مجله پژوهش علف‌های هرز
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱
صفحات ۲۵- ۱۵

بررسی مقاومت عرضی علف هرز مقاوم فالاریس نسبت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase

Investigating cross-resistance of resistant-*Phalaris minor* to ACCase herbicides

جاوید قرخلو[1*]، ابوالفضل درخشان[2]

چکیده:

فالاریس یکی از علف‌های هرز مهم در مزارع گندم و جو ایران است. اخیراً بایوتایپ ی از علف‌هرز فالاریس (SR3) در استان فارس شناسایی شده که نسبت به علف‌کش‌های کلودینافاپ- پروپارجیل، فنوکساپراپ- پی- اتیل و دایکلوفاپ -متیل مقاوم شده است. به منظور بررسی مقاومت عرضی بایوتایپ مقاوم SR3 نسبت به علف‌کش‌های سایکلوهگساندیون و فنیل‌پایرازولین آزمایش دز-رسپانس در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. در این آزمایش واکنش بایوتایپ حساس ES و بایوتایپ SR3 در مقابل علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن (شامل ۹ دز صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ٤، ۸، ١٦ و ۳۲ برابر دز توصیه شده) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به ترتیب ١٤٠/٢٦، ۸۹/٥٤ و ۱۳/١٦ گرم ماده موثره از علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن توانست بایوتایپ حساس ES علف هرز فالاریس را به میزان ۵۰٪ کنترل نماید. در صورتی که برای کنترل ۵۰ درصدی بایوتایپ مقاوم SR3 به ترتیب ١٨٦٣/٣٢، ۸۷۸/۸۸ و ۳۷۲/۱۸ گرم ماده موثره از این علف‌کش‌ها لازم بود. فاکتور مقاومتی بایوتایپ مقاوم SR3 برای علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن به ترتیب معادل ۱۳/۲۸، ۹/۸۲ و ۲۸/۲۹ به دست آمد. نتایج مقاومت عرضی بایوتایپ SR3 به علف کش‌های APP، CHD و PPZ را تایید کرد.

واژه‌های کلیدی: پینوکسادن، ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم، شاخص مقاومت.

مقدمه

فالاریس (*Phalaris minor* Retz.) علف هرزی یکساله و باریک برگ است که حضور آن در چندین گیاه زراعی پاییزه گزارش شده اما به دلیل نیازهای مورفولوژیکی و رشدی مشابه، حضور آن در مزارع گندم بسیار خسارت‌زا شده است (Singh *et al.*, 1999). رایج‌ترین روش برای کنترل علف هرز فالاریس در مزارع گندم استفاده از بازدارنده‌های آنزیم استیل کوآنزیم می‌باشد (Beckie *et al.*, 2003) که در این بین علف کش‌های دیکلوفاپ- متیل، فنوکساپروپ - پی - اتیل و کلودنافاپ- پروپارجیل از گروه اریلوکسی منوکسی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۲۴

۱- عضو هیات علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
*- نویسنده مسئول Email: gherekhloo@yahoo.com

پروپیونات[1] (APP)، ترالکوکسیدیم از گروه سایکلوهکساندیون[2] (CHD) و پینوکسادن از گروه فنیل پایرازولین[3] (PPZ) در ایران برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ از جمله فالاریس در مزارع گندم به ثبت رسیده است (Zand *et al.,* 2007).

با وجود آنکه علف کش‌ها ابزار بسیار موثری در مدیریت علف‌های هرز به شمار می‌روند، اما تکیه بیش از حد به یک علف‌کش (یا گروهی از علف‌کش‌ها با نحوه عمل مشابه) به احتمال زیاد منجر به بروز مقاومت در جمعیت علف‌های هرز خواهد شد. تاکنون کاربرد مداوم علف‌کش‌های بازدارنده ACCase منجر به بروز مقاومت در ۴۱ گونه علف هرز باریک برگ در دنیا شده است که برخی از این بایوتایپ‌ها نسبت به گروه‌های مختلف بازدارنده ACCase مقاومت عرضی نشان داده اند (Heap, 2012). مقاومت نسبت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در علف‌های هرز خسارت‌زایی چون رایگراس یکساله (*Lolium rigidum*)، دم روباهی باریک (*Alopecurus myosuroides*)، دم روباهی سبز (*Setaria viridis*)، یولاف وحشی (*Avena fatua*) و جانسون گراس (*Sorghum halepense*) تکامل یافته است (Delye, 2005).

