

بررسی مقاومت یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل و شایستگی نسبی

بیوتیپ های حساس و مقاوم آن در مزارع گندم واقع در شهرستان اسلام آباد غرب، کرمانشاه

فائزه فخری^۱، علیرضا باقری^{۲*}، وحید سرابی^۳، ایرج نصرتی^۴

^{۱،۲} به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه و ^۳ دانشیار گروه زراعت و

گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان. * ایمیل نویسنده مسئول: a.bagheri@razi.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی مقاومت یولاف وحشی *Avena ludoviciana* به علف کش کلودینافوپ پروپارژیل، همچنین، ارزیابی میزان شایستگی نسبی توده های حساس و مقاوم یولاف وحشی این آزمایش در مزارع گندم شهرستان اسلام آباد غرب استان کرمانشاه، انجام شد. از ۳۱۳ مزرعه نمونه برداری و در گلخانه درصد مقاومت توده ها به کلودینافوپ پروپارژیل مشخص، سپس شایستگی نسبی توده های حساس و مقاوم بر اساس پاسخ خصوصیات جوانه زنی به تیمارهای مختلف خشکی، دما و اسیدیته مورد بررسی قرار گرفت. مقدار LD₅₀ برای توده های حساس ۲۲/۰۴ و برای توده های مقاوم ۱۹۰/۰۸ گرم ماده مؤثره در هکتار بود. بر این اساس شاخص مقاومت توده های مقاوم معادل ۸/۶۲ محاسبه شد. درصد جوانه زنی نسبت به شاهد در سطوح تنش خشکی ۱-، ۲-، ۴-، ۶- بار در توده مقاوم به ترتیب ۴۵/۷، ۵۶/۸، ۶۳/۰، ۷۰/۴ درصد و در توده حساس به ترتیب ۲۲/۲، ۳۰/۵، ۴۴/۴، ۵۶/۹ درصد کاهش نشان داد. توده مقاوم در دماهای پایین درصد و سرعت جوانه زنی بیشتری نسبت به بیوتیپ حساس داشت، اما درصد و سرعت جوانه زنی بیوتیپ حساس در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به طور معنی داری بیشتر از بیوتیپ مقاوم بود. کلمات کلیدی: درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شایستگی نسبی، قوه نامیه، مقاومت.

Evaluation of resistance of wild oats (*Avena ludoviciana* L.) to Clodinafop-propargyl and evaluation of relative fitness of susceptible and resistant wild oat biotypes in wheat fields located in Eslamabad-Gharb, Kermanshah

Faezeh Fakhri¹, Alireza Bagheri², Vahid Sarabi³, Iraj Nosratti⁴

^{1,2 and 4} Graduate student, Assistant Professor, and Associate professor, Department of Agronomy and plant breeding, Razi University, Kermanshah, and ³ Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Azarbaijan Shahid Madani University

* Corresponding author: Email: a.bagheri@razi.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the resistance of wild oat (*Avena ludoviciana*) biotypes to Clodinafop-propargyl, as well as the fitness of susceptible and resistant biotypes, this experiment was conducted in wheat fields of Eslamabad-Gharb, Kermanshah. 313 farms were sampled and after determining the resistance percentage in the greenhouse (using differentiation dose), the fitness of susceptible and resistant biotypes were examined based on the germination characteristics versus different treatments of drought, temperature and acidity. The results showed that LD₅₀ of susceptible and resistant biotypes were 22.04 and 190.08 g ai ha⁻¹, respectively. Therefore, the resistance index was 8.62. Germination percentage for resistant biotypes in -0.1, -0.2, -0.4 and -0.6 MPa were 45.7%, 56.8%, 0.63% and 70.4%, and for susceptible biotypes were 22.2%, 30.5%, 44.4% and 56.9%, respectively compared to the control. Resistant biotypes at low temperatures had a higher germination percentage and rate than susceptible biotype, while at 20°C germination percentage and rate of susceptible biotype were significantly higher than resistant biotype.

Keywords: Germination percentage, germination rate, relative fitness, seed vigor, herbicide resistance.

توانایی ذاتی یک گیاه برای بقاء و تولیدمثل، پس از قرارگیری در معرض دزی از علف‌کش که در شرایط عادی باعث از بین رفتن گیاه می‌شود را پدیده مقاوم به علف‌کش می‌گویند. توسعه مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز، فرآیندی تکاملی است که در اثر تیمار پی‌درپی با یک خانواده خاص از علف‌کش‌ها ایجاد شده و منجر باقی ماندن آل‌های مقاومت به علف‌کش و افزایش حضور افراد مقاوم می‌شود (Benakashani *et al.*, 2014). بوته‌های مقاوم به علف‌کش در شرایط کاربرد مکرر علف‌کش در محیطی دارای شایستگی نسبی بیشتری بوده و برتری خواهند داشت. با این حال ممکن است این آل‌ها در صورتی که فشار ناشی از مصرف علف‌کش از محیط برداشته شود به دلیل وجود برخی صفات در مقایسه با بوته‌های حساس شایستگی کمتری را داشته (هزینه شایستگی) (Vila-Aiub *et al.*, 2009; Délye, 2013; Délye *et al.*, 2013) و در نتیجه تعداد تک بوته‌های حساس در صورت عدم وجود فشار علف‌کشی نسبت به بوته‌های مقاوم بیشتر خواهد شد (Park and Mallory-Smith, 2005). بنابراین سنجش تفاوت شایستگی نسبی بین توده‌های مقاوم و حساس در ایجاد راهکارهای مدیریتی امری ضروری است (Babineau *et al.*, 2017).

یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) به‌عنوان مهم‌ترین علف هرز باریک برگ گندم و سایر غلات پاییزه محسوب می‌شود (Samedani and A., 2005). این علف هرز به دلیل ویژگی‌هایی همچون جوانه‌زنی پراکنده در فصل، توانایی بالای رقابت، تقلید از گیاه زراعی، خواب بذر و باقی ماندن در بانک بذر، غیریکنواختی در رسیدن و ریزش بذور و همچنین مقاومت در برابر بسیاری از علف‌کش‌ها (Jones and Medd, 2000) با شرایط گوناگون زیستی و اکولوژیکی سازگار و در اکثر استان‌های ایران یافت می‌شود (Montazeri *et al.*, 2005). علف‌کش‌های بازدارنده استیل کوآنزیم آکربوکسیلاز (ACCase) به‌طور وسیع برای کنترل باریک برگ‌ها و به‌ویژه یولاف وحشی در دنیا استفاده می‌شوند (Adamczewski *et al.*, 2013). کارایی بالا علیه علف‌های هرز باریک برگ و امکان مصرف این گروه از علف‌کش‌ها به‌صورت پس‌رویشی در گیاه زراعی از عوامل مهم در استفاده آن در طی سال‌های گذشته بوده است (Cruz-Hipolito *et al.*, 2015)، اما استفاده بیش‌ازاندازه از این گروه سبب تکامل مقاومت در علف‌های هرز شده است (Délye, 2005).

