نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۹۹-۳۸۵

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 3, Fall 2020, P. 385-399

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی مقاومت بیوتیپ‌های یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در مزارع گندم شهرستان رامیان

مهتاب هروی[۱]- جاوید قرخلو[۲*]- آسیه سیاهمرگویی[۳]- حسین کاظمی[۴]- سعید حسن پور بورخیلی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی بروز مقاومت یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Dur.) به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase، آزمایش‌هایی در سال ۱۳۹۶ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت از مزارع گندم شهرستان جمع‌آوری گردید. یک بیوتیپ حساس نیز از مزارعی که هیچ‌گونه سابقه سمپاشی نداشتند جمع‌آوری شد. ابتدا بیوتیپ‌های مشکوک با غلظت تفکیک‌کننده به دست آمده، مورد غربال قرار گرفتند. سپس واکنش بیوتیپ‌های مقاوم و حساس این علف هرز در مقابل دزهای مختلف علف‌کش بررسی شد. نتایج این تحقیق، بروز مقاومت به علف‌کش‌های کلودینافوپ‌پروپارژیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل و دیکلوفوپ‌متیل در ۵۸ بیوتیپ را تأیید نمود. درجه مقاومت به علف‌کش‌های فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، دیکلوفوپ‌متیل و کلودینافوپ‌پروپاژیل به ترتیب بین ۴۸/۶۹ تا ۸۵۱/۳۳<، ۵۲/۵۷ تا ۷۵۲/۵۷< و ۳۱۰/۲۷ تا ۱۴۴۳/۹۰< بود. جهت بررسی بیشتر واکنش بیوتیپ‌های مقاوم، سه علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آر متیل‌استر، کلتودیم و پینوکسادن جهت آزمون پتری دیش انتخاب شدند. دو مورد از بیوتیپ‌های با شاخص مقاومتی بالا (ram1, ram18) و دو مورد از بیوتیپ‌های با کمترین شاخص مقاومتی (ram15, ram4) به عنوان نمونه مورد مطالعه قرار گرفتند. در تیمار هالوکسی‌فوپ-آر متیل‌استر، بیشترین و کمترین درجه مقاومت در بیوتیپ ram1 به میزان ۴۲۴/۳۵ و بیوتیپ ram 15 به میزان ۲۸۴/۵۰ به دست آمد. در دو علف‌کش دیگر درجه مقاومت تفاوت معنی‌داری با ۱ نداشت. نقشه پراکنش مزارع آلوده به علف‌های هرز مقاوم با استفاده ازسامانه اطلاعات جغرافیایی ترسیم و مشخص شد. برآورد بالای درجات مقاومت گویای مدیریت انفعالی در کنترل یولاف وحشی زمستانه می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند جهت اجرای برنامه‌های مدیریت علف‌های‌هرز مقاوم و ممانعت از توسعه آن‌ها به سایر مناطق به کار رود.

واژه‌های کلیدی: آزمایش غلظت-پاسخ، درجه مقاومت، مقاومت به علف‌کش، نقشه پراکنش

مقدمه

علف‌های هرز اغلب گونه‌های گیاهی وحشی هستند که تهدیدی جدی برای تولید پایدار محصولات کشاورزی به حساب می‌آیند (۲۳). در مزارع گندم و جو کشور متجاوز از ۴۰۰ گونه علف هرز متعلق به ۴۴ خانواده گیاهی وجوددارد که۷۴ درصد این گونه‌ها در ۶ خانواده گیاهی قراردارند (۲۲). یولاف وحشی به‌عنوان یکی از دردسرسازترین علف‌های هرز پاییزه در در مزارع کشاورزی غلات گزارش شده‌است (۱۱) که گونه غالب در ایران، یولاف‌وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Dur.) است.

در۴۰ سال گذشته، ۱۰۸ علف‌کش با جایگاه‌های عمل مختلف در ایران به ثبت رسیده است که ۲۸ مورد برای کنترل انتخابی علف‌های هرز گندم و جو می‌باشد (۵) عمومی‌ترین روش برای کنترل علف های‌هرز باریک‌برگ در مزارع گندم، استفاده از بازدارنده‌های آنزیم استیل‌کو آنزیم‌آکربوکسیلاز می‌باشد. سه گروه شناخته‌شده از این علف‌کش‌ها عبارتند از آریلوکسی فنوکسی پروپیونات (APP)، سیکلوهگزان دیون (CHD) و فنیل پیرازولین‌ها که علیرغم ساختمان متفاوت، مکانیسم عمل مشابهی داشته و هر دو مانع عمل ACCase کلروپلاستی می‌شوند (۹).

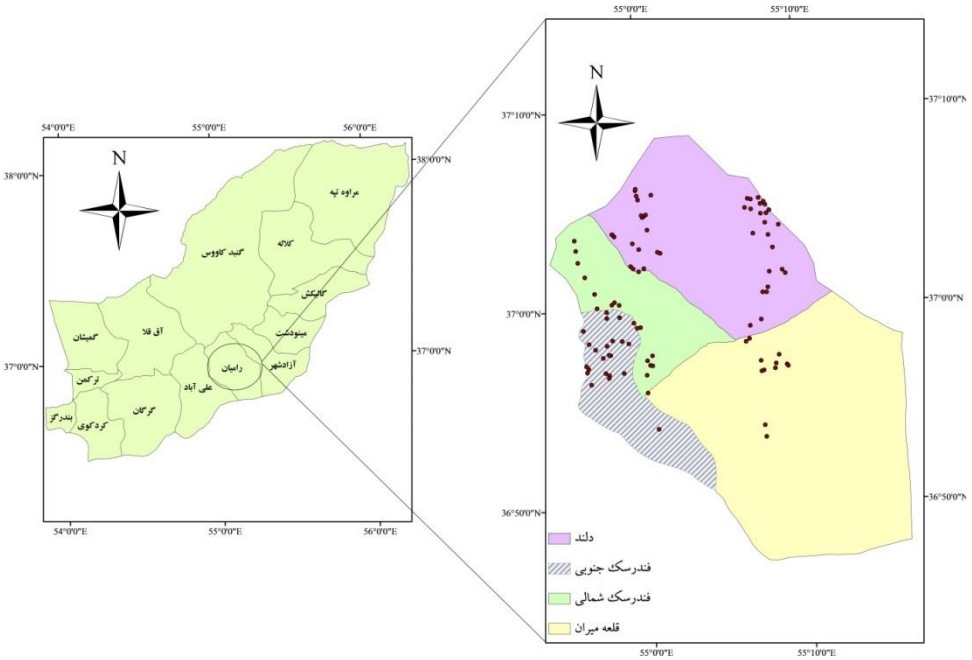
مقاومت به علف‌کش عبارت است از توانایی وراثتی یک بیوتیپ علف هرز در زنده ماندن، پس از کاربرد مقداری از علف‌کش که باعث از بین رفتن گونه‌های وحشی می‌شود (۱۴). اولین مورد مقاومت به علف‌کش در سال ۱۹۷۰ از یک نهالستان کاج در کشور آمریکا گزارش

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف های هرز، دانشیار، استادیار، دانشیار و دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email: gherekhloo@gau.ac.ir
DOI: 10.22067/jpp.v34i3.86187

شد که علف هرز زلف پیر (*Senecio vulgaris* L.) به علف‌کش آترازین مقاومت نشان داد (۶). پس از آن و با افزایش مصرف علف-کش‌ها، گزارش‌های مربوط به علف‌های‌هرز مقاوم بتدریج افزایش یافت. در حال حاضر ۵۱۲ مورد مقاومت علف هرز به علف‌کش در دنیا گزارش شده است که شامل ۲۶۲ گونه (۱۵۲ گونه دولپه و ۱۱۰ گونه تک‌لپه) می‌باشد. این بیوتیپ‌های علف‌های هرز نسبت به ۱۶۷ علف‌کش ۲۳ گروه از ۲۶ گروه علف‌کش موجود، مقاوم شده و حضور آن‌ها در ۹۲ گیاه زراعی و در ۷۰ کشور گزارش شده است. در ایران نیز ۱۶ مورد از مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها گزارش شده است (۶). وجود تنوع ژنتیکی در جوامع علف هرز، به همراه فشار انتخاب شدید علف‌کش‌ها، اصلی‌ترین عوامل تکامل مقاومت به علف-کش‌ها هستند (۲۲).

همان‌طور که در فوق ذکر شد، یولاف وحشی زمستانه یکی از علف‌های هرز مهم غلات به شمار می‌رود که در صورت عدم کنترل خسارت جدی به عملکرد محصول وارد می‌آورد. کشاورزان استان گلستان معمولا جهت مبارزه با این علف هرز در گندم از علف‌کش های بازدارنده ACCase نظیر کلودینافوپ‌پروپارژیل، دیکلوفوپ‌متیل و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل استفاده می‌نمایند. هرچند، کاربرد متوالی این علف‌کش‌ها منجر به بروز مقاومت در یولاف وحشی زمستانه در مزارع گندم استان گلستان شده است (۶).