در بسیاری موارد بایوتایپ‌های مقاوم به یک بازدارنده ACCase نسبت به سایر بازدارنده های این گروه نیز دارای مقاومت عرضی می‌باشند (Papapanagiotou *et al.,* 2011). اون و پولز (Owen & Powles, 2009) گزارش کردند که برخی از بایوتایپ‌های یولاف وحشی نسبت به دیکلوفاپ- متیل بسیار مقاوم بودند، در حالی که مقاومت آن‌ها نسبت به سایر علف‌کش‌های APP بسیار کم بود. بکی و همکاران (Beckie *et al.*, 2008) دریافتند که بایوتایپ‌های یولاف وحشی تنها نسبت به علف کش‌های CHD مقاوم بودند، حال آن که سایر محققان الگوی مقاومت عرضی نسبت به علف کش‌های APP و CHD را در بایوتایپ های یولاف وحشی گزارش کرده‌اند (Valverde, 2007; Uludag *et al.,* 2008).

مقاومت فالاریس نسبت به فنوکساپراپ - پی - اتیل در سال ۱۹۹۳ از یک مزرعه گندم در فلسطین اشغالی گزارش شده است (Tal *et al.,* 1996). این بایوتایپ برای سطح کنترلی مشابه با بایوتایپ حساس در حدود ۲۰ برابر از دز فنوکساپراپ - پی - اتیل نیاز داشت. همچنین سطح اندکی از مقاومت نسبت به سایر علف‌کش‌های بازدارنده ACCase از جمله دیکلوفاپ- متیل، کلودینافاپ - پروپارجیل، ستوکسیدیم و ترالکوکسیدیم در این بایوتایپ مشاهده شد (Tal *et al.,* 1996). مقاومت این بایوتایپ مربوط به تغییر در ساختار آنزیم ACCase بود. مقاومت در بایوتایپ‌های فالاریس نسبت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase از جمله دیکلوفاپ- متیل و کلودینافاپ- پروپارجیل در افریقای جنوبی نیز گزارش شده است (Smit & Cairns, 2000). پیترز و کلرمن (Pieterse & Kellerman, 2002) مقاومت‌های چندگانه در بایوتایپ‌های

[1] - Aryloxyphenoxypropionate
[2] - Cyclohexanedione
[3] - Phenlypyrazolin

مختلف فالاریس نسبت به کلودینافاپ- پروپارجیل، دیکلوفاپ- متیل، فنوکساپراپ - پی - اتیل، هالوکسیفاپ، کوئیزالوفاپ- پی- اتیل، یدوسولفورون و یدوسولفورون + مزوسولفورون در افریقای جنوبی گزارش کرده‌اند.

در ایران نیز بناکاشانی (Benakashani *et al.*, 2006) و راستگو (Rastgoo *et al.*, 2006) بروز مقاومت در یولاف زمستانه (*Avena ludoviciana* Dur.) را نسبت به بازدارنده‌های ACCase گزارش و تایید کرده‌اند. همچنین الهی فرد و همکاران (Elahifard *et al.*, 2009) مقاومت علف هرز فالاریس به علف‌کش کلودینافاپ- پروپارجیل را در مزارع استان خوزستان گزارش کرده است.

اخیراً بایوتیپی از علف هرز فالاریس در مزارع گندم استان فارس شناسایی شده که به علف کش-های دیکلوفاپ- متیل، فنوکساپروپ - پی - اتیل و کلودینافاپ- پروپارجیل مقاوم شده است (Gherekhloo *et al.*, 2008). مقاومت در بایوتایپ SR3 نسبت به علف‌کش‌های یاد شده در نتیجه وجود آنزیم غیر حساس (Gherekhloo *et al.*, 2011) ناشی از جهش ژنتیکی (Gherekhloo *et al.*, 2008) گزارش شده است. با توجه به این که بروز جهش ژنتیکی در ژن کدکننده آنزیم ACCase می‌تواند منجر به مقاومت به برخی دیگر از علف‌کش‌های بازدارنده آنزیم استیل کوآنزیم A کربوکسیلاز شود (Yu *et al.*, 2007)، هدف از این مطالعه بررسی مقاومت عرضی بایوتایپ مقاوم یاد شده نسبت به علف‌کش‌های تراکوکسیدیم و ستوکسیدیم از گروه سایکلوهگساندیون و پینوکسادن از گروه فنیل پایرازولین و تعیین درجه مقاومت این علف هرز نسبت به علف کش‌های مذکور بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

از بذور بایوتایپ‌های حساس (ES) و مقاوم (SR3) فالاریس جمع آوری شده از آزمایش پیشین (Gherekhloo, 2008) به عنوان مواد گیاهی استفاده شد.