مطالعه خصوصیات زیست‌شناختی توده‌های حساس و مقاوم در یک منطقه می‌تواند منجر به افزایش آگاهی مدیران و اتخاذ تصمیمات درست در این ارتباط شود. بررسی مراحل مربوط به استقرار گیاه از جمله جوانه‌زنی یکی از روش‌های اندازه‌گیری شایستگی نسبی است (Maxwell *et al.*, 1990; Vangessel and Renner, 1990). موفقیت جمعیت‌های علف هرزی غالباً به توانایی جوانه‌زنی بذرهای آن در شرایط محیطی مختلف وابسته است (Tang *et al.*, 2015). شناسایی رفتار جوانه‌زنی بذور در طبیعت سبب یافتن به روش‌های کاربردی جهت کاهش بانک بذر علف‌های هرز در خاک می‌شود (Salimi and ghorbanali, 2001). با آگاهی از تفاوت‌های مربوط به رفتار جوانه‌زنی توده‌های گوناگون علف هرز، می‌تواند روش‌های متناسب مدیریت گونه‌های علف هرز را در دستور کار قرار داد. از عوامل مؤثر برافزایش شایستگی علف‌های هرز در شرایط مختلف محیطی، جوانه‌زنی بذرها و خصوصیات مربوطه به آن است. عوامل محیطی مؤثر متعددی شامل دما، نور، رطوبت، شوری، خشکی و مواد مغذی بر روی جوانه‌زنی مؤثر هستند (Wang *et al.*, 2016). شناسایی اثر عوامل محیطی بر جوانه علف هرز برای پی بردن به پویایی علف‌های هرز بخصوص پویایی بذر آن‌ها در خاک اهمیت دارد و در اتخاذ تصمیمات درست مدیریتی مفید است (Forcella *et al.*, 1993). با توجه به حضور علف‌های هرز یولاف وحشی در بیشتر مزارع ایران به‌ویژه مزارع گندم و بروز مقاومت آن به بازدارنده‌های استیل کوآنزیم آکربوکسیلاز، شناخت دقیق خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم می‌تواند برای مدیریت موفق آن‌ها به‌ویژه بیوتیپ‌های مقاوم امری ضروری باشد. بر این اساس در این مطالعه ابتدا توده‌های مقاوم یولاف وحشی در دو بخش مرکزی و حمیل واقع در اسلام‌آباد غرب شناسایی و

سپس شایستگی نسبی بر اساس خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم در شرایط مختلف دمایی، خشکی و اسیدیته مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

این مطالعه طی سال زراعی ۹۹-۹۷ با نمونه‌برداری بذور علف هرز یولاف وحشی از ۳۱۳ مزرعه واقع در شهرستان اسلام‌آباد غرب کرمانشاه در بخش حمیل و مرکزی با وسعت تقریبی ۲۰۴۸ کیلومتر مربع و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۶ دقیقه شمالی و محدوده ارتفاعی ۱۱۱۰ تا ۲۳۳۹ متر از سطح دریا، دارای اقلیم معتدل مدیترانه‌ای و میانگین بارندگی سالانه ۴۷۸ میلی‌متر (پورتال استانداری کرمانشاه)، به اجرا درآمد.

به‌منظور به حداقل رساندن اثرات حاشیه‌ای، یک تا سه هکتار از مرکز هر مزرعه (بسته به مساحت مزرعه) جهت نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری با قدم زدن در مزارع با الگوی W و جمع‌آوری بذور یولاف وحشی در پاکت‌های کاغذی صورت گرفت. به این ترتیب لکه‌های مربوط به این علف هرز در هر مزرعه شناسایی و سپس عملیات نمونه‌برداری طی مرحله رسیدگی دانه یولاف وحشی (اوایل تا اواسط خرداد) از مرکز ۱۵ لکه صورت گرفت. با توجه به دامنه تأثیر علف هرز یولاف وحشی و جهت جلوگیری از ایجاد همبستگی مکانی، فاصله بین مرکز لکه‌ها حداقل ۲۵ متر در نظر گرفته شد (Jurado-Expósito et al., 2009).

آزمایش غربالگری اولیه

به‌منظور تعیین توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی نسبت به دوز توصیه‌شده علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل به‌عنوان باریک برگ کش رایج در منطقه، بذور جمع‌آوری‌شده یولاف وحشی پس از آماده‌سازی و خواب‌شکنی (ابتدا لما و پالا جدا و سپس بذور در دمای ۵ درجه به مدت یک هفته قرار گرفتند) در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کشت و تحت تیمار با دوز توصیه‌شده علف‌کش قرار گرفتند. قبل از انجام آزمایش بذور به‌وسیله هیپوکلرید سدیم یک درصد به مدت دو تا سه دقیقه ضدعفونی شده در شرایط دمای اتاق جوانه‌زده و به گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۲ سانتی‌متر که حاوی یک قسمت رس، یک قسمت شن و یک قسمت کود دامی پوسیده‌شده منتقل گردید. در هر گلدان ۱۵ عدد بذر جوانه‌زده در عمق ۱ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. پس از سبز شدن، تعداد ۱۰ بوته در هر گلدان نگهداشته شد و در مرحله ۲ تا ۴ برگی یولاف وحشی، بوته‌ها توسط سم‌پاش تلمبه‌ای تحت تیمار دوز توصیه‌شده کلودینافوپ پروپارژیل (۰/۸ لیتر در هکتار معادل ۶۴ گرم ماده مؤثره در هکتار) قرار گرفتند. قبل از اعمال تیمار، عملیات کالیبراسیون سم‌پاش انجام شد. ۲ و ۴ هفته پس از سم‌پاشی نسبت به شمارش بوته‌های از بین رفته و بوته‌های زنده اقدام و بر این اساس درصد مقاومت یولاف وحشی به علف‌کش در گلدان‌های متناظر با مزارع نمونه‌برداری شده (درصد مقاومت مشاهده‌شده در هر مزرعه) مشخص شد. این آزمایش دو بار تکرار شد.

آزمایش دوز-پاسخ جوانه‌زنی یولاف وحشی

به‌منظور پاسخ جوانه‌زنی توده‌های مختلف مقاوم و حساس یولاف وحشی به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل، در ابتدا بر اساس نتایج حاصل از آزمایش پایش اولیه بذور توده‌های با درصد مقاومت مشاهده‌شده صفر درصد به‌عنوان توده‌های حساس و بیشتر از ۷۰ درصد به‌عنوان توده‌های مقاوم انتخاب، هر کدام از توده‌ها به‌صورت جداگانه باهم ترکیب شدند. ۲۰ عدد بذر یولاف وحشی پس از رفع خواب و ضدعفونی در پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری با کاغذ صافی دولایه قرار گرفت و ۵ میلی‌لیتر محلول شامل آب مقطر و علف‌کش به آن اضافه شد. دوزهای مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل شامل صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ برابر دوز توصیه‌شده (به ترتیب معادل صفر، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶، ۵۱۲، ۱۰۲۴ و ۲۰۴۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) به‌عنوان تیمارهای