اولین گزارش از بروز مقاومت علف هرز یولاف وحشی زمستانه نسبت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase مربوط به سال۱۹۹۸ از فرانسه می‌باشد و نخستین گزارش از ایران مربوط به سال ۲۰۰۶ می باشد (۶). در سال ۲۰۱۰ نیز گزارشی مربوط به مقاومت چندگانه علف هرز یولاف وحشی زمستانه از ایران به ثبت رسیده است (۶). از سال ۱۳۹۲ تحقیقاتی در زمینه مقاومت علف‌های هرز مزارع گندم در شهرستان‌های استان گلستان به همراه نقشه پراکنش بیوتیپ‌های مقاوم انجام شد که بیانگر گسترش مقاومت علف‌های‌هرز به علف کش‌ها می‌باشد. از نقشه های پراکنش علف‌های هرز می‌توان در مدیریت متناسب با مکان برای اعمال صحیح عملیات مختلف کنترل، کاهش مصرف و افزایش کارایی علف‌کش‌ها استفاده کرد (۸). تحقیق پیشرو با هدف شناسایی بیوتیپ‌های مقاوم علف‌های‌هرز یولاف وحشی زمستانه به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase و تهیه نقشه های پراکنش بیوتیپ‌های مقاوم در مزارع گندم شهرستان رامیان انجام شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان رامیان در استان گلستان و نقشه پراکنش مزارع گندم مورد بررسی در این شهرستان

Figure 1- Geographical position of Ramiyan in Golestan Province and distribution map of surveyed wheat fields in this Township

جدول ۱- برخی مشخصات سموم علف‌کش مورد آزمایش در مطالعه

Table 1- Common properties of the herbicides applied in the experiment

نام عمومی Common name	نام تجاری Trade name	خانواده شیمیایی Chemical family	فرمولاسیون Formulation	دز توصیه شده (گرم ماده مؤثر در هکتار) Recommended dose (g ai.ha^{-1})
کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop propargyl	تاپیک Topik	آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات (فوپ) Aryloxyphenoxypropianate (Fop)	EC (8%)*	0.8-1
دیکلوفوپ متیل Diclofop methyl	ایلوکسان Iloxan	آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات(فوپ) Aryloxyphenoxypropianate (Fop)	EC (36 %)	2.5
فنوکساپروپ‌پی‌اتیل Fenoxaprop-P ethyl	پوماسوپر Puma super	آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات (فوپ) Aryloxyphenoxypropianate (Fop)	EC (7.5 %)	0.8-1
پینوکسادن Pinoxaden	آکسیال Axial	فنیل پیرازولین (دن) Phenyl pirazoline (Den)	EC (4.5%)	1.5
کلتودیم Clethodim	سلکت سوپر Select super	سیکلو هگزاندیون(دیم) Cyclohexanedione (Dim)	EC (12%)	0.8-1
هالوکسی‌فوپ- آر متیل‌استر Haloxyfop-R methyl ester	گالانت سوپر Gallant super	آریلوکسی‌فنوکسی‌پروپیونات(فوپ) Aryloxyphenoxypropianate (Fop)	EC (10.8%)	0.75

* مایع امولسیون شونده

* Emulsifiable concentrate

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی سالهای ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه و آزمایشگاه پژوهش علف‌های هرز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. مواد گیاهی این پژوهش شامل بذر ۸۰ توده یولاف وحشی وحشی زمستانه مشکوک به مقاومت بود که از سطح ۱۰۰مزرعه گندم شهرستان رامیان جمع‌آوری شد. موقعیت جغرافیایی شهرستان رامیان و مزارع مورد نمونه برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین یک بیوتیپ به عنوان بیوتیپ حساس ازمناطقی در شهرستان رامیان که هیچ‌گونه سابقه سمپاشی نداشتند (مناطق غیرزراعی نظیر حاشیه جاده‌ها و دامنه تپه‌ها)، جمع‌آوری شد. پس از نمونه‌برداری، بذور جمع‌آوری شده، در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و تا زمان شروع آزمایش در دمای اتاق نگهداری شدند.

در این پژوهش از سه علف‌کش بازدارنده استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز (ACCase) شامل کلودینافوپ پروپارژیل، دیکلوفوپ متیل و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل، که از باریک‌برگ‌کش‌های رایج در مزارع گندم کشور می‌باشند، برای بررسی بروز مقاومت در بیوتیپ‌های یولاف وحشی زمستانه استفاده شد. از سه علف‌کش پینوکسادن، کلتودیم و هالوکسی‌فوپ-آر متیل‌استر جهت بررسی امکان استفاده به عنوان علف‌کش‌های جایگزین در بیوتیپ‌های مقاوم استفاده گردید. برخی مشخصات سموم علف‌کش مورد آزمایش در مطالعه در جدول ۱ خلاصه شده است.

ابتدا بذور یولاف وحشی زمستانه با دست پوست‌کنی شدند. برای این کار درون‌پوشینه و برون‌پوشینه از بذور جدا شدند. برای تحریک جوانه‌زنی، بذور به پتری‌دیش‌های ۹ سانتی‌متری حاوی یک لایه کاغذ صافی منتقل شده و پس از مرطوب شدن با ۲/۵ میلی‌متر آب مقطر به مدت ۳ روز در دمای ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی (داخل یخچال معمولی) قرار گرفتند (۲۰). بعد از تیمار پیش‌سرما، پتری‌دیش‌های حاوی بذر جهت جوانه‌زنی در دمای اتاق نگهداری شدند.

برای مطالعه مقاومت بیوتیپ‌های علف‌های‌هرز باریک‌برگ نسبت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase از روش زیست‌سنجی در پتری دیش استفاده شد. زیست‌سنجی بذر در پتری‌دیش شامل سه مرحله تعیین غلظت تفکیک‌کننده، غربال بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت با استفاده از غلظت تفکیک‌کننده و آزمایش غلظت-پاسخ در بیوتیپ‌های مقاوم بود. به‌منظور تعیین غلظت تفکیک‌کننده برای علف‌هرز یولاف وحشی وحشی غلظت‌هایی طبق جدول ۲ برای هر علف‌کش در نظر گرفته شد. غلظت‌ها بر اساس آزمایش‌های اولیه و آزمون و خطا انتخاب شدند.

جدول ۲- غلظت‌های مورد استفاده از علف‌کش‌های اعمال شده بر بیوتیپ حساس یولاف وحشی وحشی

Table 2- Concentrations of the herbicides applied on the susceptible winter wild oat biotype

علف‌کش Herbicide	غلظت (mg a.i.L^{-1}) Concentration (mg a.i.L^{-1})									
کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop propargyl	0	0.005	0.02	0.08	0.32	1.28	5.12	10.24	-	-
دیکلوفوپ متیل Diclofop methyl	0	0.1	0.5	1	2	4	8	16	-	-
فنوکساپروپ‌پی‌اتیل Fenoxaprop-P ethyl	0	0.25	0.5	1	2	4	8	-	-	-
پینوکسادن Pinoxaden	0	0.01	0.08	0.16	0.32	0.64	1.28	-	-	-
کلتودیم Clethodim	0	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.08	-	-	-
هالوکسی‌فوپ-آر متیل‌استر Haloxyfop-R methyl ester	0	0.0001	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.08	0.16	0.32

برای انجام آزمون، ده بذر پیش‌جوانه‌دار از بیوتیپ حساس علف‌هرز روی یک لایه کاغذ صافی در پتری‌دیش‌های ۹ سانتی‌متری قرار گرفت و سپس کاغذهای صافی با ۲/۵ میلی‌لیتر محلول از هر غلظت علف‌کش مرطوب شدند. برای هر غلظت، سه پتری‌دیش به منزله سه تکرار در نظر گرفته شد. همچنین از آب‌مقطر به عنوان محلول شاهد استفاده شد. پتری‌دیش‌ها در دمای اتاق قرار داده شدند. بعد از گذشت ۷ روز طول ساقه‌چه اندازه‌گیری شد.

غلظت تفکیک‌کننده بر روی تمامی توده‌های جمع‌آوری شده اعمال شد و مشابه با آزمون اعمال غلظت تفکیک‌کننده، طول ساقه‌چه بعد از ۷ روز اندازه‌گیری شد. بعد از قرارگیری در معرض غلظت تفکیک‌کننده، توده‌هایی که اختلاف معنی‌داری از نظر متوسط طول ساقه‌چه با بیوتیپ حساس داشتند جهت تعیین درجه مقاومت در مرحله بعدی مورد آزمایش قرار گرفتند.

پس از آزمون غربال، بیوتیپ‌های مقاوم و حساس در معرض چندین غلظت مختلف از هر علف‌کش که بر اساس غلظت تفکیک کننده انتخاب شده بود، قرار گرفتند تا درجه مقاومت آنها تعیین شود. بر این اساس غلظت‌های مورد استفاده از هر علف‌کش برای بیوتیپ-های مقاوم علف‌هرز در جدول ۳، خلاصه شده است. غلظت‌ها برای بیوتیپ‌های حساس، مشابه غلظت‌های استفاده شده برای تعیین غلظت تفکیک‌کننده بودند (جدول ۲). در جدول ۳ غلظت‌های مورد استفاده علف‌کش‌های مختلف برای بیوتیپ‌های مقاوم یولاف وحشی ذکر شده است.

