نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۸۴-۴۷۳

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 4, Winter 2021, P. 473-484

مقاله پژوهشی

پی‌جویی مقاومت خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) به تری‌بنورون-متیل و تهیه نقشه پراکنش آن در مزارع گندم رامهرمز

لیلا پورمراد[۱]- الهام الهی فرد[۲*]- عبدالرضا سیاهپوش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۲

چکیده

به‌منظور پی‌جویی مقاومت در توده‌های خردل وحشی نسبت به تری‌بنورون-متیل در مزارع گندم شهرستان رامهرمز مطالعه‌ای طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶ با استفاده از آزمایش‌های گلدانی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. در این مطالعه، ۲۲ توده خردل وحشی مشکوک به مقاومت به علف‌کش تری‌بنورون-متیل از مزارع گندم شهرستان رامهرمز جمع‌آوری گردید. یک توده حساس نیز از مزارعی که هیچ‌گونه سابقه سمپاشی نداشتند جمع‌آوری شد. آزمایش‌های گلدانی در دو مرحله شامل غربال اولیه توده‌ها با استفاده از دُز توصیه شده تری‌بنورون-متیل (۱۵ گرم ماده موثر در هکتار) و سپس آزمون دُز-پاسخ در مورد توده‌های مقاوم انجام شد. نتایج آزمایش غربال اولیه بر اساس سیستم رتبه‌بندی ادکینز و موس نشان داد که نُه توده (B، C، H، P، S، T، U، W، و X) قطعاً مقاوم (RRR)، ده توده (A، E، F، G، K، L، M، O، Q و R) احتمالاً مقاوم (PR یا RR)، و سه توده (D، N و Y) حساس (S) و یا مشکوک به مقاومت (R?) به تری‌بنورون-متیل بودند. مقدار علف‌کش مورد نیاز برای ۵۰ درصد کاهش وزن خشک مقاوم‌ترین توده (W) و توده حساس (Z) به‌ترتیب به‌میزان ۵۵/۶۰ و ۶/۸۰ گرم ماده موثر در هکتار محاسبه شد که بر اساس حدود اطمینان محاسبه شده اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. شاخص درجه مقاومت توده‌ها بر اساس اندازه‌گیری وزن خشک و درصد بوته‌های زنده‌مانده به ترتیب بین ۸/۱۷-۱/۱۰ و ۷/۶۰-۲/۰۸ محاسبه شد. ترسیم نقشه پراکنش مزارع آلوده به توده‌های مقاوم خردل وحشی با استفاده از سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داد که اغلب توده‌های مقاوم در مناطق شرق و جنوب شرقی شهرستان رامهرمز پراکنده‌اند.

واژه‌های کلیدی: درجه مقاومت، دُز-پاسخ، سیستم اطلاعات جغرافیایی، غربالگری

مقدمه

در طی دهه‌های گذشته علف‌کش‌ها به عنوان موثرترین ابزار کنترل علف‌های‌هرز شناخته شده‌اند (۷) با این وجود، استفاده مکرر و غیراصولی از علف‌کش‌ها با نحوه عمل یکسان سبب بروز پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها شده است (۱۱). از جمله گروه‌های علف‌کش پرکاربرد در سیستم تولید گندم که بیشترین میزان مقاومت به آن دیده می‌شود، بازدارنده‌های آنزیم استولاکتات‌سینتاز (ALS) می‌باشد؛ به طوری‌که تاکنون ۱۶۵ بیوتیپ مقاوم به این خانواده گزارش شده است (۱۳). اولین مورد مقاومت به بازدارنده‌های ALS در سال ۱۹۸۷ یعنی تنها ۵ سال پس از معرفی کلروسولفورون در کاهو وحشی (*Lactuca serriola* L.) (۱۷) و علف جارو (*Kochia scoparia* (L.)) (۲۰) مشاهده شده است. از این‌رو، افزایش نسبت بیوتیپ‌های مقاوم به بازدارنده‌های ALS در طی سال‌های اخیر را می‌توان به مصرف بی رویه در سال‌های متوالی از این گروه از علف‌کش‌ها و بروز مقاومت سریع‌تر در گیاهان نسبت داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد اگر یک مزرعه ۵ سال متوالی، توسط این علف‌کش‌ها سمپاشی شود، مقاومت نسبت به آن‌ها بروز پیدا خواهد کرد (۴ و ۱۰).

تری‌بنورون-متیل علف‌کشی انتخابی، نفوذی، از گروه سولفونیل اوره‌ها است که فرم تجاری آن به صورت گرانستار یا اکسپرس (75% DF) می‌باشد که در ایران برای کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ در مزارع گندم به میزان ۱۰ تا ۲۰ گرم ماده موثر در هکتار، از ابتدا تا انتهای پنجه‌زنی گندم و هنگامی که علف‌های هرز کوچک و در زمان رشد سریع هستند به‌کار می‌رود (۱۲).

در ایران نیز مقاومت علف‌هرز خردل وحشی به تری‌بنورون-متیل

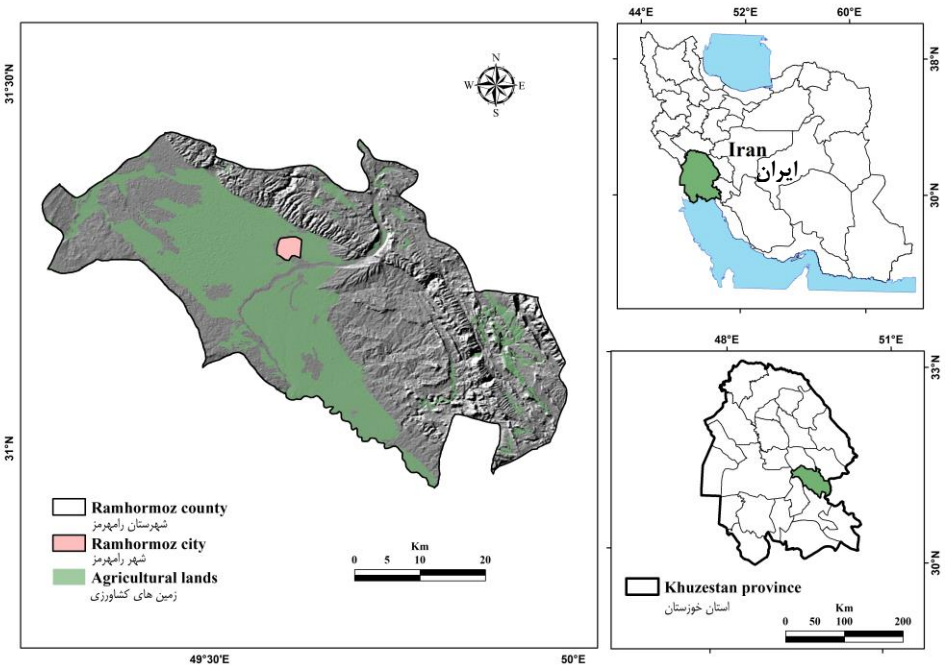
۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز و استادیاران، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، باوی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: e.elahifard@asnrukh.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.v34i4.86902

توسط چندین محقق گزارش شده است (۸، ۱۲ و ۱۴). بررسی توده های خردل وحشی مشکوک به مقاومت به بازدارنده‌های ALS، شامل علف‌کش‌های تری‌بنورون-متیل، مت‌سولفورون-متیل+ سولفوسولفورون و یدوسولفورون-متیل-سدیم+ مزوسوفورون-متیل در استان‌های خوزستان، گلستان و کرمانشاه نشان داد که ۲۰ درصد توده‌ها نسبت به تری‌بنورون-متیل و حدود ۱۰ درصد توده‌ها نسبت به مت‌سولفورون‌متیل+سولفوسولفورون مقاوم بودند ولی مقاومت بالا به علف‌کش مت‌سولفورون-متیل+ سولفوسولفورون و یدوسولفورون-متیل-سدیم+ مزوسولفورون-متیل مشاهده نشد (۱۶).

