مجله پژوهش علف‌های هرز
جلد ۸، شماره ۲، ۱۳۹۵
صفحات ۳۳-۱۵

بررسی قدرت جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی بیوتیپ‌های خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) مقاوم و حساس به بازدارنده‌های استولاکتات سنتتاز در شرایط مختلف محیطی

Study the Vigour and Early Growth of Resistant and Susceptible Biotypes of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) to Acetolactate Synthase Inhibitors Under Different Environmental Conditions

سمانه متقی[1*]، خداداد مصطفوی[2]، امید لطفی‌فر[3]، سید مهدی میرطاهری[4]

چکیده:

به منظور بررسی اثر دما و تنش‌های شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی بیوتیپ‌های خردل وحشی حساس و مقاوم به بازدانده‌های استولاکتات سنتتاز جمع‌آوری شده از سه استان خوزستان، گلستان و کرمانشاه، سه آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و در چهار تکرار انجام گرفت. سطوح مختلف تنش خشکی و شوری شامل پتانسیل‌های صفر (شاهد)، ۳-، ٦-، ۹-، ۱۲- بار بود که به منظور ایجاد آن‌ها به ترتیب از دو ماده پلی‌اتیلن‌گلایکول و کلرید سدیم استفاده شد. درجه حرات‌های مورد آزمون نیز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین در هر سه آزمایش عامل دوم بیوتیپ‌های خردل وحشی شامل سه بیوتیپ حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) و مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و صفات اندازه‌گیری شده عبارت بودند از درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص بنیه گیاهچه. نتایج نشان داد که تنش خشکی و شوری سبب کاهش قدرت جوانه‌زنی و رشد اولیه بیوتیپ‌های خردل گردید ولی این کاهش در مورد بیوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. مناسب‌ترین درجه حرارت برای کلیه بیوتیپ‌ها ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. در شرایط رشد مختلف در مورد استان گلستان اختلاف بیوتیپ‌های حساس و مقاوم معنی‌دار نبود ولی در مورد بیوتیپ‌های استان خوزستان، بیوتیپ مقاوم نسبت به بیوتیپ حساس قدرت جوانه‌زنی پایین‌تری داشت و در مورد بیوتیپ‌های استان کرمانشاه بیوتیپ حساس نه تنها نسبت به بیوتیپ مقاوم قدرت جوانه‌زنی بالاتری نداشت که در برخی سطوح تیمارهای مورد آزمایش، بیوتیپ‌های مقاوم توان جوانه‌زنی بالاتری داشتند. بر این اساس بیوتیپ مقاوم استان گلستان به دلیل عدم اختلاف قدرت جوانه‌زنی با بیوتیپ حساس و بیوتیپ مقاوم استان کرمانشاه به دلیل رشد اولیه عمدتا بالاتر نسبت به بیوتیپ حساس می‌توانند در رقابت با بیوتیپ‌های حساس و گیاه زراعی جوانه‌زنی بهتر و سریعتر داشته و بایستی به دنبال علف‌کش‌هایی غیر از خانواده ALS و یا راهکار غیرشیمیایی برای کنترل با آن‌ها بود.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، تنش شوری، درجه حرارت، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۱

۱- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران.
۳- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۴- باشگاه پژوهشگران جوان واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی،کرج، ایران
*- مکاتبه کننده: E- mail: samanehmottaghi@yahoo.com

مقدمه

یکی از مهم ترین عوامل تأثیرگذار در کاهش کمیت و کیفیت گندم کشور، خسارت علف‌های هرز و عدم مدیریت صحیح پیشگیری و کنترل آن‌ها می باشد که در ایران این خسارت به صورت میانگین ۲۳ درصد گزارش شده است (Zand *et al*., 2008). بر اساس گزارش مین-باشی و همکاران (Minbashi *et al*., 2008) در بین علف‌های هرز پهن‌برگ مشکل‌ساز مزارع گندم، خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) در رتبه سومین گونه مشکل‌ساز قرار دارد. جوانه‌زنی سریع در پاییز و تحت شرایط سرما و رشد سریع آن در ابتدای بهار باعث افزایش توان رقابتی این گیاه در محصولات مذکور می‌گردد. در اکثر مناطق دنیا، پایداری بانک بذر، قدرت رقابتی بالا، زادآوری زیاد و مقاومت به علف‌کش‌ها، از مهمترین مشکلات کنترل خردل وحشی به شمار می‌رود.

در زراعت گندم عملیات وجین معمول نیست و روش‌های مکانیکی مبارزه با علف‌های هرز نیز کارایی ندارد، بنابراین کنترل شیمیایی موثرترین و رایج‌ترین روش مبارزه با علف‌های هرز در گندم‌زارها به حساب می‌آیند (Retrum and Forcella, 2002). با این حال استفاده مکرر و غیر اصولی از علف‌کش‌ها با نحوه عمل یکسان سبب بروز پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها شده است (Powles and Yu, 2010) که بر اساس تعریف ارائه شده از سوی انجمن علوم علف‌های هرز آمریکا[1] عبارت است از توانایی ذاتی یک گیاه برای بقاء و تولید مثل پس از قرارگیری در معرض دزی از علف‌کش که در شرایط عادی برای گونه‌های حساس کشنده است. تا کنون ۴۸۰ بیوتیپ علف‌هرز از ۲۵۲ گونه، شامل ۱۴۷ گونه دو لپه و ۱۰۵ گونه تک لپه در ۹۱ گیاه زراعی از ۶۷ کشور جهان به علف‌کش‌ها مقاوم شدهاند (Heap, 2017).

از جمله گروه‌های علف‌کش پرکاربرد در سیستم تولید گندم که بالاترین میزان مقاومت به آن دیده می‌شود، بازدارنده‌های استولاکتات می‌باشد به‌طوری‌که تا کنون ۱۵۶ گونه مقاوم به این خانواده گزارش شده است (Heap, 2015).

یکی از راه‌های مبارزه با بیوتیپ‌های مقاوم علف‌های هرز، ارزیابی شایستگی[2] نسبی آن‌ها نسبت به بیوتیپ‌های حساس و استفاده از آن در مدیریت بیوتیپ‌های مقاوم است (Jordan *et al*.,1999). منظور از شایستگی توانایی استقرار، بقاء و زادآوری موفقیت‌آمیز علف‌های هرز در صورت عدم کاربرد علف‌کش است (Anderson *et al*.,1996). در اغلب موارد زمانی که در یک ژن کدگذار آنزیم یا پروتئین که در زنده ماندن گیاه نقش اساسی ایفا می‌کند، جهش رخ می‌دهد، سبب می‌گردد تا در غیاب کاربرد علف‌کش گیاه مقاوم نسبت به گیاه حساس شایستگی پایین‌تری داشته باشد (Jasieniuk *et al*.,1996). این هزینه‌های شایستگی میتواند از تثبیت آلل‌های جدید جلوگیری و به بقاء آلل‌های مختلف در یک مکان ژنی در جوامع کمک کند (Tian *et al*., 2003). اما برخی از آلل‌های[3] مقاوم به علف‌کش‌ها اثرات قابل مشاهده‌ای روی شایستگی ندارند که سبب گسترش علف‌هرز مقاوم در مزرعه و بی‌اثر شدن کنترل شیمیایی می‌گردد (Vila-Aiub *et al*.,2009). درک نتایج شایستگی حاصل از آلل‌های مقاوم به علف‌کش در شرایط حضور و عدم حضور علف‌کش برای پیش‌بینی سیر تکاملی مقاومت به علف‌کش، مهم است (Neve *et al*., 2003).

---

۱. WSSA

۲. Fitness

۳. Allele

همچنین این موضوع در درک راه‌کارهایی که بتوان به‌وسیله آن‌ها مقاومت را مدیریت کرد، تاثیر می‌گذارد (Walsh and Powles, 2007؛ Friesen *et al*.,2000). بیان و مقدار هزینه‌های شایستگی تحت تاثیر عوامل محیطی زنده و غیر زنده و ژنتیک قرار می‌گیرد (Vila-Aiub *et al*.,2009).