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در مرحله غربال اجرا شد که در آن هر پتری (در آزمون سریع) یا هر گلدان (آزمایش گلخانه‌ای) به منزله یک تکرار بود. مقایسه میانگین ها با استفاده از روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS v.9 انجام شد.

برای تجزیه آماری منحنی واکنش به غلظت علف‌کش از آنالیز رگرسیون و مدل لگ لجستیک چهار پارامتره (۱۸) استفاده شد (تابع ۱). که پارامترهای ارائه شده در این تابع عبارتست از: b، شیب منحنی درنقطه e؛ d، حد بالای منحنی پاسخ؛ c، حد پایین منحنی پاسخ و e، غلظت بیان‌کننده GR_{50}. در مواردی که c=0 باشد، این پارامتر از تابع ۱ حذف و در حالت جدید، تابع سه پارامتره (تابع ۲) به داده‌های مربوطه برازش داده می‌شود تا برآورد دقیق‌تری از سایر پارامترها به‌دست آید (۱۷).

تابع (۱)

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

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 بیوتیپ حساس مورد بررسی قرار می‌گیرد. درجه و یا فاکتور مقاومت یعنی نسبت GR_{50} بیوتیپ مقاوم به GR_{50} بیوتیپ حساس شاخصی است که برای بررسی و مقایسه میزان مقاومت به علف‌کش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای تهیه نقشه پراکنش بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش مورد نظر ابتدا مختصات جغرافیایی محل مورد نظر با استفاده دستگاه GPS map6 ثبت گردید. داده‌های ثبت شده به فرم قابل اجرا در نرم‌افزار GIS توسط نرم‌افزار mapsource تبدیل شدند. جهت اطمینان از صحت محدوده نمونه‌برداری، مختصات نقاط ثبت شده با نقشه های Google earth تطبیق داده شد. پس از ایجاد پایگاه داده‌ها در محیط ArcMap10.3، تهیه نقشه‌های پراکنش بر اساس سیستم مختصات UTM صورت پذیرفت.

جدول ۳- غلظت‌های مورد استفاده از علف‌کش‌های اعمال شده بر بیوتیپ‌های مقاوم یولاف وحشی وحشی

Table 3– Concentrations of the herbicides applied on the resistant winter wild oat biotypes

علف‌کش Herbicide	غلظت (mg a.i.L^{-1}) Concentration (mg a.i.L^{-1})							
کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop propargyl	0	0.64	2.56	10.24	20.48	40.96	81.92	-
دیکلوفوپ متیل Diclofop methyl	0	20	40	80	160	320	640	-
فنوکساپروپ پی‌اتیل Fenoxaprop-P ethyl	0	1.6	3.2	6.4	12.8	25.6	51.2	102.4
پینوکسادن Pinoxaden	0	0.08	0.32	1.28	12.5	10.24	20.48	-
کلتودیم Clethodim	0	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.08	-
هالوکسی‌فوپ-آر متیل‌استر Haloxyfop-R methyl ester	0	5.12	10.24	20.48	40.96	81.92	163.84	512

جدول ۵- غلظت تفکیک‌کننده کلودینافوپ‌پروپارژیل، دیکلوفوپ‌متیل و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل برای بیوتیپ‌های حساس یولاف وحشی وحشی زمستانه

Table 5- Discriminating concentration of clodinafop propargyl, diclofop methyl and fenoxaprop-P ethyl for the susceptible winter wild oat biotype

علف‌کش Herbicide	حد پایین (c) Lower limit (c)	حد بالا (d) Upper limit (d)	شیب منحنی (b) Slope (b)	EC_{50} mg a.i.L^{-1}	EC_{80} mg a.i.L^{-1}
کلودینافوپ پروپاژیل Clodinafop propargyl	-	99.14(5.04)	0.81(0.12)	0.01(0.00)**	0.05 (0.01) **
فنوکساپروپ پی اتیل Fenoxaprop-P ethyl	-	98.85(5.86)	0.66(0.66)	0.13(0.05) **	1.7 (0.48) **
دیکلوفوپ متیل Diclofop methyl	-	99.41 (5.84)	1.06 (0.18)	0.3 (0.05) **	1.08 (0.18) **

** معنی داری در سطح احتمال $p\leq0.01$

** Significant at $p\leq0.01$

اعداد داخل پرانتز نماینگر خطای معیار می‌باشد.

The values in the parentheses denote standard error.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تحقیق حاضربرای غربال تودههای مشکوک به مقاومت علف هرز یولاف وحشی‌وحشی زمستانه بر مبنای EC_{80} ازعلف‌کش‌های کلودینافوپ‌پروپارژیل، دیکلوفوپ‌متیل و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل به ترتیب به میزان ۰/۰۵، ۱/۰۸ و ۱/۷ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر استفاده شد (جدول ۵). از ۱۰۰ مزرعه نمونه‌برداری شده، ۸۰ مزرعه آلوده به علف هرز یولاف وحشی وحشی زمستانه بوده‌که نتایج آزمون غربال اولیه نشان داد با فراوانی ۷۲/۵ درصد، ۵۸ بیوتیپ قادر به حفظ بیش از ۸۰ درصد رشد گیاهچه در حضور غلظت تفکیک‌کننده علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل و دیکلوفوپ‌متیل می‌باشند[1](جدول ۶).

علف‌کش فنوکساپروپ پی اتیل

جهت کنترل ۵۰ درصدی بیوتیپ‌های حساس طبق نتایج نیاز به ۰/۱۳ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر از علف‌کش فنوکساپروپ پی اتیل می‌باشد (جدول ۷). برای۵۰ درصد کاهش طول گیاهچه بیوتیپ‌های مقاوم یولاف وحشی وحشی زمستانه نسبت به شاهد، غلظت‌های مختلفی از علف‌کش فنوکساپروپ پی اتیل لازم بود. به‌طوری که مقادیر EC_{50} برای بیوتیپ‌های مقاوم یولاف وحشی وحشی زمستانه از ۶/۴۳ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر با شاخص درجه مقاومت ۴۸/۶۹ تا بیش ۱۰۲/۴ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر با شاخص درجه مقاومت ۸۵۱/۳۳ متفاوت می‌باشد (جدول ۷). بیوتیپ‌هایی که EC_{50} آنها بزرگتر از ۱۰۲/۴میلی‌گرم ماده موثره بر لیتر می‌باشد، بیوتیپ‌هایی هستند که توانسته‌اند در بالاترین غلظت اعمال شده طول گیاهچه خود را حفظ کنند و ۸۵۱/۳۳ شاخص مقاومت به دست آمده برای بیوتیپ ram 20 است، این بیوتیپ بالاترین شاخص مقاومتی را در بین بیوتیپ‌هایی دارد که با غلظت‌های اعمال شده حداقل طول گیاهچه را داشته‌اند.

۱- به دلیل زیاد بودن تعداد اشکال و جداول، از ارائه اشکال خودداری شد.

جدول ٦- نتایج حاصل از غربال بیوتیپ‌های مشکوک به مقاومت یولاف وحشی وحشی با غلظت تفکیک‌کننده علف‌کش‌های فنوکساپروپ پی اتیل، دیکلوفوپ متیل و کلودینافوپ پروپارژیل (نتایج بر اساس طول گیاهچه برحسب درصد از شاهد محاسبه شده است)

Table 6- Results obtained from the screening of putatively resistant winter wild oat biotypes with the discriminating concentrations of fenoxaprop-P ethyl, diclofop methyl and clodinafop propargyl (The results are calculated as percent of control)

