نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۰۵-۱۹۹

Journal of Plant Protection
Vol. 29, No. 2, Summer 2015, P. 199-205

مقاومت علف‌های هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) و شلمی (*Rapistrum rugosum*) به علف‌کش تری‌بنورون متیل در آق‌قلا

ابوالفضل درخشان[1*]- نیکتا نجاری کلانتری[2]- جاوید قرخلو[3]- بهنام کامکار[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۹

چکیده

با گذشت بیش از ۲۰ سال از زمان ثبت علف‌کش تری بنورون متیل در ایران، گزارش‌هایی مبنی بر عدم کارآیی این علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ در مزارع گندم شهرستان آق‌قلا وجود دارد. به منظور بررسی بروز مقاومت به تری بنورون متیل در علف‌های هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) و شلمی (*Rapistrum rugosum*)، آزمایش‌های دز-پاسخی طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. با حرکت روی دو قطر فرضی بر روی نقشه شهرستان آق‌قلا، بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت هر دو علف‌هرز از مزارع گندم جمع‌آوری شدند. از هر یک از گونه‌های گیاهی یک بیوتیپ حساس از مزارعی که هیچ گونه سابقه سمپاشی نداشتند، نیز جمع‌آوری شد. در این آزمایش‌ها واکنش بیوتیپ‌های حساس و مشکوک به مقاومت هر دو علف‌هرز در مقابل دزهای مختلف علف‌کش تری بنورون متیل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون پاسخ به دز علف‌کش حاکی از بروز مقاومت در خردل وحشی و شلمی به علف‌کش تری بنورون متیل بود. شاخص درجه مقاومت بیوتیپ SRA_2 خردل وحشی و بیوتیپ‌های SRR_1 و SRR_2 شلمی به علف‌کش تری بنورون متیل به ترتیب معادل ۴/۰۵، ۲۶/۹۰ و ۲۴/۴۲ به‌دست آمد. این اولین گزارش مقاومت علف‌های هرز خردل وحشی و شلمی به علف‌کش تری بنورون متیل در کشور است. نقشه پراکنش مزارع آلوده به علف‌های هرز مقاوم این دو علف‌هرز با استفاده از سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی ترسیم شد. نتایج این تحقیق می‌تواند جهت اجرای برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز مقاوم و ممانعت از توسعهٔ این گیاهان به سایر مناطق مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: دز- پاسخ، علف‌هرز مقاوم، نقشه پراکنش

مقدمه

آنزیم استولاکتات سینتاز[5](ALS) که استوهیدروکسی اسید[6](AHAS) نیز نامیده می‌شود، اولین گام در بیوسنتز اسیدهای آمینه زنجیره‌ای شاخه‌دار مثل لوسین، ایزولوسین و والین را کاتالیز می‌کند (۲۰). این اسیدهای آمینه برای رشد و نمو گیاه ضروری می‌باشند و از این‌رو، بازداری از سنتز آن‌ها برای گیاهان کشنده است. اثرات ثانویه بازداری ALS مانند تجمع ۲-کتوبوتیریت[7]، اختلال در سنتز پروتئین و انتقال مواد فتوسنتزی نیز در مکانیسم مرگ گیاه دخیل می‌باشند (۲۰). علف‌کش‌های بازدارنده ALS به صورت انتخابی برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ مصرف می‌شوند. این علف‌کش‌ها به دلیل کنترل طیف گسترده‌ای از علف‌های هرز، دز کاربرد کم و سمیت اندک برای پستانداران، بعد از معرفی در دهه ۱۹۸۰ به عنوان ابزار مهمی در مدیریت علف‌های هرز مطرح شدند (۱۴). از سوی دیگر، علف‌کش‌های بازدارنده ALS جزء علف‌کش‌های پرخطر طبقه‌بندی می‌شوند (۷)، به‌طوری‌که نخستین موارد از مقاومت به این علف‌کش‌ها در سال ۱۹۸۷ یعنی تنها ۵ سال بعد از معرفی علف‌کش کلروسولفورون در علف‌های هرز کاهوی وحشی (*Lactuca serriola* L.) (۱۲) و علف جارو (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.) (۱۶) ثبت شد. مصرف مداوم علف‌کش‌های بازدارنده ALS منجر به تکامل مقاومت در چندین گونه از علف‌های شده است، به‌طوری‌که در حال حاضر بیوتیپ‌هایی از ۱۳۱ گونه علف‌هرز در سرتاسر دنیا به این علف‌کش‌ها مقاوم شده‌اند (۱۱).