بررسی بروز مقاومت به علف‌کش‌ها، شناسایی مزارع آلوده به علف‌های‌هرز مقاوم و حساس و همچنین تهیه نقشه پراکنش اطلاعات مفیدی در خصوص مدیریت موثر علف‌های‌هرز و به خصوص مدیریت مقاومت در اختیار قرار خواهد داد. با استفاده از دستگاه GPS و سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS می‌توان به تهیه نقشه پراکنش علف‌های‌هرز پرداخت. نقشه‌های بدست آمده می‌توانند در مدیریت متناسب با مکان علف‌های‌هرز و کاربرد فعالیت‌های دقیق در مکان مورد نیاز مفید واقع شوند (۸). براین اساس، در صورت وجود نقشه و اطلاعات مربوط به پراکنش علف‌های‌هرز در مزارع و کاربرد متناسب با مکان علف‌کش‌ها می توان مصرف علف‌کش‌ها را بهینه نموده و در صورت بروز پدیده مقاومت از علف‌کش‌های جایگزین و سایر راهبردها برای مدیریت مقاومت استفاده کرد. با توجه به غالب بودن خردل‌وحشی در مزارع گندم شهرستان رامهرمز و گزارش‌های مبنی بر نارضیاتی کشاورزان آن شهرستان از عدم کنترل علف‌هرز خردل‌وحشی توسط تری‌بنورون-متیل، این مطالعه با هدف پی‌جویی مقاومت خردل وحشی به تری‌بنورون-متیل وشناسایی مزارع آلوده به بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم و حساس و تهیه نقشه پراکنش آن ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

پی‌جویی مزارع گندم آلوده به خردل وحشی شهرستان رامهرمز (شکل ۱) در اردیبهشت سال زراعی ۱۳۹۶ انجام شد. مساحت اراضی زراعی شهرستان رامهرمز حدود ۷۶۱۶۳ هکتار می‌باشد که از این مقدار حدود ۶۵۳۸۲ هکتار به کشت گندم اختصاص دارد (جهاد کشاورزی استان خوزستان، ۱۳۹۸؛ داده‌ها منتشر نشد). بدین ترتیب، مزارع گندم آلوده‌ای که سابقه مصرف حداقل ۵ سال تری‌بنورون‌متیل داشتند، مورد بررسی قرار گرفت و بذر خردل وحشی از آن‌ها جمع آوری و بر اساس حروف انگلیسی کدگذاری گردید. ضمناً مختصات نقاط جمع‌آوری بذر با استفاده از دستگاه GPS ثبت گردید. بذر توده حساس خردل وحشی نیز از مزرعه‌ای که سابقه هیچ‌گونه سم‌پاشی نداشت، جمع‌آوری شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خوزستان در ایران و شهرستان رامهرمز در استان خوزستان و نقشه اراضی زراعی شهرستان رامهرمز

Figure 1- Geographical location of Khuzestan province in Iran and Ramhormoz city in Khuzestan province and map of agricultural lands of Ramhormoz city

جدول ۱- مشخصات علف‌کش تری‌بنورون-متیل
Table 1- Properties of tribenuron-methyl

نام عمومی Common name	نام تجاری Trade name	خانواده شیمیایی family Chemical	فرمولاسیون Formulation	شرکت سازنده Company	دُز توصیه شده در هکتار Recommended dose ($g\ ha^{-1}$)
تری‌بنورون-متیل Tribenuron-methyl	گرانستار Granestar	سولفونیل اوره Sulfonylure	DF 75%	دوپونت Du Pont	10-20

مشخصات علف‌کش

تری‌بنورون‌متیل از علف‌کش‌های رایج در سال‌های اخیر مزارع گندم می‌باشد که مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است.

آماده‌سازی جوانه‌دار کردن بذور

با توجه به درصد پایین جوانه‌زنی (۴۰-۳۰ درصد) بذرهای خردل وحشی، به‌منظور شکستن خواب بذور خردل وحشی، بذور را به مدت ۲۴ ساعت در اسید جیبرلیک ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام غوطه‌ور کرده، سپس با آب مقطر شسته شده و سپس در دمای اتاق به منظور خشک شدن قرار داده شد (۱۶).

آزمایش‌های زیست سنجی در گلدان

آزمایش غربال اولیه

جهت غربال توده‌های مشکوک به مقاومت، آزمایش گلدانی به صورت طرح بلوک کامل تصادفی (بر اساس نور محیط) با شش تکرار در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۶ در فضای باز محوطه گلخانه‌ی تحقیقاتی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. برای کشت از گلدان های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۲ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر که حاوی ۱ قسمت رس، ۱ قسمت شن و ۱ قسمت کود دامی پوسیده بود استفاده شد. برای هر توده شاهد (بدون تیمار علف‌کش) نیز در نظر گرفته شد و آبیاری گلدان‌ها نیز تقریباً روزانه به میزان لازم بر اساس مشاهده رطوبت سطح خاک انجام شد. سمپاشی گلدان‌ها در مرحله ۳-۴ برگی خردل وحشی، با دُز توصیه شده تری‌بنورون-متیل (۱۵ گرم ماده موثر در هکتار) به‌وسیله سمپاش پشتی ماتابی شارژی مجهز به نازل تی‌جت از نوع بادبزنی ۱۱۰۰۳ در فشار ۲ بار اعمال شد. در هفته ششم پس از سمپاشی، تعداد گیاهان زنده مانده در هر گلدان یادداشت و به صورت درصد گیاهان زنده باقی‌مانده نسبت به پیش از سمپاشی محاسبه شدند (۶). پس از ثبت تعداد گیاهان زنده مانده، بوته‌های هر گلدان از سطح خاک قطع شده، جمع‌آوری و وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ توزین شد. سپس بوته ها به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. میانگین وزن خشک و تر اندام‌های هوایی برای هر تک بوته محاسبه و سپس درصد وزن تر و خشک تک بوته هر توده تیمار شده با علف‌کش نسبت به شاهد خودش (تیمار نشده با علف-کش از همان توده) محاسبه شد (۵).

پس از اعمال دُز توصیه شده بر روی تمام توده‌ها، از آن‌جا که وزن تر می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مناسب برای غربال اولیه توده های مشکوک به مقاومت مورد استفاده قرار گیرد بنابرین توده‌ها بر این اساس مورد بررسی قرار گرفتند (۲ و ۱۸).

