Iranian Journal of Weed Science
Vol 18, No 1, 2022 (115-127)
DOI: 10.22092/ijws.2022.353809.1387

مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۸، شمارهٔ ۱، ۱۴۰۱ (ص ۱۱۵-۱۲۷)

Evaluation of resistance to mesosulfuron methyl+ idosulfuron methyl and mesosulfuron methyl+ idosulfuron methyl+ diflofenican herbicides in winter wild oat (*Avena sterilis* sub sp. *ludoviciana*) populations collected from wheat fields of Khuzestan province and preparing distribution map of populations

Ali Joumi[1], Eshagh Keshtkar[*2], Eskandar Zand[3] and Hamidreza Sasanfar[4]
1,2. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 3,4. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
(Received: May 2, 2022 - Accepted: July 1, 2022)

ABSTRACT
Forty-six suspected herbicide-resistant winter wild oat populations collected from wheat fields of Khuzestan province were screened in a whole plant bioassay using the recommended field dose of mesosulfuron methyl+idosulfuron methyl (Atlantis %1.2 OD) and mesosulfuron methyl+idosulfuron methyl+diflofenican (Othello %6 OD). The resistance index of two populations, with the highest percentage of herbicide resistance recorded at the screening tests, to the mentioned herbicides was tested in a dose-response experiment. Thirteen and six populations showed resistance to Atlantis based on Adkins and Moss methods, respectively. Also, 18 and three populations were classified as Othello resistant populations based on Adkins and Moss methods, respectively. This is the first report of resistance to Othello in winter wild oat populations collected from Khuzestan province. A distribution map of winter wild oat populations resistant and susceptible to herbicides was prepared based on the results of the screening test. Herbicide resistance index to Atlantis in two dose-response experiments for the studied populations was ranged between 8.9 and 15.1. Herbicide resistance index to Othello was ranged between 3.3 and 15.0. Due to an increase in herbicide-resistant populations to ALS inhibitors in Khuzestan province, herbicide-resistant winter wild oat management programs should be pursued more seriously.

Keywords: ALS inhibitors, dose-response, resistance ratio, screening.

پی‌جویی مقاومت به علف‌کش‌های مزوسولفورون‌متیل+ یدوسولفورون‌متیل و مزوسولفورون‌متیل+ یدوسولفورون متیل+ دیفلوفنیکان در جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana*) در مزارع گندم استان خوزستان و تهیه نقشه پراکنش آن‌ها

علی جومی[۱]، اسحاق کشتکار[*۲]، اسکندر زند[۳] و حمیدرضا ساسان‌فر[۴]
۱و۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۳و۴- به‌ترتیب استاد و استادیار بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۱۰)

چکیده
در این پژوهش، ۴۶ جمعیت یولاف وحشی زمستانه مشکوک به مقاومت از مزارع گندم استان خوزستان جمع‌آوری و آزمایش غربال‌گری با دو علف‌کش مزوسولفورون‌متیل+ یدوسولفورون‌متیل (آتلانتیس، OD ۱/۲ درصد) و مزوسولفورون‌متیل+ یدوسولفورون‌متیل+ دیفلوفنیکان (اُتللو، OD ۶ درصد) انجام شد. درجه مقاومت دو جمعیت یولاف وحشی که در مرحله غربال‌گری بیشترین مقاومت را به دو علف‌کش مذکور نشان داده بودند از طریق آزمایش‌های دز-پاسخ تعیین شد. بر اساس روش اندازه‌گیری وزن خشک و سیستم رتبه‌بندی R به‌ترتیب ۱۳ و شش جمعیت به آتلانتیس مقاومت نشان دادند. همچنین بر اساس روش ادکینز و ماس به‌ترتیب ۱۸ و سه جمعیت در گروه مقاوم به علف‌کش اتللو قرار گرفتند. این اولین گزارش از جمعیت‌های مقاوم به علف‌کش اتللو در استان خوزستان می‌باشد. نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم و حساس به دو علف‌کش براساس نتایج آزمایش غربال‌گری تهیه شد. شاخص مقاومت به علف‌کش آتلانتیس برای جمعیت‌های مورد بررسی بین ۸/۹ و ۱۵/۱ و برای علف‌کش اتللو بین ۳/۳ و ۱۵/۰ برآورد شد. باتوجه‌به افزایش فراوانی جمعیت‌های مقاوم به علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات‌سینتاز (ALS) در این استان، برنامه‌های مدیریت علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه مقاوم به علف‌کش‌ها باید جدی‌تر از گذشته پیگیری شود.

کلمات کلیدی: بازدارنده‌های ALS، درجه مقاومت، دُز-پاسخ، غربالگری.

* Corresponding author E-mail: keshtkar@modares.ac.ir

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در بین غلات به عنوان مهم‌ترین منبع مستقیم غذایی برای انسان محسوب می‌شود و با سطح زیر کشت بیش از ۲۱۸ میلیون هکتار، یک منبع پایداری از مواد غذایی برای ٤٠ درصد جمعیت دنیا می‌باشد (Giraldo *et al*., 2019). سطح زیر کشت گندم در کشورمان ٦/٥ میلیون هکتار می‌باشد که از این میزان سهم استان خوزستان در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، حدود ٥٤٢ هزار هکتار بوده است (Anonymous, 2020). در مزارع گندم کشور خسارت ناشی از حضور علف‌های هرز حدود ۲٥ درصدگزارش شده است (Zand *et al*., 2020). یکی از علف‌های هرز شایع در مزارع گندم جهان یولاف وحشی زمستانه است (Torun & Uygur, 2018). در ایران و از جمله استان خوزستان نیز یولاف وحشی زمستانه یکی از مشکل‌سازترین علف‌های هرز باریک‌برگ یکساله در مزارع غلات محسوب می‌شود (Montazeri *et al*., 2005). یولاف وحشی زمستانه می‌تواند منجر به کاهش عملکرد گندم به‌میزان ۱۷ الی ٦۲ درصد در تراکم ١٤٦ الی١٦٢ بوته در متر مربع شود (Balyan *et al*., 1991; Dhima & Eleftherohorinos, 2001). کنترل شیمیایی یکی از رایج‌ترین روش‌ها در مدیریت مزارع گندم است و استفاده مکرر و مدیریت-نشده از این روش، سبب بروز پدیده مقاومت شده است (Zand *et al*., 2020). مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها به سرعت در حال گسترش است، توسعه این پدیده هزینه‌های مدیریت علف‌های هرز مقاوم را افزایش می‌دهد، از طرفی پایداری تولید محصولات زراعی و در نتیجه امنیت غذایی را در سراسر جهان تهدید می‌کند (Mortensen *et al*. 2012; Hicks *et al*. 2018).

مقاومت به علف‌کش‌ها در بسیاری از گونه‌های یولاف وحشی گزارش شده است، به‌طوری‌که یولاف وحشی (*Avena fatua*) هم‌اکنون به‌عنوان یکی از ۱٥ گونه علف هرز مهم در دنیا شناخته می‌شود که به هفت محل عمل متفاوت مقاومت نشان داده است. مقاومت یولاف وحشی زمستانه نیز به برخی علف‌کش‌ها با نحوه عمل متفاوت از گروه‌های ۱، ۲ و ۹ گزارش شده است (Heap, 2020). بروز مقاومت به علف‌کش‌های گروه ۱ (بازدارنده ACCase) در جمعیت‌های یولاف وحشی جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم استان‌های فارس و خوزستان گزارش شده است (Sasanfar *et al*., 2017; Elahifard *et al*., 2017). اخیرا مقاومت یولاف وحشی به باریک‌برگ‌های مورد استفاده در کشت‌های تناوبی مانند کلزا نیز توسعه پیدا کرده است (Sasanfar *et al*., 2021). در بین علف‌کش‌های مورد استفاده برای کنترل یولاف وحشی زمستانه، بروز مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات‌سینتاز (ALS) یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در بحث مدیریت مقاومت به علف‌کش‌ها می‌باشد. چراکه این علف‌کش‌ها جزو علف‌کش‌های با خطر مقاومت بالا طبقه‌بندی می‌شوند؛ به‌طوری‌که تنها پنج سال پس از معرفی علف‌کش کلروسولفورون نخستین مورد مقاومت شناسایی شده است (Mallory-Smith *et al*., 1990). همچنین علف‌کش‌های بازدارنده ALS به‌دلیل کارایی بالا و میزان مصرف کم در واحد سطح در سطح جهانی پرطرفدار هستند. براین‌اساس استفاده از بازدارنده‌های ALS برای مهار گونه‌های یولاف وحشی در غلات در سراسر جهان رایج است و این فرآیند سبب توسعه بیش‌تر مقاومت می‌شود (Beckie *et al*., 2002). تاکنون مقاومت یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش‌های بازدارنده ALS از استرالیا و ایران گزارش شده است. در ایران نیز بروز مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ALS (علف‌کش مزوسولفورون‌متیل+یدوسولفورون-متیل، با نام تجاری شوالیه) در یولاف وحشی زمستانه گزارش شده است (Zand *et al*., 2010). در استان