تاکنون پنج گروه شیمیایی از علف‌کش‌های بازدارنده آنزیم ALS به صورت تجاری عرضه شده است. این گروه‌های علف‌کشی عبارت

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان
(*-نویسنده مسئول: Email: derakhshan.abo@gmail.com)
۲- دانشجوی کارشناس ارشد کشاورزی اکولوژیک
۳ و۴- استادیار و دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

5- Acetolactate synthase (ALS)
6- Acetohydroxyacid synthase (AHAS)
7- 2-ketobutyrate

می‌باشند از: سولفونیل اوره‌ها[1] (۸)، ایمیدازولینون‌ها[2] (۲۱)، تری آزولو پایریمیدین‌ها[3] (۱۰)، پایریمیدینیل تیوبنزوات‌ها[4] (۲۲) و سولفونیل آمینو کربونیل تریازولینون‌ها[5] (۱۹). علف‌کش‌های بازدارنده ALS به منظور ایجاد تنوع در سبد علف‌کشی طی دو دهه اخیر در کشور به ثبت رسیده‌اند و در حال حاضر دو گروه شیمیایی از این علف‌کش‌ها شامل سولفونیل اوره‌ها و ایمیدازولینون‌ها برای کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرند (۳).

بررسی بروز مقاومت به علف‌کش‌ها، شناسایی مزارع آلوده به علف‌های هرز مقاوم و همچنین تهیه نقشه پراکنش آن‌ها اطلاعات مفیدی در خصوص مدیریت موثر مقاومت در اختیار قرار خواهد داد. با استفاده از دستگاه GPS[6] و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS[7]) می‌توان به تهیهٔنقشه پراکنش علف‌های هرز پرداخت. نقشه‌های بدست آمده می‌توانند در مدیریت متناسب با مکان علف‌های هرز و کاربرد فعالیت‌های دقیق در مکان مورد نیاز، مفید واقع شوند. به عبارت دیگر، در صورت وجود نقشه و اطلاعات مربوط به پراکنش علف‌های هرز در مزارع و کاربرد متناسب با مکان علف‌کش‌ها می‌توان مصرف علف‌کش‌ها را بهینه نموده و در صورت بروز پدیده مقاومت از علف‌کش‌های جایگزین و سایر راهبردها برای مدیریت مقاومت استفاده کرد.

تری بنورون متیل[8] (با نام تجاری گرانستار) علف‌کشی از گروه سولفونیل اوره است. این علف‌کش در سال ۱۳۶۹ در کشور به ثبت رسیده و درحال حاضر نیز برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ مانند خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و شلمی (*Rapistrum rugosum* (L.) All.) در مزارع گندم و جو مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳). از آن‌جایی‌که مصرف مداوم علف‌کش‌های بازدارنده ALS طی چند سال متوالی در یک منطقه می‌تواند منجر به بروز مقاومت در علف‌های هرز شود (۱۳) و نیز با توجه به وجود گزارش‌هایی از سوی کشاورزان شهرستان آق‌قلا مبتنی بر عدم کارایی تری بنورون متیل در کنترل علف‌های هرز پهن برگ مزارع گندم، این مطالعه با هدف بررسی بروز مقاومت به علف‌کش تری بنورون متیل در علف‌های هرز خردل وحشی و شلمی در این شهرستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