ادکینز و همکاران (۲) بیان کردند که ۴ هفته بعد از اعمال علف کش، توده‌ای به‌عنوان توده مقاوم شناخته می‌شود که حداقل ۸۰ درصد وزن خشک و ۵۰ درصد گیاهان زنده خود را نسبت به شاهد بدون علف‌کش حفظ کرده باشد. ضمناً در این روش اگر توده‌ای ۵۰ درصد وزن خشک و ۵۰ درصد گیاهان زنده خود را نسبت به شاهد بدون علف‌کش حفظ کرده باشد نشانه مقاومت احتمالی این توده در نظر گرفته شد و در غیر از این دو حالت، توده به عنوان توده حساس شناخته می‌شود (۲).

بر اساس شاخص موس و همکاران (۱۸) توده‌هایی که درصد کاهش وزن تر آن‌ها نسبت به شاهد بین ۳۶-۰، ۷۲-۳۶، ۸۱-۷۲ و ۱۰۰-۸۱ درصد بود به ترتیب در گروه‌های RRR (قطعاً مقاوم)، RR (احتمالاً مقاوم)، ?R (مشکوک به مقاومت) و S (حساس) قرار گرفتند.

آزمون دُز- پاسخ

به‌منظور بررسی درجه مقاومت توده‌های مقاوم، آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش جوانه‌دار کردن بذور و کلیه شرایط رشد تا رسیدن به مرحله ۴-۳ برگی مشابه آزمایش غربالگری بود. سپس واکنش توده‌های حساس و توده‌هایی که در آزمایش غربالگری مشکوک به مقاومت شدند، در مقابل دُزهای مختلف تری‌بنورون‌متیل (۰، ۰/۱۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ برابر دُز توصیه شده) که برابر با (۰، ۱/۸۷۵، ۳/۷۵، ۷/۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۸۰ گرم ماده مؤثر در هکتار) می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت. سپس همه تیمارها با شاهد بدون علف‌کش مقایسه شدند. و پس از شش هفته بوته‌های زنده مانده از سطح خاک قطع شد. سپس، وزن تر و پس از خشک کردن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد وزن خشک آن‌ها ثبت شد.

تجزیه آماری

برای تجزیه آماری منحنی واکنش به دُز از آنالیز رگرسیون و معادله ارائه شده توسط ریتز و استریبیگ (۲۲) استفاده شد (معادله ۱).

$$f(x,(b,d,e)) = \frac{d-c}{1+\exp\{(b(\log(x)-\log(e))\}} \quad (۱)$$

که پارامترهای ارائه شده در این مدل عبارتست از: b، شیب منحنی در نقطه e؛ d، حد بالای منحنی دُز- پاسخ؛ c، حد پایین منحنی دُز- پاسخ و e، غلظت بیان کننده ED_{50}.

در مواردی که C=0، این پارامتراز معادله (۱) حذف و در حالت جدید، تابع سه پارامتری (معادله ۲) به داده‌های مربوط برازش داده شده تا برآوردی دقیق‌تری از سایر پارامترها به دست آید (۲۱).

$$f(x,(b,d,e)) = \frac{d}{1+\exp\{(b(\log(x)-\log(e))\}} \quad (۲)$$

معادله فوق با استفاده از محیط نرم افزاری R و بسته نرم‌افزاری drc که به همین منظور طراحی شده است (۲۲)، به‌طور جداگانه به داده‌های حاصل از وزن تر توده‌های مشکوک و حساس برازش داده شد. درجه و یا فاکتور مقاومت که عبارت از نسبت ED_{50} توده‌های مشکوک به مقاومت به ED_{50} توده حساس می باشد؛ برای بررسی و مقایسه میزان مقاومت توده‌های مقاوم، با استفاده از (معادله ۳) محاسبه شد (۲۲).

$$\text{درجه مقاومت} = \frac{ED_{50}^{\text{توده مقاوم}}}{ED_{50}^{\text{توده حساس}}} \quad (۳)$$

تهیه نقشه پراکنش علف‌های‌هرز مقاوم

به منظور تهیه نقشه پراکنش توده‌های مقاوم، مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد. سپس، داده‌های ثبت شده با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 بر روی نقشه شهرستان فراخوانی و ثبت شد.

نتایج و بحث

پس از بررسی نتایج آزمون غربالگری بر اساس شاخص موس و همکاران (۱۸) مشخص شد که از میان توده‌های غربال شده با علف کش تری‌بنورون-متیل تعداد نُه توده (B, C, H, P, S, T, W, X, U) مقاومت بسیار بالا نشان داده و در گروه کاملاً مقاوم (RRR) قرار گرفتند و توده‌های (A, E, F, G, K, L, M, O, Q, R) احتمالاًمقاوم (RR)، دو توده (D و N) مشکوک به مقاومت (R?) و توده‌های Y و Z حساس به تری‌بنورون-متیل بودند (جدول ۲) که با توجه به حساسیت بیشتر توده Z این توده به‌عنوان توده حساس به‌منظور انجام مراحل بعدی آزمایش در نظر گرفته شد. درحالی‌که، بر اساس شاخص ادکینز و همکاران (۲)، ۴۱ درصد توده‌ها (۹ توده) مقاوم، ۴۵/۴۵ درصد توده‌ها (۱۰ توده) احتمالاً مقاوم و ۱۳/۶۴ درصد توده‌ها (۳ توده) حساس بودند (جدول ۲).

توده‌های W، U، X، S، B، C و T درجه بالایی از مقاومت به تری‌بنورون-متیل بر اساس وزن خشک را نشان دادند؛ به طوری‌که، درجه مقاومت در این توده‌ها نسبت به توده حساس به ترتیب به میزان ۸/۱۷، ۶/۷۹، ۶/۵۰، ۵/۹۹، ۵/۳۷، ۵/۲۸، ۵/۱۶ بود؛ درحالی‌که، میزان ۶/۸۰ گرم ماده موثر در هکتار باعث ۵۰ درصد کاهش وزن خشک توده حساس Z شد؛ این مقدار کاهش برای توده‌های مذکور به ترتیب ۵۵/۶۰، ۴۶/۲۱، ۴۴/۲۱، ۴۰/۷۹، ۳۶/۵۴، ۳۵/۹۷، و ۳۵/۱۵ گرم ماده موثر در هکتار برآورد شد (جدول ۳).

با افزایش دُز علف‌کش تری‌بنورون-متیل وزن خشک توده‌های حساس و مشکوک به مقاومت طی روندی سیگموئیدی کاهش یافت. سرعت و شدت روند کاهش در توده‌های مقاوم به علف‌کش با توجه به درجات متفاوت مقاومت، تفاوت داشت. شروع کاهش در روند سیگوئیدی در توده‌های با شاخص مقاومت بالاتر (W و B) با شاخص ۸/۱۷ و ۵/۳۷ دیرتر (در دُزهای بالاتر) اتفاق افتاد (شکل ۲ و جدول ۲).