آزمایشی روی توده‌های حساس و مقاوم اعمال شدند (Cirujeda et al., 2001). جهت جلوگیری از تبخیر و کاهش پتانسیل اسمزی پس از اعمال تیمارها پتری دیش‌ها با استفاده از پارافیلیم عایق شد و سپس در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از گذشت ۱۰ روز از مصرف علف‌کش، درصد جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم سنجیده شد (Armin et al., 2007). این آزمایش به‌صورت فاکتوریل (فاکتور اول توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی و فاکتور دوم مقادیر مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به انجام رسید. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS v.9.1.3 انجام شد. برای به دست آوردن منحنی‌های درصد جوانه‌زنی توده‌های مذکور در برابر دوزهای مختلف علف‌کش، داده‌ها موردنظر توسط نرم‌افزار Sigmaplot بر اساس معادله لجستیک سه پارامتری استاندارد، مدل ارائه شده توسط ریتز و استرایبیگ (Ritz and Streibig, 2005) (رابطه ۱) برازش داده شد. در این معادله y درصد جوانه‌زنی، x دز علف‌کش، d بالاترین حد واکنش توده (Max)، b شیب خط منحنی در نقطه e (Slope) و e دزی از علف‌کش که سبب ۵۰٪ مرگ گیاهچه‌های توده‌ها و جوانه‌زنی آن‌ها می‌شود. این شاخص به‌طور معمول در مورد وزن خشک با اصطلاح GR_{50} و در مورد تعداد با اصطلاح LD_{50} بیان می‌شود (ساسان فر و همکاران، ۱۳۸۸). پس از محاسبه LD_{50} شاخص مقاومت توده مقاوم به‌صورت نسبت LD_{50} توده مقاوم به LD_{50} حساس (RLD_{50}/SLD_{50}) به دست آمد (Beckie et al., 2000).

$$y = \frac{d}{1 + \exp\{b[\log(x) - \log(e)]\}} \quad \text{رابطه ۱}$$

تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی

این بخش از آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول بیوتیپ‌های مقاوم و حساس یولاف وحشی و فاکتور دوم سطوح متفاوت پتانسیل اسمزی محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با ایجاد پتانسیل‌های اسمزی صفر، ۱، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲- بار بود. به‌منظور ایجاد سطوح مختلف پتانسیل اسمزی از رابطه ۲ استفاده شد.

رابطه ۲

$$\Psi_s = -(1.18 \times 10^{-2}) C - (1.18 \times 10^{-4}) C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7}) C^2 T$$

که در آن Ψ_s ؛ پتانسیل اسمزی برحسب بار، C ؛ غلظت پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ برحسب گرم در کیلوگرم آب، و T ؛ حرارت برحسب درجه سلسیوس است (Michel and Kaufmann, 1973).

خواب‌شکنی، ضدعفونی، اندازه پتری دیش‌ها، تعداد بذر در پتری دیش و سایر شرایط آزمایش همانند آزمایش قبل صورت گرفت. در طول مدت آزمایش بذور جوانه‌زده هرروز شمارش و ثبت شده و بر این اساس درصد جوانه‌زنی (رابطه ۳) و سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۴) محاسبه شد. علاوه بر این جهت محاسبه شاخص بنبه بذر (رابطه ۵)، طول ریشه‌چه و ساقه چه نیز در پایان روز دهم اندازه‌گیری شدند. به‌منظور اطمینان از نتایج به‌دست‌آمده این آزمایش دو بار تکرار شد.

$$GP = \left(\frac{N_i}{N} \right) \times 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن GP ؛ درصد جوانه‌زنی، N_i ؛ تعداد بذور جوانه‌زده تا روز i و N ؛ تعداد کل بذور مورد آزمایش است (Datta and Dayal, 1991).

$$GR = \sum \left(\frac{N_i}{D_i} \right) \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن GR ؛ سرعت جوانه‌زنی، N_i ؛ تعداد بذور جوانه‌زده تا روز i و D_i ؛ تعداد روز پس از شروع آزمایش است (Agrawal and Sahu, 2006).

$$Vi = GP \times (rl + sl)$$

رابطه ۵

که در آن Vi ؛ شاخص بنيه بذر، rl ؛ طول ریشه چه برحسب میلی متر و sl ؛ طول ساقه چه برحسب میلی متر است (Vashisth and Nagarajan, 2010).

تأثیر دما بر خصوصیات جوانه زنی توده های حساس و مقاوم یولاف وحشی

این آزمایش نیز به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول بیوتیپ های حساس و مقاوم و فاکتور دوم شامل دمای جوانه زنی ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس بود. شرایط کشت و صفات اندازه گیری شده در این مرحله همانند دو آزمایش قبل بود. این آزمایش دو بار تکرار شد.

تأثیر pH بر خصوصیات جوانه زنی توده های حساس و مقاوم یولاف وحشی

این آزمایش به صورت فاکتوریل شامل دو توده حساس و مقاوم یولاف وحشی و هفت محلول با بازه اسیدیته (pH) ۴ تا ۱۰ در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. محلول های با مقادیر pH معادل ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ با استفاده از ترکیب هیدروکسید سدیم ۱ مولار و اسید کلریک ۱ مولار تهیه و بر توده های حساس و مقاوم یولاف وحشی اعمال شدند (Nosratti et al., 2018). خواب شکنی، ضد عفونی، اندازه پتری دیش ها، تعداد بذر در پتری دیش و سایر شرایط آزمایش همانند آزمایش قبل صورت گرفت. پس از اعمال تیمارها، پتری دیش ها با پارافیلیم مهر و موم شده و تا ده روز تعداد بذور جوانه زده شمارش و صفاتی چون سرعت جوانه زنی، درصد جوانه زنی و بنيه بذر همانند آزمایش قبلی محاسبه شدند. این آزمایش دو بار تکرار شد. به منظور تجزیه و تحلیل نتایج مربوط به این آزمایش ها ابتدا از نرمال بودن داده های اطمینان حاصل شد. سپس با استفاده از رویه GLM در نرم افزار SAS v.9.1.3 آنالیز واریانس انجام شد. مقایسه میانگین اثرات ساده با استفاده از روش دانکن (۵ درصد) و اثرات متقابل با محاسبه خطای استاندارد (Standard Error) صورت گرفت.

نتیجه و بحث

آزمایش دوز-پاسخ (اثر مقادیر مختلف کلودینافوپ پروپارژیل بر جوانه زنی توده های حساس و مقاوم یولاف وحشی)

درصد جوانه زنی یولاف وحشی در بین توده های حساس و مقاوم، همچنین دوزهای مختلف کلودینافوپ پروپارژیل اختلاف معنی داری را نشان داد. اثر متقابل حساسیت توده و مقدار دوز علف کش نیز روی درصد جوانه زنی معنی دار بود (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر دوزهای مختلف علف کش کلودینافوپ پروپارژیل (میانگین مربعات) بر درصد جوانه زنی بذور حساس و مقاوم یولاف وحشی
Table 1. Analysis of variance of the impact of different doses of the Clodinafop-propargyl on germination percentage of susceptible and resistant wild oat seeds

SOV	df	Mean of square
Biotype (A)	1	**6290
Herbicide dose (B)	8	**5384
A*B	8	**628
Error	36	44.6
CV	--	20.84