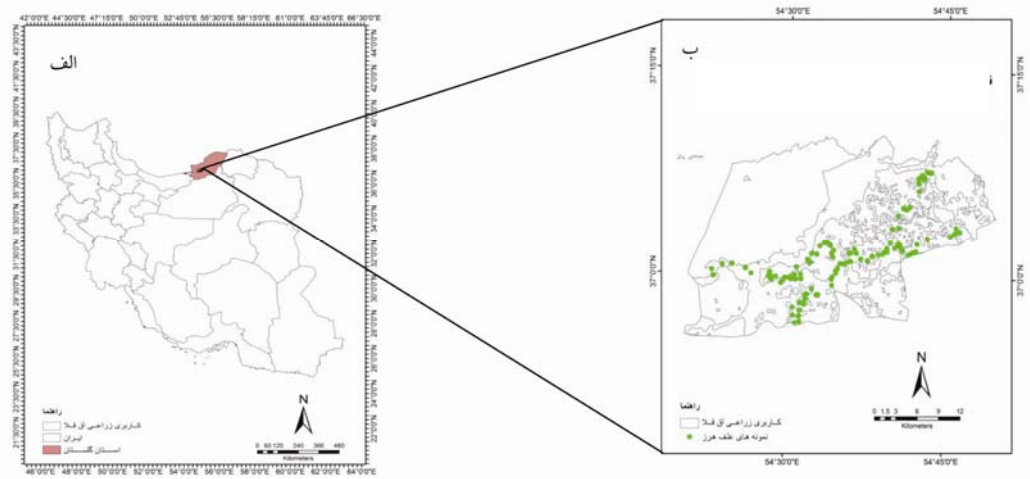
با حرکت روی دو قطر فرضی بر روی نقشه شهرستان آق‌قلا، بذرهای بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت خردل وحشی و شلمی در سال‌های ۱۳۹۰ [یک بیوتیپ شلمی(SRR_1)] و ۱۳۹۱ [سه بیوتیپ خردل وحشی (SRA_1، SRA_2 و SRA_3) و یک بیوتیپ شلمی (SRR_2)] طی بازدید از مزارع گندم شهرستان آق‌قلا جمع‌آوری شدند (شکل ۱). لازم به ذکر است که بیوتیپ‌های شلمی طی دو سال متوالی از قسمت‌های مختلف یک مزرعه به وسعت ۵ هکتار جمع‌آوری شدند. بیوتیپ‌های حساس دو گونه [خردل وحشی (SA) و شلمی (SR_1 و SR_2)] نیز از مناطقی که هیچ‌گونه سابقه مدیریت شیمیایی نداشتند، جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است که تنها تعداد محدودی از مزارع این شهرستان به علف‌های هرز خردل وحشی و شلمی آلوده بود (تعداد ۱۰۸ مزرعه گندم این شهرستان مورد بازدید قرار گرفت).

به منظور بررسی بروز مقاومت در بیوتیپ‌های خردل وحشی و شلمی آزمایش‌های گلدانی در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ انجام شد. در این آزمایش‌ها، واکنش بیوتیپ‌های حساس و مشکوک به مقاومت خردل وحشی و شلمی در مقابل دزهای مختلف علف‌کش تری بنورون متیل (شامل ۹ دز صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ برابر دز توصیه شده علف‌کش در سال ۱۳۹۰ و ۹ دز صفر، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸ و ۱۶ برابر دز توصیه شده علف‌کش در سال ۱۳۹۱) مورد بررسی قرار گرفت. مقدار ۲۰ گرم در هکتار از علف‌کش تری بنورون متیل (۱۵ گرم ماده موثره در هکتار از فرمولاسیون فرانسوی علف‌کش) به عنوان دز توصیه شده در نظر گرفته شد.

ابتدا بذور پیش جوانه دار شده و سپس ۱۰ بذر جوانه‌دار در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند. خاک گلدان‌ها شامل مخلوطی از لوم، ماسه و پیت به نسبت‌های ۲، ۱و ۱ بود. گلدان‌های کشت شده در گلخانه‌ای با متوسط دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. تیمار دزهای مختلف علف‌کش درمرحله ۳ تا ۴ برگی علف‌هرز و توسط دستگاه سمپاش پشتی شارژی مدل plus elegance MATABI با نازل بادبزنی ۸۰۰۱ در فشار ثابت ۲ اتمسفر اعمال شد. پس از ۴ هفته بوته‌های زنده جمع‌آوری و پس از انتقال به آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک آن‌ها توزین و بصورت درصدی از شاهد سم‌پاشی نشده بیان شد.

برای تجزیه آماری منحنی واکنش به دز علف‌کش ازآنالیز رگرسیون و مدل ارائه شده توسط ریتز و استریبیگ (۱۷) استفاده شد (تابع ۱).

1- Sulfonylureas (SUs)
2- Imidazolinones (IMIs)
3 - Triazolopyrimidine (TPs)
4 - Pyrimidinylthiobenzoates (PTBs)
5 - Sulfonylamino-carbonyl-triazolinones (SCTs)
6 - Global Positioning System
7 - Geographic Information System
8- Tribenuron-methyl



شکل ۱- محل قرارگیری شهرستان آق‌قلا در ایران (الف) و نقشه پراکنش مزارع گندم مورد بازدید در این شهرستان (ب)

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

که b، شیب منحنی در نقطهe؛ d، حد بالای منحنی پاسخ؛ c، حد پایین منحنی پاسخ و e، دز بیان‌کننده GR_{50}. در مواردی که c=۰، این پارامتر از تابع ۱ حذف و در حالت جدید، تابع سه پارامتره (تابع ۲) به داده‌های مربوطه برازش داده شد تا برآورد دقیق‌تری از سایر پارامترها به دست آید (۱۷).