به منظورآگاهی از زمان مناسب کنترل مکانیکی و بیولوژیک علف‌های هرز، همچنین توسعه مدل‌های شبیه‌سازی مورد استفاده در سیستم‌های کنترل تلفیقی آفات، قابلیت پیش‌بینی زمان و میزان جوانه زنی بذر های این گیاهان امری ضروری به نظر می‌رسد (Masin *et al*., 2005؛ Martinson *et al*., 2007؛ Schutte *et al*., 2008؛ Gulden*et al*., 2003؛ Batlla and Benech-Arnold, 2007).

مرحله جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه از مراحل بحرانی و مهم در چرخه زندگی گیاه است و نقش مهمی در تعیین استقرار موفقیت آمیز آن در یک اکوسیستم کشاورزی دارد (Windaueret *et al*., 2007). فرآیند جوانه‌زنی نیز به وسیله چند عامل محیطی از جمله شوری، رطوبت و دما تنظیم می‌گردد (Chachalis and Reddy 2000; Kogeret *et al*., 2004). بسیاری از محققین پتانسیل آب محیط را اساسی‌ترین یا مهمترین پارامتر در جذب آب و آماس بذر و با توجه به نیاز بذر هر گیاه به آماس و جذب آب برای جوانه‌زنی، مهمترین عامل در جوانه‌زنی دانسته‌اند (Hadas, 1997). تنش خشکی می‌تواند بر قدرت رقابت علف‌های هرز مؤثر باشد (Bairet *et al*., 2006) به طور معمول سرعت جوانه‌زنی به‌صورت خطی با قابلیت دسترسی به آب افزایش می‌یابد (Guerke *et al*., 2004) و درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش می‌یابد (Grundy *et al*., 2000) شوری نیز که بیش از ۶ درصد اراضی دنیا را بر گرفته است جزو مهمترین عوامل در محدودیت جوانه‌زنی گیاهان است چرا که با کاهش قابلیت دسترسی بذر به آب، از طریق کاهش پتانسیل آب و تداخل در برخی جنبه‌های متابولیزم، همانند تغییر موازنه‌ی تنظیم کننده‌های رشد، از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کند (Khan and Ungar, 2011) تأثیرمنفی شوری و خشکی بر جوانه‌زنی بسیاری از علف‌های هرز توسط محققین دیگر به اثبات رسیده است. (Abin and Eslami, 2009؛ Chauhan *et al*., 2006؛ Mojab *et al*., 2010 و Mojab and Zamani, 2010).

هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات سنتتاز بر رشد اولیه و قدرت جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی تحت تنش‌های مختلف محیطی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سه مرحله انجام شد. بیوتیپ‌های استفاده شده در این آزمایش شامل بیوتیپ‌های خردل حساس (سه بیوتیپ G_9، Kh_3 و Ker-1) و مقاوم (سه بیوتیپ G_3، Kh_5 و Ker-2) به بازدارنده‌های استولاکتات سنتتاز جمع‌آوری شده از مزارع گندم سه استان گلستان، خوزستان و کرمانشاه بود. بیوتیپ‌های حساس از مزارعی جمع‌آوری شده بودند که در آن از علف‌کش‌های بازدارنده ALS استفاده نشده بود. همچنین برای انتخاب بیوتیپ‌های مقاوم، ابتدا از مزارعی که در آن‌ها کشاورزان از کنترل خردل وحشی توسط بازدارنده‌های ALS ناراضی بودند برداشت بذر خردل انجام گرفت. در مرحله بعد بیوتیپ‌های مقاوم و حساس جمع‌آوری شده از سه استان مذکور تحت تاثیر سه علف‌کش بازدارنده ALS شامل سه علف‌کش تری‌بنورون‌متیل (گرانستار)، مت‌سولفورون‌متیل+ سولفوسولفورون (توتال) و مزوسولفورون‌متیل+مفن‌پایر (آتلانتیس)، طبق دز توصیه شده قرار گرفتند و در نهایت

میزان مقاومت بیوتیپ‌هایی که نسبت به علف‌کش‌های مورد استفاده مقاوم بودند، با استفاده از آزمون دز-پاسخ تعیین و از هر استان یک بیوتیپ مقاوم و یک بیوتیپ حساس انتخاب شد (Lotfifar *et al.*, 2013).

جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری

این بخش آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول بیوتیپ‌های مقاوم و حساس خردل وحشی و فاکتور دوم سطوح متفاوت پتانسیل رطوبتی ایجاد شده با استفاده از NaCl شامل صفر، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار بود. جهت ایجاد پتانسیل‌های مذکور از حل کردن به ترتیب ۳/۵، ۷/۱، ۱۰/۶ و ۱۴/۲ گرم NaCl در لیتر استفاده گردید (Coons *et al.*, 1990). کشت در پتری‌های ۹ سانتی‌متری با بستر کاغذ صافی دو لایه انجام و در هر پتری ۲۵ بذر کشت گردید. جهت جلوگیری از تبخیر و کاهش پتانسیل و جلوگیری از ایجاد خطا، پتریدیش‌ها با استفاده از پارافیلم به صورت کامل عایق شدند و در اتاقک جوانه‌زنی با دمای ۲۰ درجه‌سانتی‌گراد قرار گرفتند. شمارش به صورت روزانه ادامه یافت و در پایان روز ۱۴ درصد جوانه‌زنی و طول گیاه‌چه اندازه‌گیری و سپس با استفاده از روابط زیر شاخص بنیه گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی محاسبه گردید.

$$VI = \frac{\%GR \times SL}{100}$$

که در آن VI: شاخص بنیه گیاهچه، GR: درصد جوانه‌زنی، SL: طول گیاهچه بودند.

$$GR = x_1/y_1 + (x_1 + x_2)/y_1 + \cdots + (x_n - x_{n-1})/y_n$$

که در آن GR: سرعت جوانه‌زنی، x_1 تا x_n: درصد بذر جوانه‌زده در شمارش یکم تا n ام و y_1 تا y_n: زمان از ابتدای کاشت تا شمارش n ام بودند.

جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی

در این بخش آزمایش نیز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتور اول بیوتیپ‌های مقاوم و حساس خردل وحشی و فاکتور دوم پتانسیل‌های مختلف رطوبتی شامل صفر، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار بود که به ترتیب با استفاده از ۱۵۱/۴، ۲۲۳/۶، ۲۷۹/۳ و ۳۲۶/۲ گرم پلی‌اتیلن گلایکول در لیتر ایجاد شد (Li *et al.*, 2011). شرایط کشت و صفات اندازه‌گیری شده در این مرحله همانند مرحله تنش خشکی بود.

جوانه‌زنی در درجه حرارت‌های مختلف

در این بخش آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با ۴ تکرار ۲۵ بذری اجرا گردید. فاکتور اول بیوتیپ‌های مقاوم و حساس خردل وحشی و فاکتور دوم شامل ۷ درجه حرارت جوانه زنی از ۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد با اختلاف ۵ درجه‌ای (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) بود. شرایط کشت و صفات اندازه‌گیری شده در این مرحله نیز همانند مرحله تنش خشکی بود.

محاسبات آماری و مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9) انجام شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تنش شوری

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده بیوتیپ خردل وحشی و سطح تنش شوری و همچنین اثر متقابل این دو در سطح احتمال یک درصد بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در مرحله جوانه‌زنی شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه و طول گیاهچه معنی‌دار گردید.

درصد جوانه‌زنی

نتایج نشان می‌دهد درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های مختلف با کاهش پتانسیل رطوبتی کاهش یافت ولی واکنش بیوتیپ‌های مختلف به افزایش تنش شوری متفاوت بود. مقایسه میانگین بیوتیپ‌های حساس و مقاوم سه استان مورد مطالعه نشان داد که در استان گلستان، بیوتیپ حساس G9 نسبت به بیوتیپ مقاوم G3 تنها در پتانسیل‌های ۳- و صفر بار به صورت معنی‌دار از نظر درصد جوانه‌زنی برتری داشت ولی در سایر سطوح تنش اختلاف بین این دو بیوتیپ معنی‌دار نگردید (شکل ۱). در مورد بیوتیپ‌های استان خوزستان نتایج حاکی از برتری معنی‌دار بیوتیپ حساس Kh3 نسبت به بیوتیپ مقاوم Kh5 در تمامی سطوح تنش شوری به استثنای پتانسیل ۱۲- بار بود اما در پتانسیل ۱۲- اختلاف بین دو بیوتیپ معنی‌دار نگردید (شکل ۱). اما مقایسه درصد جوانه‌زنی دو بیوتیپ مقاوم Ker-2 و حساس Ker-1 نشان می‌دهد که این دو بیوتیپ در تمامی سطوح تنش شوری به جز پتانسیل ۱۲- بار با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند و تنها در پتانسیل ۱۲- بار درصد جوانه‌زنی بیوتیپ مقاوم Ker-2 به صورت معنی‌دار بالاتر از بیوتیپ حساس Ker-1 بود (شکل ۱).