گزارش‌های متعددی مبنی بر مقاومت توده‌های خردل وحشی به علف‌کش تری‌بنورون-متیل موجود می‌باشد (۱، ۳ و ۲۱). نتایج هروی و همکاران (۱۴) نشان دادکه توده‌های خردل وحشی RAM-R-14، RAM-R-27، RAM-R-25، RAM-R-30 و RAM-R-5 که به ترتیب دارای شاخص‌های مقاومت (۳/۹۰، ۴/۱۰، ۳/۹۶ و ۲/۶۶ و ۲/۳۶) نسبت به تری‌بنورون-متیل بودند؛ سرعت کاهش در بیوتیپ RAM-R-27 که بالاترین مقاومت را داشت، دیرتر اتفاق افتاد.

مقایسه توده‌های دارای درجه مقاومت کمتر از دو با توده حساس براساس حدود اطمینان محاسبه شده پارامتر ED_{50} نشان داد که توده های L و H با توده حساس بر این اساس اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). مقایسه سایر توده‌ها بر این اساس حاکی از اختلاف معنی‌دار آن‌ها با توده حساس بود.

در میان توده‌های دارای درجه مقاومت بین ۵/۱۶ تا ۸/۱۷ اختلاف معنی‌داری میان توده‌های U، S و X با توده W بر اساس حدود اطمینان محاسبه شده پارامتر ED_{50} مشاهده نشد. درحالی‌که توده‌های B، C و T بر این اساس دارای اختلاف معنی‌دار با توده Wبودند. هرچند، این سه توده با یکدیگر و با سایر توده‌های ذکر شده اختلاف معنی‌داری بر اساس حدود اطمینان پارامتر ED_{50} نداشتند.

سایر توده‌های A، E، G، O، P، Q و R نیز براساس حدود اطمینان محاسبه شده پارامتر ED_{50} با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. توده K به‌جز با توده‌های B، C، T و R، با سایر توده‌ها بر اساس حدود اطمینان پارامتر ED_{50} اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج آزمایش غربالگری توده‌های مشکوک به مقاومت خردل وحشی نسبت به تری‌بنورون-متیل

Table 2- Screening test results of suspected of resistance wild mustard accessions subjected to tribenuron-methyl

توده Accession	کاهش وزن تر تک بوته (درصد نسبت به شاهد) Fresh weight reduction of individual plant (% of Control)	سیستم رتبه-بندی موس Moss 's ranking system	وزن خشک تک بوته (درصد نسبت به شاهد) Dry weight of individual plant (% of Control)	تعداد بوته زنده مانده (درصد نسبت به شاهد) Survival no. (% of Control)	سیستم رتبه-بندی ادکینز Adkins 's ranking system
A	63.29	RR	56.85	60.00	PR
B	24.42	RRR	88.60	75.00	R
C	14.58	RRR	82.35	76.47	R
D	75.50	R?	43.21	33.33	S
E	55.83	RR	53.69	62.50	PR
F	71.20	RR	58.33	63.15	PR
G	53.61	RR	59.64	65.62	PR
H	30.14	RRR	83.57	73.91	R
K	56.51	RR	65.66	68.57	PR
L	67.36	RR	57.41	61.11	PR
M	45.78	RR	54.68	53.84	PR
N	74.04	R?	34.65	44.44	S
O	59.52	RR	66.82	72.72	PR
P	34.48	RRR	86.50	84.61	R
Q	61.19	RR	59.28	70.00	PR
R	42.77	RR	66.02	65.00	PR
S	27.36	RRR	85.18	71.42	R
T	15.86	RRR	81.77	78.57	R
W	10.06	RRR	89.45	88.88	R
X	18.24	RRR	86.73	75.00	R
U	16.76	RRR	82.72	71.87	R
Y	82.73	S	38.84	30.43	S
Z	83.05	S	20.76	16.66	S

علائم اختصاری: RRR (قطعاً مقاوم)، RR (احتمالاً مقاوم)، ?R (مشکوک به مقاومت)، PR (احتمالاً مقاوم)، R (مقاوم) وS (حساس)

Abbreviations: RRR (resistance confirmed, highly likely to reduce herbicide performance), RR and PR (resistance confirmed, probably reducing herbicide performance), R? (Early indications that resistance may be developing, probably reducing herbicide performance), R (resistant) and S (susceptible).

بر مبنای تعداد بوته‌های زنده مانده تمامی توده‌ها اختلاف معنی‌داری بر اساس حدود اطمینان برآورد شده برای پارامتر ED_{50} نسبت به توده حساس Z نشان دادند و توده های W، X، U، S، B، C، T به ترتیب با شاخص‌های ۷/۶۰، ۷/۳۱، ۷/۱۶، ۵/۹۸، ۵/۳۸، ۵/۲۷، و ۵/۱۱ برابر نسبت به توده حساس، از خود مقاومت نشان دادند. در حالی‌که میزان ۶/۲۱ گرم ماده موثر در هکتار باعث کاهش ۵۰ درصد بوته‌های زنده توده حساس شد. این مقدار کاهش برای توده‌های مذکور به ترتیب ۴۷/۲۱، ۴۵/۴۴، ۴۴/۵۰، ۳۷/۱۷، ۳۳/۴۶، ۳۲/۷۲، و ۳۱/۷۸ گرم ماده موثر در هکتار بود (جدول ۴).

برازش داده‌های درصد تعداد گیاه زنده مانده نسبت به شاهد نشان داد که روند واکنش توده‌ها با افزایش دُز علف‌کش با هم متفاوت بود، معمولاً شیب منحنی در توده‌های مقاوم کمتر از توده حساس بود. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود سرعت نزول منحنی در توده حساس Z بیشتر از توده‌های مقاوم بود (شکل ۳).

با مقایسه توده‌های دارای بیشترین درصد تعداد بوته‌های زنده‌مانده (W، U و X) بر اساس حدود اطمینان پارامتر ED_{50} مشخص شد که این توده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشته درحالی‌که سه توده مذکور با توده K بر این اساس اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۴). این توده‌ها به‌علاوه سایر توده‌ها با توده حساس بر اساس حدود اطمینان پارامتر ED_{50} اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۴).

با توجه به نتایج فوق می‌توان اظهار داشت که صفت وزن خشک از نظر مقایسه توده‌ها با یکدیگر از اطمینان و دقت بیشتری در مقایسه با تعداد بوته‌های زنده‌مانده برخوردار است؛ چراکه ممکن است توده‌های تعداد بوته‌های زنده‌مانده داشته باشد ولی این بوته‌ها وزن خشک ناچیزی داشته باشند که قادر به تولید بذر نباشند.