علف‌کش Herbicide			بیوتیپ Biotype	علف‌کش Herbicide			بیوتیپ Biotype
کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop propargyl	دیکلوفوپ متیل Diclofop methyl	فنوکساپروپ پی اتیل Fenoxaprop-P ethyl		کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop propargyl	دیکلوفوپ متیل Diclofop methyl	فنوکساپروپ پی اتیل Fenoxaprop-P ethyl	
12.76(S)	8.83(S)	12.05(S)	ram41	85.55(R)	84.05((R)	90.54(R)	ram1
91.03(R)	90.54(R)	91.87(R)	ram42	91.55(R)	91.43(R)	87.44(R)	ram2
87.06(R)	84.33(R)	84.67(R)	ram43	86.04(R)	91.05(R)	85.03(R)	ram3
85.12(R)	91.43(R)	90.54(R)	ram44	90.33(R)	83.34(R)	87.70(R)	ram4
85.17(R)	84.54(R)	87.33(R)	ram45	88.87(R)	91.54(R)	88.65(R)	ram5
89.22(R)	90.45(R)	90.43(R)	ram46	86.90(R)	88.06(R)	86.76(R)	ram6
91.43(R)	86.06(R)	87.56(R)	ram47	90.00(R)	85.07(R)	91.87(R)	ram7
91.67(R)	88.30(R)	86.77(R)	ram48	12.06(S)	9.78(S)	10.09(S)	ram8
90.54(R)	91.55(R)	88.87(R)	ram49	90.54(R)	91.43(R)	90.01(R)	ram9
90.43(R)	91.89(R)	88.90(R)	ram50	12.67(S)	10.13(S)	15.43(S)	ram10
90.39(R)	85.90(R)	83.09(R)	ram51	91.98(R)	86.07(R)	87.43(R)	ram 11
91.65(R)	83.08(R)	86.12(R)	ram52	85.09(R)	87.09(R)	84.07(R)	ram12
91.73(R)	83.08(R)	85.10(R)	ram53	83.32(R)	91.32(R)	86.09(R)	ram 13
13.23(S)	11.05(S)	17.54(S)	ram54	90.65(R)	91.05(R)	83.43(R)	ram 14
16.23(S)	10.22(S)	9.87(S)	ram55	87.07(R)	90.07(R)	90.55(R)	ram15
14.44(S)	12.04(S)	11.09(S)	ram56	9.08(S)	16.32(S)	14.67(S)	ram16
86.32(R)	88.56(R)	88.06(R)	ram57	88.54(R)	90.12(R)	90.06(R)	ram17
91.07(R)	90.02(R)	84.03(R)	ram58	84.43(R)	91.04(R)	85.08(R)	ram 18
7.11(S)	11.22(S)	14.54(S)	ram59	90.23(R)	89.44(R)	89.81(R)	ram 19
86.06(S)	84.02(S)	83.56(S)	ram60	86.22(R)	87.54(R)	87.90(R)	ram 20
13.66(S)	12.04(S)	9.75(S)	ram61	86.78(R)	87.06(R)	88.50(R)	ram 21
88.87(R)	85.34(R)	13.43(s)	ram62	89.98(R)	86.56(R)	90.05(R)	ram 22
91.08(R)	88.45(R)	83.35(R)	ram63	89.11(R)	90.78(R)	85.08(R)	ram 23
83.05(R)	88.78(R)	91.56(R)	ram64	86.12(R)	89.90(R)	90.40(R)	ram24
7.57(S)	16.09(S)	12.09(S)	ram65	87.43(R)	86.08(R)	85.54(R)	ram25
86.90(R)	88.76(R)	85.50(R)	ram66	12.89(S)	14.55(S)	8.90(S)	ram26
9.01(S)	10.77(S)	12.98(S)	ram67	7.05(S)	13.78(S)	11.08(S)	ram27
84.45(R)	88.08(R)	83.07(R)	ram68	90.04(R)	83.98(R)	90.04(R)	ram28
13.23(S)	16.00(S)	11.11(S)	ram69	91.23(R)	88.45(R)	86.89(R)	ram29
10.44(S)	12.00(S)	9.45(S)	ram70	89.12(R)	86.65(R)	83.09(R)	ram30
87.65(R)	86.00(R)	91.67(R)	ram71	83.16(R)	85.87(R)	83.65(R)	ram 31
9.07(S)	13.00(S)	16.09(S)	ram72	90.45(R)	87.56(R)	83.77(R)	ram 32
86.06(R)	88.00(R)	88.65(R)	ram73	14.32(R)	11.08(R)	15.89(R)	ram33
11.11(S)	6.00(S)	10.05(S)	ram74	90.12(R)	90.76(R)	83.90(R)	ram34
85.43(R)	83.00(R)	85.10(R)	ram75	90.11(R)	91.63(R)	86.76(R)	ram35
6.33(S)	7.00(S)	5.23(S)	ram76	91.11(R)	88.45(R)	91.66(R)	ram36
85.06(R)	85.00(R)	91.23(R)	ram77	85.32(R)	83.09(R)	89.08(R)	ram37
12.07(S)	12.00(S)	14.04(S)	ram78	7.34(S)	9.06(S)	13.31(S)	ram38
88.60(R)	85.00(R)	90.45(R)	ram79	87.43(R)	85.06(R)	84.65(R)	ram39
87.11(R)	86.00(R)	87.45(R)	ram80	11.45(S)	14.67(S)	10.98(S)	ram40
13.50	10.80	12.11	LSD	13.50	10.80	12.11	LSD

(R) Resistant (R) مقاوم

(S) Susceptible (S) حساس

جدول ۷- پارامترهای برآورد شده از برازش تابع لگ- لجستیک به طول گیاهچه بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی وحشی در پاسخ به علف‌کش فنوکساپروپ پی اتیل (نتایج بر اساس طول گیاهچه برحسب درصد از شاهد محاسبه شده‌است).

Table 7- Parameters estimated from the fitting of log-logistic function to coleoptile length of susceptible and resistant biotypes of winter wild oat in response to of fenoxaprop-P ethyl herbicide (The results are calculated as percent of control).

درجه مقاومت Resistance factor	GR_{50} (mg a.i.L^{-1})	کد بیوتیپ Biotype code	درجه مقاومت Resistance factor	GR_{50} (mg a.i.L^{-1})	کد بیوتیپ Biotype code
133.85(55.29)**	>102.4**	ram37	-	0.13(0.05)**	(S) حساس
63.28(30.41)**	30.36(7.02)**	ram38	491.39(249.07)**	64.88(21.47)**	ram1
360.89(176.2)**	57.82(15.03)**	ram39	331.54(162.13)**	43.78(13.46)**	ram2
309.04(112.74)**	40.80(4.90)**	ram40	48.69(24.05)**	6.43(2.03)**	ram3
>851.33**	>102.4**	ram43	131.26(60.57)**	17.33(4.53)**	ram4
147.26(68.62)**	7.65(1.70)**	ram44	>851.33**	>102.4**	ram5
>851.33**	>102.4**	ram45	367.46(173.39)**	>102.4**	ram6
62.25(26.78)**	8.22(1.43)**	ram46	355.62(141.72)**	48.52(13.55)*	ram7
57.96(26.20)**	19.44(4.85)**	ram47	256.43(113.12)**	46.95(5.59)**	ram9
457.40(193.98)**	60.39(13.42)**	ram48	515.04(210.35)**	33.86(8.52)**	ram11
85.86(32.61)**	11.34(1.33)**	ram49	>851.33**	68.00(12.81)**	ram12
74.695(31.12)**	11.14(1.27)**	ram50	>851.33**	>102.4**	ram13
762.33(398.01)**	100.65(37.94)**	ram51	68.25(28.08)**	>102.4**	ram14
333.21(156.79)**	44.00(10.32)**	ram52	168.57(77.19)**	9.01(1.41)**	ram15
127.69(52.47)**	16.86(3.30)**	ram53	>851.33**	22.26(5.68)**	ram17
649.09(382.90)**	85.70(36.52)**	ram54	97.17(36.50)**	>102.4**	ram18
>851.33**	>102.4**	ram57	84.33(31.87)**	12.83(1.27)**	ram19
229.93(106.01)**	30.36(7.53)**	ram58	851.33(420.08)**	11.14(1.18)**	ram20
94.56(42.84)**	12.48(2.91)**	ram60	304.71(118.76)**	>102.4**	ram21
136.78(60.68)**	18.06(4.65)**	ram62	127.8(52.62)**	40.23(7.33)**	ram22
134.57(55.49)**	17.77(3.53)**	ram63	288.29(116.96)**	16.86(3.31)**	ram23
>851.33**	>102.4**	ram64	811.28(342.07)**	38.06(8.16)**	ram24
72.75(33.75)**	9.61(2.12)**	ram66	229.93(98.82)**	38.06(8.16)**	ram25
378.19(186.66)**	49.93(13.88)**	ram68	80.46(31.08)**	10.62(1.83)**	ram29
64.941(29.64)**	8.57(1.75)**	ram71	133.85(55.29)**	>102.4**	ram30
752.33(298.01)**	100.69(36.07)**	ram73	63.28(30.41)**	30.36(7.02)**	ram31
170.79(89.49)**	73.58(25.77)**	ram75	360.89(176.2)**	57.82(15.03)**	ram32
159.44(75.23)**	21.89(4.42)**	ram77	309.04(112.74)**	40.80(4.90)**	ram33
170.79(89.49)**	22.55(7.42)**	ram79	>851.33**	>102.4**	ram35
159.44(75.23)**	51.92(13.24)**	ram80	147.26(68.62)**	7.65(1.70)**	ram36

** معنی‌داری در سطح احتمال $p\leq0.01$

** Significant at $p\leq0.01$

اعداد داخل پرانتز نماینگر خطای معیار می‌باشد.

The values in the parentheses denote standard error.