0.01 معنی داری در سطوح احتمال

** significance at probability level of 0.01

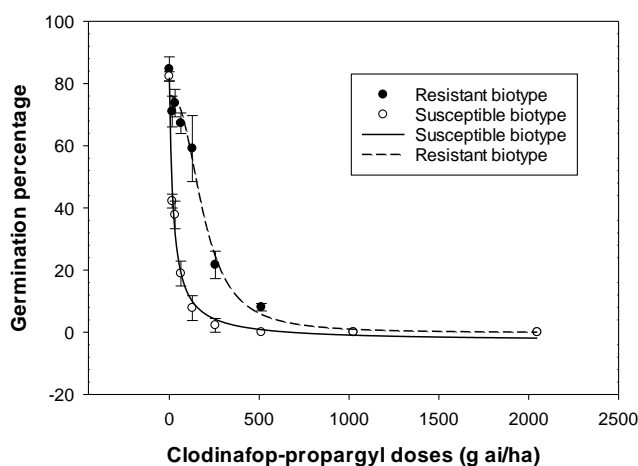
پارامترهای برآورده شده حاصل از برازش تابع لجستیک سه پارامتری رابطه درصد جوانه زنی با مقادیر مختلف علف کش در زیست سنجی بذر درون پتری دیش نشان داد (جدول ۲) که بالاترین حد جوانه زنی بذر بیوتیپ های حساس و مقاوم در تیمار شاهد

به ترتیب با مقادیر ۸۱/۹۳ و ۷۶/۱۴ درصد تفاوت معنی داری را با یکدیگر نداشتند. غلظت علف‌کش معادل ۲۰/۹۲ گرم ماده مؤثره در هکتار، منجر به جلوگیری از جوانه‌زنی ۵۰ درصد (LD_{50}) بذور توده حساس شد. این در حالی بود که مقدار LD_{50} کلودینافوپ پروپارژیل برای توده مقاوم معادل ۱۸۹/۷۶ گرم ماده مؤثره در هکتار (سه برابر دوز توصیه شد) بود (جدول ۲ و شکل ۱). بر این اساس شاخص مقاومت توده مقاوم معادل ۹/۰۷ محاسبه شد. در آزمایش ساسان فر و همکاران (Sasanfar *et al.*, 2009) پاسخ توده‌های مقاوم یولاف وحشی مقاوم به علف‌کش پینوکسادن در استان فارس بین ۳ تا ۲۷ گزارش شد. نتایج مشاهدات ساسان فر (Sasanfar *et al.*, 2017) نشان داد که ۴ برابر غلظت توصیه‌شده کلودینافوپ پروپارژیل سبب کاهش ۳۳ تا ۵۳ درصدی طول ساقه‌چه نسبت به شاهد شد. درجه مقاومت در روش آزمایش گلدانی در مقایسه با روش زیست‌سنجی توده‌های مقاوم اغلب بیشتر است که این به دلیل تفاوت در شرایط نوع جذب علف‌کش و نحوه کاربرد علف‌کش می‌تواند باشد. این در حالی است که روش زیست‌سنجی بذر جهت شناسایی اولیه بیوتیپ‌های حساس و مقاوم و همچنین بررسی اثر مقادیر مختلف علف‌کش سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر انجام می‌شود (Gharakhlou *et al.*, 2008).

جدول ۲. پارامترهای برآورد شده از برازش تابع لجستیک چهار پارامتر استاندارد درصد جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی تحت تأثیر دزهای مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل

Table 2. Estimated parameters of the standard logistic function of germination percentage for susceptible and resistant wild oat biotypes influenced by different doses of the Clodinafop-propargyl

Ecotype		Coefficient	Std. Error	P-value	R ²
Susceptible	Max	81.73	3.64	<0.0001	0.996
	LD ₅₀	20.92	3.02	0.0014	
	Slope	2.54	0.35	0.0031	
Resistant	Max	76.11	2.84	<0.0001	0.992
	LD ₅₀	189.76	17.92	<0.0001	
	Slope	5.81	1.16	0.0024	



شکل ۱. درصد گیاه چه زنده مانده بیوتیپ‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی در غلظت‌های مختلف علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل (گرم ماده مؤثره در هکتار)
Figure 1. Germination percentage of susceptible and resistant wild oat biotypes in different doses of the Clodinafop-propargyl (g ai ha⁻¹)

تأثیر تنش خشکی بر توده‌های مقاوم و حساس یولاف وحشی

توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی تفاوت معنی‌داری در صفات درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر داشتند. همچنین صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر در مقادیر مختلف پتانسیل اسمزی به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت بودند. اثر متقابل توده یولاف وحشی (مقاوم و یا حساس به علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل) در مقادیر مختلف پتانسیل اسمزی نیز روی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف پتانسیل اسمزی (میانگین مربعات) بر خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی
Table 3. Analysis of variance of the impact of different treatments of osmotic potential (mean square) on germination characteristics of susceptible and resistant wild oat biotypes

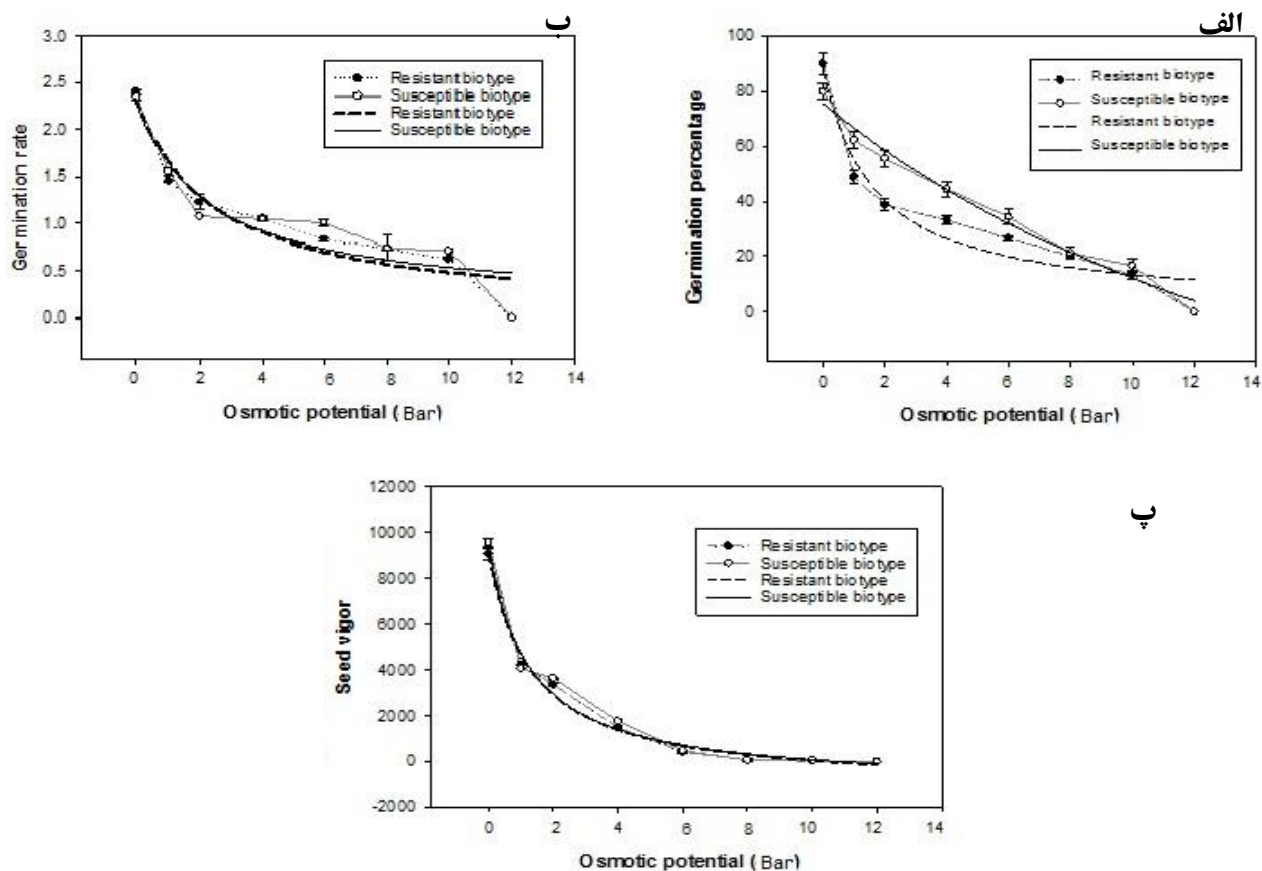
SOV	df	Germination percent	Germination rate	Seed vigor
Test run (R)	1	4.17 ns	0.03 ns	34408*
Biotype (A)	1	704.17**	0.01 ns	336950**
Osmotic potential (B)	7	8434.33**	5.73**	125422851**
R*A	1	167.12*	0.00 ns	210612**
R*B	7	35.91 ns	0.018 ns	46499**
A*B	7	221.63**	0.03**	124474**
R*A*B	7	38.02 ns	0.020 ns	215665**
Error	64	25.92	519870	519870
CV	--	13.91	3.77	3.77