سرعت جوانه‌زنی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، کاهش پتانسیل رطوبتی که در اثر افزایش میزان NaCl اتفاق افتاد، سبب کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی گردید. در دو استان خوزستان و گلستان، بیوتیپ‌های مقاوم G3 و Kh5 نسبت به بیوتیپ-های حساس این دو استان که به ترتیب G9 و Kh5 بودند، در تمامی پتانسیل‌های رطوبتی حاصل از NaCl، بیوتیپ-های حساس به صورت معنی‌دار برتری داشتند ولی در استان کرمانشاه بیوتیپ حساس Ker-2 نسبت به بیوتیپ مقاوم Ker-1 تقریبا در تمامی سطوح پتانسیل رطوبتی (به استثنای پتانسیل۹- بار) سرعت جوانه‌زنی بالاتری به خود اختصاص داد (شکل ۲).

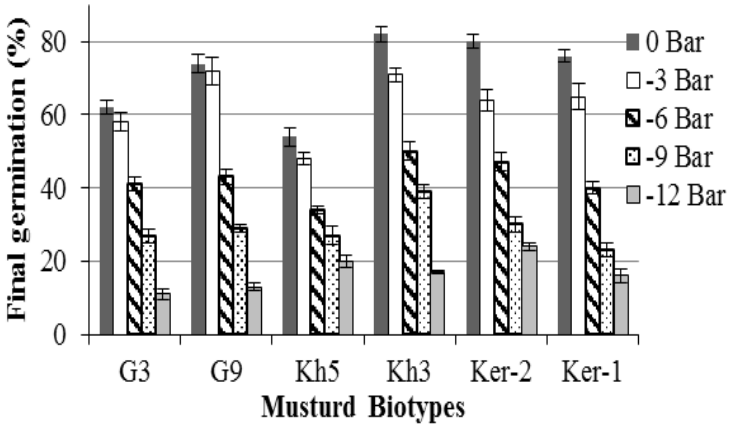
طول گیاهچه

طول گیاهچه نیز با افزایش سطح شوری با کاهش معنی‌دار مواجه گردید. بر اساس نتایج مقایسه میانگین طول گیاهچه در بیوتیپ مقاوم استان گلستان (G9) نسبت به بیوتیپ حساس این استان (G3) در هیچ یک از پتانسیل‌ها برتری معنی‌دار نداشت. اما در مورد بیوتیپ‌های استان خوزستان، اختلاف بین بیوتیپ حساس و مقاوم تنها در پتانسیل ۳- بار معنی‌دار نبود و در سایر پتانسیل‌ها بیوتیپ حساس نسبت به بیوتیپ مقاوم به صورت معنی‌دار برتری داشت. در مورد بیوتیپ‌های استان کرمانشاه اختلاف دو بیوتیپ حساس و مقاوم تنها در پتانسیل صفر معنی‌دار نبود ولی در سایر پتانسیل‌های حاصل از NaCl، بیوتیپ حساس Ker-1 نسبت به بیوتیپ مقاوم Ker-2 طول گیاهچه پایین-تری ایجاد نمود (شکل ۳).

شاخص بنیه گیاهچه

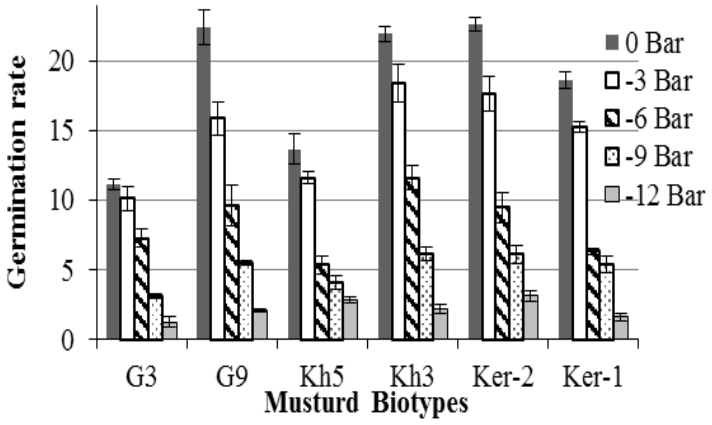
با توجه به این‌که شاخص بنیه گیاهچه از حاصل‌ضرب دو عامل درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه به دست می‌آید، اثر تنش شوری بر کاهش شاخص بنیه گیاهچه شدیدتر بود. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف دو بیوتیپ مقاوم G3 و حساس G9 در پتانسیل‌های صفر و ۳- معنی‌دار که در آن‌ها بیوتیپ مقاوم دارای شاخص بنیه گیاهچه بالاتری بود اما در سایر پتانسیل‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید. در مورد بیوتیپ‌های استان خوزستان نتایج حاکی است که در تمامی پتانسیل‌ها به استثنای ۱۲- بار، که اختلاف معنی دار مشاهده نگردید، در سایر سطوح تنش شوری بیوتیپ مقاوم این استان یعنی Kh5 نسبت به بیوتیپ حساس Kh3، شاخص بنیه گیاهچه‌ی پایین‌تری داشت و در نهایت نتایج مربوط به

شاخص بنیه گیاهچه‌ی بیوتیپ‌های استان کرمانشاه حاکی از برتری بیوتیپ مقاوم Ker-2 نسبت به بیوتیپ حساس Ker-1 در پتانسیل‌های ۶-، ۹- و ۱۲- بار بود ولی در پتانسیل‌های صفر و ۳- بار اختلاف معنی‌دار بین بیوتیپ‌های شاهد و مقاوم این استان مشاهده نشد (شکل ۴).



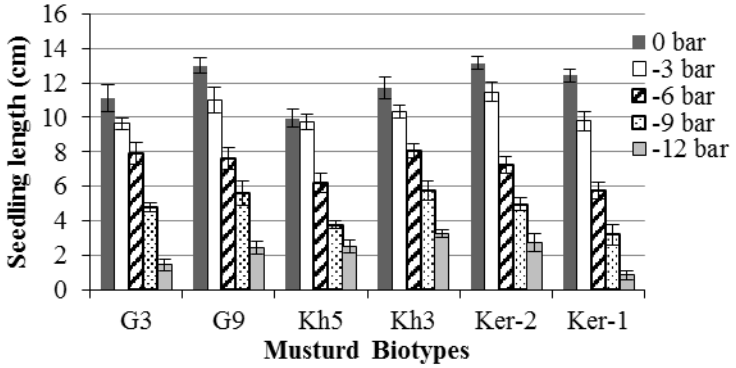
شکل ۱- مقایسه درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش شوری ایجاد شده توسط NaCl

Fig 1- Mean comparison of Final germination of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under salt stress condition caused by NaCl (Bars on column are standard error (SE).



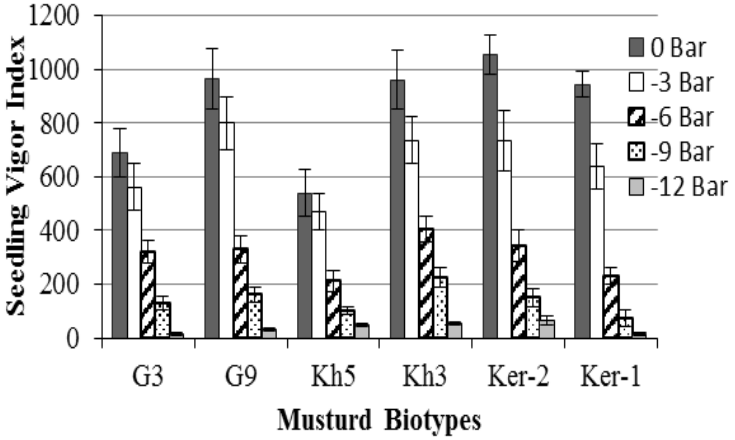
شکل ۲- مقایسه سرعت جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش شوری ایجاد شده توسط NaCl

Fig 2- Mean comparison of germination rate of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under salt stress condition caused by NaCl (Bars on column are standard error (SE).