علف‌کش دیکلوفوپ متیل

نتایج آزمون غلظت–پاسخ حاکی از بروز مقاومت به علف‌کش دیکلوفوپ متیل دربیوتیپ‌های یولاف وحشی‌وحشی زمستانه جمع‌آوری شده از مزارع گندم شهرستان رامیان بود. EC_{50} به دست آمده برای بیوتیپ حساس، ۰/۳میلی‌گرم ماده موثره از علف‌کش دیکلوفوپ متیل می‌باشد مقادیرEC_{50} برآورد شده برای بیوتیپ‌های مقاوم یولاف وحشی زمستانه بین ۲/۸۲ تا بیشتر از ۸۱/۹۲ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر متفاوت بود. از میان بیوتیپ های جمع‌آوری شده از شهرستان رامیان، ۵۸ بیوتیپ یولاف وحشی وحشی زمستانه به این علف‌کش مقاومت نشان دادند. بر اساس برازش تابع لگ لجستیک به داده‌های طول گیاهچه بیوتیپ های یولاف وحشی زمستانه در برابر غلظت‌های مختلف علف‌کش، مقادیر EC_{50} متفاوتی برای بیوتیپ‌های مقاوم به دست آمد. این مقادیر از ۴۳/۲۲ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر با شاخص مقاومت ۵۲/۵۷ تا بیش از ۶۴۰ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر با شاخص مقاومت ۷۵۲/۵۷ متفاوت بود (جدول ۸). بیوتیپ‌هایی که EC_{50} آنها بزرگتر از ۶۴۰ میلی‌گرم ماده موثره می‌باشد، بیوتیپ هایی هستند که توانسته‌اند در بالاترین غلظت اعمال شده طول گیاهچه خود را حفظ کنند و ۷۵۲/۵۷ شاخص مقاومت به دست آمده برای بیوتیپ ram 60 می‌باشد، این بیوتیپ بالاترین شاخص مقاومتی را در بین بیوتیپ‌هایی دارد که با غلظت‌های اعمال شده حداقلی از طول گیاهچه را حفظ کرده‌اند.

جدول ۸- پارامترهای برآورد شده از برازش تابع لگ-لجستیک به طول گیاهچه بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی وحشی در پاسخ به علف‌کش دیکلوفوپ متیل (نتایج بر اساس طول گیاهچه برحسب درصد از شاهد محاسبه شده‌است).

Table 8- Parameters estimated from the fitting of log-logistic function to coleoptile length of susceptible and resistant biotypes of winter wild oat in response to diclofop methyl herbicide (The results are calculated as percent of control).

کد بیوتیپ Biotype code	GR_{50} (mg a.i.L^{-1})	درجه مقاومت Resistance factor	کد بیوتیپ Biotype code	GR_{50} (mg a.i.L^{-1})	درجه مقاومت Resistance factor
حساس (S)	0.3 (0.05)	-	ram37	403.66(117.28)**	>752.57**
ram1	>640**	>752.57**	ram38	>640**	>752.57**
ram2	>640**	>752.57**	ram40	442.73(157.77)**	>752.57**
ram3	52.021(10.97)**	174.26(51.29)**	ram43	43.23(6.72)**	144.79(91.33)**
ram4	176.88(44.49)**	592.53(181.35)	ram44	499.43(10.00)**	>752.57**
ram5	>640**	>752.57**	ram45	>640**	>752.57**
ram6	>640**	>752.57**	ram46	77.16(11.08)**	258.49(68.17)**
ram7	442.73(175.38)**	>752.57**	ram47	>640**	>752.57**
ram9	194.93(30.68)**	652.99(168.95)**	ram48	134.50(21.99)**	450.61(123.94)**
ram11	372.09(55.78)**	>752.57**	ram49	374.33(136.13)**	>752.57**
ram12	>640**	>752.57**	ram50	158.1(9.60)**	529.60(146.52)**
ram13	>640**	>752.57**	ram51	218.32(9.60)**	731.33(200.00)**
ram14	>640**	>752.57**	ram52	264.14(10.00)**	>752.57**
ram15	69.92(6.64)**	234.20(52.99)**	ram53	>640**	>752.57**
ram17	317.53(111.86)**	>752.57**	ram54	>640**	>752.57**
ram18	>640**	>752.57**	ram57	92.72(9.50)**	310.59(65.89)**
ram19	323.74(56.81)**	>752.57**	ram58	>640**	>752.57**
ram20	143.78(23.14)**	481.62(125.66)**	ram60	224.65(31.56)**	752.57(174.52)**
ram21	>640**	>752.57**	ram62	85.37(13.03)**	286.00(68.47)**
ram22	>640*	>752.57**	ram63	109.15(22.78)**	365.63(118.68)**
ram23	186.00(45.36)**	623.06(186.8)	ram64	106.35(14.34)**	356.25(81.40)**
ram24	387.98(77.09)**	>752.57**	ram66	>640**	>752.57**
ram25	349.00(44.62)**	>752.57**	ram68	463.81(78.70)**	>752.57**
ram29	400.95(79.34)**	>752.57**	ram71	561.53(146.73)**	>752.57**
ram30	109.15(15.98)**	365.62(83.26)**	ram73	>640**	>752.57**
ram31	105.92(13.03)**	354.81(75.736)**	ram75	278.68(49.90)**	>752.57**
ram32	82.04(15.86)**	274.83(72.71)**	ram77	165.23(49.88)**	553.50(476.06)**
ram33	159.66(31.42)**	534.88(158.35)**	ram79	142.11(31.51)**	365.63(118.68)**
ram35	52.43(8.80)**	175.62(62.42)**	ram80	451.35(193.85)**	>752.57**
ram36	193.11(72.13)**	646.95(280.83)**			

** معنی‌داری در سطح احتمال $p\leq0.01$

** Significant at $p\leq0.01$

اعداد داخل پرانتز نماینگر خطای معیار می‌باشد.

The values in the parentheses denote standard error.

علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل

واکنش طول گیاهچه بیوتیپ‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی وحشی زمستانه به غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل با استفاده از برازش مدل لگ- لجستیک بررسی شد. نتایج آزمایش غلظت- پاسخ حاکی از بروز مقاومت به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در بیوتیپ‌های مورد آزمون بود. با این حال پاسخ بیوتیپ‌ها به غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل و در نتیجه میزان مقاومت آن‌ها به این علف‌کش متفاوت بود. برای کنترل ۵۰ درصدی بیوتیپ حساس یولاف وحشی وحشی زمستانه ۰/۰۱ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر از علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل لازم بود.

مقادیر EC50 برآورد شده برای بیوتیپ‌های مقاوم یولاف وحشی زمستانه بین ۲/۸۲ تا بیشتر از ۸۱/۹۲ میلی‌گرم ماده موثره در لیتر متفاوت بود. بر این اساس، شاخص درجه مقاومت متفاوتی برای بیوتیپ‌های مورد آزمون به دست آمد. شاخص‌های به دست آمده از مقدار ۳۱۰/۲۷ تا بیش از ۱۴۴۳/۹۰ متغیر بوده است (جدول ۹). بیوتیپ‌هایی که EC50 آنها بزرگتر از ۸۱/۹۲ میلی‌گرم ماده موثره می‌باشد، بیوتیپ‌هایی هستند که توانسته‌اند در بالاترین غلظت اعمال شده طول گیاهچه خود را حفظ کنند و۱۴۴۳/۹۰ شاخص مقاومت به دست آمده برای بیوتیپ ram 63 می‌باشد، این بیوتیپ بالاترین شاخص مقاومتی را در بین بیوتیپ‌هایی دارد که با غلظت‌های اعمال شده حداقل طول گیاهچه را داشته‌اند.

جدول ۹- پارامترهای برآورد شده از برازش تابع لگ-لجستیک به طول گیاهچه بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی وحشی در پاسخ به علف‌کش کلودینافوپ پروپاژیل (نتایج بر اساس طول گیاهچه برحسب درصد از شاهد محاسبه شده‌است).

Table 9- Parameters estimated from the fitting of log-logistic function to coleoptile length of susceptible and resistant biotypes of winter wild oat in response to of clodinafop propargyl herbicide (The results are calculated as percent of control).