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns Non significant, * and ** Significance at probability levels of 0.05 and 0.01

با افزایش تنش خشکی (کاهش پتانسیل اسمزی) درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی کاهش یافت اما این کاهش دارای روند ثابتی نبود و با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی توده‌ی مقاوم عکس‌العمل کاهشی شدیدتری را نسبت به توده حساس نشان داد (شکل ۲ الف). به طوری که کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر نسبت به شاهد در تیمارهای ۱-، ۲-، ۴- و ۶- بار در توده مقاوم به ترتیب ۴۵/۷، ۵۶/۸، ۶۳/۰ و ۷۰/۴ درصد و در توده حساس به ترتیب ۲۲/۲، ۳۰/۵، ۴۴/۴ و ۵۶/۹ درصد بود. به‌طورمعمول سرعت جوانه‌زنی به‌صورت خطی با توانایی دسترسی به آب افزایش می‌یابد (Guerke, 2005) و درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش می‌یابد (Grundy *et al.*, 2000). نتایج تحقیقات مختلف کاهش خصوصیات جوانه‌زنی یولاف وحشی را با کاهش پتانسیل اسمزی و در نتیجه تنش خشکی نشان داده است (Vila-Aiub *et al.*, 2009). با افزایش شدت تنش خشکی به ۱/۲- بار شاخص بنیه یولاف وحشی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Ahmadvand *et al.*, 2016). همچنین نتایج تحقیقی نشان داد بیشترین سرعت جوانه‌زنی یولاف وحشی در پتانسیل اسمزی صفر و کمترین آن مربوط به پتانسیل اسمزی ۱- بار بود (Nezami *et al.*, 2017). علاوه بر این در تحقیقی دیگر، تنش خشکی سبب کاهش درصد جوانه‌زنی یولاف وحشی شد (Zand *et al.*, 2011) داده‌های حاصل از این آزمایش نشان داد که از نظر درصد جوانه‌زنی توده حساس یولاف وحشی نسبت به تنش خشکی تحمل

بیشتری در مقایسه با توده مقاوم داشت. این امر نشان‌دهنده حساسیت بیشتر توده مقاوم نسبت به توده حساس یولاف وحشی در تنش خشکی بود. در مطالعه‌ای هزینه شایستگی نسبی در یولاف وحشی زمستانه سبب کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی در توده‌های مقاوم تحت پتانسیل اسمزی مشاهده شد (Rastgoo et al., 2009).



شکل ۲- درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی (ب) و بنیه بذر (پ) توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی تحت تأثیر تنش خشکی
 Figure 2: Germination percentage (a), germination rate (b) and seed vigor (c) of susceptible and resistant wild oat biotypes in different doses of the Clodinafop-propargyl (g ai ha⁻¹)

تأثیر دما بر توده‌های مقاوم و حساس یولاف وحشی

درصد و سرعت جوانه‌زنی در بین بیوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان دادند، اما شاخص بنیه بذر این بیوتیپ‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر در تیمارهای مختلف دمایی تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. علاوه بر این اثر متقابل نوع بیوتیپ (حساسیت و یا مقاومت به علف‌کش) در دماهای مختلف روی صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیشترین بنیه بذور حساس و مقاوم نیز در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. با توجه به منظور کردن طول ریشه‌چه و ساقه چه در محاسبه بنیه بذر، این امر نشان می‌دهد که در دماهای پایین‌تر سرعت رشد ریشه‌چه و ساقه چه کمتر و کندتر بوده و این امر منجر به کاهش بنیه بذر در دماهای پایین‌تر از ۲۰ درجه سلسیوس شد. در حقیقت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه با بنیه

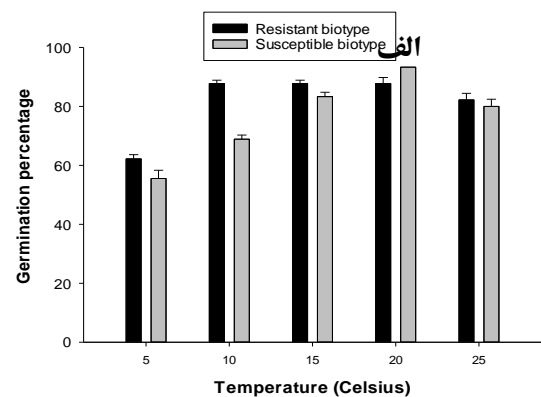
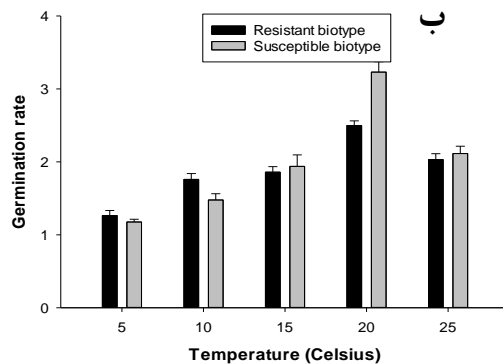
بیشتری صورت گرفت. با توجه به درصد و سرعت جوانه‌زنی بیشتر توده‌های حساس در دماهای بالای ۲۰ درجه سلسیوس (شکل ۳)، به نظر می‌رسد که در صورت کاهش کاربرد علف‌کش این بیوتیپ‌ها بتوانند نسبت به بیوتیپ‌های مقاوم جوانه‌زنی با بنیه بیشتری را داشته و در نهایت اشغال بیشتر فضا را به داشته باشند (شکل ۳ پ).