آزمایش پاسخ به دز علف‌کش

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و به طور جداگانه برای هر علف‌کش انجام شد. در این آزمایش واکنش بایوتایپ حساس(ES) و بایوتایپ مقاوم (SR3) در مقابل دزهای مختلف علف‌کش تراکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن (شامل ۹ دز صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ برابر دز توصیه شده علف کش) مورد بررسی قرار گرفت. دز توصیه شده برای کاربرد علف‌کش‌های تراکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن به ترتیب ۳۰۰، ۳۷۵ و ۴۵ گرم ماده ماده موثره در هکتار بود (Zand *et al.*, 2007). برای انجام آزمایش، ابتدا بذور پیش جوانه دار شده و سپس ۱۰ بذر جوانه‌دار در گلدان‌هایی با قطر ۱۲ سانتی متر و ارتفاع ۲۰ سانتی متر کشت شد. خاک گلدان‌ها شامل مخلوطی از لوم، ماسه و پیت به نسبت‌های ۲، ۱و ۱ بود. گلدان‌های کشت شده در شرایط طبیعی قرار گرفته و آبیاری گلدان‌ها برحسب نیاز انجام شد. دزهای مختلف علف‌کش در مرحله ۴-۳ برگی علف هرز فالاریس و توسط دستگاه سمپاش پشتی شارژی مدل

MATABI elegance plus با نازل بادبزنی ۸۰۰۱ در فشار ثابت ۲ اتمسفر اعمال شد. پس از ۳ هفته بوته‌های زنده جمع‌آوری و پس از انتقال به آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک آن‌ها توزین و بر حسب درصد از شاهد سمپاشی نشده، محاسبه شد.

تجزیه داده‌ها

برای تجزیه آماری منحنی واکنش به دز علف‌کش از آنالیز رگرسیون و مدل ارائه شده توسط رینز و استرای بیگ (Ritz & Streibig, 2005) استفاده شد (تابع ۱).

تابع (۱):

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

که پارامترهای این فرمول عبارتنداز: b، شیب منحنی درنقطه e؛ d، حد بالای منحنی پاسخ؛ c، حد پایین منحنی پاسخ و e، دز بیان کننده GR_{50} (کاهش رشد ۵۰ درصدی).

در مواردی که c=۰ و یا مقدار آن از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با صفر نداشت، 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 (Ritz & Streibig, 2005).

تابع (۲):

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

مدل فوق با استفاده از محیط نرم‌افزاری R و بسته نرم‌افزاری drc که به همین منظور طراحی شده است، به داده‌های حاصل، برازش و اختلاف نمودارهای برازش داده شده با نمودار حاصل از داده‌های مربوط به بایوتایپ حساس مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون فقدان برازش[1] به طور همزمان برای آزمون مناسب بودن برازش منحنی‌های مربوط به بیوتیپ حساس و مقاوم در مقابل هر علف‌کش استفاده شد. درجه و یا فاکتور مقاومت[2] (RF) یعنی نسبت GR_{50} بایوتایپ مقاوم به GR_{50} بایوتایپ حساس شاخصی بود که برای بررسی و مقایسه میزان مقاومت بایوتایپ SR3 به علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

در مورد هر سه علف‌کش با افزایش دز، وزن خشک نشا در هر دو بایوتایپ مقاوم و حساس کاهش یافت. البته نزول منحنی مربوط به بایوتایپ حساس در هر سه علف‌کش سریع تر از بایوتایپ مقاوم اتفاق افتاد (شکل ۱). سطح مقاومت بایوتایپ SR3 نسبت به علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن متفاوت بود. نتایج نشان داد که به ترتیب ۱۴۰، ۷۹ و ۱۳ گرم ماده موثره از علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم، پینوکسادن و ستوکسیدیم توانست بایوتایپ حساس ES علف هرز فالاریس را به میزان ۵۰٪ کنترل نماید، در صورتی که برای کنترل ۵۰ درصدی بایوتایپ مقاوم SR3 به ترتیب ۱۸۶۳، ۸۹۵ و ۳۷۲ گرم ماده موثره از علف کش‌های ترالکوکسیدیم، پینوکسادن و ستوکسیدیم لازم بود (جدول ۱).

