مقاومت انتخاب شدند.



شکل ۱- تغییرات طول ساقه‌چه بیوتیپ حساس چچم در پاسخ به غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل.
علامت پیکان نشان‌دهنده غلظت تفکیک‌کننده می‌باشد.

Figure 1- Changes in shoot length of susceptible *L. rigidum* in response to different Clodinafop propargyl concentrations. The arrow depicts the discriminating concentration.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون غربال‌گری بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت چچم با غلظت تفکیک‌کننده علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل.

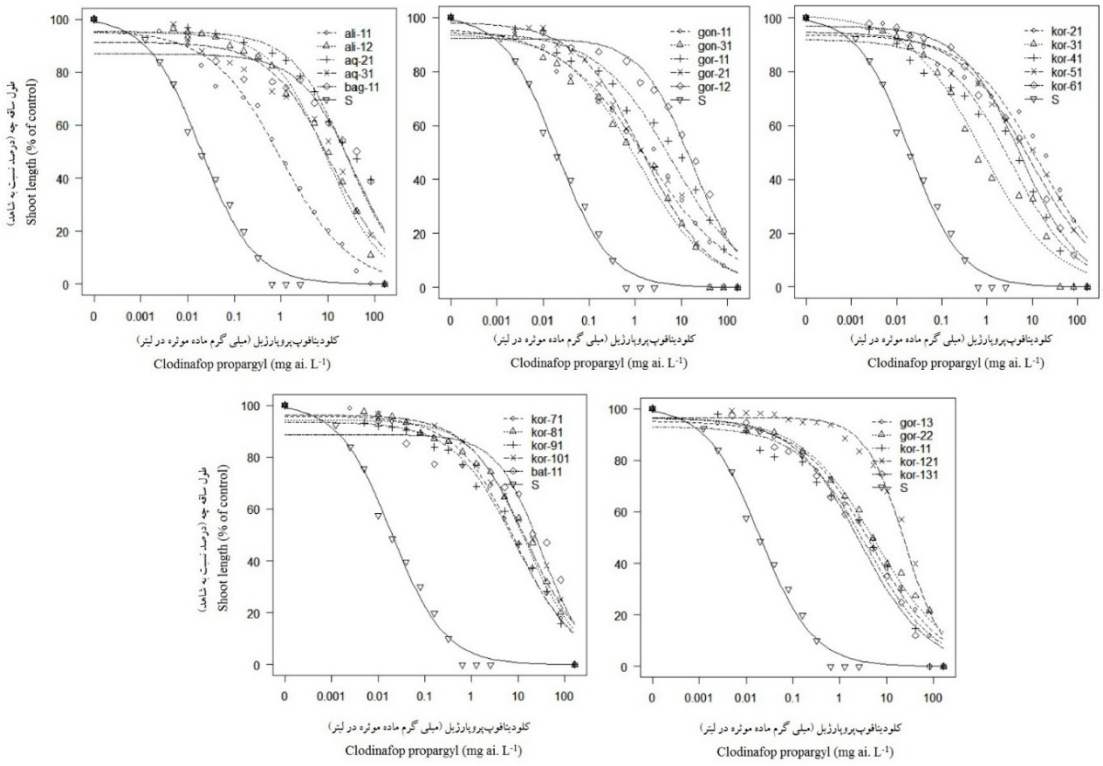
Table 1- Results of screening test for suspected resistance of *L. rigidum* biotypes with Clodinafop propargyl discrimination concentration.

کد بیوتیپ Biotypes code	طول ساقه‌چه (درصد از شاهد) Shoot length (% of control)	وضعیت مقاومت Resistance status	کد بیوتیپ Biotypes code	طول ساقه‌چه (درصد از شاهد) Shoot length (% of control)	وضعیت مقاومت Resistance status
ali-11	82.32	R	gor-22	91.2	R
ali-12	94.41	R	kor-101	95.5	R
aq-21	95.52	R	kor-11	83.95	R
aq-31	87.92	R	kor-111	60.97	S
aq-41	71.39	S	kor-121	98.17	R
aq-51	50.85	S	kor-131	91.46	R
bag-11	88.49	R	kor-21	93.55	R
bag-21	79.06	S	kor-31	89.1	R
bat-11	90.5	R	kor-41	84.25	R
gon-11	80.01	R	kor-51	91.27	R
gon-21	72.93	S	kor-61	93.33	R
gon-31	82.05	R	kor-71	93.63	R
gor-11	87.05	R	kor-81	95.65	R
gor-12	91.63	R	kor-91	91.36	R
gor-13	90.66	R	Kal-11	48.61	S
gor-21	90.3	R			