شکل ۳- مقایسه طول گیاهچه بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش شوری ایجاد شده توسط NaCl

Fig 3- Mean comparison of seedling length of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under salt stress condition caused by NaCl (Bars on column are standard error (SE).



شکل ۴- مقایسه شاخص بنیه گیاهچه بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش شوری ایجاد شده توسط NaCl

Fig 4- Mean comparison of Seedling Vigor Index of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under salt stress condition caused by NaCl (Bars on column are standard error (SE).

جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده بیوتیپ و تنش خشکی و اثر متقابل این دو تیمار بر کلیه صفات اندازه-گیری شده شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص بنیه گیاهچه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود.

درصد جوانه‌زنی

بر اساس نتایج مقاومت بیوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی نسبت به تنش خشکی با یکدیگر متفاوت بوده است که بر این اساس بیوتیپ مقاوم Kh5 دارای بالاترین و بیوتیپ Ker-2 دارای پایین‌ترین مقاومت به تنش خشکی بودند. نکته قابل ذکر این‌که با توجه به عدم جوانه‌زنی بیوتیپ‌های مورد آزمایش در پتانسیل ۱۲- بار

ایجاد شده توسط PEG، نتایج مربوط به میانگین پتانسیل‌های صفر تا ۹- بار در این بخش آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد درصد جوانه‌زنی بین دو بیوتیپ G3 و G9 (به ترتیب مقاوم و حساس به بازدارنده‌های ALS) در دو پتانسیل ۳- و ۶- بار معنی‌دار نبود ولی در دو پتانسیل صفر و ۹- بار درصد جوانه‌زنی بیوتیپ مقاوم G3 به صورت معنی‌دار از بیوتیپ G9 بالاتر بود. در مورد بیوتیپ‌های استان خوزستان نیز بیوتیپ مقاوم Kh5 نسبت به بیوتیپ حساس Kh3 در سه پتانسیل صفر، ۳- و -۹ بار درصد جوانه‌زنی پایین‌تری داشت ولی در پتانسیل ۶- بار اختلاف بین دو بیوتیپ معنی‌دار نبود. بررسی بیوتیپ‌های استان کرمانشاه نیز نشان داد که اختلاف بین دو بیوتیپ مقاوم و حساس در پتانسیل صفر، ۳- و ۶- بار معنی‌دار نبود و تنها در پتانسیل ۹- بار بیوتیپ مقاوم Kr-2 نسبت به بیوتیپ حساس Kr-1 برتری معنی‌دار داشت (شکل ۵).

سرعت جوانه‌زنی

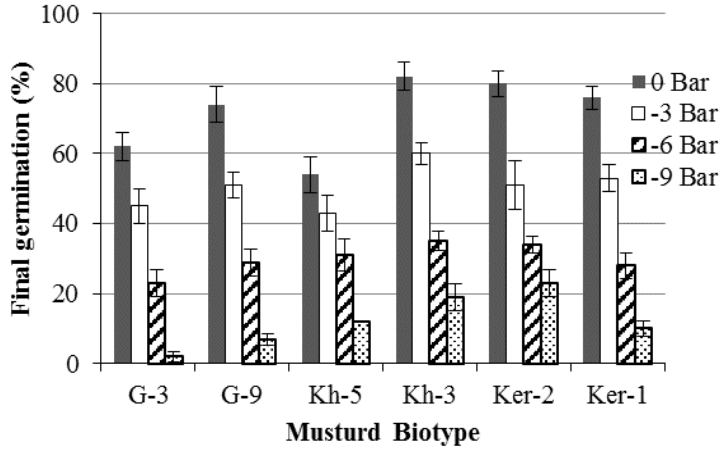
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مورد بیوتیپ‌های استان‌های خوزستان و گلستان در تمامی پتانسیل‌های رطوبتی مورد آزمایش دو بیوتیپ مقاوم G9 و Kh3 به ترتیب نسبت به دو بیوتیپ حساس G3 و Kh5 به صورت معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بالاتری داشتند. اما در مورد بیوتیپ‌های استان گلستان نتایج حاکی از سرعت جوانه‌زنی بالاتر بیوتیپ مقاوم Ker-2 نسبت به بیوتیپ حساس Ker-1 بود (شکل ۶).

طول گیاهچه

این صفت نیز به شدت و به صورت معنی‌دار تحت تاثیر پتانسیل رطوبتی قرار گرفت به طوری‌که بالاترین طول گیاهچه در پتانسیل صفر و پایین‌ترین طول گیاهچه در پتانسیل ۹- دیده شد و هیچ گیاهچه‌ای در پتانسیل ۱۲- بار دیده نشد. مقایسه میانگین‌ها حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بیوتیپ حساس G9 و بیوتیپ مقاوم G3 در تمامی پتانسیل‌های رطوبتی بود. در مورد بیوتیپ‌های استان خوزستان، اختلاف بین بیوتیپ مقاوم و حساس در پتانسیل صفر و ۳- بار معنی‌دار نبود ولی در پتانسیل‌های ۶- و ۹- بار بیوتیپ مقاوم Kh3 دارای طول گیاهچه بالاتری نسبت به بیوتیپ حساس Kh5 داشت. در مورد بیوتیپ‌های استان کرمانشاه بیوتیپ مقاوم Ker-2 نسبت به بیوتیپ حساس Ker-1 در تمامی پتانسیل‌ها، به استثنای پتانسیل صفر، برتری معنی‌دار از نظر طول گیاهچه داشت (شکل ۷).

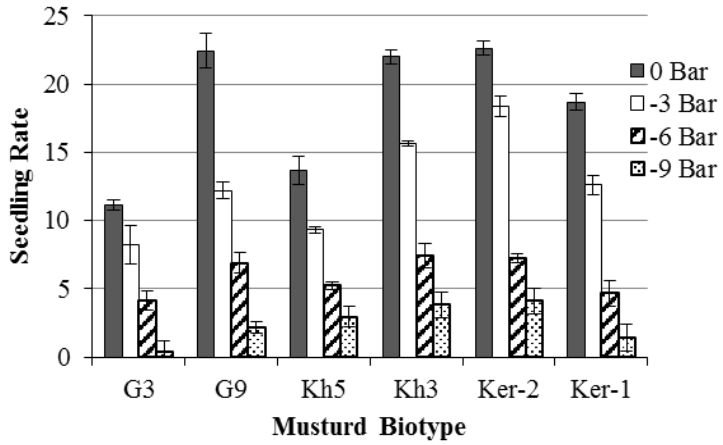
شاخص بنیه گیاهچه

بررسی بیوتیپ‌های استان گلستان نشان می‌دهد که در هیچ یک از پتانسیل‌های رطوبتی ۳-، ۶- و ۹- بار ایجاد شده توسط PEG اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص بنیه گیاهچه بین دو بیوتیپ حساس و مقاوم این استان دیده نشد و تنها در پتانسیل صفر شاخص بنیه گیاهچه‌ی بیوتیپ حساس G9 به صورت معنی‌دار بالاتر از بیوتیپ مقاوم G3 بود. اما در مورد بیوتیپ‌های استان خوزستان نتایج نشان داد که بیوتیپ مقاوم Kh5 نسبت به بیوتیپ حساس Kh3 در سه پتانسیل رطوبتی صفر، ۳- و ۶- بار به صورت معنی‌دار شاخص بنیه گیاهچه‌ی بالاتری به خود اختصاص داد ولی اختلاف دو بیوتیپ در پتانسیل ۹- معنی‌دار نبود. اما در مورد بیوتیپ‌های استان کرمانشاه نتایج حاکی از برتری معنی‌دار بیوتیپ مقاوم Ker-2 بر بیوتیپ حساس Ker-1 در تمامی پتانسیل‌های مورد آزمون دارد (شکل ۸).