خوزستان نیز برخی جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه جمع‌آوری‌شده از مزارع گندم به بازدارنده‌های ALS از جمله علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورن‌متیل (شوالیه) مقاومت نشان داده‌اند (Aghajani *et al.*, 2009).

باتوجه‌به این ضرورت‌ها و نارضایتی برخی از کشاورزان از کارایی علف‌کش‌های بازدارنده ALS برای مهار علف هرز یولاف وحشی زمستانه در مزارع گندم ا ستان خوز ستان، این پژوهش با هدف برر سی وضعیت و سطح مقاومت جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه به دو علف‌کش مزوسولفورون‌متیل (آتلانتیس، OD ۱/۲ درصد) و مزوسو ل فورون م تیل+ یدوسولفورون‌متیل+ دیفلوفنیکان (اُتللو، OD ٦ درصد) و همچنین تهیه نقشه پراکنش جمعیت‌های حساس و مقاوم در سطح مزارع گندم این استان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو مرحله شامل: ۱) انجام آزمون غربال‌گری جمعیت‌های جمع‌آوری‌شده با دُز توصیه‌شده علف‌کش‌ها و ترسیم نقشه پراکنش و ۲) انجام آزمون دُز- پاسخ روی سه جمعیت (دو جمعیت بسیار مقاوم بر اساس نتایج آزمون غربال‌گری به همراه یک جمعیت حساس) برای تعیین درجه مقاومت جمعیت‌ها انجام شد.

۱- *آزمون غربال‌گری و تهیه نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم و حساس*: مواد گیاهی آزمایش شامل ٤٦ جمعیت یولاف وحشی زمستانه مشکوک به مقاومت به علف‌کش‌ها با نظارت بخش تحقیقات علف‌های هرز در سال ۱۳۹۷ از مزارع گندم استان خوزستان جمع‌آوری شد (جدول پیوست ۱).

به‌منظور بررسی وضعیت مقاومت در جمعیت‌های فوق، آزمایش زیست‌سنجی با گیاه کامل با کاربرد دُزهای توصیه‌شده دو علف‌کش (جدول ۱) و با چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. به‌منظور جوانه‌زنی یکنواخت جمعیت‌ها و غلبه بر خواب بذر یولاف وحشی زمستانه، ابتدا لما و پالئا از بذرها جدا شد، سپس بذرها درون پتری‌دیش‌های نُه سانتی‌متری حاوی کاغذ صافی حاوی پنج میلی‌لیتر آب مقطر استریل‌شده قرار داده شدند. پتری‌دیش‌ها به مدت سه روز در یخچال (دمای چهار درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند و پس از خروج ریشه‌چه (سه میلی‌متر)، بذرها برای اجرای آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند (Beckie *et al.*, 2000).

بذرهای جوانه‌زده به گلدان‌های پلاستیکی ۵۰۰ میلی‌لیتری (قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر) حاوی رس، شن و کود دامی استریل‌شده و پرلیت به‌نسبت (یک:یک:یک: یک) منتقل شدند. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر در عمق (دو سانتی‌متری) کشت شد. سپس گلدان‌ها به گلخانه‌ای با شرایط ١٦ ساعت روشنایی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و هشت ساعت تاریکی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد طی فصل پاییز منتقل شدند (Tal *et al.*, 2000). آبیاری جمعیت‌ها به‌صورت مه‌پاش بر اساس مشاهده رطوبت روزانه سطح گلدان صورت گرفت. پس از سبزشدن گیاهچه‌ها و پیش از سم‌پاشی برای جلوگیری از رقابت درون‌گونه‌ای، تعداد گیاهان داخل هرگلدان به هفت عدد کاهش یافت.گیاهچه‌ها در مرحله‌ای دو تا سه‌برگی در معرض دُز توصیه‌شده علف‌کش‌ها (جدول ۱) قرارگرفتند. سم‌پاشی توسط سم‌پاش پشتی برقی مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت (۸۰۰۲) و حجم محلول مصرف ۲۰۰ لیتر در هکتار در فشار ۲۰۰ کیلو پاسکال انجام شد. لازم به ذکر می‌باشد که برای هر جمعیت، گلدان‌های بدون سم‌پاشی با چهار تکرار به‌عنوان جمعیت شاهد در نظر گرفته شد. چهار هفته پس از سم‌پاشی، ارزیابی گیاهچه‌ها از نظر درصد زنده‌مانی و وزن تر نسبت به

شاهد انجام شد. نمونه‌های برداشت‌شده به مدت ٤٨ ساعت در دستگاه آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و درصد وزن خشک هر جمعیت نیز نسبت به شاهد محاسبه شد (Beckie *et al.*, 2000).

سپس تعیین وضعیت مقاومت جمعیت‌ها به دو روش ادکینز و همکاران (Adkins *et al.*, 1997) و ماس و همکاران (Moss *et al.*, 2007) انجام شد.

جدول ۱- مشخصات علف‌کش‌های مورد استفاده در پژوهش

Table 1. Properties of herbicides used in the study

Common Name	Trade Name	Mechanism of action	Formulation	Field rate (g a.i. ha^{-1})	Company Name
Mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl sodium+mefenpyr-diethyl	Atlantis	ALS inhibitor	OD 1.2%	18	Bayer
Mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl sodium+diflufenican+mefenpyr-diethyl	Othello	ALS inhibitor + Carotenoid biosynthesis inhibitors	OD 6%	96	Bayer

بر طبق روش ادکینز، چهار هفته پس از کاربرد علف کش، جمعیتی به عنوان جمعیت مقاوم شناخته می‌شود که حداقل ۸۰ درصد وزن خشک و۵۰ درصد گیاهان زنده خود را نسبت به شاهد (بدون علف‌کش) حفظ کرده باشد. در این روش اگر جمعیتی ۵۰ درصد وزن خشک و۵۰ درصد زنده‌مانی خود را نسبت به شاهد (بدون علف‌کش) حفظ کرده باشد در گروه احتمالا مقاوم قرار می‌گیرد و در غیر این دو حالت، جمعیت به عنوان جمعیت حساس شناخته خواهد شد. بر طبق روش ماس و همکاران (Moss *et al.*, 2007) نیز که به سیستم رتبه‌بندی R نیز معروف است، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین صفر تا ۳٦ درصد است در گروه مقاومت بالا (RRR)، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۳٦ تا ۷۲ درصد است در گروه مقاوم (RR)، بیوتیپ‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۷۲ تا ۸۱ درصد است در گروه مشکوک به مقاومت (R?) و جمعیت‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۸۱ تا ۱۰۰ درصد است در گروه حساس (S)، قرار می‌گیرند. سپس ترسیم نقشه پراکنش علف‌های هرز مقاوم و حساس با استفاده از نرم‌افزار GIS و براساس مختصات ثبت‌شده توسط دستگاه GPS انجام شد (Backes & Plumer, 2003). در این پژوهش نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم و حساس در سطح استان بر اساس هر دو روش (ماس و ادکینز) طبق موقعیت جغرافیایی استخراج‌شده حاصل از دستگاه GPS، در محیط نرم‌افزار GIS ترسیم شد.

