

تأثیر تنش خشکی اعمال شده توسط PEG6000 بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک جوانه‌زنی بذور گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به منظور گزینش ژنوتیپهای متحمل به خشکی

علیرضا زبرجدی^{۱*}، ژاله سهیلی‌خواه^۳، حمیدرضا قاسمپور^۳ و امین ویسی پور^۴

^۱ کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

^۲ کرمانشاه، دانشگاه رازی، گروه پژوهشی بیوتکنولوژی تنشهای محیطی

^۳ کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی

^۴ اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، گروه اصلاح نباتات

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۹

چکیده

تنش خشکی از مهم ترین عوامل ایجاد اختلال در رشد و نمو گیاهان به ویژه در مرحله جوانه‌زنی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. با توجه به اهمیت گلرنگ به عنوان یک دانه روغنی و دارویی، رسیدن به ژنوتیپ (هایی) که قادر به تحمل تنش رطوبتی در مراحل اولیه رشد (جوانه‌زنی) باشد مهم و ضروری می‌باشد. بدین منظور جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ۱۰ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی در چهار سطح خشکی شامل صفر (شاهد)، -۴، -۸، و -۱۲ بار به وسیله محلول پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ مورد آزمون قرار گرفتند. صفات مورد بررسی درصد جوانه‌زنی نهایی (FG)، شاخص سرعت جوانه‌زنی (PI)، شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI)، طول ریشه‌چه (RL) و ساقه‌چه (SL)، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگینها نشان داد که در اکثر صفات مورد بررسی تأثیر سطوح پتانسیل، ژنوتیپها و اثر متقابل آنها معنی‌دار بود و کاهش پتانسیل باعث کاهش مقدار صفات گردید. صفت طول ریشه‌چه نسبت به سایر صفات حساسیت بیشتری به کاهش پتانسیل آب داشت و با کاهش پتانسیل، طول ریشه‌چه‌ها افزایش نشان دادند. همچنین بین شاخص سرعت جوانه‌زنی با صفت طول ساقه‌چه (**۰/۴۱) و شاخص تنش جوانه‌زنی با طول ساقه‌چه (**۰/۷۱) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، در نتیجه از طریق این صفت می‌توان نسبت به گزینش ارقام متحمل اقدام نمود. در مجموع نتایج بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در بین ژنوتیپها بوده و با توجه به صفات مورد بررسی ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ از تحمل بالایی و ژنوتیپهای ورامین ۲۹۵ و IL-111 از تحمل پایینی نسبت به خشکی برخوردار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، تنش رطوبتی، جوانه‌زنی، پلی اتیلن گلایکول

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۱۳۲۱۸۰۹ پست الکترونیکی: Zebarjadiali@yahoo.com

مقدمه

جهانی و روند افزایش مصرف سرانه آن موجب اهمیت و لزوم توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های علمی - تحقیقاتی در مورد این محصولات شده است (۳). گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* گیاهی از

دانه‌های روغنی از نظر تأمین انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند و یکی از ارزش‌ترین محصولات بخش کشاورزی به شمار می‌روند (۱۸). افزایش تقاضا برای روغن نباتی در بازارهای