R= Resistance S=Susceptible R= مقاوم S=حساس

واکنش طول ساقه‌چه بیوتیپ‌های حساس و مقاوم چچم به غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل با استفاده از برازش تابع لگ لجستیک سه پارامتره بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت علف‌کش، طول ساقه‌چه بیوتیپ‌های حساس و مقاوم کاهش یافت، با این حال، پاسخ بیوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر طول ساقه‌چه به غلظت علف‌کش متفاوت بود (شکل ۲). به عبارت

دیگر، در مقایسه با بیوتیپ حساس، کاهش طول ساقه‌چه بیوتیپ‌های مقاوم در غلظت‌های بیش‌تری از علف‌کش اتفاق افتاد. در بیوتیپ حساس، کلودینافوپ‌پروپارژیل در غلظت ۰/۰۱۹٦ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر باعث بازدارندگی ۵۰ درصدی طول ساقه‌چه نسبت به شاهد شد، در حالی که این غلظت برای سایر بیوتیپ‌ها بین ۰/۷٦ تا ۳٤/۵۱ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر بود. بر این اساس، شاخص درجه مقاومت متفاوتی برای بیوتیپ‌های مورد آزمون به‌دست آمد. بر اساس مقادیر EC_{50}، بیوتیپ bag-11 از شهرستان بندرگز با شاخص درجه مقاومت ۱۷۵٦/۲ بیش‌ترین و بیوتیپ kor-31 از شهرستان کردکوی با شاخص درجه مقاومت ۳۸/۷۵ کم‌ترین میزان مقاومت به علف‌کش را نشان دادند (جدول ۲). روش زیست‌سنجی بذر تاکنون برای نشان دادن نمونه‌های زیادی از مقاومت در علف هرزهایی مانند یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) مقاوم به پینوکسادن و سیکلوکسیدیم (۲۱) دم روباهی (*Alopecurus japonicas*) مقاوم به علف‌کش هالوکسی فوپ استفاده شد (۲۲).



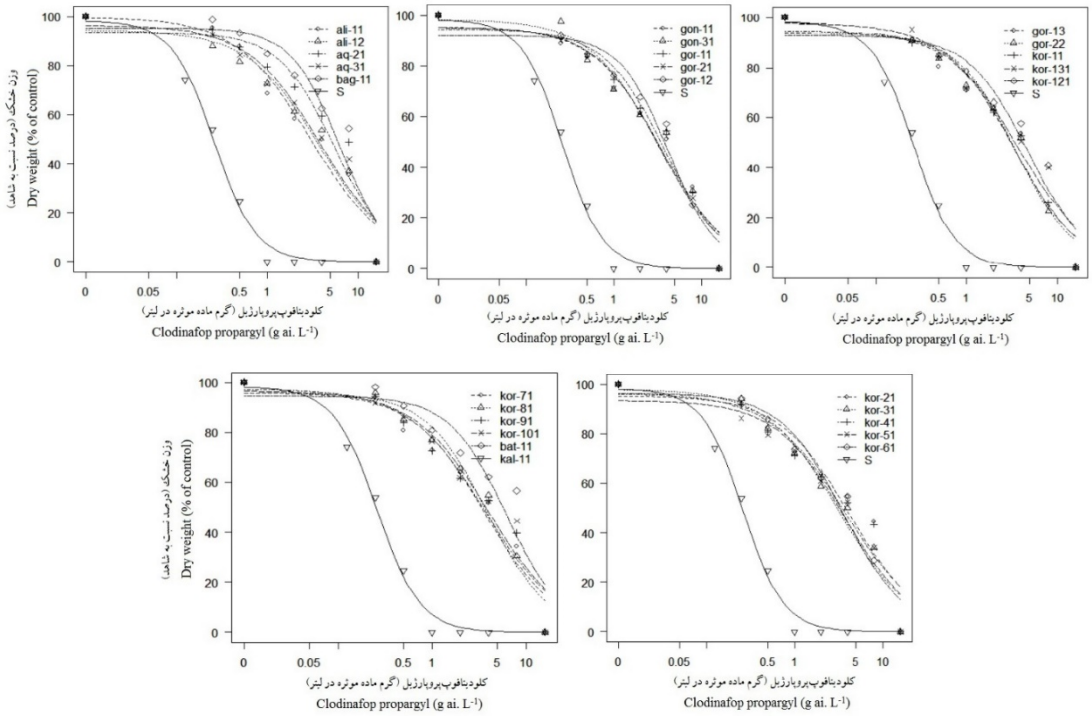
شکل ۲- منحنی پاسخ طول ساقه‌چه بیوتیپ‌های چچم به غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل.