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

مدل فوق با استفاده از محیط نرم افزاری R و بسته نرم افزاری drc به داده‌های حاصل از وزن خشک بیوتیپ‌های مشکوک وحساس برازش داده شد. شاخص درجه مقاومت یعنی نسبت GR_{50} بیوتیپ مشکوک به مقاومت به GR_{50} بیوتیپ، برای بررسی و مقایسه میزان مقاومت بیوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

به منظور تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز مقاوم، مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده با استفاده از دستگاه GPS map60 به‌صورت پلی‌گن ثبت گردید. تبدیل داده‌های ثبت شده در دستگاه GPS map60 به فرم قابل اجرا در نرم‌افزار GIS توسط نرم افزار mapsource انجام شد.

نتایج و بحث

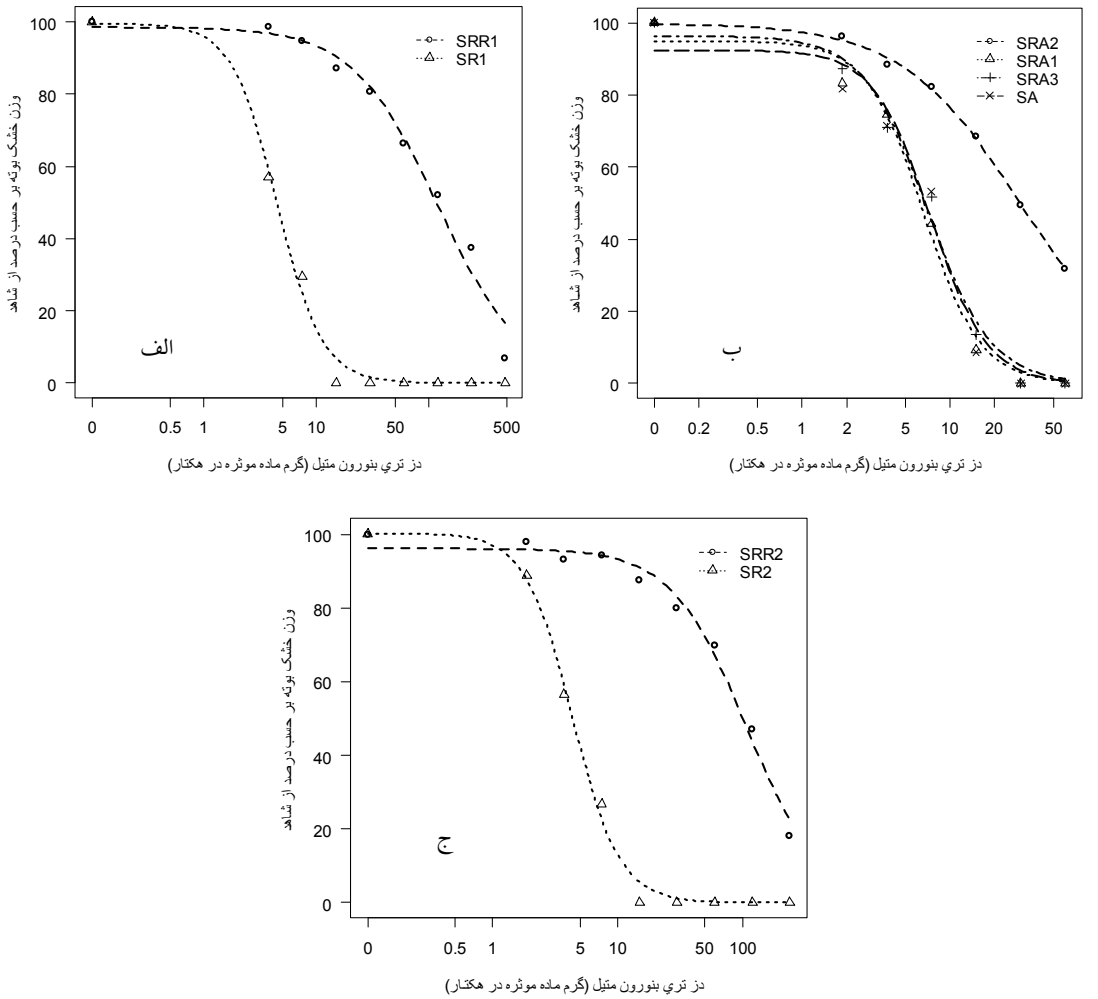
با افزایش دز علف‌کش تری بنورون متیل، وزن خشک بیوتیپ‌های حساس و مشکوک به مقاومت هر دو علف‌هرز خردل وحشی و شلمی طی روندی سیگموئیدی کاهش یافت (شکل ۲). نتایج آزمون پاسخ به دز علف‌کش حاکی از بروز مقاومت در بیوتیپ SRA_2 خردل وحشی به علف‌کش تری بنورون متیل بود (شکل ۲- الف). کاهش وزن خشک بیوتیپ‌های SRA_1 و SRA_3 خردل وحشی در پاسخ به افزایش دز علف‌کش تری بنورون متیل مشابه با بیوتیپ حساس (SA) بود، به‌طوری که تفاوتی در GR_{50} و شیب منحنی‌های مربوط به بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت SRA_1 و SRA_3 و بیوتیپ SA مشاهده نشد (جدول ۱). نتایج تجزیه آماری منحنی واکنش به دز علف‌کش نشان داد که تنها ۷/۳۶ گرم ماده موثره در هکتار (۹/۸۱ گرم در هکتار) از علف‌کش تری بنورون متیل قادر به کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک بیوتیپ حساس SA خردل وحشی نسبت به شاهد سم‌پاشی نشده بود. حال آن‌که، برای همین میزان کاهش در وزن خشک بیوتیپ SRA_2 خردل وحشی، ۲۹/۸۱ گرم ماده موثره در هکتار (۳۹/۷۵ گرم در هکتار) از علف‌کش تری بنورون متیل لازم بود (جدول ۱). شاخص درجه مقاومت بیوتیپ SRA_2 به علف‌کش تری بنورون متیل معادل ۴/۰۵ به‌دست آمد.