بر اساس GR_{50} های برآورد شده، میزان شاخص یا درجه مقاومت بایوتایپ مقاوم SR3

[1]- Lack of fit test
[2] - Resistance Factor

برای علف کش‌های ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن به ترتیب معادل ۱۳/۲۸۵، ۱۱/۳۶ و ۲۸/۷۵ به دست آمد (جدول ۱). تال و همکاران (Tal *et al.,* 2000) فاکتور مقاومتی علف‌های هرز دم روباهی باریک (*Alopecurus myosuroides*) و لولیوم ایتالیایی (*Lolium multiflorum*) را نسبت به علف کش‌های فنوکساپراپ- پی- اتیل و کلودینافاپ پروپارجیل به ترتیب ۲۲/۸ و ۴۱/۵ گزارش کردند. قرخلو و همکاران (Gherekhloo *et al.,* 2008) درجه مقاومتی بایوتایپ مقاوم SR3 را نسبت به علف کش‌های دایکلوفوپ متیل، فنوکساپراپ- پی- اتیل و کلودینافاپ پروپارجیل را به ترتیب ۱۱/۸۷ ، ۹/۶۶ و ۸/۹ گزارش کردند. با توجه به نتایج این آزمایش و نتایج ارائه شده توسط قرخلو و همکاران (Gherekhloo *et al.,* 2008)، می‌توان بیان داشت که بایوتایپ SR3 نسبت به علف کش-هایی از سه گروه APP، CHD و PPZ مقاومت عرضی دارد. مقاومت عرضی به علف کش‌ها پدیده رایجی در بین علف های هرز مقاوم می‌باشد. پیش از این مقاومت به علف کش‌های APP در یولاف وحشی (*A. fatua*) به ثبت رسیده است (Seefeldt *et al.,* 1995).

منسوجی و همکاران (Mansooji *et al.,* 1992) سطح بالایی از مقاومت به تمامی علف کش‌های APP و مقاومت عرضی نسبت به علف کش‌های سیکلوکسیدیم، ستوکسیدیم و ترالکوکسیدیم را در بایوتایپی از یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*) گزارش کردند. دو پرادو و همکاران (De Prado *et al.,* 2004) اظهار کردند که بایوتایپ مقاوم یولاف وحشی زمستانه نسبت به علف کش‌های کلودینافاپ- پروپارجیل، فلوازیفاپ-پی- بوتیل، هالوکسیفاپ اتوکسی اتیل، کلتودیم، سایکلوکسیدیم و ترالکوکسیدیم مقاومت عرضی داشت. در کالیفرنیا بایوتایپی از علف هرز فالاریس شناسایی شد که نسبت به علف کش‌های ستوکسیدیم، کلتودیم، فنوکساپراپ و فلوازیفاپ- پی- بوتیل مقاوم بود (Kyser & Di Tomaso, 2006). مقاومت عرضی علف‌های هرز لولیوم یکساله (*L. rigidum*) نسبت به علف کش‌های سولفونیل اوره در استرالیا (Christopher *et al.,* 1991) و دم روباهی باریک نسبت به علف کش‌های بازدارنده ACCase در فرانسه به ثبت رسیده است (Christophe *et al.,* 2008).

یکی از مکانیسم‌های معمول برای مقاومت به علف کش‌های بازدارنده ACCase جهش محل هدف است (Delye *et al.,* 2003). مقاومت در بایوتایپ مقاوم SR3 نسبت به علف کش‌های دیکلوفاپ- متیل، فنوکساپراپ- پی- اتیل و کلودینافاپ پروپارجیل در نتیجه وجود آنزیم غیر حساس (Gherekhloo *et al.,* 2011) ناشی از جهش ژنتیکی در ژن کدکننده آنزیم ACCase (Gherekhloo *et al.,* 2008) گزارش شده است. مبنای بیوشیمیایی مقاومت به علف کش‌های بازدارنده ACCase در چندین بایوتایپ مقاوم به این بازدارنده‌ها مشخص شده است (Matthews *et al.,* 1990). علاوه بر این بسیاری از بایوتایپ های مقاوم می‌توانند دارای مکانیسم غیر مبتنی بر هدف افزایش متابولیسم علف کش‌های بازدارنده ACCase باشند (Preston *et al.,* 1996). مطالعه بیوشیمیایی و