درجه مقاومت Resistance factor	GR_{50} (mg a.i.L^{-1})	کد بیوتیپ Biotype code	درجه مقاومت Resistance factor	GR_{50} (mg a.i.L^{-1})	کد بیوتیپ Biotype code
1386.4(371.27)**	12.25(1.38)**	ram37	-	0.01(0.00)**	حساس (S)
>1443.9**	>81.92**	ram38	>1443.9**	>81.92**	ram1
>1443.9**	17.03(3.45)**	ram40	>1443.9**	>81.92**	ram2
1302.90(429.37)**	11.86(2.59)**	ram43	310.27(104.52)**	2.82(0.67)**	ram3
>1443.9**	58.01(11.97)**	ram44	942.24(348.10)**	8.58(2.42)**	ram4
>1443.9**	44.84(17.54)**	ram45	>1443.9**	65.88(15.82)**	ram5
409.48(185.10)**	3.73(1.24)**	ram46	>1443.9**	>81.92**	ram6
>1443.9**	>81.92**	ram47	>1443.9**	25.41(6.69)**	ram7
405.04(128.28)**	3.68(0.71)**	ram48	992.12(305.68)	9.03 (1.62)**	ram9
>1443.9**	34.00(7.48)**	ram49	>1443.9**	33.31(6.34)**	ram11
945.31(391.01)**	8.61(2.40)**	ram50	>1443.9**	>81.92**	ram12
1209.5(292.12)	11.01(1.07)**	ram51	>1443.9**	>81.92**	ram13
>1443.9**	36.26(8.24)**	ram52	>1443.9**	>81.92**	ram14
>1443.9**	18.27(1.55)**	ram53	656.91(224.63)**	5.98(1.47)**	ram15
>1443.9**	>81.92**	ram57	>1443.9**	15.01(3.41)**	ram17
>1443.9**	>81.92**	ram58	>1443.9**	13.26(3.32)**	ram18
>1443.9**	19.53(3.13)**	ram60	1400.00(388.25)**	12.74(2.11)**	ram19
>1443.9**	79.48(17.90)**	ram62	>1443.9**	40.44(5.72)**	ram20
1443.90(497.68)**	13.14(2.97)**	ram63	>1443.9**	31.04(4.93)**	ram21
1162.4(335.89)**	10.58(1.74)**	ram64	>1443.9**	>81.92**	ram22
>1443.9**	32.83(6.57)**	ram66	>1443.9**	19.53(3.74)**	ram25
>1443.9**	23.55(4.99)**	ram68	>1443.9**	>81.92**	ram23
>1443.9**	56.42(21.65)**	ram71	>1443.9**	75.36(24.15)**	ram24
>1443.9**	>81.92**	ram73	>1443.9**	>81.92**	ram29
>1443.9**	20.52(3.75)**	ram75	>1443.9**	13.25(2.54)**	ram30
>1443.9**	19.31(3.95)**	ram77	>1443.9**	13.88(3.70)**	ram31
>1443.9**	32.38(4.56)**	ram79	>1443.9**	20.32(4.63)**	ram 32
>1443.9**	>81.92**	ram80	>1443.9**	21.31(4.44)**	ram 33
			310.26(108.44)**	2.82(0.70)**	ram35
			983.48(377.37)**	8.95(2.63)**	ram36

** معنی‌داری در سطح احتمال $p\leq0.01$

** Significant at $p\leq0.01$

اعداد داخل پرانتز نماینگر خطای معیار می‌باشد.

The values in the parentheses denote standard error.

نتایج این تحقیق بروز مقاومت به علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، فنوکساپروپ پی اتیل و دیکلوفوپ متیل در۵۸ بیوتیپ یولاف وحشی زمستانه جمع‌آوری شده از مزارع گندم شهرستان رامیان را تأیید می‌کند. در میان بیوتیپ‌های مقاوم یولاف وحشی وحشی زمستانه، شاخص درجه مقاومت متفاوتی به علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، فنوکساپروپ پی اتیل و دیکلوفوپ متیل به دست آمد.

برخی از بیوتیپ‌ها در هر سه علف‌کش دارای شاخص مقاومتی بسیار بالایی بوده‌اند. در علف‌کش کلودینافوپ پروپاژیل۴۲ بیوتیپ دارای شاخص مقاومتی بالاتراز ۱۴۴۳/۹۰بوده و همچنین در علف کش‌های دیکلوفوپ متیل و فنوکساپروپ به ترتیب ۳۸ و ۱۱ بیوتیپ شاخص مقاومتی بالای ۷۵۲/۵۷ و ۸۵۱/۳۳ داشته‌اند.

مقاومت در یولاف وحشی‌وحشی‌زمستانه نسبت به بازدارنده‌های ACCase توسط زند وباغستانی (۲۱)، بناکاشانی و همکاران (۱)، راستگو (۱۵) تائید و گزارش شده‌است. مقاومت عرضی یولاف وحشی وحشی را در استان گلستان توسط نجاری (۱۳) در شهرستان آق قلا ۳۰ درصد،کلامی (۷) در شهرستان کردکوی ۲۱ درصد، طاطاری (۲۰) در شهرستان گنبد ۶ درصد، رازقندی (۱۶) در شهرستان علی‌آباد ۴۹ درصد و صوفی‌زاده (۱۹) در کلاله ۱۱/۴۳ درصد گزارش کردند. باتوجه به نتایج شهرستان رامیان، ۵۸ بیوتیپ یولاف وحشی‌وحشی زمستانه به هر سه علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل، فنوکساپروپ پی اتیل و دیکلوفوپ متیل دارای مقاومت عرضی بودند که بیانگرتکوین پدیده مقاومت این شهرستان در سال‌های گذشته می‌باشد.

با توجه به بالا بودن شاخص‌های مقاومتی در بیوتیپ‌های یولاف

وحشی برای داشتن یک برنامه مدیریتی، نیازمند اطلاعات بیشتر از واکنش بیوتیپ‌های یولاف وحشی زمستانه در برابر سایر علف‌کش‌ها می‌باشد. به این منظور و در جهت بررسی واکنش بیوتیپ‌های مقاوم، سه علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آر متیل‌استر، کلتودیم و پینوکسادن از خانواده آریلوکسی فنوکسی پروپیونات، سیکلو هگزاندیون و فنیل پیرازولین‌ها جهت تست پتری انتخاب شدند. دو بیوتیپ از بین بیوتیپ‌هایی با شاخص مقاومتی بالا ram 18 , ram 1 و دو بیوتیپ از بین بیوتیپ‌هایی با کمترین شاخص مقاومتی ram4 وram15 به عنوان نمونه مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج در جداول (۱۰، ۱۱، ۱۲) گنجانده شده است.

در ۴ بیوتیپ مورد بررسی باتوجه به برازش تابع لگ- لجستیک به داده‌ها، طول گیاهچه بیوتیپ یولاف وحشی زمستانه در برابر غلظت‌های مختلف هالوکسی‌فوپ-آر متیل‌استر مقدار EC_{50} برای بیوتیپ حساس ۰/۰۱۳ میلی گرم ماده موثره در لیتر برآورد شد (جدول ۱۰). در بیوتیپ ram1 مقدارEC_{50} برابر ۳/۵۸ با شاخص مقاومتی معادل ۴۵۴/۳۵ و کمترین مقدار شاخص مقاومتی معادل ۲۸۴/۵۰ برای بیوتیپ ram 15 به دست آمد. در دو علف کش دیگر شاخص های مقاومتی پایین بوده و EC_{50} بیوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معناداری با بیوتیپ حساس نداشتند (جداول ۱۱ و ۱۲).

غلظت تفکیک‌کننده براساس EC_{50} در آزمون سریع در بیوتیپ مقاوم قیاق (*Sorghum halepense* L.) با استفاده از علف‌کش کلتودیم معادل ۰/۰۹ میلی گرم در لیتر به دست آمد (۳). این غلظت برای علف‌کش ستوکسیدیم و در علف هرز دم روباهی (*Setaria faberi* Herrm.) برابر با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۶). مطالعه اثر چند علف‌کش متعلق گروه‌های شیمیایی مختلف از خانواده بازدارنده های ACCase روی یولاف وحشی وحشی (*Avena fatua* L.) نشان داد که غلظت تفکیک‌کننده برای علف‌کش‌های فنوکساپروپ پی اتیل، کلودینافوپ پروپارژیل، کلتودیم، ستوکسیدیم و ترالکوکسیدیم که موجب ۸۰٪ کاهش طول گیاهچه نسبت به شاهد می‌شود به ترتیب برابر با ۱۰، ۳، ۵،۱، ۵ و ۵ میکرومول در لیتر بود (۲).

جدول ۱۰- پارامترهای برآورد شده از برازش تابع لگ- لجستیک به طول گیاهچه بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی وحشی زمستانه در پاسخ به هالوکسی‌فوپ- آر متیل‌استر

Table 10- Parameters estimated from the fitting of log-logistic function to coleoptile length of susceptible and resistant biotypes of winter wild oat in response to haloxyfop-R methyl ester

کد بیوتیپ Biotype code	حد بالا (d) Upper limit (d)	شیب منحنی (b) Slope (b)	EC_{50} mg a.i.L^{-1}	شاخص مقاومت Resistance factor
(S) حساس	98.84(2.14)	0.65(0.05)	0.013(0.0007)	-
ram1	99.97(3.67)	1.23(0.23)	3.58(0.62)	424.35(69.45)
ram15	100.05(3.67)	0.92(0.11)	5.35(0.81)	284.50(52.27)
ram4	100.12(3.67)	1.33(0.28)	3.69(0.62)	292.93(53.03)
ram18	99.92(3.68)	0.93(0.12)	5.08(0.79)	403.11(67.31)

** معنی‌داری در سطح احتمال p≤0.01

() اعداد داخل پرانتز نماینگر خطای معیار می‌باشد.

** Significant at p≤0.01

() values in parentheses denote standard error.

جدول ۱۱- پارامترهای برآورد شده از برازش تابع لگ- لجستیک به طول گیاهچه بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی وحشی زمستانه در پاسخ به کلتودیم

Table 11- Parameters estimated from the fitting of log-logistic function to coleoptile length of susceptible and resistant biotypes of winter wild oat in response to clethodim

کد بیوتیپ Biotype code	حد بالا (d) Upper limit (d)	شیب منحنی (b) Slope (b)	EC_{50} mg a.i.L^{-1}	شاخص مقاومت Resistance factor
(S) حساس	99.52(6.35)	0.64(0.12)	0.0011(0.0004)	-
ram1	99.05(6.40)	0.68(0.12)	0.0021((0.0007)	1.96(1.07)
ram15	99.25(6.38)	0.69(0.12)	0.0016(0.0006)	1.48(0.81)
ram4	99.43(6.36)	0.55(0.11)	0.0012(0.0006	1.16(0.71)
ram18	99.47(6.35)	0.55(0.11)	0.0013(0.0006)	1.20(0.73)

** معنی‌داری در سطح احتمال p≤0.01

() اعداد داخل پرانتز نماینگر خطای معیار می‌باشد.