جدول ۳- پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش توابع سه و چهار پارامتری لجستیک به داده‌های وزن خشک توده‌های مقاوم و حساس به تری‌بنورون-متیل شش هفته پس از سمپاشی

Table 3- Estimated parameters resulting from fitting three and four parameter logistic functions to dry weight data of resistant and susceptible accessions to tribenuron-methyl six weeks after spraying

توده Accession	حد بالا Upper limit	حد پایین Lower limit	شیب منحنی Hill's slope	ED_{50} g ai L^{-1}	شاخص مقاومت Resistance factor	احتمال فقدان برازش Lack of fit
A	100.30 (2.96)	12.95 (6.20)	0.65 (0.09)	15.65 (4.56)**	2.30	0.98
B	100.03 (2.84)	-	0.51 (0.03)	36.54 (5.76)**	5.37	0.99
C	100.34 (2.96)	-	0.61 (0.03)	35.97 (4.76)***	5.28	0.86
E	100.28 (3.06)	15.84 (7.53)	0.58 (0.10)	16.51 (6.43)*	2.42	0.80
F	100.34 (3.06)	20.26 (5.23)	0.73 (0.12)	12.74 (3.29)***	1.87	0.43
G	100.54 (3.13)	14.69 (5.90)	0.69 (0.10)	17.48 (4.90)***	2.57	0.96
H	100.77 (2.76)	31.78 (3.78)	0.76 (0.12)	8.11 (1.8)***	1.19	0.57
K	100.34 (2.70)	-	0.61 (0.03)	29.98 (3.99)***	4.40	0.87
L	100.86 (2.95)	33.74 (3.65)	0.80 (0.14)	7.53 (1.74)***	1.10	0.54
M	99.98 (3.16)	19.16 (5.71)	0.67 (0.11)	12.76 (3.72)**	1.87	0.97
O	100.25 (2.94)	18.52 (6.13)	0.66 (0.10)	16.52 (5.05)**	2.42	0.84
P	100.53 (3.07)	20.40 (5.42)	0.70 (0.11)	15.53 (4.28)***	2.28	0.94
Q	100.03 (2.53)	28.12 (4.46)	0.69 (0.10)	16.84 (4.26)**	2.48	0.99
R	100.34 (2.75)	24.55 (5.96)	0.66 (0.11)	19.74 (6.24)**	2.90	0.93
S	101.23 (2.86)	-	0.48 (0.03)	40.79 (6.76)***	5.99	0.80
T	101.17 (3.18)	-	0.52 (0.03)	35.15 (6.09)**	5.16	0.79
U	101.41 (2.68)	-	0.51 (0.03)	46.21 (6.19)***	6.79	0.80
W	101.44 (2.78)	-	0.51 (0.03)	55.60 (8.63)***	8.17	0.82
X	101.33 (2.88)	-	0.52 (0.03)	44.21 (7.03)***	6.50	0.89
Z	100.17 (2.39)	34.51 (2.46)	0.87 (0.11)	6.80 (1.15)***	-	0.74

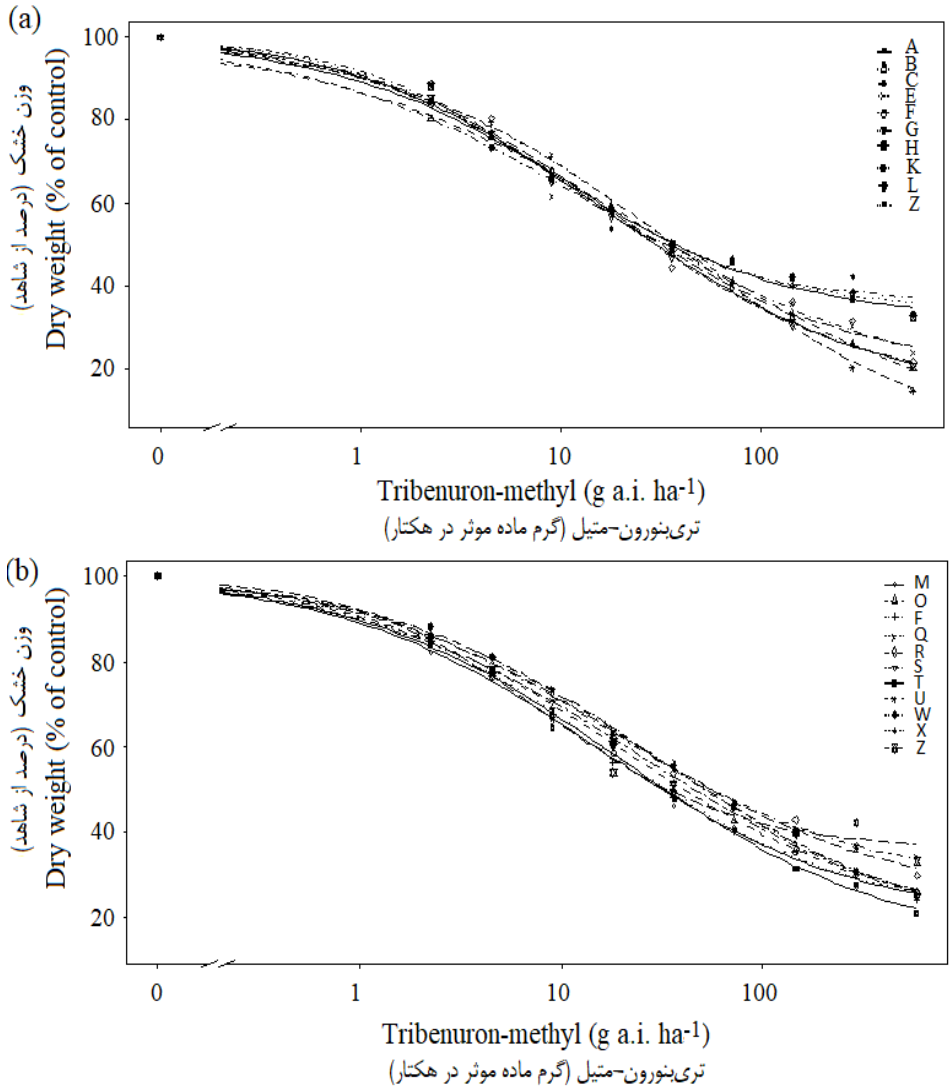
** and *** represent significant level at 1 and 0.1%, respectively. ** و *** به ترتیب سطح معنی‌داری ۱ و ۰/۱ درصد می‌باشد.

جدول ٤- پارامترهای برآورد شده از معادله برازش داده شده به داده‌های درصد بوته‌های زنده مانده توده‌های مقاوم و حساس به تری‌بنورون-متیل شش هفته پس از سمپاشی

Table 4- Estimated parameters resulting from fitting three and four parameter logistic functions dry weight data of resistant and susceptible accessions to tribenuron-methyl six weeks after spraying