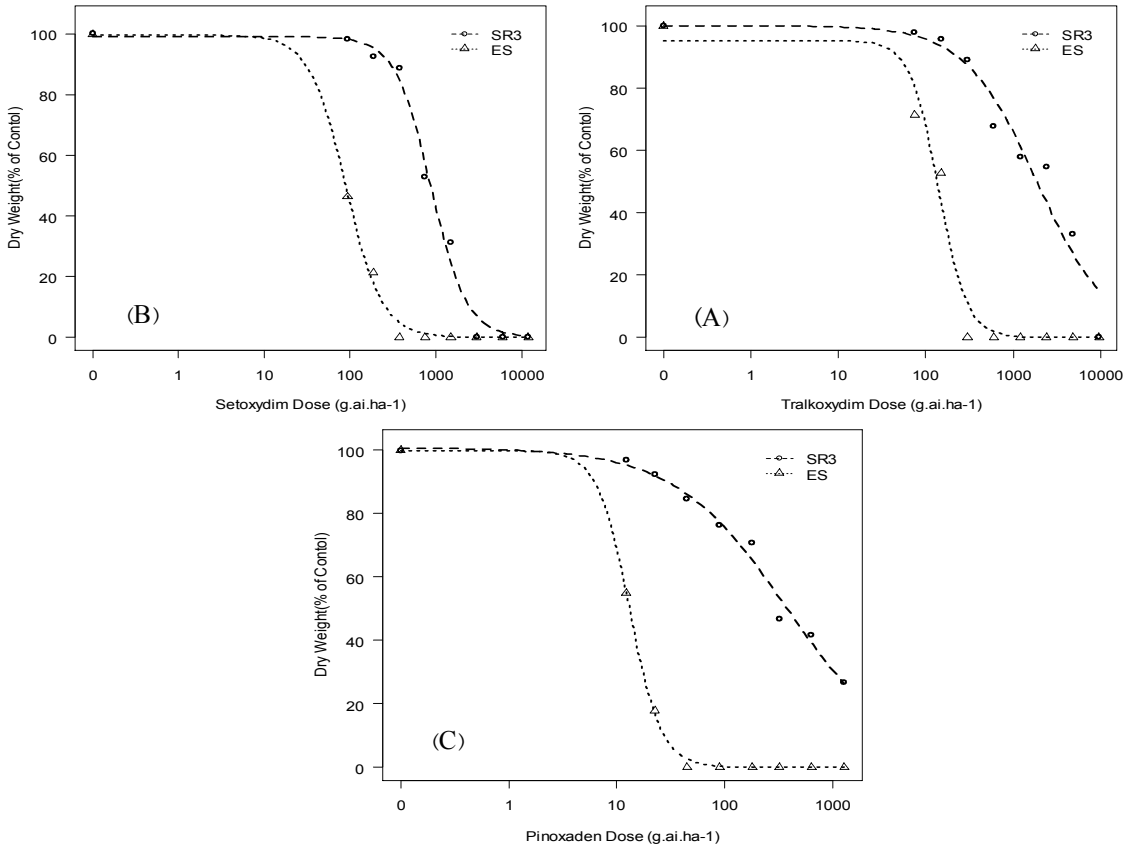
مولکولی (Gherekhloo *et al.,* 2008) نشان داد که مقاومت بایوتایپ SR3 فالاریس به دلیل وجود شکل تغییریافته و غیر حساسی از آنزیم ACCase پلاستیدی در گیاهان مقاوم است. در واقع مقاومت این بایوتایپ از علف هرز فالاریس به دلیل دو جانشینی آسپارجین به گلایسین در نقطه ۲۰۷۸ و تریپتوفان به سیستئین در موقعیت ۲۰۲۷ می‌باشد (Gherekhloo *et al.,* 2008). وجود مقاومت عرضی نسبت به بازدارنده‌های ACCase به دلیل جهش در نقطه ۲۰۷۸ در دم روباهی باریک گزارش شده است (Delye, 2005). "یو" و همکاران (Yu *et al.,* 2007) نیز بیان کردند که جهش در نقطه ۲۰۷۸ در ۱۲ بایوتایپ رایگراس یکساله باعث مقاومت عرضی این علف هرز به علف‌کش کلتودیم و سایر علف کش‌های AOPP و CHD از جمله دیکلوفاپ- متیل، کلودینافاپ- پروپارجیل، ستوکسیدیم، ترالکوکسیدیم و پینوکسادن شد. لیو و همکاران (Liu *et al.,* 2007) جهش در نقطه ۲۰۲۷ و جانشینی آیزولوسین به آسپارجین در نقطه ۲۰۴۱ را در یولاف زمستانه به ترتیب مرتبط با مقاومت به علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم و ستوکسیدیم دانستند. نتایج این آزمایش و آزمایش-های قبل نشان داد که بایوتایپ SR3 نسبت به علف‌کش‌های کلودینافاپ پروپارجیل، فنوکساپراپ- پی- اتیل، دیکلوفاپ- متیل، ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن دارای مقاومت عرضی است. مقاومت عرضی بایوتایپ SR3 نسبت به علف‌کش‌های CHD و پینوکسادن را می‌توان به دو جهش شناخته شده در مطالعات قرخلو و همکاران (Gherekhloo *et al.,* 2008) نسبت داد و در صورت بروز و شناسایی این دو جهش در ژن کد کننده آنزیم ACCase در بایوتایپ های مقاوم علف هرز فالاریس می‌توان پیش بینی نمود که بایوتایپ مورد نظر به طیفی از علف‌کش‌هایی از گروه های APP، CHD و DEN مقاومت عرضی داشته باشد.