۲- *انجام آزمون دُز- پاسخ برای تعیین درجه مقاومت جمعیت‌ها:* از بین ٤٦ جمعیت یولاف وحشی زمستانه مورد استفاده در آزمایش غربال‌گری، دو جمعیت با بالاترین سطح مقاومت به همراه یک جمعیت حساس انتخاب شدند. سپس جمعیت‌ها در معرض هفت دُز شامل دُز ۰، ۰/۵، ۱، ۲، ٤، ۸ و ١٦ برابر دُز توصیه‌شده علف‌کش‌های مزوسولفورون‌متیل+یدوسولفورون‌متیل (آتلانتیس) (معادل ۰، ۹، ۱۸، ۳٦، ۷۲، ١٤٤ و ۲۸۸ گرم ماده موثره در هکتار) و مزوسولفورون‌متیل+ یدوسولفورون‌متیل+ دیفلوفنیکان (اتللو) (معادل ۰، ٤٨، ۹٦، ۱۹۲، ۳۸٤، ۷٦۸، ۱۵۳٦ و ۳۰۷۲ گرم ماده موثره در هکتار) قرار گرفتند. همچنین جمعیت‌های حساس نیز در معرض دُزهای ۰، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲ و ٤ برابر دُز توصیه‌شده علف‌کش‌های مورد نظر قرار گرفتند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام و سپس آزمایش مجددا تکرار شد. همه مراحل انجام این آزمایش مشابه آزمایش غربال‌گری

انجام شد. در هفته چهارم پس از سم‌پاشی وزن تر و سپس وزن خشک گیاهان اندازه‌گیری شد.

تجزیه وتحلیل آماری

به منظور به‌دست‌آوردن درجه مقاومت جمعیت‌های بررسی‌شده در آزمایش دُز- پاسخ از مدل رگرسیونی لوگ-لجستیک سه و یا چهار پارامتره (معادله۱)، ارائه-شده توسط استریبیگ و همکاران (Streibig *et al*., 1993) استفاده شد.

(معادله ۱)

$$y= C + \frac{d-c}{1+exp\,[b\,(\log(x)-\log(ED50))}$$

که دراین معادله y پاسخ گیاه (وزن‌خشک، وزن تر یا درصد زنده‌مانی)، x دُزهای علف‌کش (برحسب گرم بر ماده موثر در هکتار)، c حد پایین منحنی یا پاسخ در دُزهای بالای علف‌کش (خط مجانب پایینی)، d بالاترین حد از منحنی وقتی که دُز علف‌کش صفراست (خط مجانب بالایی)، ED_{50} دُز علف‌کش مورد نیاز برای کاهش پاسخ گیاه تا ۵۰ درصد (حد میانه‌ای بین مقدارd وc) و b شیبی متناسب از مدل در محدوده ED_{50} است. برای به‌دست‌آوردن شاخص مقاومت (Resistance Index, RI)، ED_{50} گیاهان مقاوم به ED_{50} جمعیت‌های حساس تقسیم شد، سپس با استفاده از آزمون t-test مقایسه این عدد (RI) با عدد یک صورت گرفت. شایان ذکر است که به‌دلیل عدم همگنی واریانس‌ها و غیر نرمال‌بودن باقی‌مانده‌ها از روش باکس-کاکس (Box-Cox)، برای رسیدن به فرضیه‌های تجزیه رگرسیون استفاده شد. همچنین به‌دلیل اختلاف معنی‌دار (سطح پنج درصد) بین جمعیت‌ها از نظر حد بالا در تجزیه داده‌های آزمایش اول مزوسولفورون‌متیل+یدوسولفورون‌متیل، از ED_{50} مطلق استفاده شد (Keshtkar *et al*., 2021). برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار R، بسته drc و برای ترسیم نقشه از ArcGIS استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمون غربال‌گری و تهیه نقشه پراکنش

هیچ یک از جمعیت‌ها به علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون بر اساس روش ادکینز حساس نبودند، همچنین بر اساس نتایج ارزیابی با روش فوق، ۱۳ جمعیت (۲۸/۲٦ درصد) در گروه مقاوم (R) و ۳۳ جمعیت (۷۱/۷۳ درصد) در گروه احتمالاً مقاوم (R?) به این علف‌کش قرار گرفتند. بر اساس روش ماس نیز بجز جمعیت RM1 که در گروه حساس (S)، به علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون قرار گرفت، شش جمعیت (۱۳ درصد) در گروه مقاومت بالا (RRR)، ۲۸ جمعیت (٦۰/۸٦ درصد) در گروه مقاوم (RR)، و ۱۱ جمعیت (۲۳/۹۱ درصد) در گروه مشکوک به مقاومت (R?) قرار گرفتند. بر این اساس، این علف‌کش کنترل رضایت‌بخشی روی جمعیت‌های مورد آزمایش نداشته است (جدول ۲). نتایج به-دست‌آمده با پژوهشی که در سال ۱۳۸۹ در مزارع گندم این استان روی علف هرز یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون (شوالیه) انجام شده (Aghajani *et al*., 2010) و همچنین پژوهش زند (Zand, 2010) مطابقت دارد. همچنین در پژوهشی که در سال ۱۳۹۲ روی جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه (۳۰ جمعیت مورد مطالعه) در مزارع گندم استان خوزستان انجام شد در مجموع میانگین دو روش ارزیابی (روش ماس و ادکینز) حدود ۱٤ درصد از جمعیت‌ها نسبت به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در سطح این استان مقاومت نشان دادند (Zand *et al*., 2013). مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات فوق نشان می‌دهد مقاومت به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه مزارع گندم این استان درحال گسترش و نگران‌کننده می‌باشد. براین اساس ضروری است که