برای ایجاد محیطهای مصنوعی کنترل پتانسیل آب، معمولاً از موادی با جرم مولکولی بالا چون پلی اتیلن گلايکول به دلیل ایجاد محلول اسمزی با شرایط مشابه طبیعی، اغلب برای تهیه پتانسیل آب در مطالعه جوانه‌زنی برای ارزیابی تحمل خشکی در محیط کنترل شده استفاده می‌شود (۱۳)، (۱۹ و ۲۲). ارزیابی مراحل اولیه رشد بر پایه برخی از اجزای جوانه‌زنی مانند مدت جوانه‌زنی، حداکثر جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و خصوصیات ریشه‌چه و ساقه‌چه استوار است که در توانایی گیاهچه در جهت خود کفایی از ذخایر انرژی بذر نقش دارند. جانسون و همکاران (۱۹۹۷) در ارزیابی جوانه‌زنی بذرهای ارقام گلرنگ که از سه رژیم رطوبتی به دست آمده بودند، تنوع معنی‌داری در بین ژنوتیپها مشاهده نمودند (۲۷). فروزان (۱۹۹۷) برای تعیین عکس‌العمل ارقام گلرنگ در برابر خشکی، این ارقام را در شرایط آزمایشگاهی در چهار سطح پتانسیل آب (۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) مورد بررسی قرار داد و مشاهده نمود که بین ارقام، تفاوت معنی‌داری از نظر صفات مرتبط با جوانه‌زنی وجود دارد به طوری که طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای تعیین ارقام مقاوم به خشکی است (۲۵). جمشید مقدم و پورداد (۱۳۸۵) با بررسی ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ در ۴ سطح پتانسیل شامل صفر (شاهد)، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال به این نتیجه رسیدند که تأثیر سطوح پتانسیل و ژنوتیپها برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود و پتانسیلهای پایین‌تر از شاهد باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه شدند (۵). آزمایشهای بسیاری برای ارزیابی تحمل خشکی در مرحله جوانه‌زنی بر روی گیاهان دیگر مانند کلزا (۹)، سویا (۱۰)، چغندر قند (۱۹)، عدس (۱۳)، گندم (۲۴) و نخود (۱۴) انجام شده است. هدف از این تحقیق بررسی و مطالعه صفات و شاخصهای مربوط به جوانه‌زنی ژنوتیپهای مختلف گلرنگ تحت تنش خشکی و شناسایی ارقام متحمل برای مناطق خشک می‌باشد.

خانواده آستراسه (*Asteracea*) است. خصوصیات مطلوب و خاص این گیاه نظیر استفاده‌های طبی، صنعتی و غذایی از گلبرگهای آن، کیفیت بالای روغن دانه و وجود بیشتر از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع به خصوص اسیدهای چرب لینولئیک و اولئیک، مقاومت نسبتاً بالا به شوری و خشکی، سازگاری وسیع به درجه حرارتهای پایین زمستان و بالای تابستان و فصل رشد کوتاه در کشت تابستانه از جمله مواردی است که آن را به عنوان گیاه روغنی با ارزش مطرح نموده است (۲). سطح زیر کشت گلرنگ در سال ۲۰۰۸ در دنیا ۷۳۵۹۱۸ هکتار با عملکرد ۸۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است در حالی که در ایران سطح زیر کشت در سال ۲۰۰۸ حدود ۱۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (۳۱).

حدود چهار پنجم مساحت زمینهای جهان در محدوده مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد، در این مناطق آب عامل اصلی محدود کننده تولیدات گیاهی است. این محدودیت باعث شده است که تولید خالص گیاه کاهش یابد (۱۱). از نظر تکاملی، مقاومت به خشکی به عنوان توان زنده ماندن یک گونه از نسلی به نسل دیگر در شرایط آب قابل دسترس محدود تعریف می‌شود. ولی در مفهوم کشاورزی مقاومت به خشکی شامل توان اقتصادی یک محصول در شرایط آب قابل دسترس محدود می‌باشد (۸). حساس‌ترین مرحله زندگی یک گیاه، مرحله جوانه‌زنی و زمانی است که گیاه هنوز به صورت نهال کوچکی است، با موفقیت گذراندن این دوره نقش بسیار مهمی در مراحل دیگر استقرار گیاه خواهد داشت. طبق تعریف، جوانه‌زنی شامل یکسری اتفاقاتی است که در نتیجه آن جنین از حالت سکون به حالت متابولیسمی فعال و سازنده تغییر شکل می‌دهد (۱۲)، از نظر فیزیولوژیکی، جوانه‌زنی فرآیندی است که با جذب آب توسط بذر خشک شروع می‌شود و با ظهور ریشه اولیه از درون بذر خاتمه می‌یابد (۱۷).

مواد و روشها

این تحقیق در آزمایشگاههای زراعت و کشت بافت گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی در سال ۸۷-۱۳۸۶ انجام گردید.