** Significant at p≤0.01

() values in parentheses denote standard error.

جدول ۱۲- پارامترهای برآورد شده از برازش تابع لگ-لجستیک به طول گیاهچه بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز یولاف وحشی وحشی زمستانه در پاسخ به پینوکسادن

Table 12- Parameters estimated from the fitting of log-logistic function to coleoptile length of susceptible and resistant biotypes of winter wild oat in response to pinoxaden

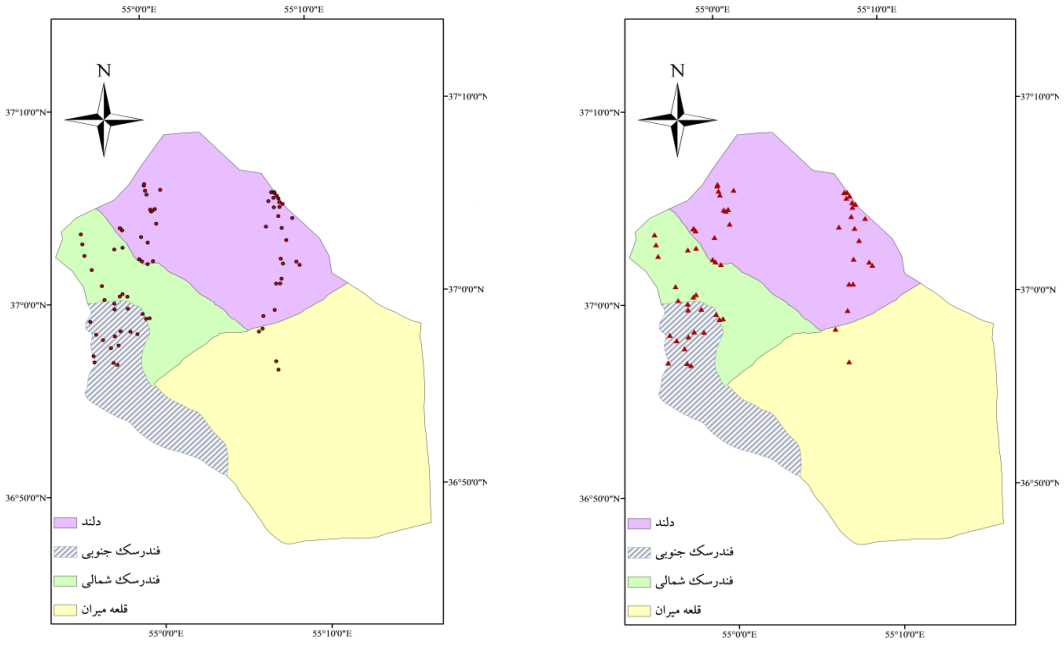
کد بیوتیپ Biotype code	حد بالا (d) Upper limit (d)	شیب منحنی (b) Slope (b)	EC_{50} mg a.i.L^{-1}	شاخص مقاومت Resistance factor
حساس (S)	94.68(4.32)	1.71(0.34)	0.10(0.01)	-
ram1	100.71(5.48)	0.75(0.14)	0.14(0.04)	1.34(0.40)
ram15	100.56(5.51)	1.18(0.32)	0.11(0.02)	1.10(0.25)
ram4	100.29(5.53)	1.384(0.32)	0.12(0.02)	1.15(0.26)
ram18	100.30(5.53)	1.30(0.29)	0.12(0.02)	1.16(0.25)

** معنی‌داری در سطح احتمال p≤0.01

() اعداد داخل پرانتز نماینگر خطای معیار می‌باشد.

** Significant at p≤0.01

() values in parentheses denote standard error.



الف ب

شکل ۲- (الف) نقشه پراکنش بیوتیپ‌های یولاف وحشی زمستانه مشکوک به مقاومت جمع آوری شده از مزارع شهرستان رامیان (ب) نقشه پراکنش بیوتیپ‌های یولاف وحشی مقاوم به کلودینافوپ پروپاژیل، فنوکساپروپ پی اتیل و دیکلوفوپ متیل

Figure 2- a) Distribution map of the fields putatively infested with winter wild oat
b) Distribution map of winter wild oat biotypes resistant to fenoxaprop-P ethyl, diclofop methyl and clodinafop propargyl

بررسی نتایج، بیانگر درجه مقاومت بالا نسبت به علف‌کش‌های خانواده ACCase در این شهرستان می‌باشد. هم‌چنین سعی شد با بیان نتایج تحقیقاتی که در استان گلستان در این سطح انجام شده است دیدی از کل استان پیش رو باشد. این نکته قابل‌الذکر است در آزمون تست پتری نسبت به آزمایش‌های گلدانی همواره شاخص‌های مقاومتی بالاتری از مقاومت برآورد می‌شود. برآورد بالای درجات مقاومت گویای دیرینه بودن و داشتن نگاه مدیریت انفعالی در کنترل علف‌های هرز می‌باشد. مدیریت انفعالی [1] مدیریتی است که از یک ابزار تا زمان داشتن کارایی استفاده می‌شود و سپس با شکسته شدن کارایی این ابزار به فکر جایگزینی با ابزار دیگر می‌شود. اما مدیریت غیر انفعالی [2] مدیریتی است که با اجتناب از شکستن ابزار سعی در حفظ اثر ابزار دارد (۱۲). جهت داشتن یک برنامه برپایه مدیریت غیر

1- Reactive management
2- Proactive management

انفعالی نکات بسیاری باید بررسی و مدنظر قرار گرفته شود.

در مزارع شهرستان رامیان، تناوب زراعی شامل گندم، کلزا، توت فرنگی، نخودفرنگی، باقلا، گوجه فرنگی، خیار و... می‌باشد. شاید بدون در نظر گرفتن نوع سموم علف‌کشی مصرفی در محصولات ذکر شده برنامه تناوبی مناسبی در دست اجرا باشد. اما با بررسی‌های میدانی و پرسش و پاسخ از کشاورزان منطقه در می‌یابیم در محصولاتی که در برنامه تناوبی با گندم قرارگرفته‌اند برخلاف انتظار، کشاورزان جهت مبارزه با علف‌های هرز باریک‌برگ استفاده از سموم شیمیایی را بدون توجه به نوع خانواده شیمیایی جایگزین روش‌های مکانیکی و زراعی نموده‌اند. به صرفه بودن روش‌های شیمیایی در کنار سهولت استفاده نسبت به روش‌های مکانیکی و زراعی کاربرد علف‌کش‌های بازدارنده ACCase را در این محصولات پررنگ‌تر کرده است. هم‌چنین عدم برنامه‌ریزی کشاورزان در مدیریت علف‌های هرز محصولات سبب شده است به عنوان استراتژی دقیقه آخر، مبارزه شیمیایی انتخاب شده و بدون در نظر گرفتن تناوب علف‌کشی اجرا شود. همین عامل سبب فشار گزینشی شدیدی شده بطوری‌که تک بوته‌های باقیمانده از کنترل شیمیایی قادر به تغییر نسبت‌های ژنوتیپی و فنوتیپی فلور علف‌های هرز منطقه می‌باشند.

تداوم این فشار باعث افزایش فراوانی آلل‌های مقاوم نسبت به حساس می‌شود (۱۰ و ۵). استفاده از علف‌کش‌هایی که نحوه عمل متفاوت دارند، می‌تواند منجر به از بین رفتن بوته‌های حساس و مقاوم شود، ولی از سوی دیگر این امر به منزله اعمال فشار گزینشی جدیدی خواهد بود که در نهایت باعث تشدید مقاومت و حتی بروز مقاومت های عرضی و چندگانه خواهد شد (۴) و به همین دلیل توجه به سایر اجزای مدیریت تلفیقی از اهمیت به سزایی برای جلوگیری و یا به تاخیر انداختن پدیده مقاومت به علفکش‌ها برخوردار می‌باشد.

نقشه های پراکنش رسم شده توسط نرم‌افزار GIS به مدیران کشاورزی این توانایی را می‌دهد که با در نظر گرفتن مزارع آلوده به علف‌های هرز مقاوم برنامه‌های مدیریتی در جهت کاهش فشار گزینشی داشته باشند. عدم توزیع سموم علف‌کشی که باعث توسعه مقاومت در مناطق آلوده می‌شود از دسترس کشاورزان در کنار روش های زراعی سبب کاهش فشار گزینشی می‌شود. به کارگیری اصل تنوع گیاهان زراعی در حقیقت ابزاری است جهت برهم زدن تعادل و ثبات جوامع علف‌های هرز و نیز افزایش توان رقابتی گیاه زراعی که این فرایند در دراز مدت موجب کاهش حضور و به حداقل رسانیدن تعداد و میزان خسارت ناشی از حضور علف‌های هرز مقاوم و جلوگیری از افزایش آلل‌های مقاوم خواهد شد.