Figure 2- Response of shoot length of *L.rigidum* gud biotypes to different Clodinafop propargyl concentrations.

مقایسه بیوتیپ‌ها از نظر درصد کاهش وزن خشک نسبت به شاهد هر بیوتیپ بعد از اعمال دز توصیه شده علف‌کش (۸۰ g ai L^{-1}) کلودینافوپ‌پروپارژیل نشان داد که ۲۵ بیوتیپ بیش از ۸۰ درصد از وزن خشک خود را نسبت به شاهد حفظ کردند که این امر نشان‌دهنده مقاومت این بیوتیپ‌ها نسبت به این علف‌کش می‌باشد. بیوتیپ‌ها جهت آزمایش‌های بعدی و تعیین درجه مقاومت انتخاب شدند.

بررسی منحنی واکنش وزن خشک بیوتیپ‌های مقاوم چچم به دزهای مختلف علف‌کش با استفاده از

برازش معادله لگ لجستیک نشان داد که بیوتیپ‌های چچم واکنش متفاوتی به دزهای مختلف علف‌کش نشان دادند، با افزایش دز علف‌کش وزن خشک بیوتیپ‌های حساس و مشکوک به مقاومت به صورت سیگموئیدی کاهش یافت (شکل ۳).



شکل۳ – منحنی پاسخ وزن خشک بیوتیپ‌های چچم به دزهای مختلف علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل.

Figure 3- Response of shoot weight of *L.rigidum* gud biotypes to different Clodinafop propargyl doses.

اختلاف بین منحنی‌های واکنش به دز بیان‌گر این مساله می‌باشد که درجات مقاومت مختلفی به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل در بین بیوتیپ‌های مورد مطالعه وجود داشت، پارامترهای به‌دست آمده از توابع لجستیک مؤید این اختلاف می‌باشد (جدول ۲) .دز مؤثری که باعث ۵۰ درصد کاهش در وزن خشک اندام هوایی در بیوتیپ حساس شد، ۲۰/۷۷ گرم ماده مؤثره در لیتر (کمتر از نیمی از دز توصیه شده) است. این مقدار کاهش برای بیوتیپ bag-11 در دز ۵۰۰/۴۰ گرم ماده مؤثره در لیتر رخ داد و بیش‌ترین درجه مقاومت را به خود اختصاص داد. در بین بیوتیپ‌های چچم، بیوتیپ bag-11 با شاخص ۲۴/۰۵ بیش‌ترین درجه مقاومت را داشت، این بیوتیپ در زیست‌سنجی بذر در پتری دیش هم بالاترین درجه مقاومت را نشان داد و بیوتیپ kor-31 همانند روش زیست‌سنجی بذر کم‌ترین درجه مقاومت (۱۱/۵۸)را نشان داد. با توجه به جدول ۲ شاخص درجه مقاومت در تمامی بیوتیپ‌های مورد مطالعه بیش‌تر از یک بوده که نشان-دهنده وجود مقاومت می‌باشد. تفاوت در درجات مقاومت ممکن است به دلیل تفاوت در جهش منجر به بروز مقاومت یا مربوط به نوع مکانیسم‌های مقاومتی در بیوتیپ‌های مورد مطالعه باشد (۲۳). با توجه به شکل ٤ مشاهده می‌شود که درجات مقاومت براساس وزن خشک همبستگی بالایی با آزمایش‌های غلظت پاسخ داشتند. آزمایش‌های گلخانه‌ای به زمان و مکان بیش‌تری نیاز دارند و از آنجایی که شبیه‌سازی بهتری از شرایط مزرعه می‌باشند، نتایج به‌دست آمده قابل اعتمادتر و حساس‌تر به تغییرات درجه مقاومت

می‌باشد، اما اخذ روش‌های سریع‌تر و کم هزینه‌تر برای بررسی بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت بسیار با اهمیت می‌باشد (۱۳). روش زیست‌سنجی بذر از دقت نسبتا کم‌تری نسبت به زیست‌سنجی گلدانی برخوردار است، اما یک آزمون سریع و ارزان برای غربال تعداد زیادی نمونه می‌باشد (۲۱).

با استفاده از روش زیست‌سنجی بذر در ظرف پتری سرعت عمل غربال کردن بیوتیپ‌های مقاوم و حساس نسبت به آزمایش‌های گلخانه‌ای افزایش خواهد یافت که در نتیجه، از نظر اقتصادی می‌توان تعداد بیش‌تری از بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت را با هزینه پایین‌تر غربال کرد. این موضوع توسط محققین دیگر نیز به اثبات رسیده است (۱۸). در این تحقیق مشخص شد که زیست‌سنجی بذر می‌تواند به عنوان یک روش عملی برای تشخیص جمعیت‌های مقاوم چچم استفاده نمود. محققان دیگر نیز از روش زیست‌سنجی بذر در پتری برای تشخیص مقاومت گونه‌های چچم به بازدارنده‌های ACCase استفاده کردند (۱۷، ۲٤).