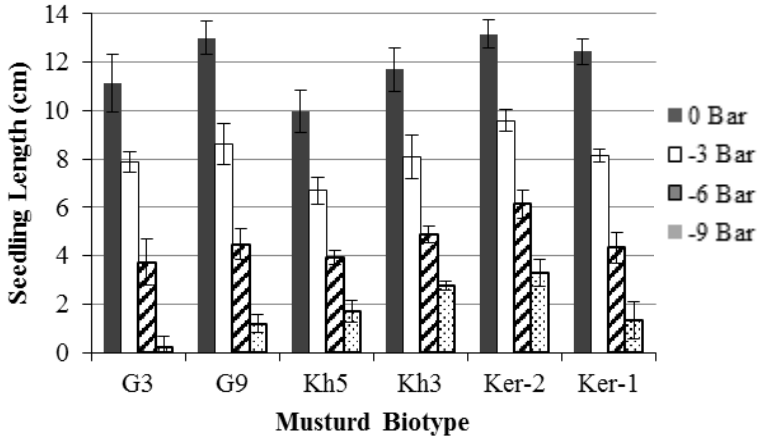
شکل ۵- مقایسه درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش خشکی ایجاد شده توسط PEG

Fig 5- Mean comparison of final germination of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under drought stress condition caused by PEG (Bars on column are standard error (SE).



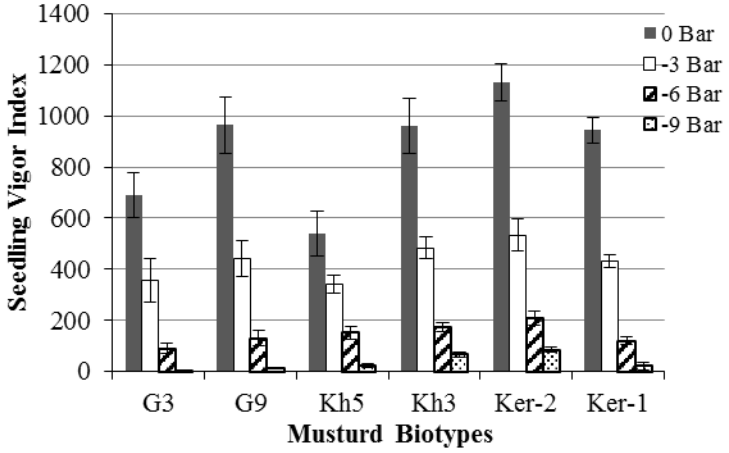
شکل ۶- مقایسه سرعت جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش خشکی ایجاد شده توسط PEG

Fig 6- Mean comparison of germination rate of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under drought stress condition caused by PEG (Bars on column are standard error (SE).



شکل ۷- مقایسه طول گیاهچه بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش خشکی ایجاد شده توسط PEG

Fig 7- Mean comparison of seedling length of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under drought stress condition caused by PEG (Bars on column are standard error (SE).



شکل ۸- مقایسه شاخص بنیه گیاهچه بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر تنش خشکی ایجاد شده توسط PEG

Fig 8- Mean comparison of seedling vigor index of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under drought stress condition caused by PEG (Bars on column are standard error (SE).

جوانه‌زنی در درجه حرارت‌های مختلف

صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص بنیه گیاهچه در سطح یک درصد تحت تاثیر اثرات ساده درجه حرارت و بیوتیپ خردل وحشی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفتند.

درصد جوانه‌زنی

بر اساس نتایج همه‌ی بیوتیپ‌های خردل بالاترین درصد جوانه‌زنی خود را در درجه حرارت‌های ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد نشان دادند. در مورد درصد جوانه‌زنی

بیوتیپ‌های استان گلستان همچنین بیوتیپ‌های استان کرمانشاه به ترتیب اختلاف بین دو بیوتیپ مقاوم G9 و حساس G3 و اختلاف بین بیوتیپ مقاوم Ker-2 و حساس Ker-1 در هیچ یک از سطوح درجه حرارت معنی‌دار نبود. مقایسه درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خوزستان نیز حاکی از برتری معنی‌دار بیوتیپ حساس Kh3 نسبت به بیوتیپ مقاوم Kh5 در درجه حرارت‌های ۱۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد بود و در درجه حرارت ۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف بین دو بیوتیپ این استان معنی‌دار نگردید (شکل ۹).

سرعت جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی نیز به صورت معنی‌دار تحت تاثیر درجه حرارت قرار گرفتند و بالاترین سرعت جوانه‌زنی در درجه حرارت ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد و پایین‌ترین میزان آن در درجه حرارت‌های ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد دیده شد (شکل۴-۲۱). در مورد بیوتیپ‌های استان گلستان در درجه حرارت‌های بسیار پایین (۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و درجه حرارت‌های بسیار بالا (۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) اختلاف بین دو بیوتیپ مقاوم و حساس G3 و G9 از نظر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود ولی در درجه‌حرارت‌های ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بیوتیپ حساس G9 نسبت به بیوتیپ مقاوم G9 به صورت معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی بالاتری داشت. همچنین در تمامی درجه حرارت‌ها به جز ۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی بیوتیپ حساس Kh3 از استان خوزستان نسبت به بیوتیپ مقاوم Kh5 از این استان برتری معنی‌دار داشت ولی در درجه حرارت ۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف بین دو بیوتیپ معنی‌دار نبود. در درجه حرارت‌های ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت جوانه‌زنی بیوتیپ مقاوم Ker-2 نسبت به بیوتیپ حساس Ker-1 به صورت معنی‌دار بالاتر بود ولی در درجه حرارت‌های ۵ و ۳۵ اختلاف معنی‌دار بین دو بیوتیپ این استان دیده نشد (شکل ۱۰).

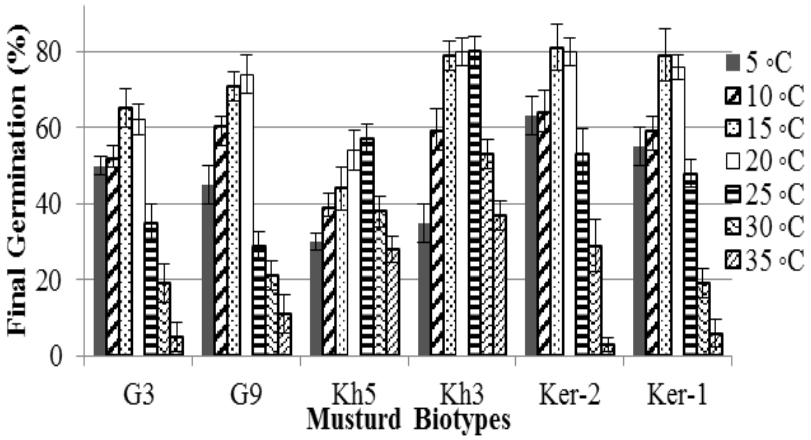
طول گیاهچه

بر اساس نتایج بالاترین طول گیاهچه نیز در دو درجه حرارت ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد دیده شد که با نتایج مربوط به سرعت جوانه‌زنی مطابقت دارد. مقایسه‌ی بیوتیپ‌های استان گلستان نشان می‌دهد که اختلاف بین دو بیوتیپ حساس G3 و بیوتیپ مقاوم G9 در هیچ یک از درجه حرارت‌های مورد آزمایش معنی‌دار نبود. در مورد دو بیوتیپ استان خوزستان نیز بیوتیپ حساس Kh3 نسبت به بیوتیپ مقاوم Kh5 در درجه‌حرارت‌های ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد طول گیاهچه‌ی بالاتری داشت ولی در سایر سطوح درجه‌حرارت اختلاف بین این دو معنی‌دار نشد. بیوتیپ مقاوم Ker-2 و بیوتیپ حساس Ker-1 تنها در درجه حرارت ۵ درجه سانتی‌گراد از نظر طول گیاهچه معنی‌دار بود که در آن بیوتیپ Ker-2 طول گیاهچه‌ی بالاتری داشت ولی در سایر سطوح درجه حرارت اختلاف معنی‌دار نشد (شکل ۱۱).