راهکارهای موثر و سودمندتری برای کنترل و جلوگیری ازگسترش مقاومت به کار گرفته شود. نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم و حساس به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در (شکل ۱) آمده است. بر اساس روش ادکینز، پراکنش جمعیت‌های مقاوم و احتمالا مقاوم در سراسر نقاط استان مشاهده شد و این پراکنش روی نقطه خاصی از استان متمرکز نبود که بیانگر مصرف مکرر و مدیریت‌نشده این علف‌کش در سراسر مزارع گندم استان می‌باشد. همچنین مطابق با نتایج آزمون غربال‌گری به روش ادکینز، جمعیت حساسی به این علف‌کش روی نقشه استان ثبت نشد (شکل ۱- الف). برطبق روش ماس نیز، پراکنش جمعیت‌های با مقاومت بالا، جمعیت‌های مقاوم و مشکوک به مقاومت در نقاط مختلف استان مشاهده شد، با این حال یک جمعیت حساس بر طبق این روش روی نقشه به ثبت رسید (شکل ۱- ب). نتایج آزمون غربال‌گری مربوط به علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان نشان داد که براساس روش ادکینز شش جمعیت (HA2، RS2، DA1، SH2، LA2 و OM3)، به این علف‌کش حساس (S) می‌باشد. همچنین ۱۸ جمعیت (۳۹/۱۳ درصد) در گروه مقاوم (R) و ۲۲ جمعیت (٤٧/٨٢ درصد) در گروه احتمالاً مقاوم (R?) قرار گرفتند. بر اساس روش ماس تنها جمعیت DA4 در گروه حساس (S) به این علف‌کش قرار گرفت، سه جمعیت (٦/٥٢ درصد) در گروه مقاومت بالا (RRR)، ۲۹ جمعیت (٦٣ درصد) در گروه مقاوم (RR) و ۱۳ جمعیت (۲۸/۲٦ درصد) در گروه مشکوک به مقاومت (R?) قرارگرفتند (جدول۲). این نتایج بیانگر این است که متأسفانه این علف‌کش نیز مانند علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون نتوانست کارایی لازم در کنترل همه جمعیت‌های مورد آزمایش داشته باشد. شایان ذکر است که این اولین گزارش مقاومت علف هرز یولاف وحشی زمستانه به این علف‌کش در مزارع گندم استان خوزستان می‌باشد. با-توجه‌به نتایج به‌دست‌آمده ضروری است که اقدامات عملی برای جلوگیری از گسترش بیش‌تر مقاومت و مدیریت این پدیده در مزارع گندم استان خوزستان انجام شود. از جمله‌ای این اقدامات می‌توان به مصرف بهینه و هدفمندتر علف‌کش‌ها، اختلاط علف‌کش‌هایی با مکانیسم عمل متفاوت و کاربرد هدفمند آن در مزارع، استفاده از تناوب زراعی و کاهش سیستم تک‌کشتی گندم در استان اشاره کرد که باید در برنامه‌های مدیریتی مقاومت به کار گرفته شود. نقشه پراکنش جمعیت‌های مقاوم و حساس به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان بر اساس روش ادکینز و ماس در شکل ۲ آمده است. همان‌طور که پیش از این اشاره شد، بر اساس شاخص زنده‌مانی و وزن خشک بیشتر جمعیت‌ها (٤٧/٨٢) در گروه احتمالاً مقاوم (R?) و بر اساس شاخص کاهش وزن تر بیشتر جمعیت‌ها (٦٣ درصد) در گروه مقاوم (RR) قرارگرفتند. پراکنش جمعیت‌های مقاوم به این علف‌کش در نقاط مختلف استان مشاهد شد و مشابه علف‌کش قبلی از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کرد (شکل ۲-الف و ب). این موضوع نشان‌دهنده مصرف مدیریت‌نشده و مکرر علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان در سطح مزارع گندم این استان می‌باشد.

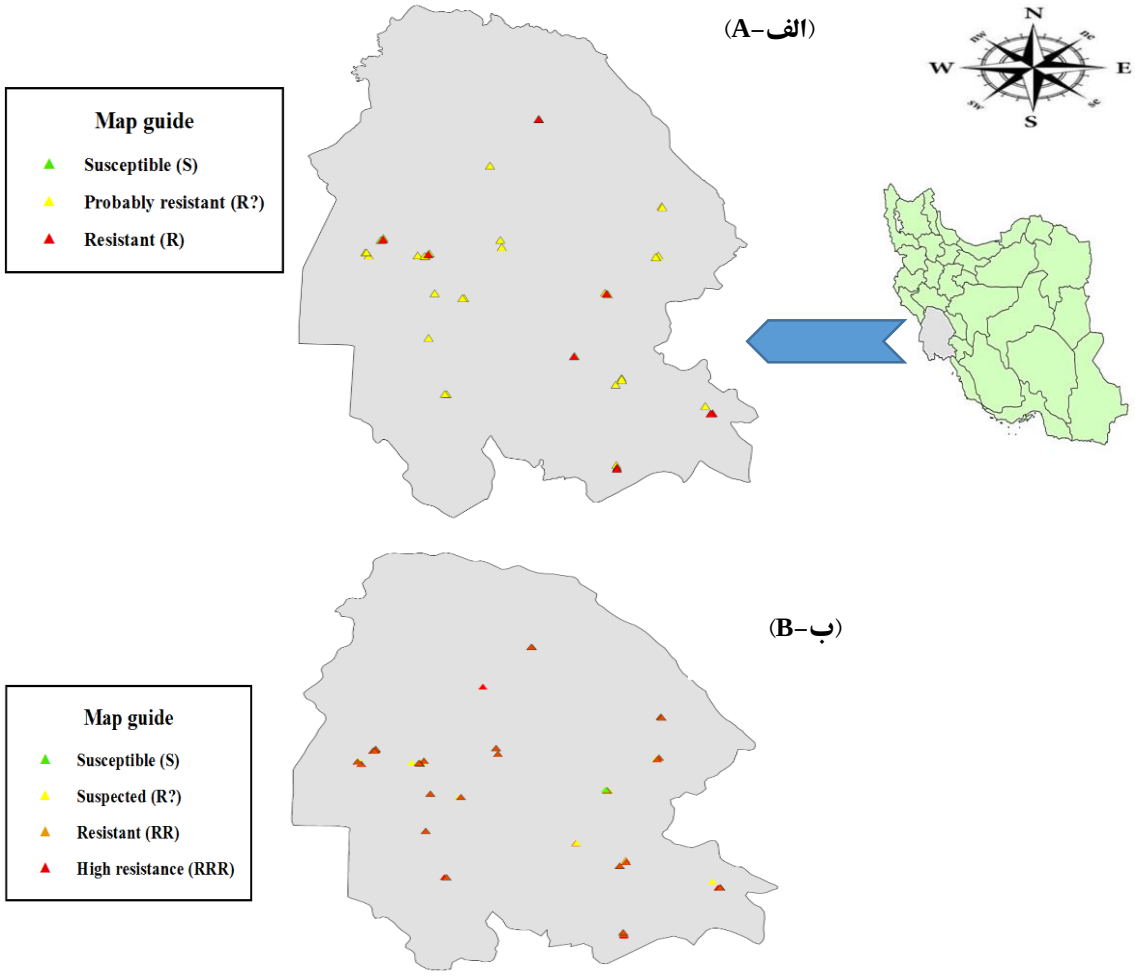
جدول ۲- درصد از کنترل (زنده‌مانی، کاهش وزن تر و وزن خشک) و دسته‌بندی مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ALS (مزوسولفورون + یدوسولفورون+ مفن‌پایردی‌اتیل (آتلانتیس) و مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفیکان+ مفن‌پایردی‌اتیل (اُتللو)) درجمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه بر اساس روش ادکینز (Adkins *et al*., 1997) و ماس (Moss *et al*., 2007)

Table 2. Percentage of control (survival, fresh weight and dry weight reduction) and herbicide resistance classification of *Avena sterilis* subsp. *ludovicia* populations to ALS inhibitor herbicides (Mesosulfuron + iodosulfuron+ mefenpyr- diethyl (Atlantis) and Mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican + mefenpyr- diethyl (Othello)) according to the resistance rating systems designed by (Adkins *et al*. (1997) and (Moss *et al.* (2007).