همچنین، نتایج آزمون پاسخ به دز علف‌کش درجه بالایی از مقاومت را در بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت علف‌هرز شلمی به علف‌کش تری بنورون متیل نشان داد. کاهش وزن خشک بیوتیپ‌های SRR_1 و SRR_2 علف‌هرز شلمی در مقادیر بیشتری از علف‌کش تری بنورون متیل اتفاق افتاد (شکل ۲ - ب و ج) و شیب منحنی در بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت کمتر از بیوتیپ‌های حساس بود (جدول ۱). نتایج تجزیه آماری منحنی واکنش به دز علف‌کش نشان داد که به ترتیب ۴/۴۷ و ۴/۳۷ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش تری بنورون متیل (به ترتیب ۵/۹۶ و ۵/۸۳ گرم علف‌کش گرانستار در هکتار) توانست وزن خشک بیوتیپ‌های حساس SR_1 و SR_2 علف‌هرز شلمی را به میزان ۵۰ درصد کاهش دهد. در صورتی که برای ۵۰ درصد افت در وزن خشک بیوتیپ‌های SRR_1 و SRR_2 به ترتیب ۱۲۰/۲۰ و ۱۰۶/۷۲ گرم ماده موثره در هکتار از علف‌کش تری بنورون متیل (به ترتیب ۱۶۰/۲۷ و ۱۴۲/۲۹ گرم علف‌کش گرانستار در هکتار) لازم بود (جدول ۱). شاخص درجه مقاومت برای بیوتیپ‌های SRR1 و SRR2 به ترتیب معادل ۲۶/۹۰

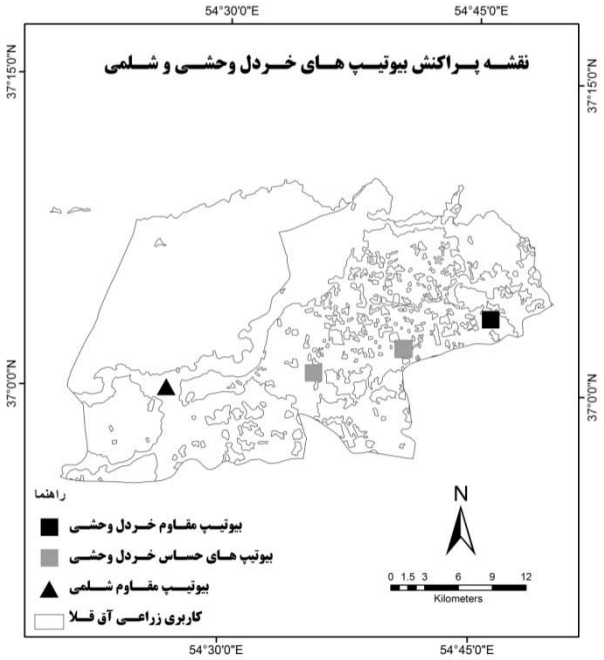
و ۲۴/۴۲ به‌دست آمد که البته از این نظر اختلاف معنی‌داری بین بیوتیپ‌های شلمی وجود نداشت. نقشه پراکنش مزارع آلوده به گونه‌های حساس و مقاوم خردل وحشی و شلمی شهرستان آق قلا در شکل ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- پارامترهای برآورد شده برای وزن خشک علف‌های هرز خردل وحشی و شلمی برحسب درصد نسبت به شاهد سم‌پاشی نشده در پاسخ به دزهای مختلف علف‌کش تری بنورون متیل