با توجه به بروز پدیده مقاومت، باید راهبردهایی متشکل از تناوب زراعی، تناوب علف کش، اختلاط علف کش‌ها و مراعات اصول بهداشتی (استفاده از بذور عاری از علف هرز و ماشین‌آلات پاکیزه) همراه با روش‌های مختلف زراعی (ارقامی با توان رقابتی بالاتر، کاشت زودتر ، مقدار بذر بالاتر و نظام‌های بدون خاکورزی) را برای مدیریت علف هرز فالاریس در گندم به کار برد تا از تکوین بایوتایپ‌های مقاوم علف‌های هرز و گسترش سطح آلودگی مزارع به آن‌ها جلوگیری نموده و یا حداقل به تاخیر انداخت. مطالعه دقیق زیست شناسی و تطبیقی بایوتایپ‌های فالاریس حساس و مقاوم نیز می‌تواند در اتخاذ اقدامات مدیریتی خاص برای این بایوتایپ‌های مقاوم مفید باشد.

جدول ۱- پارامترهای برآورد شده رگرسیون غیر خطی برای وزن خشک علف هرز فالاریس در پاسخ به علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم، ستوکسیدیم و پینوکسادن

Table 1- Estimated non-linear regression parameters for biomass of Phalaris minor in response to tralkoxydim, sethoxydim and pinoxaden herbicides

علف کش Herbicide	بایوتایپ Biotype	حد بالا (d) Upper limit (SE)	شیب منحنی(b) Hill's slope (SE)	(e) GR50 (SE)	احتمال فقدان برازش P-value of the lack of fit test	درجه مقاومت Resistance factor (RF)
ترالکوکسیدیم Tralkoxydim	SR3	100.03(3.31)	1.05(0.11)	1863.32(240.71)	0.45	13.28(2.14)
	ES	95.29(5.12)	2.69(0.51)	140.26(13.45)		
ستوکسیدیم Sethoxydim	SR3	99.16(1.65)	2.09(0.14)	878.88(38.53)	0.23	9.82(0.7)
	ES	99.7(2.55)	2.05(0.21)	89.54(5.08)		
پینوکسادن Pinoxaden	SR3	100.74(1.82)	0.84(0.05)	372.18(27.75)	0.26	28.29(2.3)
	ES	99.78(2.24)	2.96(0.27)	13.16(0.42)		



شکل ۱- پاسخ بایوتایپ‌های مقاوم فالاریس(SR3) و حساس(ES) نسبت به علف‌کش‌های ترالکوکسیدیم (A)، ستوکسیدیم (B) و پینوکسادن (C)

Figure 1- Response of resistant (SR3) and sensitive (ES) biotypes of Phalaris minor to tralkoxydim (A), sethoxydim (B) and pinoxaden (C) herbicides

Reference فهرست منابع

Papapanagiotou, A. P., Kaloumenos, N. S., and Eleftherohorinos, I. G. 2011. Sterile oat (*Avena sterilis* L.) cross-resistance profile to ACCase-inhibiting herbicides in Greece. Crop Protect. 35: 118-126.