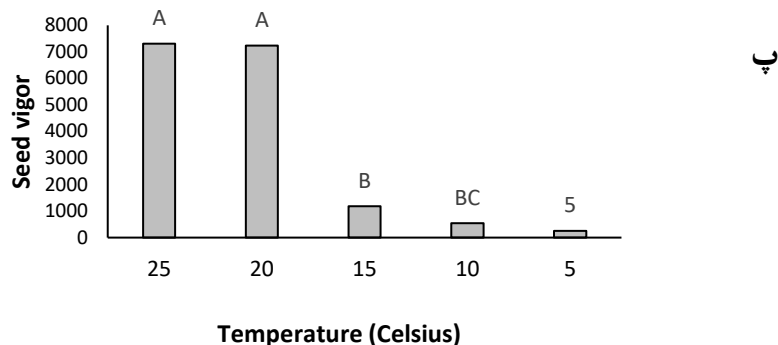
جدول ۴. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف دما (میانگین مربعات) بر خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی
Table 4. Analysis of variance of the impact of different temperature treatments (mean squares) on germination characteristics of susceptible and resistant wild oat biotypes

SOV	df	Germination percent	Germination rate	Seed vigor
Test run (R)	1	11.85 ns	0.10 ns	0.023 ns
Biotype (A)	1	426.88**	0.16**	0.092 ns
Temperature (B)	4	1757.26**	4.49**	5.481**
R*A	1	2.95 ns	0.35**	0.013 ns
R*B	4	2.59 ns	0.04 ns	0.019 ns
A*B	4	235.88**	0.44**	0.030 ns
R*A*B	4	1.11 ns	0.06 ns	0.016 ns
Error	40	22.96	0.05	0.021
CV	--	6.07	11.11	4.64

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns Non significant, * and ** Significance at probability levels of 0.05 and 0.01





شکل ۳- درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی (ب) و بنیه بذر (پ) توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی در دماهای مختلف
 Figure 3 - Germination percentage (a), germination rate (b) and seed vigor (c) of susceptible and resistant wild oat biotypes in different doses of the Clodinafop-propargyl (g ai ha⁻¹)

تأثیر pH بر توده‌های مقاوم و حساس یولاف وحشی

تفاوت معنی‌داری بین توده‌های حساس و مقاوم از نظر سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. علاوه بر این درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر در مقادیر مختلف اسیدیته تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. همچنین اثر متقابل حساسیت توده به علف‌کش و اسیدیته روی سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف اسیدیته (میانگین مربعات) بر خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی

Table 5. Analysis of variance of the impact of different acidity treatments (mean square) on germination characteristics of susceptible and resistant wild oat biotypes

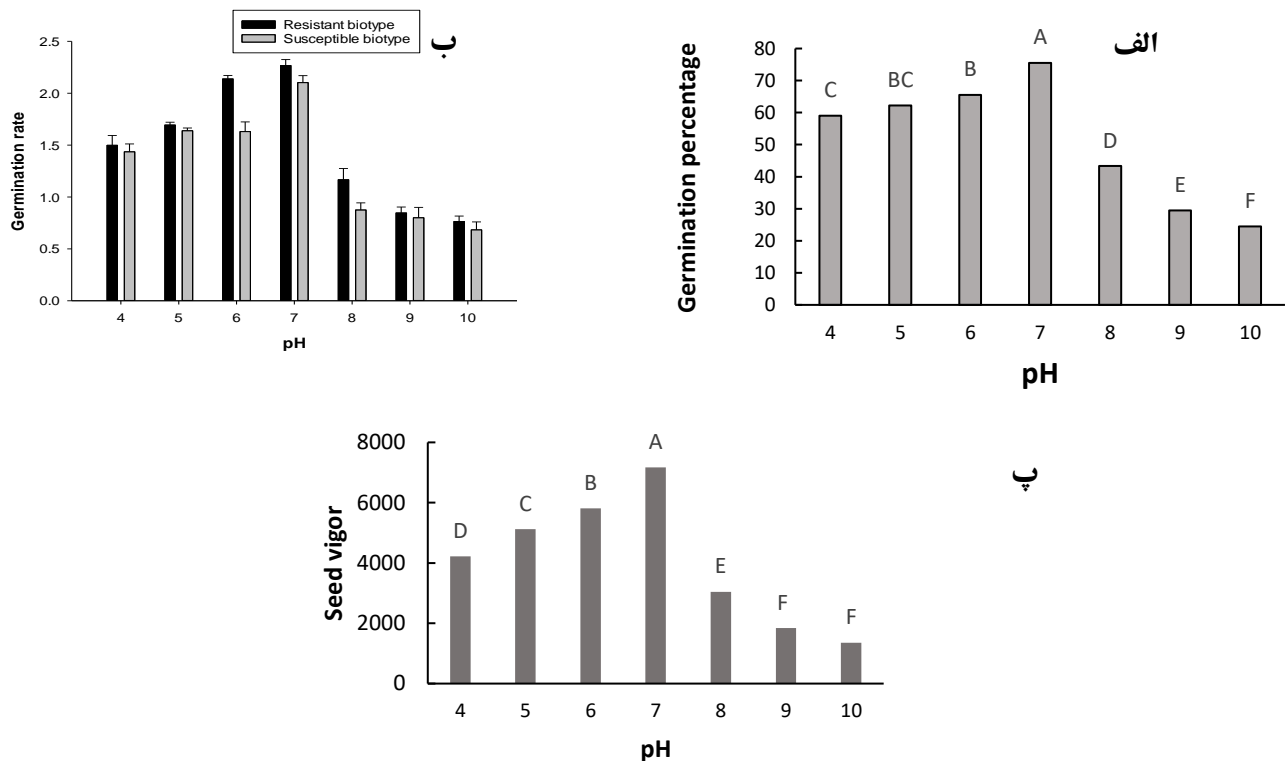
SOV	df	Germination percent	Germination rate	Seed vigor
Test run	1	64.02 ns	0.050 ns	1155421 ns
Biotype (A)	1	0.34 ns	0.625**	127167 ns
pH (B)	6	4464.92**	3.720**	54161088**
R*A	1	4.76 ns	0.33**	2185206*
R*B	6	2.29 ns	0.02 ns	469682 ns
A*B	6	10.96 ns	0.089**	919967 ns
R*A*B	6	4.76 ns	0.07**	1193400*
Error	56	21.62	0.020	402557
CV	--	9.05	10.45	15.54

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns Non significant, * and ** Significance at probability levels of 0.05 and 0.01