شاخص بنیه گیاهچه

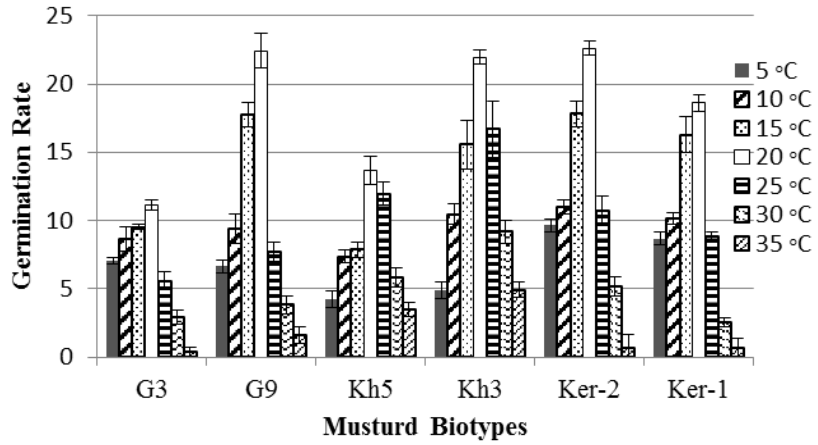
همانند سایر صفات بالاترین شاخص جوانه‌زنی در درجه حرارت ۱۵ و ۲۰ و پایین‌ترین آن در درجه حرارت ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد دیده شد. در تمامی درجه حرارت‌ها به استثنای درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد، اختلاف بین دو بیوتیپ G3 و G9 در همه‌ی سطوح درجه حرارت معنی‌دار نبود و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز بیوتیپ مقاوم G9 نسبت به بیوتیپ حساس G3 برتری معنی‌دار داشت. اما مقایسه‌ی بیوتیپ‌های استان خوزستان نشان داد که در درجه‌حرارت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه-سانتی‌گراد بیوتیپ حساس Kh3 نسبت به بیوتیپ مقاوم Kh5 برتری معنی‌دار دارد ولی در سایر سطوح دمایی

اختلاف معنی‌دار دیده نشد. در مورد بیوتیپ‌های استان کرمانشاه نیز اختلاف تنها در دو دمای ۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار گردید ولی در سایر سطوح اختلاف معنی‌دار دیده نشد. در دماهای ۵ و ۳۰ نیز بیوتیپ Ker-2 نسبت به بیوتیپ حساس Ker-1 برتری معنی‌دار داشت. همچنین شاخص بنیه گیاهچه در هر دو بیوتیپ استان کرمانشاه در درجه حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گراد صفر بود (شکل ۱۲).



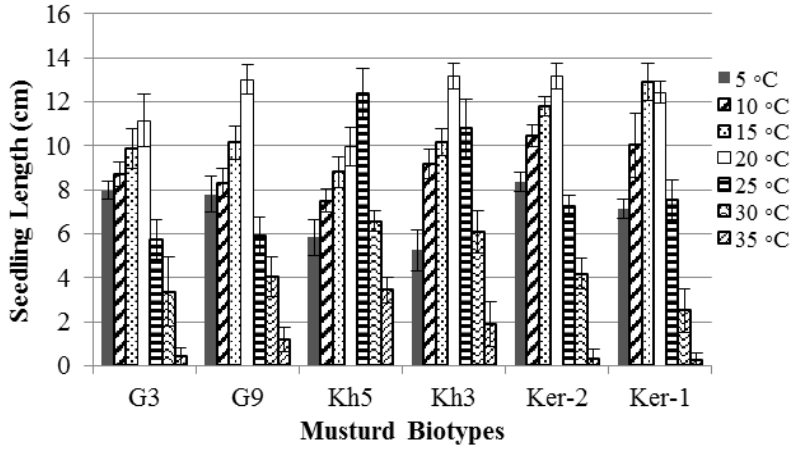
شکل ۹- مقایسه درصد جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر درجه حرارت (خطوط رسم شده بر روی ستون‌ها، خطای استاندارد را نشان می‌دهد).

Table 9- Mean comparison of Final germination of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under different temperatures (Bars on column are standard error (SE).



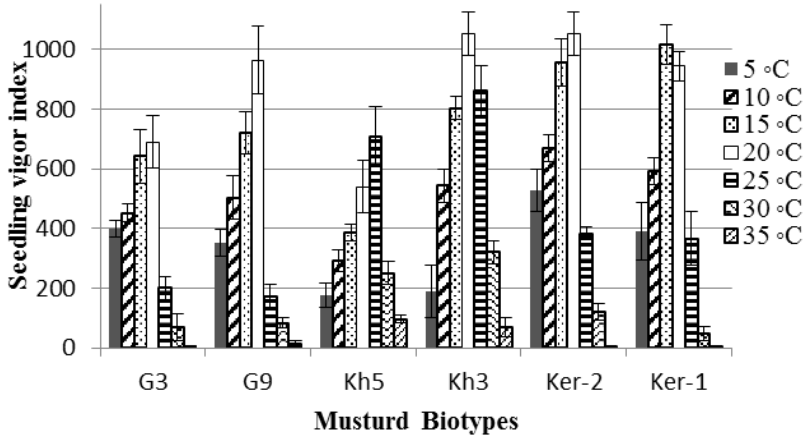
شکل ۱۰- مقایسه سرعت جوانه‌زنی بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر درجه حرارت (خطوط رسم شده بر روی ستون‌ها، خطای استاندارد را نشان می‌دهد).

Fig 10- Mean comparison of germination rate of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under different temperatures (Bars on column are standard error (SE).



شکل ۱۱- مقایسه طول گیاهچه بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر درجه حرارت (خطوط رسم شده بر روی ستون‌ها، خطای استاندارد را نشان می‌دهد).

Fig 11- Mean comparison of seedling rate of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under different temperatures (Bars on column are standard error (SE).



شکل ۱۲- مقایسه شاخص بنیه گیاهچه بیوتیپ‌های خردل وحشی مقاوم (G_3، Kh_5 و Ker-2) و حساس (G_9، Kh_3 و Ker-1) به بازدارنده‌های ALS تحت تاثیر درجه حرارت (خطوط رسم شده بر روی ستون‌ها، خطای استاندارد را نشان می‌دهد).

Fig 12- Mean comparison of seedling vigor index of wild mustard biotypes resistant (Ker-2, Kh5 and G3) and susceptible (Ker-1, Kh5 and G9) to ALS inhibitors under different temperatures (Bars on column are standard error (SE).

بر اساس نتایج در بین بیوتیپ‌های مقاوم مورد بررسی، بیوتیپ مقاوم استان‌های خوزستان Kh5 و به ویژه کرمانشاه Ker-2 دارای توان جوانه‌زنی بسیار بالا بوده و برای مبارزه با آن نیاز به استفاده از روش‌های جایگزین علف‌کش یازدارنده ALS می‌باشد، اما در رابطه با بیوتیپ مقاوم استان گلستان G3 نتایج نشان که از شایستگی پایین برخوردار است و بر این اساس استفاده از بازدارنده‌های ALS کماکان در مبارزه با آن از کارایی لازم برخوردار است زیرا در صورت افزایش جمعیت این دو توده‌ی مقاوم علف‌هرز به دلیل پایین بودن توان رشد اولیه و جوانه‌زنی توان رقابت پایین دارد. تفاوت در رشد بیوتیپ‌های مختلف خردل

وحشی در آزمایشات قبلی نیز گزارش شده است (Lotfifar *et al*., 2016).