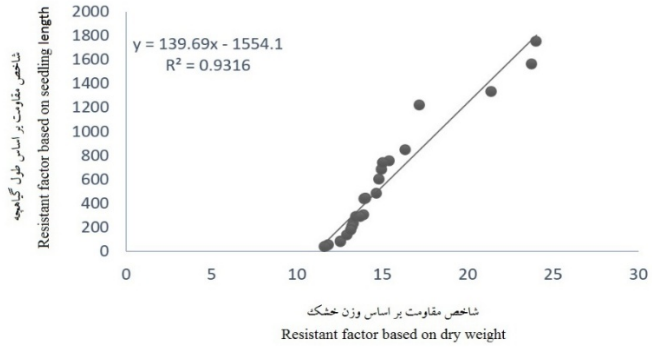
مدیریت کلان علف‌های هرز مقاوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به طوری‌که اطلاع از ظهور بیوتیپ‌های جدید و شناسایی محل ظهور و گستردگی نواحی آلوده از اصول اولیه مدیریت این بیوتیپ‌ها به شمار می‌رود (۲۵). با توجه به اهمیت محصول گندم و خسارت ناشی از ظهور علف‌های‌هرز مقاوم بر عملکرد آن، به نظر می‌رسد تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز مقاوم در گندم به عنوان اقدام اساسی در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز آن به شمار می‌رود. همچنین، اطلاعاتی نظیر تراکم علف‌های هرز مقاوم در مکان نقطه‌یابی شده نیز بسیار مهم است. نقشه پراکنش بیوتیپ‌های چچم جمع‌آوری شده از سطح مزارع گندم شهرستان‌های استان گلستان در شکل ٤ نشان داده شده است. در پژوهش حاضر با توجه به پراکنش غیریکنواخت بیوتیپ‌های مقاوم چچم به علف کش کلودینافوپ‌پروپارژیل در نقشه ۵ به نظر می‌رسد که مقاومت به این علف‌کش در حال گسترش می‌باشد و بیش‌ترین بیوتیپ‌های مقاوم مربوط به شهرستان بندرگز و کردکوی می‌باشد. ضمن آنکه تعداد مزارع آلوده به چچم در این شهرستان‌ها بیش‌تر از شهرستان‌های دیگر بود، به طوری که پراکندگی بیوتیپ‌های مقاوم بیش‌تر از بیوتیپ‌های حساس بود. بنابراین، لازم است نقاط مقاوم یا مشکوک به مقاومت پایش شده و از مصرف علف‌کش‌هایی با مکانیسم مشابه با علف‌کش‌های بازدارنده ACCase اجتناب شود. متخصصین جهاد کشاورزی با اتکا به این نقشه‌ها می‌توانند نسبت به توصیه علف‌کش‌های مناسب برای مناطق آلوده اقدام نمایند. همچنین در پژوهشی مشابه، پراکنش غیریکنواخت گونه‌های مقاوم *L. rigidum* gaud. به بازدارنده‌های ACCase در مزارع گندم شهرستان آق قلا گزارش شد (۱۷). از طرف دیگر، بروز مقاومت در برخی بیوتیپ‌های این گونه علف‌هرز نسبت به دیگر علف‌کش‌های گروه فوپ در مزارع گندم استان گلستان نیز گزارش شده است (داده‌های منتشر نشده).

مقاومت عرضی در بین علف‌کش‌های بازدارنده ACCaseدر بین علف‌های هرز باریک برگ پدیده‌ای معمول است و علف‌های هرز باریک برگ مقاوم به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase دارای تنوعی از الگوهای مقاومت عرضی می‌باشند (۲٦). از این‌رو، احتمال وجود بیوتیپ‌های چچم مقاوم به دیگر علف‌کش‌های بازدارنده ACCase نیز دور از انتظار نیست.

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش تابع لگ لجستیک ۳ پارامتره در آزمون دز- پاسخ بیوتیپ‌های چچم در زیست‌سنجی گیاه کامل و زیست‌سنجی بذر با علفکش کلودینافوپ‌پروپارژیل.