در این آزمایش از ۱۰ ژنوتیپ گلرنگ (به شرح جدول-۱) و چهار تیمار خشکی شامل صفر (شاهد)، -۴، -۸، و -۱۲- بار استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در اتاقک رشد در محدوده دمایی ۲۴-۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. ژنوتیپ یکی از فاکتورهای مورد مطالعه و فاکتور دوم سطوح پتانسیل بود. پتانسیلهای مورد نظر با استفاده از نمک پلی اتیلن گلاکول ۶۰۰۰ طبق دستور میشل و کافمن تهیه شد (۳۰). برای پتانسیل صفر مگاپاسکال (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. در این آزمایش از ظروف استریل شده استفاده شد که با یک عدد کاغذ صافی پوشیده شده بود. بذرها با محلول یک درصد هیپوکلریت سدیم (به مدت ۱۵ دقیقه) و قارچ کش دو در هزار بنلیت ضد عفونی شدند (۲۰). در هر تکرار ۱۰ عدد بذر سالم در ظروف پتری محتوی ۱۵ میلی لیتر از پتانسیلهای فوق قرار داده شد. در دوره آزمایش به منظور جلوگیری از تغییر پتانسیل در اثر تبخیر آب،

ظروف پتری به طور مرتب وزن شده و به میزان اختلاف با وزن اولیه آب مقطر به آنها اضافه گردید (۱۳ و ۲۳).

در طی آزمایش درصد جوانه زنی نهایی (FG)، شاخص سرعت جوانه (PI)، شاخص تنش جوانه زنی (GSI)، طول ساقچه و ریشه چه، و وزن خشک ساقه و ریشه چه اندازه گیری شد. شمارش بذور جوانه زده هر دو روز یکبار و در ساعت معینی انجام شد. درصد جوانه زنی نهایی و شاخص سرعت جوانه زنی از رابطه (۲۱ و ۲۶):

$$100 \times (10 / \text{تعداد بذور هر پتری}) \times (\text{تعداد بذر جوانه زده}$$

$$\text{روز آخر}) = \%FG$$

$$PI = nd2(1/0) + nd4(0/75) + nd6(0/5) + nd8(0/25)$$

که در رابطه های بالا n تعداد بذر جوانه زده تا روز هشتم و nd تعداد بذر جوانه زده تا روز شمارش می باشد (۲۹) و شاخص تنش جوانه زنی نیز از رابطه زیر به دست می آید (۲۹):

$$\%GSI = PI(S) / PI(P) \times 100$$

که در رابطه بالا PI(S) شاخص سرعت جوانه زنی در محیط تنش دیده و PI(P) شاخص سرعت جوانه زنی در محیط شاهد می باشد.

جدول ۱- اسامی و ویژگیهای ژنوتیپهای گلرنگ مورد استفاده

ردیف	نام ژنوتیپ	منشاء	رنگ گل	ردیف	نام ژنوتیپ	منشاء	رنگ گل
۱	IL-111	ایران	قرمز	۶	Yenice	ترکیه	زرد
۲	LRV-51-51	ایران	زرد	۷	زرقان ۲۷۹	ایران	زرد-نارنجی
۳	S-541	امریکا	زرد	۸	Hartman	امریکا	زرد
۴	Lesaf	کانادا	زرد	۹	ورامین ۲۹۵	ایران	زرد
۵	Dincer	ترکیه	زرد-نارنجی	۱۰	Cyprus bregon	قبرس	زرد

لازم به ذکر است که برای صفات طول ساقچه و ریشه چه، و همچنین وزن خشک ساقچه و ریشه چه برای سطوح پتانسیل -۸ و -۱۲- بار طول ساقچه و ریشه چه در حد میلی متر بود و مشاهده قابل اندازه گیری وجود نداشت. مقایسه میانگینها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن و در

در پایان آزمایش نیز به طور تصادفی ۶ گیاهچه انتخاب و طول ساقچه و ریشه چه آنها بر حسب سانتیمتر و وزن خشک ساقچه و ریشه چه آنها بر حسب میلی گرم اندازه گیری شد.

سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای آماری SPSS، MSTAT-C و EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

چه و همچنین اثر متقابل وزن خشک ریشه چه دارد (جداول ۲ و ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای درصد جوانه زنی نهایی، شاخص سرعت جوانه زنی و شاخص تنش جوانه زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه زنی نهایی	شاخص سرعت جوانه زنی	شاخص تنش جوانه زنی
ژنوتیپ	۹	۱۹۳۲/۹۶۳**	۱۴/۱۴۸**	۱۱۰۳/۱۹۹**
سطوح پتانسیل	۳	۴۶۷۶۵/۵۵۶**	۴۸۳/۸۹۶**	۵۹۱۱۶/۵۶**
اثر متقابل	۲۷	۴۸۷/۷۷۸*	۲/۸۶۱**	۳۵۲/۵۷۴**
خطا	۸۰	۱۷۰/۸۳۳	۰/۷۹۷	۸۴/۵۴
ضریب تغییرات (%)		۱۲/۱۹	۱۷	۱۵/۹۴