منابع

1- Banakashani F., Zand E., and Alizadeh H.M., 2007. Resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) biotypes to clodinafop-propargil herbicide. Applied Entomology and Phytopathology 74: 127-149. (In Persian with English abstract)

2- Bourgeois L., and Morrison I.N. 1997. Mapping risk areas for resistance to ACCase inhibitor herbicides in Manitoba. Canadian Journal of Plant Science 77: 173-179.

3- Burke I.C., Thomas W.E., Burton J.D., Spears J.F., and Wilcut J.W. 2006. A seedling assay to screen aryloxyphenoxypropionic acid and cyclohexanedione resistance in johnsongrass (*Sorghum halepense*). Weed Technology 20(4): 950-955.

4- Gherekhloo J., Osuna M.D., and De Prado R. 2012. Biochemical and molecular basis of resistance to ACCase-inhibiting herbicides in Iranian Phalaris minor populations. Weed Research 52: 367-372.

5- Gherekhloo J., Oveisi M., Zand E., and De Prado R. 2016. A review of herbicide resistance in Iran. Weed Science 64:551-561.

6- Heap I. 2020. International survey of herbicide resistance weeds. www.weedscience.com. Accessed: 10 Jan 2019.

7- Kalami R. 2014. Identification of resistant weeds to ACCase and ALS inhibitors in wheat fields of Kordkuy. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

8- Koller M., and Lanini W.T. 2005, Site-specific herbicide applications based on weed maps provide effective control. California Agriculture 59: 182-187.

9- Maneechote C., Preston C., and Powles S.B. 1997. A diclofop-methyl-resistant *Avena sterilis* biotype with a herbicide-resistant acetyl-coenzyme a carboxylase and enhanced metabolism of diclofop-methyl. Pesticide Science 49: 105-114.

10- Maxwell B.D., Roush M.L., and Radosevich S.R. 1990. Predicting the evolution and dynamics of herbicide resistance in weed populations. Weed Technology 4: 2-13.

11- Montazeri M., Zand E., and Baghestani M.A. 2005. Weeds and their control in wheat fields of Iran. Advances in Agronomy 58: 57-93.

12- Mueller T.C., Mitchell P.D., Young B.G., and Culpepper A.S. 2005. Proactive versus reactive management of glyphosate-resistant or -tolerant weeds. Weed Technology 19(4): 924-933.

13- Najjari Kalantari. 2013. Identification of resistant weeds to ACCase and ALS inhibitors in wheat fields of Aq Qala and preparing their distribution map. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural

Resources. (In Persian)
14- Prather T.S., Ditomaso J.M., and Holt J.S. 2000. Herbicide resistance, definition and management strategies. Publication of Division of Agriculture and Natural Resources. UC Davis USA. Publication 8012.
15- Rastgoo M. 2007. Detecting of *Avena ludoviciana* resistant to aryloxyphenoxypropionate herbicides in wheat fields of Khuzestan province. PhD Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
16- Razghandi A. 2016. Identification of resistant biotypes to aryloxy phenoxy propionate and asetolactate synthase inhibitors in wheat fields of Aliabad-e katool and preparing their distribution map. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
17- Retrum J., and Forcella F. 2002. Giant foxtail (*Seteria faberi*) seedling assay for resistance to sethoxydim. Weed Technology 16(2): 464-466.
18- Ritz C., and Streibig J.C. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Statistical Software 12(5): 1-22.
19- Soofizadeh T. 2015. Identification of resistant biotypes to aryloxy phenoxy propionate and asetolactate synthase inhibitors in wheat fields of Kalaleh and preparing their distribution map. MSc Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
20- 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. Plant Productions 41(2): 103-116.
21- Zand E., and Baghestani M.A. 2002. Weed resistance to herbicides. Jihad-e-Daneshgahi Press, 176pp.
22- Zand E., Baghestani M., Nezamabadi N., and Shimi P. 2017. Application guide of registered herbicides in Iran. Jihade-e-Daneshgahi Press, Mashhad, 223 pp.
23- Zhang Y., Li W., Zhou W., Jia H., Liu L., Li B., Han Y., and Qi S. 2020. Dissipation dynamics and dietary risk assessment of pyraclonil residues in rice (*Oryza sativa* L.). Microchemical Journal 152: 104440.

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 3, Fall 2020, P. 385-399

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۳۹۹-۳۸۵

Investigating the Resistance of Winter Wild Oat Biotypes to ACCase Inhibitor Herbicide in Wheat Fields of Ramian County

M. Heravi[1]- J. Gherekhloo[2]*- A. Siahmarguee[3]- H. Kazemi [4]- S. Hassanpour- Bourkheili[5]

Received: 11-05-2020
Accepted: 14-09-2020

Introduction: Weeds are wild plant species which grow in agricultural ecosystems and compete with crops for resources such as water, nutrients, light, and space. Wild oat is reported as one of the most troublesome autumn weeds in croplands and its dominant species in Iran is winter wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.). Herbicide resistance is the inherent ability of a weed biotype in survival after being exposed to a rate of herbicide which would be lethal to the wild type species. In the recent years, there have been several reports on the occurrence of herbicide resistance in Golestan province. The following research was conducted to identify the ACCase- resistant winter wild oat biotypes and generation of distribution map for the resistant biotypes in wheat fields of Ramian Township.

Materials and Methods: The present study was conducted in 2017-2018 at the greenhouse and Weed Science laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Plant material included 80 putatively resistant winter wild oat biotypes which were collected from 100 wheat fields of Ramian Township. The susceptible biotype was also collected from the regions with no history of herbicide spray. Three Acetyl coenzyme A carboxylase (ACCase) inhibiting herbicides including clodinafop propargyl, fenoxaprop-P ethyl, and diclofop methyl which are common graminicides applied in wheat fields of the country were used to confirm the occurrence of resistance in winter wild oat biotypes. Three herbicides including pinoxaden, clethodim, and haloxyfop-R methyl ester were also applied on the biotypes as the possible alternative herbicides. First the winter wild oat seeds were hulled by hand. To obtain a more uniform germination, the seeds were placed in 9 cm Petri dishes topped with a filter paper and 2.5 mL of distilled water was added to the Petri dishes. Then, the Petri dishes were transferred to a refrigerator with a temperature of 4-5°C under darkness conditions. After pre-chilling, the petri dishes were incubated at the room temperature to germinate. To perform the discriminating concentration, pre- screening and concentration- response assays, 10 pre- germinated seeds from each biotype were placed on the Petri dishes as described above, then were treated with various concentrations of the mentioned herbicides. Three Petri dishes were used for each concentration, with each Petri dish serving as a replicate. Also, the Petri dishes treated with distilled water were regarded as control. The Petri dishes were kept at the room temperature for seven days and then the length of their coleoptile was measured. Four parametered log-logistic function was fitted to the data using R software (drc package). ArcGis V.10.3 was used to generate the distribution map of the herbicide- resistant biotypes.

Results and Discussion: Results of the present study indicate the confirmation of resistance to clodinafop propargyl, fenoxaprop-P ethyl, and diclofop methyl herbicides in 58 out of 80 winter wild oat biotypes gathered from wheat fields of Ramian Township. Resistance factor to clodinafop propargyl, fenoxaprop-P ethyl, and diclofop methyl herbicides were 48.69 to >851.33, 52.57 to >752.57, and 310.27 to >1443.90, respectively. For further investigation on the response of these resistant biotypes, three herbicides including pinoxaden, clethodim, and haloxyfop-R methyl ester were applied on the biotypes as a Petri dish assay. Two biotypes with the highest resistance factors (ram1, ram18) and two with the lowest resistance factors (ram15, ram4) were selected for this assay. In the haloxyfop-R methyl ester treatment, the highest and lowest resistance factors were observed in ram1 with 423.35 and ram15 with 284.50, respectively. In the other two herbicide however, resistance factor had no significant difference with the value 1. Application of herbicides possessing different modes of action may lead to elimination of both susceptible and resistant biotypes. However, this will serve as a new selective pressure which will eventually result in intensification of resistance and furthermore, evolution of cross and multiple- resistant species. Thus, meticulous application of integrated weed management methods are of great importance to prevent or delay the evolution of resistance to herbicides.

Conclusion: Implementation of cultural methods for weed management and preventing the distribution of

1, 2, 3, 4 and 5- M.Sc. Graduate of Weed Science, Associate Professor, Assistant Professor, Associate Professor and Ph.D. Graduate of Crop Ecology, Plant Production Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: gherekhloo@gau.ac.ir)

herbicides to which the weeds have readily developed resistance will lead to reduction of selective pressure. Adoption of crop and herbicide rotation principles will serve as a tool to debilitate the weed in competition with the crop, which in long term may contribute to reduced frequency of resistant alleles.

Keywords: Concentration-response assay, Distribution map, Herbicide resistance, Resistance factor