توده Accession	حد بالا Upper line	حد پایین Lower limit	شیب منحنی Hill's slope	ED_{50} g ai L^{-1}	شاخص مقاومت Resistance factor	احتمال فقدان برازش Lack of fit
A	98.92 (2.71)	-	0.61 (0.03)	25.42 (3.43)***	4.09	0.11
B	101 (2.95)	-	0.57 (0.04)	33.46 (5.08)**	5.38	0.26
C	100.60 (3.18)	-	0.59 (0.04)	32.72 (5.24)***	5.27	0.49
E	99.69 (2.95)	-	56 (0.03)	24.86 (3.42)***	4	0.34
F	100 (2.86)	-	0.57 (0.03)	13.22 (1.89)***	2.12	0.64
G	100.71 (2.44)	-	0.49 (0.02)	26.60 (3.65)***	4.28	0.17
H	100.45 (2.76)	-	0.54 (0.03)	13.04 (1.85)***	2.09	0.71
K	100.40 (3.08)	-	0.62 (0.04)	31.33 (4.70)***	6.17	0.63
L	99.39 (2.81)	-	0.64 (0.03)	12.97 (1.70)***	2.08	0.07
M	99.95 (2.89)	-	0.58 (0.03)	13.06 (1.88)***	2.10	0.57
O	99.16 (2.72)	-	0.58 (0.03)	26.06 (3.64)***	4.19	0.07
P	100.30 (2.54)	-	0.56 (0.03)	13.27 (1.71)***	2.13	0.76
Q	68.35 (2.65)	-	0.61 (0.03)	26.43 (3.49)***	4.25	0.29
R	66.31 (2.50)	-	0.56 (0.03)	26.73 (3.49)***	4.30	0.07
S	100.07 (2.68)	-	0.46 (0.03)	37.17 (6.02)***	5.68	0.07
T	66.61 (3.52)	-	0.64 (0.05)	31.78 (5.41)**	5.11	0.33
U	102.67 (3.19)	-	0.55 (0.04)	44.50 (7.48)***	7.16	0.08
W	101.93 (3.07)	-	0.52 (0.03)	47.21 (7.98)***	7.60	0.27
X	102.71 (3.12)	-	0.54 (0.04)	45.44 (7.53)***	7.31	0.07
Z	99.89 (3.21)	28.88 (2.65)	0.98 (0.18)	6.21 (1.20)***	-	0.93

** and *** represent significant level at 1 and 0.1%, respectively. ** و *** به ترتیب سطح معنی‌داری ۱ و ۰/۱ درصد می‌باشد.



شکل ۲- پاسخ وزن خشک توده‌های مقاوم و حساس نسبت به کاربرد تری‌بنورون-متیل (الف و ب)

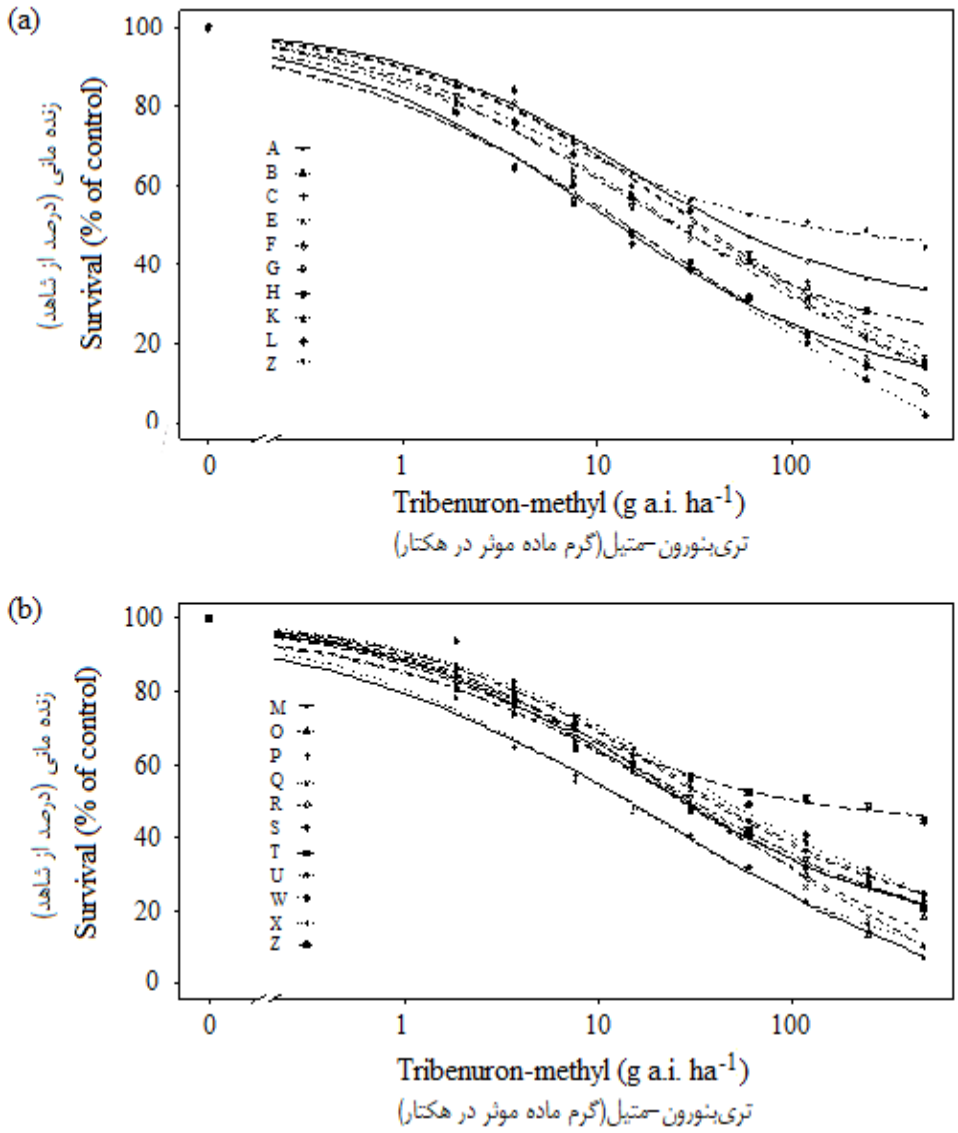
Figure 2- Response of resistant and susceptible accessions based on dry weight to tribenuron-methyl (a and b)

نقشه پراکنش مزارع آلوده به توده‌های خردل وحشی مقاوم با استفاده از سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داد که پراکنش توده‌ها از شمال غربی شروع شده و عمدتاً در شرق، جنوب شرق و جنوب شهرستان می‌باشد و مقاومت به علف‌کش مذکور در حال گسترش می‌باشد (شکل ۴). در آزمایشی مشابه در خصوص نقشه پراکنش بایوتیپ‌های فالاریس مقاوم به علف‌کش کلودینافوپ پروپارجیل نشان داده شد که مناطق مرکزی و جنوب غربی شهرستان آق‌قلا آلودگی بیشتری به بایوتیپ‌های مقاوم به کلودینافوپ پروپارجیل داشتند (۱۹). همچنین، نتایج الهی‌فرد و همکاران (۹) در مزارع گندم شهرستان شوشتر نشان داد که مقاومت خردل وحشی با توجه به ناکارآمد بودن تری‌بنورون-متیل در حال گسترش می‌باشد.