Mesosulfuron + iodosulfuron + diflufenican + mefenpyr- diethyl (Othello)					Mesosulfuron + iodosulfuron+mefenpyr- diethyl (Atlantis)					Population
Rating system *		(% of control)			Rating system *		(% of control)			
Moss	Adknis	dry weight	fresh weight reduction	Survival	Moss	Adknis	weight Dry	fresh weight reduction	Survival	
RR	R	93.69	44.89	81.25	RR	R?	55.52	59.56	100.00	W.KH.AH3-97
R?	R?	52.09	76.59	66.67	R?	R?	59.39	75.36	100.00	W.KH.AH2-97
RRR	R	93.96	33.00	100.00	RR	R	94.15	40.51	100.00	W.KH.BE4-97
R?	R?	64.15	78.48	87.50	R?	R	95.28	74.95	100.00	W.KH.HA4-97
RR	R?	79.88	36.62	50.00	RR	R?	62.37	53.77	100.00	W.KH.BAV2-97
R?	R?	52.59	76.62	100.00	RR	R?	59.67	64.23	100.00	W.KH.BAG3-97
RR	S	47.71	62.44	48.83	R?	R?	54.16	75.98	100.00	W.KH.HA2-97
RR	R	96.28	64.39	70.83	R?	R	82.38	72.15	100.00	W.KH.DA5-97
RR	R?	66.77	58.51	54.17	R?	R?	55.65	71.83	100.00	W.KH.BE2-97
RR	R	98.29	62.87	91.66	RR	R?	65.43	65.78	100.00	W.KH.KA1-97
RR	R	81.20	69.35	100.00	RR	R?	76.92	54.26	100.00	W.KH.OM1-97
RR	R?	57.14	70.79	100.00	R?	R?	66.13	74.45	100.00	W.KH.RM2-97
RR	R	95.15	43.13	83.33	RR	R	89.38	55.33	100.00	W.KH.HE1-97
RR	S	49.88	46.53	45.83	RRR	R	89.68	35.84	100.00	W.KH.RS2-97
RR	R	87.68	71.01	70.83	RR	R?	56.27	71.05	100.00	W.KH.BAG1-97
R?	S	49.11	80.86	41.67	RR	R?	73.91	66.65	100.00	W.KH.DA1-97
RR	S	49.11	41.83	45.83	RR	R?	55.71	71.58	100.00	W.KH.SH2-97
RR	R	134.77	51.19	95.83	RR	R?	71.26	60.21	100.00	W.KH.OM4-97
R?	R?	60.99	77.94	100.00	RRR	R	125.78	24.95	100.00	W.KH.HE3-97
RR	R?	70.70	70.25	100.00	R?	R?	55.64	75.05	100.00	W.KH.RS3-97
RR	R	89.29	61.16	87.50	RR	R?	61.15	70.88	100.00	W.KH.LA1-97
R?	S	46.70	78.19	41.67	RR	R	91.34	56.62	100.00	W.KH.LA2-97
S	R?	59.60	81.52	91.67	RR	R?	60.61	65.22	100.00	W.KH.DA4-97
RR	R?	52.96	63.67	66.67	RR	R?	55.84	67.79	100.00	W.KH.IZ2-97
RR	R?	66.53	54.91	85.29	RR	R?	79.55	53.31	100.00	W.KH.HA1-97
RR	R	89.37	51.99	87.50	RR	R?	71.57	44.11	100.00	W.KH.BE1-97
R?	R?	75.33	73.29	68.75	RR	R?	65.08	48.24	100.00	W.KH.IZ1-97
R?	R?	72.33	74.26	68.70	RR	R?	60.35	59.94	100.00	W.KH.HO1-97
RRR	R	103.40	25.29	100.00	RRR	R	80.36	1.70	100.00	W.KH.BE3-97
RR	R	88.84	52.20	79.17	RRR	R?	64.88	25.12	100.00	W.KH.SHO1-97
R?	R?	52.62	77.20	75.00	RRR	R?	75.95	24.05	100.00	W.KH.SH1-97
RR	R	82.87	46.55	100.00	RR	R?	59.95	40.05	100.00	W.KH.HA3-97
R?	R?	52.03	80.18	55.00	RR	R?	50.58	54.05	95.83	W.KH.HO3-97
RR	R?	76.87	59.40	60.83	S	R?	51.52	87.27	87.50	W.KH.RM1-97
RR	R?	69.4	67.44	79.17	RR	R	80.49	59.24	100.00	W.KH.DA3-97
R?	R	96.39	72.91	91.67	RR	R	96.16	50.16	100.00	W.KH.AH1-97
R?	R?	65.63	79.07	54.17	RR	R	94.53	40.47	100.00	W.KH.DA2-97
R?	R?	54.43	76.62	70.83	RRR	R	90.72	25.78	100.00	W.KH.OM2-97
RR	R?	67.47	68.54	70.83	R?	R?	55.62	73.84	100.00	W.KH.BAG2-97
RR	R?	58.33	71.34	58.33	RR	R?	54.99	45.01	100.00	W.KH.BAV1.97
RR	R	80.36	68.38	79.17	R?	R?	51.24	78.84	100.00	W.KH.HO2-97
RR	R	82.68	64.41	58.33	R?	R?	52.66	72.68	100.00	W.KH.AH4-97
RR	S	47.04	61.78	45.83	R?	R?	50.39	71.37	100.00	W.KH.OM3-97
RR	R?	60.89	62.06	50.00	RR	R?	68.56	53.66	100.00	W.KH.HA1-97
RR	R	77.14	68.29	100.00	RR	R?	66.86	67.91	100.00	W.KH.HE4-97
RRR	R	145.18	13.85	100.00	RR	R	106.35	40.88	100.00	W.KH.RM4.97

مطابق با روش ادکینز: مقاوم (حداقل ۸۰ درصد وزن‌خشک و ۵۰ درصد زنده‌مانی نسبت به شاهد)، احتمالاً مقاوم (حداقل ۵۰ درصد وزن خشک و ۵۰ درصد زنده‌مانی نسبت به شاهد)، حساس (کمتر از ۵۰ درصد وزن‌خشک یا زنده‌مانی نسبت به شاهد)، روش ماس: RRR/مقاومت بالا (۳۶-۰ درصد کاهش وزن تر نسبت به شاهد)، RR/مقاومت متوسط (۷۲-۳۶ درصد کاهش وزن تر نسبت به شاهد)، ?R/مشکوک به مقاومت (۸۱-۷۲ درصد کاهش وزن تر نسبت به شاهد)، S/حساس (۱۰۰-۸۱ درصد کاهش وزن تر نسبت به شاهد)

※ According to the Adkins method, the populations dry weight and survival compared to the control are more than 80 and 50% (R), at least 50 and more than 50% (R?), respectively, and if both are less than 50% (S). According to the Moss method, the populations fresh weight reduction compared to the control are between zero -36 (RRR), between 36 to 72 (RR), between 72 to 81 (R?) and between 81 to 100% (S).



شکل ۱- نقشه پراکنش جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه مقاوم و حساس به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون (آتلانتیس) در استان خوزستان: (الف) دسته‌بندی بر اساس روش ادکینز (Adkins *et al.*, 1997) و (ب) ماس (Moss *et al.*, 2007).

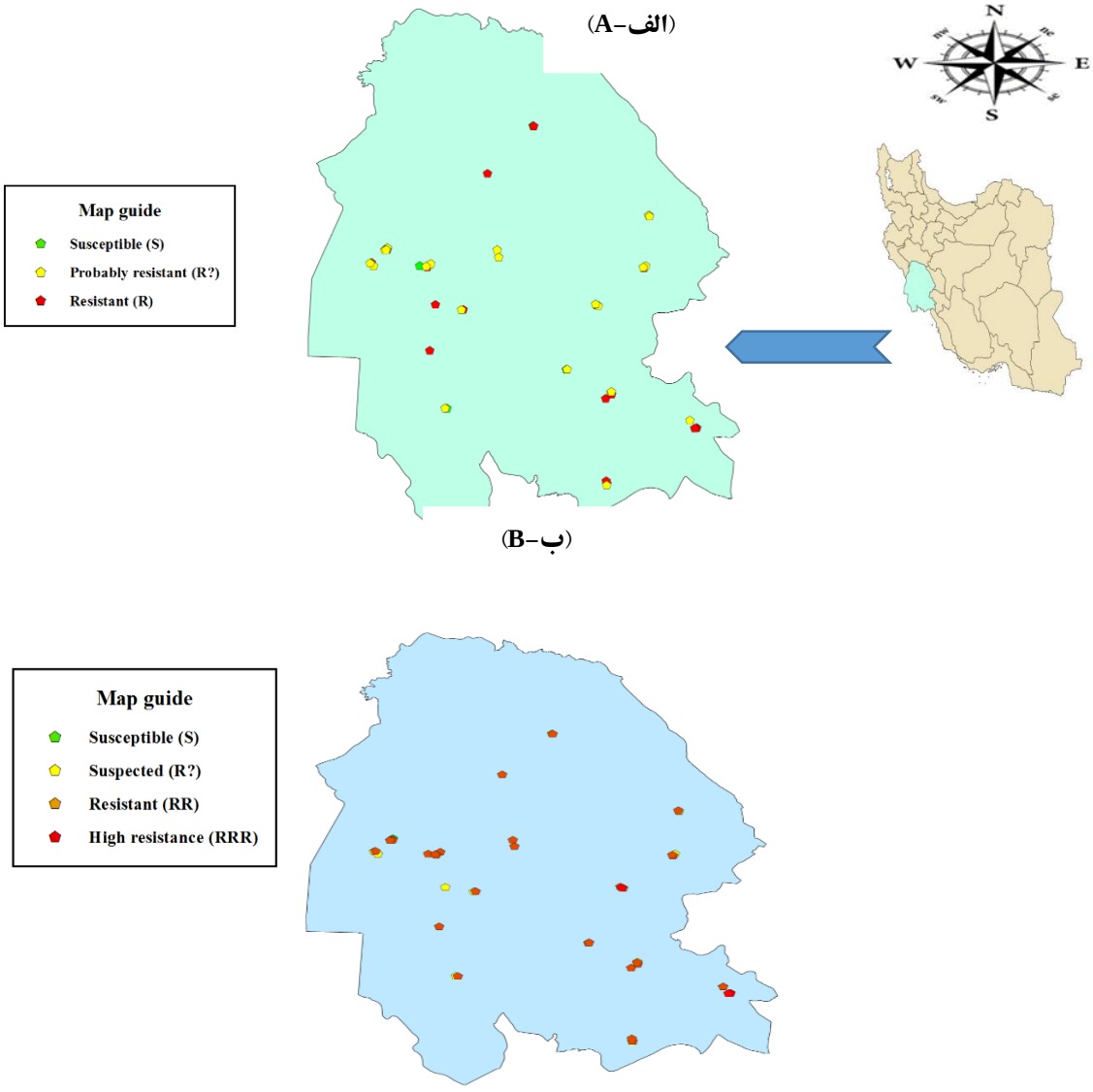
Figure 1. Distribution map of winter wild oat accessions resistant or susceptible to mesosoulfuron+iodosulfuron (Atlantis) herbicide in Khuzestan province: (A) classified based on Adkins method (Adkins *et al.* (1997) and (B) Moss method (Moss *et al.*, 2007).