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای طول ساقه چه و ریشه چه، و وزن خشک ساقه چه و ریشه چه

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ساقه چه (سانتیمتر)	طول ریشه چه (سانتیمتر)	وزن خشک ساقه چه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)
ژنوتیپ	۹	۱/۲۲۷**	۱۴/۱۴۸ ns	۳/۵۱۱*	۵/۷۲ns
سطوح پتانسیل	۱	۴۸/۸۳۵**	۱۹۹/۳۷۲**	۴۱/۷۲۲**	۱۱/۰۰۸ns
اثر متقابل	۹	۰/۴۴۸**	۲۳/۱۴۸**	۱/۳۵۶ns	۳/۳۷۹ns
خطا	۴۰	۰/۰۷۲	۷/۱۰۵	۱/۲۴۵	۲/۸۱۳
ضریب تغییرات (%)		۱۷/۹۲	۱۴/۲۳	۳۴/۶۵	۱۷/۰۶

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین ژنوتیپها برای اثر متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ بر درصد جوانه زنی نهایی

ژنوتیپها	صفر	-۴ (بار)	-۸ (بار)	-۱۲ (بار)	میانگین
IL-111	۸۶/۶۶۷ab	۴۶/۶۶۷d	۰c	۰c	۳۳/۳۳۳d
LRV-51-51	۱۰۰a	۱۰۰a	۷۰ab	۰c	۶۷/۵b
S-541	۹۰ab	۸۶/۶۶۷bc	۵۰bc	۱۰b	۵۹/۱۶۷c
Lesaf	۹۳/۳۳۳ab	۹۳/۳۳۳ab	۶۳/۳۳۳b	۳/۳۳۳bc	۶۳/۳۳۳bc
Dincer	۹۶/۶۶۷ab	۸۰cd	۵۶/۶۶۷bc	۰c	۵۸/۳۳۳c
Yenice	۱۰۰a	۱۰۰a	۵۶/۶۶۷ab	۰c	۶۴/۱۶۷b
زرقان ۲۷۹	۱۰۰a	۹۶/۶۶۷ab	۹۳/۳۳۳a	۵۰a	۸۵a
Hartman	۸۶/۶۶۷ab	۹۳/۳۳۳abc	۸۳/۳۳۳ab	۳/۳۳۳bc	۶۶/۶۶۷bc
ورامین ۲۹۵	۹۳/۳۳۳ab	۸۶/۶۶۷bc	۵۳/۳۳۳bc	۰c	۵۸/۳۳۳c
Cyprus bregon	۸۶/۶۶۷b	۸۶/۶۶۷abc	۶۳/۳۳۳ab	۰c	۵۹/۱۶۷c
میانگین	۹۳/۳۳۳a	۸۷b	۵۹c	۶/۶۶۷d	

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین ژنوتیپها برای اثر متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ بر شاخص سرعت جوانه‌زنی

ژنوتیپها	صفر	-۴ (بار)	-۸ (بار)	-۱۲ (بار)	میانگین
IL-111	۸/۱۶۷b	۴/۰۸۳d	۰d	۰c	۳/۰۶۳e
LRV-51-51	۹/۷۵a	۸/۸۳۳ab	۴/۰۸۳bc	۰c	۵/۶۶۷bc
S-541	۹ab	۷/۹۱۷abc	۳/۱۶۷bc	۳/۱۶۷b	۵/۱۴۶bcd
Lesaf	۹ab	۹/۵۸۳a	۴/۲۵bc	۰/۰۸۳c	۵/۷۲۹b
Dincer	۹/۶۶۷a	۶/۸۳۳c	۳/۰۸۳bc	۰c	۴/۸۹۶cd
Yenice	۹/۵a	۸/۸۳۳ab	۳/۹۱۷bc	۰c	۵/۵۶۳bc
زرقان ۲۷۹	۱۰a	۹/۵۸۳a	۷/۶۶۷a	۲/۱۶۷a	۷/۳۵۴a
Hart man	۸/۶۶۷ab	۸/۳۳۳abc	۵/۸۵۳ab	۰/۰۸۳c	۵/۶۶۷bc
ورامین ۲۹۵	۹/۰۸۳ab	۷/۵bc	۲/۳۳۳c	۰c	۴/۷۲۹d
Cyprus bregon	۷/۹۱۷b	۷/۲۵bc	۳/۵۸۳bc	۰c	۴/۶۸۸d
میانگین	۹/۰۷۵a	۷/۸۷۵b	۳/۷۶۷c	۰/۲۸۳d	