گونه علف‌هرز	بیوتیپ	حد بالا (d)	شیب منحنی (b)	GR_{50} (g a.i. ha^{-1}) (e)	احتمال فقدان برازش	درجه مقاومت
خردل وحشی	SRA1	۹۴/۹۶ ± ۵/۱۲	۲/۲۶ ± ۰/۴۶	۶/۶۱ ± ۰/۷۴	۰/۲۴	۰/۹۰ ± ۰/۱۵
	SRA2	۹۹/۸۲ ± ۴/۵۹	۱/۰۹ ± ۰/۲۱	۲۹/۸۱ ± ۴/۶۶	۰/۱۳	۴/۰۵ ± ۰/۸۲
	SRA3	۹۶/۳۴ ± ۵/۱۸	۲/۰۱ ± ۰/۳۷	۷/۰۲ ± ۰/۸۴	۰/۲۱	۰/۹۵ ± ۰/۱۷
	SA	۹۲/۴۲ ± ۵/۵۸	۲/۲۷ ± ۰/۵۶	۷/۳۶ ± ۰/۹۵	–	–
شلمی	SRR1	۹۸/۵۶ ± ۳/۲۹	۱/۱۵ ± ۰/۱۵	۱۲۰/۲۰ ± ۱۴/۷۷	۰/۱۸	۲۶/۹۰ ± ۴/۰۶
	SR1	۹۹/۵۷ ± ۴/۶۰	۲/۱۵ ± ۰/۳۳	۴/۴۷ ± ۰/۳۹	–	–
	SRR2	۹۶/۱۱ ± ۱/۹۳	۱/۴۶ ± ۰/۱۸	۱۰۶/۷۲ ± ۷/۸۵	۰/۲۵	۲۴/۴۲ ± ۲/۳۳
	SR2	۱۰۰/۲۸ ± ۳/۲۱	۲/۳۰ ± ۰/۲۳	۴/۳۷ ± ۰/۲۶	–	–



شکل ۲- پاسخ بیوتیپ‌های حساس و مشکوک به مقاومت علف‌های هرز خردل وحشی (الف) و شلمی (ب و ج) به دزهای مختلف علف‌کش تری بنورون متیل



شکل ۳- نقشه پراکنش بیوتیپ‌های حساس و مقاوم علف‌های هرز خردل وحشی و شلمی (تنها بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت هر دو علف‌هرز در نقشه ارائه شده‌اند).

تاکنون، بیوتیپ‌هایی از چند گونه علف‌هرز در کشور شناسایی شده که به بازدارنده‌های آنزیم استیل کوآنزیم آ[1] (ACCase) مقاوم شده‌اند. از جمله قرخلو و همکاران (۶) مقاومت علف‌هرز فالاریس (*Phalaris minor* Retz.) به علف‌کش‌های آریلوکسی فنوکسی پروپیونات[2]، قرخلو و درخشان (۵) مقاومت عرضی علف‌هرز فالاریس به علف‌کش‌های سایکلوهگساندیون[3] و فنیل پایرازولین[4]، بناکاشانی و همکاران (۱) و راستگو و همکاران (۲) مقاومت یولاف زمستانه (*Avena ludoviciana* Dur.) به علف‌کش‌های آریلوکسی فنوکسی پروپیونات و زند و همکاران (۴) مقاومت علف‌هرز چچم (*Lolium rigidium* L.) به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل را گزارش و تایید کرده‌اند. اما گزارشی مبنی بر بروز مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ALS در علف‌های هرز خردل وحشی و شلمی در مزارع گندم و جو کشور ارائه نشده است و این اولین گزارش مقاومت این علف‌های هرز به علف‌کش تری بنورون متیل در کشور است.

مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش تری بنورون متیل در سایر نقاط دنیا نیز گزارش شده است. سیروجدا و همکاران (۹) مقاومت علف هرز شقایق (*Papaver rhoeas*) به علف‌کش تری بنورون متیل را در اسپانیا گزارش دادند. همچنین مقاومت خردل سفید (*Sinapis alba*) به این علف‌کش در سال ۲۰۱۱ در کشور یاد شده گزارش شده است (۱۸). روساریو و همکاران (۱۸) شاخص مقاومت خردل سفید به تری بنورون متیل را معادل ۹/۸ گزارش کردند. زو و همکاران (۲۵) نیز مقاومت علف‌هرز خاکشیر (*Descurainia sophia*) به علف‌کش تری بنورون متیل را تأیید و شاخص مقاومت چهار بیوتیپ مقاوم از این علف‌هرز را به این علف‌کش ۶، ۸، ۵۵ و ۱۱۸ گزارش کردند.

دو مکانیسم اصلی موجب بروز مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ALS می‌شود. در بیشتر موارد، مقاومت به دلیل کاهش حساسیت محل هدف است که به دلیل یک یا چند جهش در ژن کد کننده ALS تکامل می‌یابد (۲۳). مقاومت غیر مبتنی بر محل هدف به دلیل افزایش متابولیسم علف‌کش نیز در برخی از علف‌های هرز مقاوم به بازدارنده‌های ALS مانند دم روباهی باریک (*Alopecurus myosuroides*) (۱۵) و خردل وحشی (۲۴) گزارش شده است. لازم به ذکر است که علف‌های هرزی که توسط مکانیسم مبتنی بر محل هدف به علف‌کش تری بنورون متیل مقاوم شده‌اند، ممکن است به سایر بازدارنده‌های ALS نیز مقاوم باشند. روساریو و همکاران (۱۸) گزارش کردند که بیوتیپی از خردل سفید که نسبت به علف‌کش تری بنورون متیل مقاوم بود، به ۴ خانواده از ۵ خانواده از علف‌کش‌های بازدارنده ALS مقاومت عرضی نشان داد. لذا بررسی مکانیسم

1 - Acetyl coenzyme A carboxylase (ACCase) inhibitors
2 - Aryloxyphenoxy-propionate
3 - Cyclohexanedione
4 - Phenlypyrazolin

مقاومتی بیوتیپ‌های مقاوم به تری بنورون متیل ضروری به نظر می‌رسد. لازم به ذکر است که شلمی به‌طور تقریباً یکنواختی در مزرعه گندم پراکنده شده بود و این نشان‌دهنده آن است که مقاومت در این مزرعه از مدت‌ها پیش اتفاق افتاده و تکوین یافته است.

نتیجه‌گیری کلی

با وجودی که دو دهه از زمان ثبت علف‌کش تری بنورون متیل در کشور می‌گذرد، اما گزارشی مبنی بر بروز مقاومت به این علف‌کش در مزارع گندم و جو ارائه نشده است. نتایج این آزمایش بیانگر آن است که بروز مقاومت به علف‌کش تری بنورون متیل در علف‌های‌هرز خردل و حشی و شلمی قطعی است. بنابراین، با توجه به بروز پدیده مقاومت به علف‌کش و شناسایی دقیق مزارع آلوده به این علف‌های هرز می‌توان راهبردهای مناسبی برای مدیریت مقاومت بکار گرفت. راهبردهایی از قبیل تناوب علف‌کش‌ها، استفاده از اختلاط‌های علف‌کشی، کشت ارقام زراعی مقاوم به علف‌کش را می‌توان برای مدیریت علف‌های هرز مقاوم در مزرعه بکار بست.

البته یادآوری شود که تعداد نقاط برای تهیه نقشه پراکنش کم می باشد، اما هدف از این‌کار در واقع بررسی امکان تهیه نقشه بوده و اگر این کار با تعداد نقاط بیشتری انجام گیرد، مناسب‌تر خواهد بود. ضمن این که تعداد مزارع آلوده به علف هرز خردل وحشی و شلمی در منطقه آق قلا کم بود که احتمالاً به شرایط اقلیمی منطقه مربوط می‌باشد. متخصصین جهاد کشاورزی با اتکا به این نقشه‌ها می‌توانند نسبت به توصیه سموم علف‌کش مناسب برای مناطق آلوده اقدام نمایند.

منابع

۱- بناکاشانی ف.، زند ا. و محمد علیزاده ح. ۱۳۸۵. مقاومت بیوتیپ‌های علف‌هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل. مجله آفات و بیماری‌های گیاهی ۷۴: ۱۵۰-۱۲۷.

۲- راستگو م.، راشد محصل م.ح.، زند ا. و نصیری محلاتی م. ۱۳۸۵. مقاومت یولاف وحشی زمستانه به علفکش‌های گروه آریلوکسی فنوکسی پروپیناپ در مزارع گندم استان خوزستان :اولین آزمون غربال. مجله دانش علف‌های هرز ایران ۲: ۱۰۴-۹۶.