نتیجه‌گیری

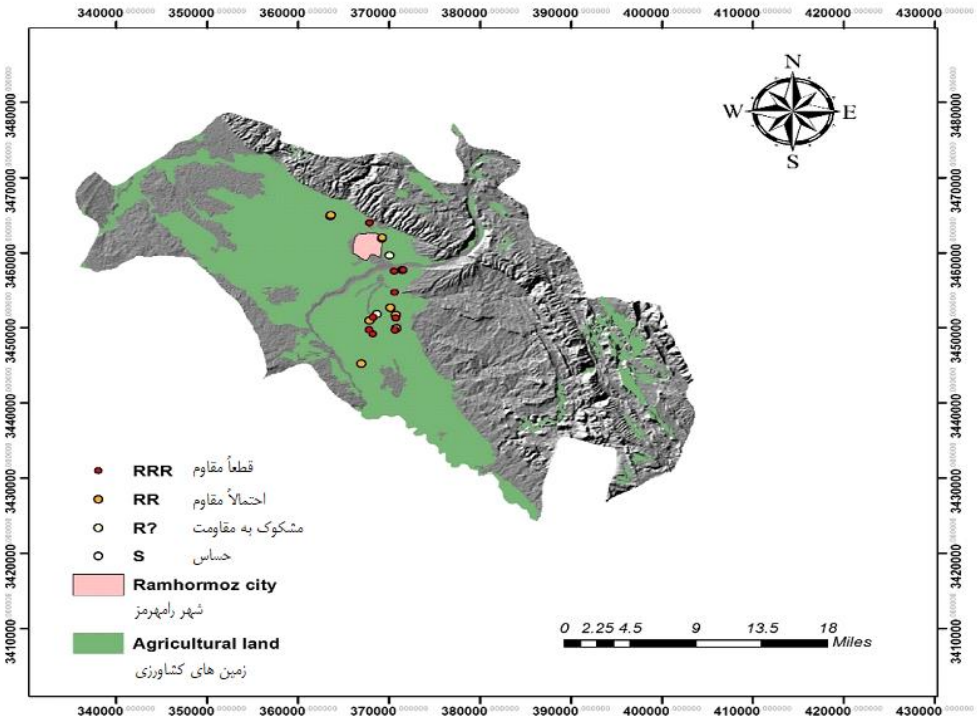
نتایج این آزمایش وجود مقاومت در توده‌های خردل وحشی به تری‌بنورون-متیل را تایید می‌کند. استفاده متوالی از این علف‌کش در مزارع گندم شهرستان رامهرمز از مهمترین دلایل بروز مقاومت در این مزارع می‌باشد. شاخص درجه مقاومت متفاوتی بین توده‌ها مشاهده شد؛ به‌طوری‌که توده W، بر مبنای وزن خشک، با بیشترین درجه مقاومت ۸/۱۷ و توده L با کمترین درجه مقاومت ۱/۱۰ نسبت به تری‌بنورون-متیل مقاوم بودند. نقشه پراکنش مزارع آلوده به توده‌های مقاوم خردل‌وحشی با استفاده از سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی ترسیم و مشخص شد که توده‌های مقاوم در مناطق مرکزی و جنوب شرقی پراکنده شده‌اند. این نقشه امکان پیش آگاهی از مزارع آلوده به

توده‌های مقاوم را فراهم آورده و به جلوگیری از توصیه و کاربرد سموم بازدارنده ALS در این مزارع کمک نموده به‌طوری‌که این امر در راستای شکستن مقاومت در توده‌های مقاوم و کاهش مصرف سموم موثر خواهد بود. در این راستا باید توجه داشت که مقاومت خردل وحشی به تری‌بنورون‌متیل در شهرستان‌های شوشتر (۹)، رامیان (۱۴)، گنبدکاووس (۲۴)، کردکوی (۱۵)، و کلاله (۲۳) گزارش شده است. بنابرین استفاده از نقشه‌های پراکنش می‌تواند جهت اجرای برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز مقاوم و جلوگیری از توسعه توده‌های مقاوم به سایر مناطق مورد استفاده قرارگیرد.



شکل ۳- پاسخ بوته‌های زنده مانده توده‌های مقاوم و حساس نسبت به کاربرد تری‌بنورون-متیل (الف و ب)

Figure 3- Response of resistant and susceptible accessions based on survival individuals to tribenuron-methyl (a and b)



شکل ٤- نقشه پراکنش توده‌های مقاوم به تری‌بنورون-متیل علف‌هرز خردل‌وحشی (*Sinapis arvensis* L.) در مزارع گندم شهرستان رامهرمز

(حروف اختصاری نشان‌دهنده توده‌های مقاوم تشخیص داده شده بر اساس شاخص موس می‌باشند.)

Figure 4– Distribution map of resistant wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) accessions to tribune-methyl in wheat fields of Ramhormoz

(Abbreviation letters indicate the resistant accessions identified on the basis of Moss index.)

منابع

1. Abdollahipour M., Gherekhloo J., Bagherani N., and Taghvaei M.R. 2016. Effects relative fitness of susceptible and tribenuron methyl resistant biotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). Scinzer Journal of Agricultural and Biological Sciences 2(1): 15-23.
2. Adkins S., Wills W.D., Boersma M., Walker S.R., Robinson G., McLeod R.J., and Einam J.P. 1997. Weed resistance to chlorsulfuron and atrazine from the north-east grain region of Australia. Weed Research 37(5): 343-349.
3. Afshari M., Ghanbari A., Rastgoo M., Gherekhloo J., and Ahmadvand G. 2017. Investigating resistance of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) populations to tribenuron-methyl herbicide. Journal of Crop Ecophysiology 11(41): 127-142. (In Persian with English abstract)
4. Andrews T.S., Morrison I.N., and Penner G.A. 1998. Monitoring the spread of ACCase inhibitor resistance among wild oat (*Avena fatua*) patches using AFLP analysis. Weed Science 46(2): 196-199.
5. Beckie H.J. 2007. Beneficial management practices to combat herbicide-resistant grass weeds in the Northern Great Plains. Weed Technology 21(2): 290-299.
6. Beckie H.J., Heap J.M., Smeda R.J., and Hall L.M. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. Weed Technology 14(2): 428-445.
7. Beffa R., Figge A., Lorentz L., Hess M., Laber B., and Ruiz-Santaella J.P. 2012. Weed resistance diagnostic technologies to detect herbicide resistance in cereal growing areas. A review. 25th German Conference on Weed Biology and Weed Control. March 13-15, Braunschweig, Germany.
8. Derakhshan A., Najari Kalantari N., Gherekhloo J., and Kamkar B. 2015. Wild mustard (*Sinapis arvensis*) and annual bastard cabbage (*Rapistrum rugosum*) resistance to tribenuron-methyl in Agh Ghala. Journal of Plant Protection 29(2): 199-205. (In Persian with English abstract)
9. Elahifard E., Derakhshan A., and Zarinjoob H.A. 2017. Tracing weed resistance to to ACCase inhibitor herbicides and acetolactate synthase and synthetic auxins in wheat (*Triticum aestivum* L.) fields of Shoushtar. Journal of Plant