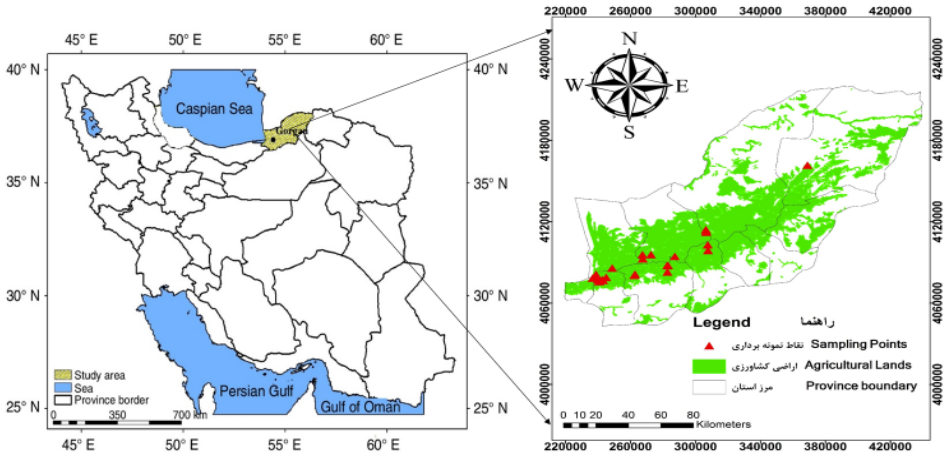
Table 2- Estimated parameters by fitting 3 parameters log logistic function for *Lolium rigidum* gaud. biotypes in response to Clodinafop propargyl dose response experiments, based on the whole plant assay and seed bioassay experiments.

	Hill slope(b) شیب منحنی		Upper limit (d) حد بالا		GR50 / EC50		Resistance factor شاخص مقاومت	
کد بیوتیپ Biotype code	زیست سنجی کل گیاه Whole plant assay	زیست سنجی بذر Seed bioassy	زیست سنجی کل گیاه Whole plant assay	زیست سنجی بذر Seed bioassy	زیست سنجی کل گیاه Whole plant assay	زیست سنجی بذر Seed bioassy	زیست سنجی کل گیاه Whole plant assay	زیست سنجی بذر Seed bioassy
ali-11	1.04 (0.02)	0.59 (0.03)	99.69 (8.17)	95.59 (3.96)	243.35 (24.93)	0.98 (0.06)	11.72 (0.84)	49.66 (2.91)
ali-12	1.1 (0.05)	0.74 (0.04)	94.24 (8.78)	94.9 (2.59)	304.09 (34.50)	9.56 (0.48)	14.66 (1.12)	486.44 (24.48)
aq-21	1.42 (0.07)	0.74 (0.04)	93.37 (7.23)	95.28 (3.02)	443.69 (39.95)	26.24 (1.22)	21.37 (1.4)	1335.46 (65.07)
aq-31	1.09 (0.06)	0.67 (0.04)	96.31 (8.38)	91.32 (2.97)	307.27 (32.92)	11.81 (0.71)	14.81 (1.09)	600.82 (33.2)
bag-11	1.61 (0.1)	0.76 (0.08)	95.24 (5.44)	86.85 (3.35)	500.40 (38.98)	34.51 (2.33)	24.05 (1.23)	1756.2 (86.81)
bat-11	1.44 (0.08)	0.91 (0.06)	94.5 (7.3)	88.68 (3.08)	493.33 (44.66)	30.87 (1.4)	23.75 (1.56)	1571.2 (77.69)
gon-11	1.26 (0.06)	0.46 (0.02)	94.23 (7.03)	96.27 (4.62)	275.04 (24.28)	1.72 (0.16)	12.58 (0.76)	87.32 (6.52)
gon-31	1.2 (0.06)	0.56 (0.03)	97.59 (7.02)	94.02 (4.3)	258.40 (22.15)	1.11 (0.09)	11.83 (0.7)	56.61 (3.83)
gor-11	1.42 (0.08)	0.54 (0.03)	93.3 (6.56)	94.41 (3.76)	303.32 (24.76)	6.12 (0.46)	13.91 (0.79)	311.38 (19.97)
gor-12	1.55 (0.09)	0.79 (0.04)	92.08 (6.01)	92.19 (2.9)	339.01 (24.25)	16.74 (0.74)	16.33 (0.87)	851.86 (39.22)
gor-13	1.23 (0.07)	0.59 (0.03)	94.03 (7.18)	95.15 (3)	275.81 (25.58)	4.63 (0.25)	13.27 (0.81)	235.82 (11.94)
gor-21	1.27 (0.06)	0.6 (0.03)	94.34 (7.07)	98.29 (3.73)	269.27 (23.42)	1.52 (0.09)	12.54 (0.76)	77.57 (4.42)
gor-22	1.34 (0.08)	0.55 (0.03)	93.7 (6.67)	96.63 (3.75)	280.04 (23.53)	5.69 (0.35)	13.49 (0.77)	289.81 (15.91)
kor-101	1.09 (0.06)	0.69 (0.04)	96.55 (8.1)	96.28 (3.43)	319.84 (33.21)	14.93 (0.79)	15.4 (1.11)	759.57 (40.31)
kor-11	1.23 (0.07)	0.63 (0.03)	94.62 (6.9)	91.71 (2.92)	274.83 (24.37)	4.12 (0.24)	13.24 (0.78)	209.6 (11.21)
kor-121	1.45 (0.07)	1.04 (0.06)	92.42 (6.24)	96.59 (2.03)	382.278 (31.95)	24.1 (0.83)	17.17 (0.96)	1225.86 (54.94)
kor-131	1.18 (0.07)	0.61 (0.03)	97.07 (6.94)	96.35 (3.56)	287.52 (26.26)	2.74 (0.18)	12.94 (0.77)	139.26 (8.26)
kor-21	1.19 (0.06)	0.56 (0.04)	94.7 (7.12)	93.69 (3.71)	335.22 (35.19)	13.49 (0.99)	14.96 (0.92)	685.91 (43.65)
kor-31	1.15 (0.08)	0.54 (0.02)	97.39 (7.05)	101.23 (4.2)	251.99 (24.98)	0.76 (0.05)	11.58 (0.7)	38.75 (2.36)
kor-41	1.15 (0.07)	0.6 (0.04)	95.3 (7.34)	91.98 (3.88)	300.81 (32.97)	3.47 (0.27)	13.14 (0.83)	176.67 (11.62)
kor-51	1.09 (0.07)	0.55 (0.03)	93.52 (7.94)	94.76 (3.54)	291.63 (32.26)	8.77 (0.52)	14.01 (0.96)	445.21 (23.26)
kor-61	1.22 (0.07)	0.65 (0.03)	96.33 (6.99)	96.93 (2.6)	284.30 (26.14)	5.71 (0.29)	13.69 (0.83)	289.93 (13.79)
kor-71	1.14 (0.07)	0.68 (0.03)	95.9 (7.39)	95.81 (2.43)	289.58 (30.55)	8.69 (0.39)	13.94 (0.89)	441.24 (19.6)
kor-81	1.32 (0.07)	0.75 (0.03)	95.69 (6.66)	94.35 (2.15)	311.76 (28.44)	14.57 (0.57)	15.01 (0.87)	739.92 (30.96)
kor-91	1.07 (0.08)	0.65 (0.04)	97.36 (8.32)	93.55 (2.99)	291.09 (30.97)	8.76 (0.52)	14.02 (1.02)	446.05 (25.05)
kal-11	1.88 (0.15)	0.77 (0.03)	98.23 (9.3)	100.78 (5.02)	20.77 (1.45)	0.0196 (0)		