با افزایش اسیدیته درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر کاهش پیدا کرد. بیشترین درصد جوانه‌زنی در اسیدیته خنثی (pH=7) و پس از آن در اسیدیته ۶ و ۵ مشاهده شد (شکل ۴). در نتایج قادری فر و همکاران (Ghaderi-far et al., 2013) مشاهده شد اگرچه یولاف وحشی از اسیدیته خنثی تا قلیایی جوانه‌زنی دارد اما اسیدیته بالای ۸ اثر منفی بر جوانه‌زنی آن دارد. همچنین در مطالعه‌ای نشان داده شد، حداکثر جوانه‌زنی چاودار در اسیدیته ۴ تا ۶ اتفاق می‌افتد و با افزایش اسیدیته از درصد جوانه‌زنی کاسته می‌شود. بدور علف پشمکی در اسیدیته ۴ تا ۱۰ بین ۸۹ تا ۷۹ درصد جوانه‌زنی داشتند که با افزایش اسیدیته جوانه‌زنی افزایش یافت

و در اسیدپته بالای ۸ کاهش درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (Ghaderi-far et al., 2013). سرعت جوانه‌زنی بین بیوتیپ‌های حساس و مقاوم به‌خصوص در اسیدپته ۷ و ۶ به‌طور معنی‌داری تفاوت داشت و سرعت جوانه‌زنی بیشتر در مورد توده مقاوم ثبت شد. این امر نشان از سازگاری بیشتر توده مقاوم در خاک‌های منطقه با اسیدپته عموماً بین ۷ تا ۷/۵ است. با این وجود عدم وجود تفاوت معنی‌دار در درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر بین توده‌های حساس و مقاوم نشان می‌دهد که اسیدپته خاک عامل چندان تأثیرگذار در بروز شایستگی این توده‌ها نیست.



شکل ۴- درصد جوانه‌زنی (الف)، سرعت جوانه‌زنی (ب) و بنیه بذر (پ) توده‌های حساس و مقاوم یولاف وحشی تحت تأثیر اسیدپته مختلف Figure 4- Percentage of germination (a), germination rate (b) and seed vigor (c) of susceptible and resistant wild oat biotypes in different doses of the Clodinafop-propargyl (g ai ha⁻¹)

سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از پایانامه دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژی دانشگاه رازی است. در اینجا از حمایت‌های سخت-افزاری این دانشگاه و همچنین کمک‌های مدیریت و کارکنان محترم گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، کمال سپاسگزاری ابراز می‌شود.

منابع

- ADAMCZEWSKI, K., R. KIERZEK and K. MATYSIAK. 2013. Wild oat (*Avena fatua* L.) biotypes resistant to acetolactate synthase and acetyl-CoA carboxylase inhibitors in Poland. *Plant, Soil and Environment* 59, 432-437. DOI: <https://doi.org/10.17221/177/2013-PSE>
- AGRAWAL, A. and K. SAHU. 2006. Kinetic and isotherm studies of cadmium adsorption on manganese nodule residue. *Journal of hazardous materials* 137, 915-924. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.03.039>
- AHMADVAND, M.D.G., J. ALIMORADI and S. GOODARZI. 2016. Germination and seedling growth of wild oat (*Avena ludoviciana* Deuri.) weed to salinity and drought stress. *Iranian Plant Protection Congress*. University Of Tehran, Karaj 22 (In Persian).
- ARMIN, M., G. NOORMOHAMMADI, E. ZAND, M.A. BAGHESTANI and F. DARVISH. 2007. Interference of wild oat (*Avena ludoviciana*) on more and less competitive wheat cultivars: Yield and yield components. *Agroecology Journal* 3, 1-15 (In Persian with English abstract).

- BABINEAU, M., S.K. MATHIASSEN, M. KRISTENSEN and P. KUDSK. 2017. Fitness of ALS-inhibitors herbicide resistant population of loose silky bentgrass (*Apera spica-venti*). *Frontiers in plant science* 8, 1660. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01660>
- BECKIE, H.J., I.M. HEAP, R.J. SMEDA and L.M. HALL. 2000. Screening for herbicide resistance in weeds. *Weed technology* 14, 428-445. DOI: [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0428:SFHRIW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0428:SFHRIW]2.0.CO;2)
- BENAKASHANI, F., E. ZAND, M.R. NAGHAVI and H.R. SASANFAR. 2014. Mutations in Acetyl-CoA Carboxylase Enzyme, Mechanism of Cross Resistance in Wild Oat (*Avena ludoviciana* Deuri) (Biotypes to ACCase Inhibitor Herbicides). *Iranian Journal of Weed Science* 10, 179-190 (In Persian with English abstract).
- CHAUHAN, B.S. 2012. Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. *Weed Technology* 26, 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00105.1>
- CIRUJEDA, A., J. RECASENS and A. TABERNER. 2001. A qualitative quick-test for detection of herbicide resistance to tribenuron-methyl in *Papaver rhoeas*. *Weed Research* 41, 523-534. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00255.x>
- CRUZ-HIPOLITO, H., P. FERNANDEZ, R. ALCANTARA, J. GHEREKHLOO, M.D. OSUNA and R. DE PRADO. 2015. Ile-1781-Leu and Asp-2078-Gly mutations in ACCase gene, endow cross-resistance to APP, CHD, and PPZ in *Phalaris minor* from Mexico. *International Journal of Molecular Sciences* 16, 21363-21377. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms160921363>
- DATTA, K. and J. DAYAL. 1991. Studies on germination and early seedling growth of gram (*Cicer arietinum* L.) as affected by salinity. *New Trends in Plant Physiology* 1, 273-276.
- DELYE, C. 2005. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: an update. *Weed Science* 53, 728-746. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-203R.1>
- DELYE, C. 2013. Unravelling the genetic bases of non-target-site-based resistance (NTSR) to herbicides: a major challenge for weed science in the forthcoming decade. *Pest management science* 69, 176-187. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3318>
- DELYE, C., M. JASIENIUK and V. LE CORRE. 2013. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics* , 29, 649-658. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tig.2013.06.001>
- FORCELLA, F., K. ERADAT-OSKOUI and S.W. WAGNER. 1993. Application of weed seedbank ecology to low-input crop management. *Ecological Applications* 3, 74-83. DOI: <https://doi.org/10.2307/1941793>
- FOROZESH, S., S. BALAGHI and H. ALIZADEH. 2018. The Influence of Light, Temperature and Seed Coat on Germination of Different Populations of Wild Oats (*Avena ludoviciana*). *Iranian Journal of Weed Science* 14, 71-81 (In Persian with English abstract). DOI: <https://doi.org/10.22092/ijws.2018.1401.07>
- GASSMANN, A. and D. FUTUYMA. 2005. Consequence of herbivory for the fitness cost of herbicide resistance: photosynthetic variation in the context of plant-herbivore interactions. *Journal of evolutionary biology* 18, 447-454. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2004.00819.x>
- GHADERI-FAR, F., S.M. ALIMAGHAM, M.H. REZAEI and M. HAGHIGHI. 2013. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rye (*Secale cereale* L.) as a volunteer plant in wheat fields (In Persian).
- GHARAKHLOU, J., M.M. RASHED, M. NASIRI MAHALLATI, E. ZAND, A. GHANBARI, M.D. OSUNA and R. DE PRADO. 2008. Seed bioassay and ACCase enzyme assay to study the resistance of *Phalaris minor* to aryloxyphenoxy-propionate (APP) inhibitors. *Environmental Sciences* 4, 43-52. DOI:
- GOSS, G.A. and W.E. DYER. 2003. Physiological characterization of auxinic herbicide-resistant biotypes of kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Science* 51, 839-844. DOI: <https://doi.org/10.1614/P2002-164>
- GRUNDY, A., K. PHELPS, R. READER and S. BURSTON. 2000. Modelling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. *New Phytologist* 148, 433-444. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00778.x>
- GUERKE, W.R. 2005. Evaluating Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Seed Vigor. *Seed Technology* 27, 121-126.
- JONES, R.E. and R.W. MEDD. 2000. Economic thresholds and the case for longer term approaches to population management of weeds. *Weed Technology* 14, 337-350. DOI: [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0337:ETATCF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0337:ETATCF]2.0.CO;2)
- JURADO-EXPÓSITO, M., F. LÓPEZ-GRANADOS, J. PEÑA-BARRAGÁN and L. GARCÍA-TORRES. 2009. A digital elevation model to aid geostatistical mapping of weeds in sunflower crops. *Agronomy for sustainable development* 29, 391-400. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro:2008045>
- LEHNHOFF, E.A., B.K. KEITH, W.E. DYER, R.K. PETERSON and F. MENALLED. 2013. Multiple herbicide resistance in wild oat and impacts on physiology, germinability, and seed production. *Agronomy Journal* 105, 854-862. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0428>
- MAXWELL, B.D., M.L. ROUSH and S.R. RADOSEVICH. 1990. Predicting the evolution and dynamics of herbicide resistance in weed populations. *Weed technology* 4, 2-13. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X0002488X>
- MENALLED, F. and R. SMITH. 2007. Competitiveness of herbicide-resistant and herbicide-susceptible kochia (*Kochia scoparia* (L. Schrad.) under contrasting management practises. *Weed Biology and Management* 7, 115-119. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2007.00244.x>
- MICHEL, B.E. and M.R. KAUFMANN. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant physiology*. 51, 914-916. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914>
- MONTAZERI, M., E. ZAND and M. BAGHESTANI. 2005. Weeds and their control in wheat fields of Iran. *Agricultural Research and Education Organization Press, Tehran*, 85.