تفاوت شایستگی گونه‌های هرز مقاوم وحساس عامل مهمی برای پیش‌بینی تکامل مقاومت به علف‌کش است. درصورت حذف فشار گزینش علف‌کش، اگر شایستگی گیاهان مقاوم کمتر از گیاهان حساس باشد، با گذشت زمان گیاهان حساس یک جمعیت جایگزین گیاهان مقاوم می‌شوند (Wiederholt and Stoltenberg, 1996A) در این صورت پس از وقوع مقاومت در جمعیت علف‌هرز برای کاهش مقاومت جای امیدواری وجود دارد (Zand and Beckie, 2002). اما اگر این اختلافات قابل توجه یا قابل استفاده نباشند، فراوانی بوته‌های مقاوم در جمعیت احتمالا کاهش نخواهد یافت، در این صورت مدیریت بلند مدت گیاهان مقاوم نیازمند اتخاذ راهبردهایی است که موجب کاهش شدت گزینش که برای گیاهان مقاوم مطلوب است و همچنین تلفیق راهبردهای مدیریتی دیگر است. این راهبردها شامل کاربرد منطقی علف‌کش، بهره برداری از جنبه‌های بیولوژیکی منحصر به فرد علف‌های‌هرز مقاوم و دست‌کاری سیستم‌های زراعی به منظور به حداکثر رساندن اثربخشی مدیریت شیمیایی و غیرشیمیایی علف‌کش است (Wiederholt and Stoltenberg, 1996B).

با توجه به قدرت بالای بیوتیپ مقاوم Ker-2 از نظر رشد و رقابت با گندم و عدم تاثیرگذاری منفی مقاومت بر شایستگی این بیوتیپ، به نظر می‌رسد استفاده از علف‌کش‌هایی از سایر خانواده‌ها و یا استفاده از سایر روش‌های مبارزه با علف‌های هرز بایستی به عنوان اقدامی موثر در جلوگیری از توسعه‌ی این بیوتیپ مقاوم مدنظر قرار گیرد. از راهکارهای مدیریت علف‌کش‌ها می‌توان به استفاده از علف‌کش‌هایی با محل عمل متفاوت جهت تاخیر انداختن مقاومت (Legleiter and Bradley, 2008؛ Neve, 2008؛ Norsworthy *et al*., 2009؛ Weersink *et al*., 2005)، استفاده از مخلوط علف‌کش‌ها با محل عمل متفاوت به صورت همزمان، استفاده از علف‌کش‌های پس رویشی با محل عمل یکسان با فاصله زمانی مناسب، استفاده از علف‌کش‌های پیش رویشی با بقایای بالا و پس از آن استفاده از علف‌کش‌های پس رویشی در یک محصول و در نهایت استفاده از تناوب علف‌کش‌ها با محل عمل متفاوت در طی سالیان متفاوت (Beckie *et al*., 2004؛Vencill *et al*., 2012؛ Powles, 2008). کاهش استفاده از علف‌کش‌های با استفاده از علف‌کش‌ها و سم‌پاش‌ها با حداکثر کارایی (Wilson *et al*., 2008 ؛Sammons *et al*.,2007)، عاری از علف‌هرز و بذر علف‌هرز بودن وسایل و ماشین‌آلات کشاورزی در حین انتقال از یک مزرعه به مزارع دیگر و عاری بودن نهاده‌ها از بذر و اندامهای قابل رشد علف‌های هرز مقاوم (Norsworthy *et al*., 2009) و استفاده از دیگر روش‌های مدیریتی جهت جلوگیری یا کاهش استفاده از علف‌کش که خود از توسعه‌ی مقاومت جلوگیری می‌کند، همگی از جمله اصول مدیریتی موثر و کارآمد در کنترل مقاومت به علف‌کش‌ها است (Vencill *et al*., 2012).

همچنین نتایج حاکی است که خردل وحشی در شرایط وجود تنش شوری تا پتانسیل ۶- بار نیز توان جوانه‌زنی بالاتر از ۵۰ درصد خود را حفظ کرده و حتی در پتانسیل ۱۰- بار نیز دارای قدرت جوانه‌زنی بودند. با این حال مقاومت خردل به تنش خشکی بسیار پایین تر بوده و در پتانسیل ۸- بار فقط ۷ درصد جوانه‌زنی داشته و در پتانسیل ۱۰- بار قادر به جوانه‌زنی نبود. بر این اساس در زمین های شور قدرت رقابت خود را تا حد زیادی حفظ می‌کند ولی در مناطقی که تنش خشکی در آن وجود دارد مانند مناطق

دیم، با توجه به توان پایین جوانه‌زنی، قدرت رقابت کمتری دارد.

همچنین از حساسیت بالای خردل وحشی به تنش خشکی می‌توان در کنترل آن استفاده کرد به شکلی که با آبیاری پیش از کاشت مزارع آلوده و عدم آبیاری مجدد آن تا مدت زمان مشخص به بذرهای خردل تنش رطوبتی وارد نمود و این علف هرز را در مرحله جوانه‌زنی کنترل نمود. نکته دیگر این که بر اساس نتایج عندلیبی و همکاران (Andalibi *et al.*, 2005) گیاه کلزا به عنوان یکی از مهمترین مزارع میزبان خردل در پتانسیل‌های ۹- و ۱۲- بار به ترتیب قدرت جوانه زنی خود را به میزان ۷۲ و ۲۷ درصد حفظ نمودند که نشان دهنده مقاومت بالاتر گیاه کلزا نسبت به خردل وحشی در برابر تنش خشکی است و می توان از این خصوصیت جهت کنترل این گیاه در مزارع کلزا استفاده نمود به طوری که با آبیاری به موقع مزارع کلزا به شکلی که به گیاه کلزا تنش وارد نشده ولی گیاه‌چه خردل دچار تنش خشکی گردد، ضمن کاهش درصد جوانه زنی، از سرعت رشد اولیه و قدرت رقابت آن با گیاه اصلی کاست.

References **فهرست منابع**

Abin, A., and S.V. Eslami. 2009. Influence of maternal environment on salinity and drought tolerance of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus* L.) at germination and emergence stage. Weed Res J. 2:1-12. (In Persian)

Andalibi1, B., E. Zangani, and A. Hagh-nazari. 2005. Effects of water stress on germination indices in six rapeseed cultivars (*Brassica napus* L). Iranian. J. Agric. Sci. 36: 457-463. (In Persian)

Anderson, D.D., L.G. Highly., A.R. Martin, and F.W. Roeth. 1996. Competition between triazine-resistant and susceptible common waterhemp (*Amaranthus rudis*). Weed Sci. 44: 853-859. (In Persian).

Bair, N.B., S.E. Meyer, and P.S. Allen. 2006. A hydrothermal after-ripening time model for seed dormancy loss in *Bromus tectorum* L. Seed Sci. Res. 16: 17–28.

Batlla, D., and R.L. Benech-Arnold. 2007. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: Implications for weed management. Crop Protect. 26: 189–197.

Beckie, H.J., L.M. Hall., S. Meers., J.J. Laslo, and F.C. Stevenson. 2004. Management practices influencing herbicide resistance in wild oat. Weed Technol. 18:853-859.

Chachalis, D., and K.N. Reddy. 2000. Factors affecting *Campsisra dicans* Seed germination and seedling emergence. Weed Sci.48: 212–216.

Chauhan, B.S., G. Gill, and C. Preston. 2006. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Oriental mustard (*Sisymbrium orientale*). Weed Sci. 54: 1025–1031.

Coons, J.M., R.O. Kuehl, and N.R. Simons. 1990. Tolerance of ten lettuce cultivars to high temperature combined with NaCl during germination. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 115, 1004–1007.

Friesen, L.J.S., G. M. Ferguson, and J.C. Hall. 2000. Management strategies for attenuating herbicide resistance: untoward consequences of their promotion. Crop Protect. 19:891-895.

Grundy, A.C., K. Phelps., R.J. Reader, and S. Burston. 2000. Modeling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. New Phytol. 148: 433- 444.

Guerke, W.R., T. Gutormson., D. Meyer., M. McDonald., D. Mesa., J.C. Robinson, and D. TeKrony. 2004. Application of hydro-time analysis in seed testing. Seed Sci. Technol. 26: 75-85.

Gulden, R.H., S.J. Shirtliffe, and A.G. Thomas. 2003. Harvest losses of canola (*Brassica napus*) cause large seed bank inputs. Weed Sci. 51: 83–86.

Hadas, A. 1977. A simple laboratory approach to test and estimate seed Germination performance under field conditions. Agron J. 69:582-588.

Heap, I. 2017. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Wednesday, March 01, 2017. Available www.weedscience.org

Jasieniuk, M., A.L. Brule-Babel, and I.N. Morrison. 1996. The evolution and genetics of herbicide resistance in weeds. Weed Sci. 44:176-193.