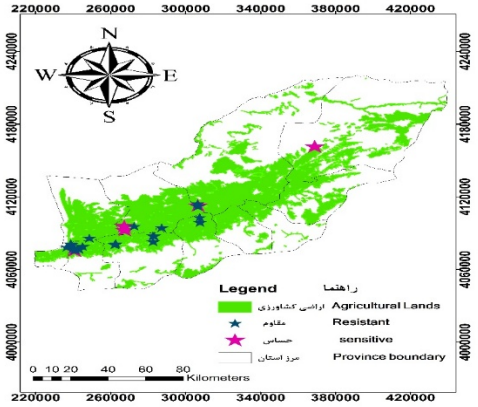
شکل ٤- ضریب تبیین بین درجه مقاومت حاصل از آزمایش‌های گلدانی و ظرف‌های پتری.

Figure 4- Correlation coefficient between resistance factors based on pot and Petri dish assays.



شکل ٥- موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های مورد مطالعه و نقشه پراکنش بیوتیپ‌های *L. rigidum* gud. جمع‌آوری شده از مزارع گندم در استان گلستان.

Figure 5- Geographical location of the studied city and distribution map of *L.rigidum* gud. biotypes collected from wheat fields of Golestan province counties.



شکل ٦- نقشه پراکنش بیوتیپ‌های *L. rigidum* gud. مقاوم به کلودینافوپ‌پروپارژیل در استان گلستان.

Figure 6- Distribution map of *L. rigidum* gud. resistant biotypes to Clodinafop propargyl in Golestan province.