Beckie, H. J., and Kirkland, K. J. 2003. Implication of reduced herbicide rates on resistance enrichment in wild oat (*Avena fatua*). Weed Technol. 17: 138-148.

Beckie, H. J., Leeson, J. Y., Thomas, G., Brenzil, C. A., Hall, L. M., Holzgang, G., Lozinski, C., and Shirriff, S. 2008. Weed resistance monitoring in the Canadian prairies. Weed Technol. 22: 530-543.

Benakashani, F., Zand, E. and Alizadeh, H. M. 2006. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) biotype to clodinafop-propargil herbicide. App. Ent. Phytopath. 74:127–150. [In Persian with English Summary].

Christophe, D., Matejicek, A., and Severine, M. 2008. Cross-resistance patterns to ACCase-inhibiting herbicides conferred by mutant ACCase isoforms in *Alopecurus myosuroides* Huds (black-grass), re-examined at the recommended herbicide field rat. Pest Manag Sci. 64:1179–1186.

Christopher, J. T., Powles, S. B., Liljegren, D. R., and Holtum, A. M. 1991. Cross-Resistance to Herbicides in Annual Ryegrass (*Lolium rigidum*). Plant Physiol. 95: 1036-1043.

De Prado R., Osuna M. D., and Fischer, A. 2004. Resistance to ACCase inhibitor herbicides in a green foxtail (*Setaria viridis*) biotype in Europe. Weed Sci. 52: 506–512.

Delye, C. 2005. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: an update. Weed Sci. 53: 728-746.

Delye, C., Zhang, X. Q., Chalopin, C., Michel, S., and Powles, S. B. 2003. An isoleucine residue within the carboxyl-transferase domain of multidomain acetyl-coenzyme A carboxylase is a major determinant of sensitivity to aryloxyphenoxypropionate but not to cyclohexanedione inhibitors. Plant Physiol. 132: 1716–1723.

Elahifard, E., Rashed Mohassel, M. H., and Nassiri Mahallati, M. 2009 .The investigation of the resistance against diclofop–methyl herbicide in littleseed canarygrass (*Phalaris minor*). Pajouhesh & Sazandegi. 80: 9 – 18. (In Farsi with English summary).

Gherekhloo, J. 2008. Tracing resistant *Phalaris minor* populations and studying their resistance mechanisms to Aryloxyphenoxy propionate herbicides in Fars and Golestan wheat fields. PhD Tehsis, Ferdowsi University of Mashhad.

Gherekhloo, J., Rashed Mohassel, M. H., Nassiri Mahallati, M., Zand, E., Ghanbari, A., Osuna M. D., Ruiz-Santaella, J. P., Wagner, J., and De Prado, R. 2008. ACCase mutations confer ACCase resistance in two *Phalaris minor* populations from Iran. Proceeding of the 5th International Weed Science Congress. Vancouver, Canada.

Gherekhloo, J., Rashed Mohassel, M. H., Nassiri Mahallati, M., Zand, E., Ghanbari, A., and De Prado, R. 2009. Greenhouse assay to investigate resistance of littleseed canary grass (*Phalaris minor*) to aryloxyphenoxy propionate herbicides. Iranian J. Weed Sci. 6: 353-361. (In Farsi with English summary).

Gherekhloo, J., Rashed Mohassel, M. H., Nassiri Mahallati, M., Zand, E., Ghanbari, A., Osuna M. D., and De Prado, R. 2011. Confirmed resistance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in *Phalaris minor* populations in Iran. Weed Biol Manage. 11: 29-37.

Gronwald, J. W. 1994. Resistance to photosystem II inhibiting herbicides. Pages 27–60 in Powles S. B., and J. A. M., Holtum, eds. Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry. Boca Raton, FL: CRC Press.

Heap, I. M. 2012. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Available at:http://www.weedscience.org/summary/MOASummary.asp. Accessed: 14 March 2012.

Kyser, G. B., and Di Tomaso, J. M. 2006. Tests of an Imperial Valley, California, population of littleseed canarygrass (*Phalaris minor* Retz.) for resistance to grass herbicides. http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID55163. Accessed: 1 July 2006.