آزمایش دُز- پاسخ جمعیت‌های مقاوم و حساس

در این مرحله دو جمعیت یولاف وحشی زمستانه که در مرحله غربال‌گری دارای درصد مقاومت بیش‌تر بودند به همراه یک جمعیت حساس به هر علف‌کش برای تعیین درجه مقاومت بررسی شدند. به‌این‌ترتیب، سطح مقاومت جمعیت‌های W.KH.BE3-97 و W.KH.RS2-97 به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و سطح مقاومت جمعیت‌های W.KH.BE4-97 و W.KH.BE3-97 به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان بررسی شد. جمعیت‌های W.KH.HA4-97 و W.KH.DA4-97 نیز به‌ترتیب به‌عنوان جمعیت‌های حساس به علف‌کش انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص مقاومت به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون برای جمعیت BE3 در آزمایش اول ۱۲/۹ و در آزمایش دوم ۸/۹ برآورد شد. همچنین شاخص مقاومت برای جمعیت RS2 نیز در آزمایش اول ۱۵/۱ و در آزمایش دوم ۱۱/۲ محاسبه شد. شاخص‌های مقاومت محاسبه‌شده برای هر دو جمعیت بر اساس آزمون t انجام‌شده در هردو آزمایش (اول و دوم) معنی‌دار بود ($P\leq0.05$) (جدول ۳).

نمودار دُز-پاسخ جمعیت‌ها به این علف‌کش در شکل ۳ نشان داده شده است.

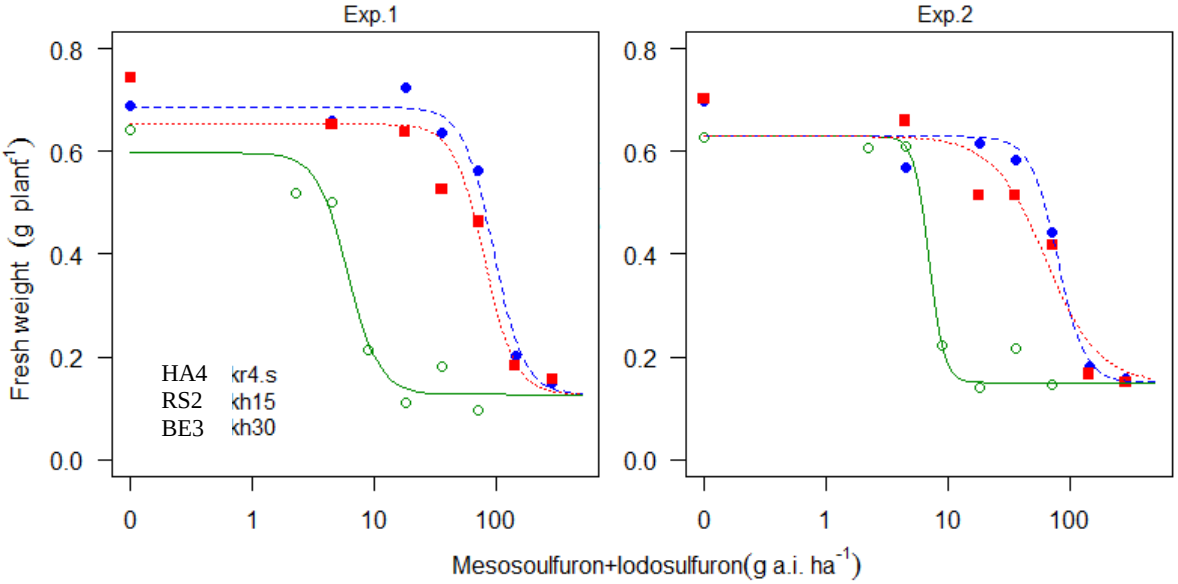
شاخص مقاومت به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان برای جمعیت BE4 در آزمایش اول ۳/۳٤ و در آزمایش دوم ۳/۲۹ به‌دست آمد. شاخص مقاومت به این علف‌کش برای جمعیت BE3 در آزمایش اول ۱۵ و در آزمایش دوم نیز ۱۳/۹ برآورد شد. از نظر آماری شاخص مقاومت در دو آزمایش برای جمعیت BE3 معنی‌دار بود ($P\leq0.05$). درحالی‌که شاخص مقاومت برای جمعیت BE4 در آزمایش اول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما در آزمایش دوم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳).



شکل ۲- نقشه پراکنش جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه مقاوم و حساس به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان (اُتللو) در استان خوزستان: (الف) دسته‌بندی بر اساس روش ادکینز (Adkins *et al.*, 1997) و (ب) روش ماس (Moss *et al.*, 2007).

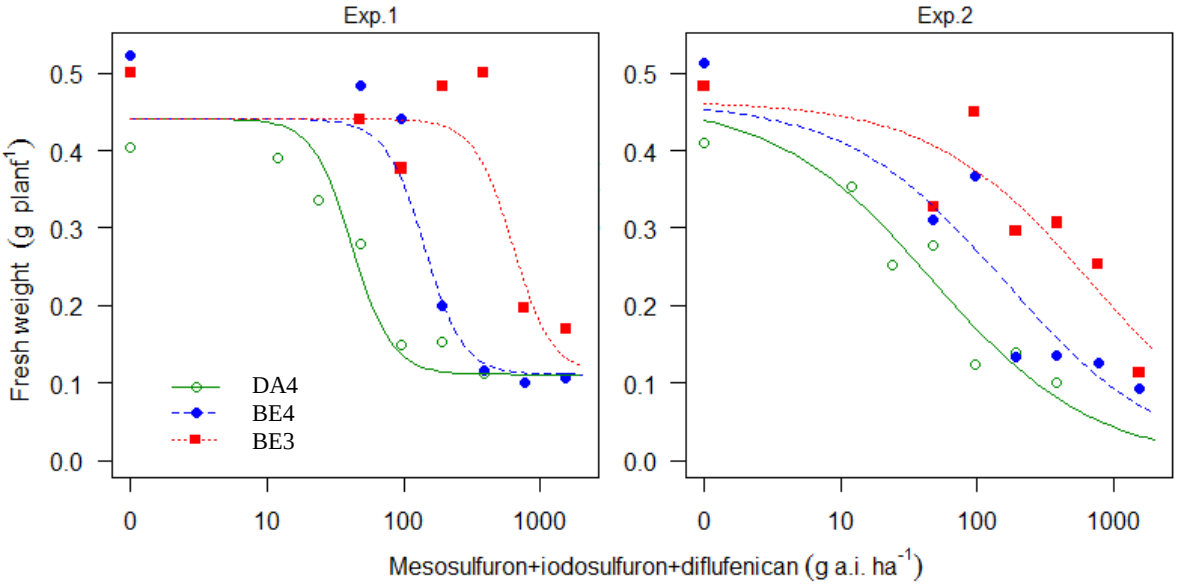
Figure 2. Distribution map of winter wild oat accessions resistant or susceptible to mesosoulfuron+iodosulfuron+deflufenican (Othello) Khuzestan province: (A) classified based on Adkins method (Adkins *et al.* (1997) and (B) Moss method (Moss *et al.* (2007).