پیش از این نیز گزارش‌هایی مبنی بر بروز مقاومت برخی از بیوتیپ‌های چچم در استان گلستان ارائه شد. نجاری کلانتری (۲۰۱۳) بروز مقاومت عرضی در چچم به علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، دیکلوفوپ متیل، فنوکساپروپ پی اتیل را در مزارع گندم شهرستان آق قلا گزارش و تأیید کر (۱۷). بر اساس این نتایج می‌توان اظهار داشت که با ادامه روش‌های جاری در مدیریت علف‌های هرز، مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در بیوتیپ‌های نمونه‌برداری شده از این مناطق در حال گسترش می‌باشد. گندم از محصولات عمده این مناطق بوده است و این اراضی به طور مداوم مورد کشت گندم واقع شده و تنها روشی که برای مبارزه با علف هرز در این مزارع استفاده می‌شود، کاربرد علف‌کش‌ها می‌باشد. بروز مقاومت در چچم به علف‌کش، نیاز به اجرای تناوب زراعی و علف‌کشی در استان گلستان را مشخص می‌نماید. اجرای تناوب می‌تواند با کاهش فشار گزینش از سرعت بروز آلل‌های مقاوم در منطقه بکاهد (۲۷).

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق مشخص شد که بیوتیپ‌های مختلف چچم به علف‌کش کلودینافوپ‌پروپارژیل در مزارع گندم استان گلستان مقاومت داشتند و نتایج زیست‌سنجی گلدانی با زیست‌سنجی بذر در ظرف‌های پتری مطابقت بالایی داشتند. علت افزایش بیوتیپ‌های مقاوم این علف هرز که از علف‌های هرز مهم باریک برگ مزارع گندم کشور است، مصرف متوالی و مدیریت نشده علف‌کش‌های بازدارنده ACCaseدر طی سال‌های گذشته در مزارع کشور است. مقاومت در گونه‌های چچم به بازدارنده‌های استیل کوآنزیم آ به دلیل استفاده مداوم در سایر تحقیقات نیز به اثبات رسیده است. این موضوع مؤیدی بر اهمیت بررسی و پایش مستمر مزارع نسبت به پدیده مقاومت به علف‌کش‌های مختلف است تا با تشخیص زودهنگام آن از گسترش آن جلوگیری نمود. از این‌رو، بایستی با اتخاذ تصمیم مدیریتی مناسب از گسترش ژن مقاومت به مزارع و مناطق دیگر جلوگیری به عمل آید. در نهایت توصیه می‌شود به‌منظور کاهش سرعت گسترش مقاومت به علف‌کش‌ها در چچم و سایر گونه‌های علف هرز با تغییر الگوی مصرف علف‌کش‌ها از روش‌هایی مانند تناوب و اختلاط علف‌کش‌ها، تناوب زراعی، شخم، آیش و دیگر عملیات مدیریتی برای پیش‌گیری و به تأخیر انداختن مقاومت به علف‌کش‌ها استفاده شود تا از فشار انتخاب مقاومت به سایر توده‌ها بکاهد. با این حال بهتر است به منظور جلوگیری از افزایش مقاومت به علفکش‌های خانواده ACCase که بر اساس این تحقیق به‌ویژه در استان گلستان رو به افزایش است، از سایر علف‌کش‌ها با محل اثر متفاوت نیز استفاده نمود.

References

1. Ghorbani, R., MirAlavi, S.V. and Sabet Teimouri, M. 2012. Effect of planting date and crop density of autumn wheat (*Triticum aestivum* L.) on density and biomass of weeds. Agroecology. 4: 4. 294-306. (In Persian)
2. Rosario, J.M., Cruz-Hipolito, H., Smeda, R.J. and De Prado, R. 2011. White mustard (*Sinapis alba* L.) resistanceto ALS-inhibiting herbicides and alternative herbicides for control in Spain. Eur J. Agron. 35: 2. 57-62.
3. Singh, S., Kirkwood, R.C. and Marshall, G. 1999. Biology and control of *Phalaris minor* Retz. (little seed cana rygrass) in wheat (Review Article). Crop Protect. 18: 1. 1-16.
4. Suzukawa, A.K., Bobadilla, L.K., Mallory-Smith, C. and Brunharo, C.A. 2020. Non-target-site resistance in *Lolium* spp. Globally: a review. Front Plant Sci. 11: 2. 21-37.