Liu, W. J., Harrison, D. K., Chalupska, D., Gornicki, P., O'Donnell, C. C., Adkins, S. W., Haselkorn, R., and Williams, R. R. 2007. Single-site mutations in the carboxytransferase domain of plastid acetyl-CoA carboxylase confer resistance to grass-specific herbicides. Proc Natl Acad Sci USA. 104: 3627–3632.

Mansooji, A. M., Holtum, J. A., Boutsalis, P., Matthew, J. M. S., and Powles, S. B. 1992. Resistance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in two wild oat species (*Avena fatua* and *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). Weed Sci. 40:599-605.

Matthews, J. M., Holtum, J. A. M., Liljegren, D. R., Furness, B., Powles, S. B. 1990. Cross-resistance to herbicides in annual ryegrass (*Lolium rigidum*). 1. Properties of the herbicide target enzymes acetyl-CoA carboxylase (ACC) and acetolactate synthase (ALS). Plant Physiol. 94: 1180–1186.

Nikolau, B. J., Ohlrogge, J. B., and Wurtele, E. S. 2003. Plant biotin-containing carboxylases. Arch Biochem Biophys. 414: 211–222.

Owen, M. J., and Powles, S. B. 2009. Distribution and frequency of herbicide-resistant wild oat (*Avena* spp.) across the Western Australian grain belt. Crop Past. Sci. 60: 25-31.

Pieterse, P. J., and Kellerman. J. L. 2002. Quantifying the incidence of herbicide resistance in South Africa. Resistant Pest Manage. Newsletter. 12:39–41.

Preston, C., Tardif, F. J., Christopher, J. T., and Powles, S. B. 1996. Multiple resistances to dissimilar herbicide chemistries in a biotype of *Lolium rigidum* due to enhanced activity of several herbicide degrading enzymes. Pestic Biochem Physiol. 54: 123–134.

Rastgoo, M., Rashed, M. H., Zand, E. and Nassiri, M. 2006. Resistance of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) to aryloxyphenoxy propionate herbicides in wheat fields of Khuzestan province: First screening test. Iranian J. Weed Sci. 2:96-104.

Ritz, C., and Streibig, J. C. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of statistical software. Vol. 12. Issue 5.

Seefeldt, T. S. S., Jensen, J. E., and Fuerst, P. E. 1995. Log-Logistic Analysis of Herbicide Dose-Response Relationships. Weed Technol. 9: 218-227.

Singh, S., Kirkwood, R. C., and Marshall, G. 1999. A review of the biology and control of *Phalaris minor* Retz. (Littleseed canarygrass) in cereals. Crop Protect.18: 1–16.

Smit, J. J., and Cairns, A. L. P. 2000. Resistance of little seeded canary grass (*Phalaris minor* Retz.) to ACCase inhibitors. South Africa J. Plant Soil. 17:124–127.

Tal, A., Kotoula-Syka, E., and Rubin, B. 2000. Seed-bioassay to detect grass weeds resistant to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibiting herbicides. Crop Protect. 19:487-492

Tal, A., Zarka, S., and Rubin, B. 1996. Fenoxaprop-P resistance in *Phalaris minor* conferred by an insensitive acetyl-coenzyme A carboxylase. Pestic Biochem Physiol. 56:134–140.

Uludag, A., Park, K. W., Cannon, J., and Mallory-Smith, C. A. 2008. Cross resistance of Acetyl-CoA Carboxylase (ACCase) inhibitor-resistant wild oat (*Avena fatua*) biotypes in the Pacific Northwest. Weed Technol. 22: 142-145.

Valverde, B. E. 2007. Status and management of grass-weed herbicide resistance in Latin America. Weed Technol. 21: 310-323.

Yu, Q., Cairn, A., and Powles, S. B. 2007. Glyphosate, paraquat and ACCase multiple herbicide resistance evolved in a Lolium rigidum biotype. Planta. 225: 499–513.

Zand, E., Baghestani, M. A., Bitarafan, M. and Shimi, P. 2007. A guidline for herbicide in Iran. Jihad-e- Daneshgahi Press. Mashhad.

Zhang, H., Tweel, B., and Tong, L. 2004. Molecular basis for the inhibition of the carboxytransferase domain of acetyl-coenzyme-A carboxylase by haloxyfop and diclofop. Proc Natl Acad Sci USA. 101: 5910–5915.