لازم به ذکر است که شاخص مقاومت برای جمعیت BE4 در آزمایش دوم معنی‌دار نبود ($P\leq0.05$). این تفاوت معنی‌داری در طی دو آزمایش برای علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان ممکن است به دلیل شرایط کمی مطلوب‌تر در آزمایش اول در مقایسه با آزمایش دوم باشد که چنین تفاوت‌هایی بین آزمایش‌های انجام‌شده در گلخانه غیر معمول نیست (Asadi-Sabzi *et al.*, 2020 به‌نقل از Ritz *et al.*, 2006). از طرفی هنگامی که سطح مقاومت کم یا متوسط است، یک تغییر در پاسخ بیوتیپ حساس می‌تواند شاخص‌های مقاومت محاسبه‌شده را از حالت معنی‌داری به حالت غیر معنی‌داری از نظر آماری تغییر دهد (Keshtkar *et al.*, 2015). همچنین توجه به این نکته ضروری است که اگر یک جمعیت حساس ذاتاً به علف کش بسیار حساس باشد، سطح مقاومت جمعیت محاسبه‌شده به طور غیر واقعی بالا خواهد بود (Kuk *et al.*, 2008). نمودار دُز–پاسخ جمعیت‌ها به علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون + دیفلوفنیکان+ مفن پایردی اتیل در شکل ٤ نشان داده شده است. شاخص‌های مقاومت محاسبه‌شده به‌خوبی نتایج آزمون غربالگری را تایید می‌کند. بر این اساس ضروری است که راهکارهایی برای مدیریت و کنترل مقاومت به این علف‌کش‌ها در مزارع گندم استان به کار گرفته شود. از جمله این راهکارها می‌توان به اختلاط و تناوب علف‌کش‌ها اشاره کرد. همچنین پایش و نظارت مستمر مزارع انجام شود تا مشخص شود که چه میزان راهکارهای مدیریتی به‌کارگرفته‌شده موثر بوده است (Moss *et al.*, 2007). راهکارهای فوق در صورت بکارگیری دقیق و مستمر در مزارع گندم سطح استان می‌تواند در جلوگیری از گسترش بیشتر مقاومت و مدیریت بهتر این پدیده مفید باشد.



شکل ۳- پاسخ جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه (RS2، BE3 و HA4) به افزایش دُز علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون (آتلانتیس) در دو آزمایش جداگانه. پارامترهای برآوردشده در جدول ۳ آمده‌اند.

Figure 3: Response of winter wild oat populations (RS2, BE3 and HA4) to increasing dose of mesosoulfuron+iodosulfuron (Atlantis) herbicide from two separate experiments. The estimated parameters are presented in Table 3.



شکل ٤- پاسخ جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه (BE4، BE3 و DA4) به افزایش دُز علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان (اتللو) در دو آزمایش جداگانه. پارامترهای برآوردشده در جدول ۳ آمده‌اند.

Figure 4: Response of winter wild oat populations (BE4, BE3 and DA4) to increasing dose of mesosoulfuron+iodosulfuron+deflufenican (Othello) herbicide from two separate experiments. The estimated parameters are presented in Table 3.

جدول ۳- پارامترهای برآوردشده با معادله سه و چهار پارامتره لوگ-لجستیک برای جمعیت‌های یولاف‌وحشی زمستانه در دو آزمایش جداگانه دُز-پاسخ. اعداد داخل پرانتز بیانگر خطای استاندار پارامترها می‌باشند.

Table 4: The estimated parameters by fitting the three- and four-parameter Log-logistics model for winter wild oat populations in two separate dose-response experiments. The numbers in parentheses indicate the standard error of values.

Herbicides	Exp	Pop	b	d	c	ED_{50}	RI
Mesosulfuron+ iodosulfuron	First	W.KH.HA4-97	3 .4 (0.78)	0.5 (0.02)	0.1 (0.01)	7.1 (0.71)	-
		W.KH.BE3-97	3.4 (0.78)	0.6 (0.02)	0.1 (0.01)	93.1 (8.21)	12.9 (1.60) **
		W.KH.RS2-97	3.4 (0.78)	0.6 (0.01)	0.1 (0.01)	108.9 (8.88)	15.1 (1.78)**
	Second	W.KH.HA4-97	7 (4.54)	0.6 (0.02)	0.1 (0.02)	7 (1.22)	–
		W.KH.BE3-97	1.9 (0.70)	0.6 (0.02)	0.1 (0.02)	63 (12.48)	8.9 (2.12) **
		W.KH.RS2-97	3.8 (2.05)	0.6 (0.02)	0.1 (0.02)	79.3 (9.36)	11.2 (2.21)**
Mesosulfuron+iodosulfuron+ diflufenican	First	W.KH.DA4-97	3 (1.52)	0.4 (0.03)	0.11 (0.01)	42.2 (10.39)	–
		W.KH.BE4-97	3 (1.52)	0.4 (0.03)	0.11 (0.01)	141.2 (27.97)	3.3(0.87)**
		W.KH.BE3-97	3 (1.52)	0.4 (0.03)	0.11 (0.01)	637 (126.88)	15.0 (4.4) **
	Second	W.KH.DA4-97	0.7 (0.13)	0.4 (0.02)	nd	47.5 (15.27)	–
		W.KH.BE4-97	0.7 (0.13)	0.4 (0.02)	nd	156.7 (49.88)	3.3(1.23) ns
		W.KH.BE3-97	0.7 (0.13)	0.4 (0.02)	nd	663.2 (222.25)	13.9 (5.41)*

RI: شاخص مقاومت از تقسیم $ED_{50}R$ به $ED_{50}S$ به‌دست آمده است، ns، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.
nd: غیر قابل برآورد.