Protection 31(2): 284-295. (In Persian with English abstract)
10. Gerwik B.C., Mireles L.C., and Eilers R.J. 1993. Rapid diagnosis of ALS/AHAS-resistant weeds. Weed Technology 7(2): 519-524.
11. Gherekhloo J., Oveisi M., Zand E., and De Prado R. 2016. A review of herbicide resistance in Iran. Weed Science 64(4): 551-561.
12. Hatami Z.M., Gherekhloo J., Rojano-Delgado A.M., Osuna M.D., Alcántara R., Fernández P., Sadeghipour H.R., and De Prado R. 2016**.** Multiple mechanisms increase levels of resistance in *Rapistrum rugosum* to ALS herbicides. Frontiers in Plant Science 7: 1-13.
13. Heap I. 2020. International Herbicide-Resistant Weed Database. http://www.weedscience.org/Pages/SOASummary.aspx. Accessed: 12 May 2020.
14. Heravi M., Gherkhloo J., Siahmarguee A., Kazemi H., and Hassanpour Bourkheili S. 2017. Investigating the resistance of wild mustard (*Sinapis arvenisis* L.) biotypes to tribenuron methyl herbicide in wheat fields of Ramiyan Township. Weed Research Journal 10(1): 46-59. (In Persian with English abstract)
15. Kalami K., Gherekhloo J., Kamkar B., Esfandiaripour E., and De Prado R. 2014. Identifying and mapping of wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.) and *Phalaris minor* Retz. populations resistant to clodinafop-propargyl in wheat fields of Kordkuy. In Proceedings of the 248th American Chemical Society National Meeting and Exposition. Washington, DC: American Chemical Society.
16. Lotfifar O., Allahdadi I., Zand E., and Akbari G.A. 2014. Investigating resistance of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) populations to acetolactate synthase inhibiting herbicides in wheat fields of Khoozestan, Gorgan and Kermanshah provinces. Iranian Journal of Weed Science 9(2): 141-157. (In Persian with English abstract)
17. Mallory-Smith C.A., Thill D.C., and Dial M.J. 1990. Identification of sulfonylurea herbicide-resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). Weed Technology 4(1): 163–168.
18. Moss S.R., Perriman S.A.M., and Tatnell L.V. 2007. Managing herbicide resistant black grass (*Alopecurus myosuriodes*): Theory and practice. Weed Technology, 21(2): 300-309.
19. Najari Kalantari N., Gherekhloo J. and Kamkar B. 2013. Tracing and map of canary grass (*Phalaris minor*) and hood grass (*Phalaris paradoxa*) biotypes resistant to clodinafop-propargyl herbicide in wheat fields of Aq-qala. Weed Research Journal 5(1): 85-97.
20. Primiani M., Cotterman M.J.C., and Saari L.L. 1990. Resistance of Kochia (*Kochia scoparia*) to sulfonylurea and imidazolinone herbicides. Weed Technology 4(1): 169–172.
21. Razghandi A. 2016. Identification of resistant biotypes to aryloxyphenoxypropionate and acetolactate synthase inhibitors in wheat fields of Ali Abad-e Katool and preparing their distribution map. MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian with English abstract)
22. Ritz C., and Streibig J.C. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Statistical Software 12(5): 1-22.
23. Soofizadeh T. 2015. Identification of resistant biotypes to aryloxy phenoxy propionate and acetolactate synthase inhibitors in wheat fields Kalaleh and preparing their distribution map. MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian with English abstract)
24. Tatari S., Gherekhloo J., Siahmarguee A., and Kazemi H. 2018. Identification of resistant *Avena ludoviciana* Dur accessions to ACCase inhibitor herbicides in Gonbad-E Kavus wheat fields and mapping their distribution. Journal of Plant Production 41(2): 103-116. (In Persian with English abstract)

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 4, Winter 2021, P. 473-484

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۸۴-۴۷۳

Tracing Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) Accessions Resistant to Tribenuron-methyl in Wheat Fields of Ramhormoz and Preparing Distribution Map of Resistant Fields

L. Pourmorad[1]- E. Elahifard[2*]- A. Siahpoosh[3]

Received: 16-05-2020
Accepted: 02-09-2020

Introduction: Wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) is a very common weed within cereal and rapeseed fields in Iran and many other countries. This weed is usually controlled by tribenuron-methyl in wheat fields of Iran. However, due to consecutive application of tribenuron-methyl for the last 27 years in wheat fields, control failures were reported by farmers. Resistance to ALS inhibiting herbicides is the most common form of herbicide resistance in the world. So far, 165 resistant biotypes to this family have been reported. Therefore, present study was carried out to survey suspected of resistance wild mustard accessions to tribenuron-methyl in wheat fields of Ramhormoz and preparing distribution map of resistant fields.

Materials and Methods: An experiment was conducted in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan during 2017-2018. 22 no. of the suspected resistance wild mustard accessions to tribenuron-methyl were gathered from wheat fields of the Ramhormoz. One susceptible accession was also gathered from a field with no history of spraying. Pot experiments were carried out in two stages including the initial screening with the recommended dose of tribenuron-methyl (15 g ai ha^{-1}) and dose-response assay that accessions were investigated for the effect of tribenuron-methyl on dry weight and survival plant no. under outdoor conditions. The plants per pots were sprayed, based on tribenuron-methyl dose (0, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, and 32-fold of recommended dose). The shoot dry weight data were converted to a percentage based on control plants data within each accession. A log-logistic curve with three and four-parameters was used to describe dose–response relationships. Dry-weight data were fitted to a nonlinear log-logistic regression model using the package drc in the statistical program R (R Development Core Team, 2008). The distribution map of the resistant populations was plotted using ArcGIS 10.3 software.

Results and discussion: Screening results showed that nine accessions (B, C, H, P, S, T, W, X, U) were strongly resistant (R) and 10 accessions (A, E, F, G, K, L, M, O, Q, R) were probably resistant (PR or RR), and three accessions (D, N and Y) were susceptible (S) or suspected resistance (SR) to tribenuron-methyl based on Adkins and Mo's 's ranking system. While, Screening results based on Mo's 's ranking system showed that nine accessions (B, C, H, P, S, T, W, X, U) were completely resistant (RRR) and 10 accessions (A, E, F, G, K, L, M, O, Q, R) were probably resistant (RR), and two accessions (D and N) were suspected resistance (SR) and one population (Y) was susceptible to tribenuron-methyl. With increasing doses of the herbicide tribenuron-methyl, the dry weight of susceptible and susceptible accessions decreased during the sigmoid process. Resistance factor of accessions (W, U, X, S, B, C, T, K, R, G, Q, O, E, A, P, M, F, H, and L) based on dry weight (% of control) and survival (% of control) ranged from 1.10- 8.17 and 2.08-7.60, respectively. A different resistance factor was observed between the accessions; thus, the W accession with the highest resistance factor of 8.17 and 7.60 and the L accession with the lowest resistance factor of 1.10 and 2.80 based on dry weight and survival (% of control) were resistant to the herbicide tribenuron-methyl. While 6.80 g ai ha^{-1} caused a 50% reduction in the dry weight of the susceptible Z accession, this reduction was calculated to be 60.55 g ai ha^{-1} for the most resistant accession (W), which differed significantly based on the calculated confidence limits. A map of the distribution of contaminated fields of resistant wild mustard accessions using GIS showed that most resistant accessions were observed in eastern and southeastern regions of Ramhormoz.

Conclusion: The results of this experiment confirmed the presence of resistance in wild mustard accessions to tribenuron-methyl. Repeated use of tribenuron-methyl in wheat fields of Ramhormoz is one of the most important reasons for resistance in these fields. Distribution map makes it possible to predict farms infected with

1, 2 and 3- Graduate of Master Degree in Weed Science and Assistant Professors, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Bavi, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: e.elahifard@asnrukh.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.v34i4.86902

resistant accessions and help prevent the recommendation and use of ALS inhibiting herbicides in these farms, so that in order to break the resistance in resistant accessions and it will be effective reduce the use of herbicides. Therefore, the use of distribution maps can be used to implement integrated weed management programs and to prevent the development of resistance accessions in other areas.

Keywords: Dose-response, Geographic information system, Resistance factor, Screening