Jordan, N., M. Kelrick., J. Brooks, and W. Kinerk. 1999. Bio rational management tactics to select against triazine-resistant *Amaranthus hybridus*: a field trial. J. Applied Ecology, 36:123-132.

Khan, M. A., and I. A. Ungar.2001. Seed germination of *Triglochin maritime* as influenced by salinity and dormancy relieving compounds. Biological Plant. 44: 301-303.

Koger, C.H., K.N. Reddy, and D.H. Poston. 2004. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). Weed Sci.52:989–995.

Legleiter, T. R. and K. W. Bradley. 2008. Glyphosate and multiple herbicide resistance in common water hemp (*Amaranthus rudis*) populations from Missouri. Weed Sci. 56:582–587.

Li, J., L.Y. Yin, M.A. Jongsma, and C.Y. Wang. 2011. Effects of light, hydropriming and abiotic stress on seed germination, and shoot and root growth of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*). Industrial Crops and Products 34: 1543– 1549.

Lotfifar, O., I. Allahdadi., E. Zand, and GH. Akbari. 2013. Investigation of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) Biotypes Resistance to the Acetolactate Synthase Inhibitors of Khoozestan, Gorgan and Kermanshah Wheat Field. Iranian Weed Sci. 9: 39-53. (In Persian)

Lotfifar, O., I. Allahdadi., E. Zand., GH. Akbari and S. Mottaghi. 2016. Study fitness of resistant and susceptible biotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis* l.) biotypes to acetolactate synthase (als) inhibitor in competition and non-competition with wheat. Weed Sci. 11: 61-76. (In Persian)

Martinson, K., B. Durgan., F. Forcella., J. Wiersma., K. Spokas, and D. Archer. 2007. An Emergence Model for Wild Oat (*Avena fatua*). Weed Sci. 55: 584 – 591.

Masin, R., M.C. Zuin., D.W. Archer., F. Forcella, and G. Zanin. 2005. Weed Turf: a predictive model to aid control of annual summer weeds in turf. Weed Sci. 53: 193–201.

Minbashi, M., M.A. Baghestani., H. Rahimi, and M. Aleefard. 2008. Weed mapping for irrigated wheat fields of Tehran province using Geographic Information System (GIS). Iranian J. Weed Sci, 4: 97-118. (In Persian)

Mojab, M., Gh.R. Zamani., S.V. Eslami, M. Hosini, and S.A. Naseri. 2010. Study the Effect of Salinity and Drought Stresses Due to NaCl and PEG on Germination Characteristics and Seedling Growth of Jungle rice (*Echinochloa crus-galli* Var: Oryzicola). J. Plant Protection. 24: 108-114. (In Persian).

Neve, P. 2008. Simulation modeling to understand the evolution and management of glyphosate resistance in weeds. Pest Manag. Sci. 64:392–401.

Norsworthy, J. K., P. Neve., K. L. Smith., C. Foresman., L. Glasgow, and I. A. Zelaya. 2008. Use of a model to develop practical solutions for reducing risks of glyphosate-resistant Palmer amaranth in cotton. Fayetteville, AR: Arkansas Agric. Exp. Sta. Res. Ser. 573:97–102.

Powles, S. B., and Q. Yu. 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. Annu. Rev. Plant Biol. 61:317–347.

Powles, S.B. 2008. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. Pest Manag. Sci. 64: 360–365.

Retrum, J., and F. Forcella. 2002. Giant foxtail (*Setaria faberi*) seedling assay for resistance to Sethoxydim. Weed Technol. 16:464-466.

Sammons, R. D., D.C. Herring., N. Dinicola., H. Glick, and G.A. Elmore. 2007. Sustainability and stewardship of glyphosate and glyphosate resistant crops. Weed Technol. 21:347–354.

Schutte, B.J., E.E. Regnier., S. K. Harrison., J.T. Schmoll., K. Spokasand, and F. Forcella. 2008. A Hydrothermal Seedling Emergence Model for Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*). Weed Sci. 56: 555–560.

Tian, D., M.B. Traw., J.Q. Chen., M. Kreitman, and J. Bergelson. 2003. Fitness costs of R-gene mediated resistance in Arabidopsis thaliana. Nature. 423:74-77.

Vencill W.K., R.L. Nichols., T.M. Webster., J.K. Soteres., C. Mallory-Smith., N.R. Burgos., W.G. Johnson, and M.R. McClelland. 2012. Herbicide Resistance: Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistant Crops. Weed Sci. 60:2-30.

Vila-Aiub, M.M., P. Neve, and S.B. Powles. 2009. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. New Phytologist. 184:751-767.

Walsh, M.J. and S.B. Powles. 2007. Management strategies for herbicide-resistant weed populations in Australian dryland crop production systems. Weed Technol. 21:332-338.

Weersink, A., R.S. Llewellyn, and D.J. Pannell. 2005. Economics of preemptive management to avoid weed resistance to glyphosate in Australia. Crop Prot. 24:659–665.

Wiederholt, R.J. and D.E. Stoltenberg. 1996 A. Absence of differential fitness between giant foxtail (*Setaria faberi*) accessions resistant and susceptible to acetil-coenzyme A carboxylase inhibitors. Weed Sci. 44:18-24.

Wiederholt, R.J. and D.E. Stotenberg. 1996. Similar fitness between large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) accessions resistant or susceptible to Acetyl-CoA Carboxilase inhibitors. Weed Technol. 10:42-49.

Wilson, R. S., M. A. Tucker., N. H. Hooker., J. T. LeJune, and D. Doohan. 2008. Perceptions and beliefs about weed management: Perspectives of Ohio grain and produce farmers. Weed Technol. 22:339–350.

Windauer, L., A. Altuna, and R. Benech-Arnold. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Indust. Crop Prod. 25: 70–74.

Zand, E., and H.J. Beckie. 2002. Competitive ability of hybrid and open-pollinated canola (*Brassica napus*) with wild oat (*Avena fatua*). Canadian J plant sci. 82:473-480. (In Persian)

Zand, E., M.A. Baghestani., S.K. Mousavi., M. Oveisi., M. Ebrahimi., M. Rastgoo, and M.R. Labbafi Hoseinabadi. 2008. Weed Management Guide. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press. (In Persian).

Study Vigour and Early Growth of Resistant and Susceptible Biotypes of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) to Acetolactate Synthase Inhibitors Under Different Environmental Conditions

S. Mottaghi[1]*, K. Mostafavi[2], O. Lotfifar[3], S. M. Mirtaheri[4]

Abstract:

In order to study the effect of drought stress and salt stress and temperature on Germination and Seedling vigour of resistant and susceptible biotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) to Acetolactate Synthase Inhibitors from three provinces Golestan, Kermanshah and Khoozestan, three experiments were conducted as factorial based on completely randomized design in four replications. Different salt and drought stresses levels were 0, -3, -6, -9 and -12 bar that created by NaCl and PEG respectively. Examined temperatures were 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35°C. In each three experiments second factors was Biotypes of Wild Mustard include three susceptible (Ker-1, Kh3 and G9) and three resistant biotypes (Ker-2, Kh5 and G3). Studied traits were germination percent and rate, seedling length and seedling vigor index. Result showed salt and drought stresses reduced vigor and early growth of all biotypes but this reduction was different in biotypes. Optimum temperature for all biotypes were observed in 15 and 20°C. In almost conditions, different of resistant and susceptible biotypes of Golestan were not significant but in Khuzestan province, vigour of resistant biotype was lower than susceptible biotype but about Kermanshah biotypes, resistant biotype in many conditions had higher vigour than susceptible biotype. Results showed that resistant biotype of Golestan and Kermanshah caused to high vigor, in competition with susceptible biotypes and crop had better and faster germination and have to find other herbicide or nonchemical methods to control these biotypes.

Key words: Drought stress, Germination rate, Salt stress, Seedling vigour index, Temperature.

Received date: 14 Dec. 2016 Accepted date: 1 Mar. 2017

[1]- Assistant Professor, Agriculture Department, Payam Noor University, Tehran, Iran.

[2]- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

[3]- Assistant Professor, Agriculture Department, Payam Noor University, Tehran, Iran.

[4]- Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

*- Corresponding author Email: samanehmottaghi@yahoo.com