5. Zand, E., Bena Kashani, F., Baghestani, M.A., Meknali, A., Minbashi, M., Soufizadeh, S. and Deihimfard, R. 2007 . Investigating the distribiotion of clodinafop propargyl resistant Wild oat (*Avena ludoviciana*) populationsin south western Iran. Environ Sci. 4: 3. 85-92. (In Persian)
6. Forouzesh, A., Zand, E., Soufizadeh, S. and Samadi Foroushani, S. 2015. Classification of herbicides according to chemical family for weed resistance management strategies–an update. Weed Res. 55:4. 334-358.
7. Collavo, A., Panozzo, S., Lucchesi, G., Scarabel, L. and Sattin, M. 2011. Characterisation and management of *Phalaris paradoxa* resistant to ACCaseinhibitors. Crop Protect.30: 3. 293-299.
8. Delye, C., Jasieniuk, M. and Valerie, C.L. 2013. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. Trend Genet. 29: 11. 649-658.
9. Heap, I. 2021. The international survey of Herbicide resistant weeds. http:// www. Weed science .com (3 December 2021).
10. Gherekhloo, J., Oveisi, M., Zand, E. and De Prado, R. 2016. A review of herbicide resistance in Iran. Weed Sci. 64: 4. 551-561.
11. Topuz, M., Nemli, Y., Fatima, T. and Mattoo, A.K. 2015. Seed dormancy is modulated in recently evolved chlorsulfuron-resistant Turkish biotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis*). Front Chem. 3: 2. 46-52.
12. Zand, E., Baghestani, M.A., Bena Kashani, F. and Dastaran, F. 2010. Investigating efficiency of some herbicides in control of resistant and susceptible wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu) biotypes to acetyl -CoA carboxylase. J. Plant Protect. 24: 3. 242-251. (In Persian)
13. Gherekhloo, J., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahalati, M., Zand, E., Ghanbari, A., Osuna, M.D. and De Prado., R. 2008. Seed bioassay and ACCase enzyme assay to study the resistance of *Phalaris minor* to aryloxyphenoxypropionate (APP) inhibitors. Environ. 6: 1. 43-52. (In Persian)
14. Aghajani, Z., Zand. E., Baghestani, M.A. and Mirhadi, M.J. 2009. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana* annual bastardcabbage (*Rapistrum rugosum*) resistance to tribenuron-methyl in Agh Ghala. J. Plant Protect. 29: 2.199-205.(In Persian)
15. Elahifard, E., Rashed Mohassel, M.H., Zand, E. and Nassiri Mahallati, M. 2008. The investigation of the Dur accessions to ACCase inhibitor herbicides in Gonbad-E Kavus wheat fields and mapping their distribution. J. Plant Prod. 41: 2. 103-116. (In Persian)
16. Gherekhloo, J., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahalati, M., Zand, E., Ghanbari, A., Osuna, M.D. and DePrado, R. 2011. Confirmed resistance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in *Phalaris minor* populations in Iran. Weed Biol and manage. 11: 1. 29-37.
17. Najari Kalantari, N. 2013. Identification of resistant weeds to ACCase and ALS inhibitors wheat of Aq Qala and preparing their distribution map. MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
18. Beckie, H.J., Heap, I.M., Smeda, R.J. and Hall, L. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds (Review.). Weed Technol. 14: 2. 428-445.
19. Burgos, N.R. 2015. Whole-plant and seed bioassays for resistance confirmation. Weed Sci. 63: 1. 152-165.
20. Ritz, C. and Streibig, J.C. 2005. Bioassay analysis using R.J. Stat Soft.12: 1. 1-22.
21. Sasanfar, H., Zand, E., Baghestani, M.A., Mirhadi, M.J. and Mesgaran, M.B. 2017. Cross-resistance patterns ofwinter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to ACCase inhibitor herbicides. Phytoparasitica. 45: 3. 419-428. (In Persian)
22. Yang, C.H. Dong, L.Y., Li, J. and Moss, S.R. 2007. Identification of Japanese foxtail (*Alopecurus japonicus*) resistant to haloxyfop using three different assay techniques. Weed Sci. 55: 6. 537-540.
23. Wrzesinska, B., Kierzek, R. and Obrepalska-steplowska, A. 2016. Evaluation of six commonly used reference genes for gene expression studies in herbicide resistant *Avena fatua* biotypes. Weed Res. 56: 4. 1. 284-292.

24. Kalami, R. 2014. Identification of resistant weeds to ACCasa and ALS inhibitors herbicides in wheat fields of Kordkuy. MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
25. Derakhshan, A., Najari Kalantari N., Gherekhloo, J. and Kamkar B. 2015. Wild mustard (*Sinapis arvensis*) and annual bastardcabbage (*Rapistrum rugosum*) resistance to tribenuron-methyl in Agh Ghala. J. Plant Protect. 29: 2. 199-205. (In Persian)
26. Devine, M.D. 1997. Mechanism of resistance to acetyl- CoA Carboxylase inhibitors. Pest Sci. 51: 3. 259-264.
27. Scursoni, J.A., Gigon, R., Martin, A.N., Vigna, M., Leguizamon, E.S., Istilart, C. and Lopez, R. 2014. Changesin weed communities of spring wheat crops of Buenos Aires province of Argentina. Weed Sci. 62: 1. 51-62.