- NEZAMI, A., H.R. KHAZAIE, A.R. BARJASTEH and E. ZAND. 2017. Effect of drought stress and maternal growth conditions on germination and seedling growth of wild oat (*Avena ludoviciana*). *Seed Science and Technology* 6, 235-246 (In Persian with English abstract). DOI: <https://doi.org/10.22034/ijst.2017.113942>
- NOSRATTI, I., S. AMIRI, A. BAGHERI and B.S. CHAUHAN. 2018. Environmental Factors Affecting Seed Germination and Seedling Emergence of Foxtail Sophora (*Sophora alopecuroides*). *Weed Science* 66: 71-77. DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.35>
- PARK, K.W. and C.A. MALLORY-SMITH. 2005. Multiple herbicide resistance in downy brome (*Bromus tectorum*) and its impact on fitness. *Weed Science* 53, 780-786. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-05-006R1.1>
- PARK, K.W., C.A. MALLORY-SMITH, D.A. BALL and G.W. MUELLER-WARRANT. 2004. Ecological fitness of acetolactate synthase inhibitor-resistant and-susceptible downy brome (*Bromus tectorum*) biotypes. *Weed Science* , 52, 768-773. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-081R>
- RASTGOO, M., M. RASHED MOHASSEL, E. ZAND and M. NASIRI MAHALLATI. 2009. Seed bioassay to detect wild oat (*Avena ludoviciana* Dur.) resistant to clodinafop-propargyl in Khuzestan wheat fields. 7, 421-430 (In Persian with English abstract).
- RITZ, C., and J. STREIBIG. 2005. Bioassay Analysis using R. *Journal of Statistical Software*12: 1-22. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v012.i05>
- SALIMI, H. and M. GHORBANALI. 2001. A study on seed germination of *Avena ludoviciana* and the effective factors in seed dormancy breaking. *Rostaniha* 2, 41-55 (In Persian with English abstract).
- SAMEDANI, B. and Baghestani, .M. A. 2005. Comparison of allelopathic activity of different *Artemisia* species on seed germination rate and seedling growth of *Avena ludoviciana*. 68, 69-74 (In Persian).
- SASANFAR, H., E. ZAND, M.A. BAGHESTANI, M.J. MIRHADI and M.B. MESGARAN. 2017. Cross-resistance patterns of winter wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to ACCase inhibitor herbicides. *Phytoparasitica* 45, 419-428. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-017-0587-9>
- SASANFAR, H.R., E. ZAND, M.A. BAGHESTANI and M.J. MIRHADI. 2009. Resistance of Wild Oat (*Avena Ludoviciana*) Populations to Clodinafop Propargyl Herbicide in Fars Province. *Environmental Sciences* 7, 109-118 (In Persian with English abstract).
- SCHAEDLER, C., J. NOLDIN, D. AGOSTINETTO, T. DAL MAGRO and L. FONTANA. 2013. Germination and growth of *Fimbristylis miliacea* biotypes resistant and susceptible to acetolactate synthase-inhibiting herbicides. *Planta Daninha* 31, 687-694. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300020>
- SIBONY, M. and B. RUBIN. 2003. The ecological fitness of ALS-resistant *Amaranthus retroflexus* and multiple-resistant *Amaranthus blitoides*. *Weed Research* 43, 40-47. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00315.x>
- TANG, W., X. XU, G. SHEN and J. CHEN. 2015. Effect of environmental factors on germination and emergence of aryloxyphenoxy propanoate herbicide-resistant and-susceptible Asia minor bluegrass (*Polypogon fugax*). *Weed Science* 63, 669-675. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00156.1>
- VANGESSEL, M.J. and K.A. RENNER. 1990. Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) interference in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Weed Science* 38, 338-343. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043174500056642>
- VASHISTH, A. and S. NAGARAJAN. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. *Journal of plant physiology* 167, 149-156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.08.011>
- VILA-AIUB, M., P. NEVE, K. STEADMAN and S. POWLES. 2005. Ecological fitness of a multiple herbicide-resistant *Lolium rigidum* population: dynamics of seed germination and seedling emergence of resistant and susceptible phenotypes. *Journal of Applied Ecology* 42, 288-298. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01017.x>
- VILA-AIUB, M.M., P. NEVE and S.B. POWLES. 2009. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. *New Phytologist* 18 , 751-767. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03055.x>
- WANG, P., B. MO, Z. LONG, S. FAN, H. WANG and L. WANG. 2016. Factors affecting seed germination and emergence of *Sophora davidii*. *Industrial Crops and Products* 87, 261-265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.053>
- YANNICCARI, M., M. VILA-AIUB, C. ISTILART, H. ACCIARESI and A.M. CASTRO. 2016. Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) is associated with a fitness penalty. *Weed Science* 64, 71-79. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00065.1>
- ZAND, E., A. RAZMI, F. BENAKASHANI, F. NAZARI and M. RASTGOO. 2011. Comparison of Resistance of Grass Weeds to Clodinafop-Propargyl Using Glass-House and Molecular Methods. *Iranian Journal of Weed Science* 6, 11-23 (In Persian with English abstract).