RI: resistance index was estimated through dividing $ED_{50}R$ by $ED_{50}S$. ns, * and ** indicate non-significant and significant at level of five and one percent, respectively. nd: not determined.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد بر اساس روش ادکینز ۲۸/۳ درصد از جمعیت‌ها به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون مقاوم بودند. بر اساس روش ماس به‌ترتیب ۱۳ و ۶۰/۸ درصد از جمعیت‌ها مقاومت بالا (RRR) و مقاوم (RR) بودند. همچنین مقاومت به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان بر اساس روش ادکینز در ۳۹ درصد از جمعیت‌ها مشاهده شد. بر اساس روش ماس ۶/۳ درصد از جمعیت‌ها در گروه مقاومت بالا (RRR) و ۶۳ درصد نیز در گروه مقاوم (RR) قرار گرفتند. این اولین گزارش مقاومت به علف‌کش جدید مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ دیفلوفنیکان+ مفن-پایردی‌اتیل در استان خوزستان می‌باشد. همچنین نقشه پراکنش جمعیت‌های مورد بررسی مقاوم به هر دو علف‌کش با استفاده از نرم‌افزار GIS روی نقشه استان خوزستان ترسیم شد. شاخص مقاومت به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون طی دو آزمایش دُز-پاسخ بین ۸/۹ و ۱۵/۱ برآورد شد. شاخص مقاومت به علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+دیفلوفنیکان+مفن‌پایردی-اتیل طی دو آزمایش دُز-پاسخ بین ۳/۳ و ۱۵ برآورد شد. مقایسه نتایج این آزمایش با آزمایش‌های انجام‌شده در استان خوزستان نشان داد که مقاومت به علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه در این استان رو به افزایش است. براین-اساس توصیه می‌شود که مدیریت علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه مقاوم به علف‌کش‌های بازدارنده ALS، در سطح مزارع گندم این استان جدی‌تر و دقیق‌تر از گذشته پیگیری شود، در غیر این صورت احتمال گسترش بیش‌تر مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ALS در جمعیت‌های یولاف وحشی زمستانه وجود داشته و احتمال بروز چالش جدی در تولید پایدار محصول گندم وجود خواهد داشت. از جمله راهکارهای مدیریت تلفیقی علف‌های هرز برای جلوگیری از گسترش مقاومت به علف‌کش‌ها می‌توان به کاربرد متناوب علف‌کش‌ها، اختلاط علف‌کش‌هایی با مکانیسم عمل متفاوت، تناوب زراعی و کاهش سیستم تک‌کشتی گندم اشاره کرد. همچنین نظارت و پایش پایدار مناطق مشکوک به مقاومت ضروری است.

منابع

Adkins, S.W., Wills, D., Boersma, M., Walker, S.R., Robinson, G., McLeod, R.J., and Einam, J.P. 1997. Weeds resistant to chlorsulfuron and atrazine from the north-east grain region of Australia. Weed Res. 37: 343-349.

Asadi-Sabzi, M., Keshtkar, E., Mokhtassi-Bidgoli, A., and Moss, S.R. 2020. Quantifying the detrimental effect of airborne dust on herbicide efficacy. Weed Res. 60: 204-211.

Aghajani, Z., Zand, E., Baghestani, MA, Mirhadi., MJ. 2009. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu) populations to iodosulfuron+mezosulfuron herbicide. Iranian J. Weed Sci. 6: 79-93. (In Persian)

Aghajani, Z., Zand, E., Baghestani, MA. and Mirhadi., MJ. 2010. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) population to Iodosulfuron+Mezosulfuron herbicide. Iranian J. Weed Sci. 6: 79-95. (In Persian)

Anonymous. 2020. Jihad-e-Keshavarzi website, Deputy of Planning and Economy. Information and Communication Technology Center. https://amar.maj.ir.

Beckie, H.J., Heap, I.M., Smeda, R.J., and Hall, L.M. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. Weed Technol. 14: 428-445.

Balyan, R.S., Malik, R.K., Panwar, R.S., and Singh, S. 1991. Competitive ability of winter wheat cultivars with wild oat (*Avena ludoviciana*). Weed Sci. 39: 154-158.

Backes, M., and Plümer, L. 2003. On the adequacy of GIS-generated weed maps for precision farming. *In Proceeding of the 9th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Sciences* (*ScanGIS).* pp 261-268.

Beckie, H.J., Thomas, A.G., and Stevenson, F.C. 2002. Survey of herbicide-resistant wild oat (*Avena fatua*) in two townships in Saskatchewan. Can. J. Plant Sci. 82: 463-471.

Dhima, K.V., and Eleftherohorinos, I.G. 2001 Influence of nitrogen on competition between winter cereals and sterile oat. Weed Sci. 49: 77-82.

Elahifard, E., Derakhshan, A. and Zarrinjoob, H. 2017. Tracing resistance of weeds to aryloxyphenoxypropionate (ACCase), acetolactate synthase (ALS) and synthetic auxcins herbicides in shoushtar wheat fields. J. Plant Protect. 31(2): 284-295. (In Persian)

Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F., and Gimenez, E. 2019. Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. Agronomy. 9: 352.

Heap, I. The international herbicide-resistant weed database. Online. Saturday, October 17, 2020. Available: www.weedscience.org.

Hicks, H.L., Comont, D., Coutts, S.R., Crook, L., Hull, R., Norris, K., and Freckleton, R.P. 2018. The factors driving evolved herbicide resistance at a national scale. Nat. Ecol. Evol. 2: 529-536.

Keshtkar, E., Kudsk, P. and Mesgaran, M.B. 2021. Perspective: Common errors in dose–response analysis and how to avoid them. Pest Manag. Sci. 77:2599-2608.

Keshtkar, E., Mathiassen, S.K., Moss, S.R., and Kudsk, P. 2015. Resistance profile of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass) populations in Denmark. Crop Prot. 69: 83-89.

Kuk, Y.I., Burgos, N.R., and Scott, R.C. 2008. Resistance profile of diclofop-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) to ACCase-and ALS-inhibiting herbicides in Arkansas, USA. Weed Sci. 56: 614-623.

Montazeri, M., Zand, E. and Baghestani, M.A. 2005.Weeds and their control in wheat fields of Iran. Nashre Amouzesh Keshavarzi Press. *Weed Research Department*. pp 85.

Mallory-Smith, C.A., Thill, D.C., and Dial, M.J. 1990. Identification of sulfonylurea herbicide-resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). Weed Technol. 4:163-168.

Mortensen, D.A., Egan, J.F., Maxwell, B.D., Ryan, M.R., and Smith, R.G. 2012. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. BioScience. 62: 75-84.

Moss, S.R., Perryman, S.A., and Tatnell, L.V. 2007. Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): Theory and practice. Weed Technol. 21: 300-309.

Ritz, C., Cedergreen, N., Jensen, J.E., and Streibig, J.C. 2006. Relative potency in nonsimilar dose–response curves. Weed Sci. 54: 407-412.

Sasanfar, H., Zand, E., Zamani, M.H., Keshtkar, E. and Joumi, A. 2021. Resistance of the problematic grass weeds to some commonly used herbicides in canola (*Brassica napus* L.) fields in three provinces of Iran. Iranian J. Weed Sci. 17(2): 79-98. (In Persian)

Sasanfar, H., Zand, E., Baghestani, M.A., Mirhadi, M.J. and Mesgaran, M.B. 2017. Cross-resistance patterns of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to ACCase inhibitor herbicides. Phytoparasitica. 45(3): 419-428.

Streibig, JC., Rudemo, M., Jensen, JE. Dose-response curves and statistical models. In: Streibig JC, Kudsk P, editors. Herbicide bioassays. Boca Raton: *CRC Press*: 1993. P 29–55.

Torun, H., and Uygur, FN. 2018. Determination and mapping of resistant wild oat (*Avena sterilis* L.) populations to most commonly used herbicides in wheat fields for Osmaniye, Turkey. Int. J. Agric. Sci. 11: 08-14.

Tal, A., Kotoula-Syka, E., and Rubin, B. 2000. Seed-bioassay to detect grass weeds resistant to acetyl coenzyme A carboxylase inhibiting herbicides. Crop Prot. 19: 467-472.

Zand, E. 2010. Investigation multiple resistances of wild oat *(Avena ludoviciana)* populations collected from Khuzestan provinces to ACCase and ALS inhibitor herbicides. Project Number: 04- 16-16-87070. Iranian Research Institute of Plant Protection. (In Persian)

Zand, E., Baghestani, M.A., BenaKashani, F., and Nezamabadi, N. 2013. Weed survey of acetolactate inhibitors and acetyl coenzyme A carboxylase suspected resistant weeds of wheat (*Triticum aestivum*) fields in Khuzestan and Kermanshah provinces. Iranian J. Weed Sci. 9: 39-53.

Zand, E., Nezamabadi, N., Baghestani, M., Shimi, P., and Mosavi, S., 2020. *A guide to chemical control of weeds in Iran*. Mashhad: University Jihad Publications. Pp. 216.