۳- زند ا.، باغستانی م.ع.، بیطرفان م. و شیمی پ. ۱۳۸۶. راهنمای کاربرد علف‌کش‌های ثبت شده در ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۶۶ ص.

۴- زند ا.، عطری ع.ر.، باغستانی م.ع. دستاران ف. و پوربیگ م. مقاومت علف‌هرز چچم (*Lolium rigidium* L.) به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در استان فارس. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) ۸۹: ۷۸-۷۰.

۵- قرخلو ج. و درخشان ا. ۱۳۹۱. بررسی مقاومت علف‌هرز مقاوم فالاریس نسبت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase. مجله پژوهش علف‌های هرز ۴: ۲۵-۱۵.

۶- قرخلو ج.، راشد محصل م.ح.، نصیری محلاتی م.، زند ا.، قتبری ع. و دپرادو ر. ۱۳۸۷. ارزیابی گلخانه‌ای برای پی‌جویی مقاومت علف‌هرز فالاریس به علف‌کش‌های آریلوکسی فنوکسی پروپیونات. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۶: ۳۶۱-۳۵۳.

7- Beckie H.J. 2007. Beneficial management practices to combat herbicide-resistant grass weeds in the Northern Great Plains. Weed Technology, 21: 290-299.

8- Chaleff R.S., and Mauvais C.J. 1984. Acetolactate synthase is the site of action of two sulfonylurea herbicides in higher plants. Science, 224:1443–1445.

9- Cirujeda A., Recasens J., and Taberner A. 2001. A qualitative quick-test for detection of herbicide resistance to tribenuron-methyl in *Papaver rhoeas*. Weed Research, 41:523-534.

10- Gerwick B.C., Subramanian M.V., and Loney-Gallant V.I. 1990. Mechanism of action of the 1,2,4-triazolo [1,5-a] pyrimidines. Pesticide Science, 29:357–364.

11- Heap I. 2013. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Available at: http://weedscience.org/summary/MOA.aspx. (Visited Monday, June 24, 2013.)

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

13- Maxwell B.D., and Mortimer A.M. 1994. Selection for herbicide resistance. p. 1–26. In S.B. Powles and J.A.M. Holtum (eds.) Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry. Boca Raton, FL: Lewis.

14- Mazur B.J., and Falco S.C. 1989. The development of herbicide resistant crops. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 40:441–470.

15- Menendez J.M., De Prado R., and Devine M.D. 1997. Chlorsulfuron cross-resistance in a chlorotoluron-resistant biotype of *Alopecurus myosuroides*. p. 319-324. In Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference Weeds. Farnham, UK: The British Crop Protection Council.

16- Primiani M., Cotterman M.J.C. and Saari L.L. 1990. Resistance of kochia (*Kochia scoparia*) to sulfonylurea and

imidazolinone herbicides. Weed Technology, 4:169–172.
17- Ritz C., and Streibig J.C. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Statistical Software, 12:1–22.
18- Rosario J.M., Cruz-Hipolito H., Smeda R.J., and Prado R.D. 2011. White mustard (*Sinapis alba*) resistance to ALS-inhibiting herbicides and alternative herbicides for control in Spain. European Journal of Agronomy, 35:57–62.
19- Santel H.J., Bowden B.A., Sorensen V.M., Mueller K.H., and Reynolds J. 1999. Flucarbazone-sodium: a new herbicide for grass control in wheat. Weed Science, 52:124–125.
20- Shaner D.L. 1991. Physiological effects of the imidazolinone herbicides. p. 129–138. In D.L. Shaner and S.L. O'Connor (eds.) The Imidazolinone Herbicides. Ann Arbor, MI: Lewis.
21- Shaner D.L., Anderson P.C., and Stidham M.A. 1984. Imidazolinones: potential inhibitors of acetohydroxyacid synthase. Plant Physiology, 76:545–546.
22- Stidham M.A. 1991. Herbicides that inhibit acetohydroxyacid synthase. Weed Science, 39:428–434.
23- Tranel P.J., and Wright T.R. 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? Weed Science, 50:700–712.
24- Veldhuis L.J., Hall L.M., O'Donovan J.T., Dyer W., and Hall J.C. 2000. Metabolism-based resistance of a wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) biotype to ethametsulfuron-methyl. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:2986–2990.
25- Xu X., Wang G.Q., Chen S.L., Fan C.Q., and Li B.H. 2010. Confirmation of Flixweed (*Descurainia sophia*) Resistance to Tribenuron-Methyl Using Three Different Assay Methods. Weed Science, 58:56–60.