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

ژنوتیپها در سطح پتانسیل شاهد دارای میانگین بالایی بودند و با افزایش تنش خشکی از مقدار درصد جوانه‌زنی ژنوتیپها کاسته شد. در سطح پتانسیل -۴ بار ژنوتیپ Yenice دارای میانگین بیشتری بود (۱۰۰ درصد) و کمترین میانگین به ژنوتیپ IL-111 تعلق داشت (۴۶/۶۶ درصد). با بیشتر شدن تنش خشکی و رسیدن پتانسیل به -۱۲ بار تعداد اندکی از بذور قادر به جوانه‌زنی بودند که در این محیط ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ دارای جوانه‌زنی خوبی بود (۵۰ درصد). عندلیبی و همکاران در کلزا (۹) و جمشید مقدم و پورداد (۵) در گلرنگ گزارش نمودند که با افزایش تنش، کاهش معنی‌داری در جوانه‌زنی ژنوتیپها حاصل می‌شود. مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری (۱۳۸۵) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذور کلزا که از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به عنوان ماده تنش‌زا در سطوح مختلف ۰، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۹، و ۱/۱- مگاپاسکال استفاده نمودند به این نتیجه رسیدند که تنش اعمال شده در سطوح مختلف خشکی تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشته در حالی که میانگین جوانه‌زنی در روز برای این سطوح در مقایسه با شاهد (صفر) اختلاف معنی‌دار نشان داد، به طوری که بیشترین میانگین زمان لازم برای جوانه‌زنی مربوط به سطح تنش ۱/۱- مگاپاسکال بود (۱۵).

درصد جوانه زنی نهایی: بین ژنوتیپهای گلرنگ و سطوح رطوبتی برای درصد جوانه‌زنی نهایی اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل سطوح رطوبتی × ژنوتیپ برای درصد جوانه‌زنی نهایی اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). با کاهش پتانسیل آب از صفر تا -۴ بار، تفاوت معنی‌داری در متوسط جوانه‌زنی تمامی ژنوتیپها حاصل نشد و حداکثر جوانه‌زنی در تمامی ژنوتیپها در سطح شاهد و -۴ بار به طور متوسط بیش از ۸۵ درصد بود (جدول ۴). با افزایش تنش در درصد جوانه‌زنی ژنوتیپها کاهش مشاهده شد (جدول ۴). افزایش تنش سبب کاهش پتانسیل اسمزی محیط جوانه‌زنی می‌شود که همین موضوع موجب می‌شود که رطوبت کمتری در اختیار بذور قرار گیرد و نهایتاً باعث کاهش درصد جوانه‌زنی می‌گردد که مقدار این کاهش در ژنوتیپهای مختلف در پتانسیلهای اسمزی یکسان، متفاوت می‌باشد. بالاترین درصد جوانه‌زنی نهایی به ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ و کمترین درصد جوانه‌زنی نهایی به ژنوتیپ IL-111 تعلق دارد. پاسخهای درصد جوانه‌زنی نهایی هر ژنوتیپ نسبت به سطوح مختلف پتانسیل آب معنی‌دار بود. در محیط شاهد بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۳ درصد) و کمترین درصد جوانه‌زنی نهایی در محیط -۱۲ بار (۷ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به جدول ۳ اکثر

شمس اسفندیاری و همکاران (۱۳۸۴) بیان نمودند که درصد جوانه‌زنی باید با عامل زمان همراه باشد تا بتواند تعداد نهالهای تولید شده در مدت زمان مشخص را نشان دهد (۷).

شاخص سرعت جوانه‌زنی: شاخص سرعت جوانه‌زنی از جمله معیارهای ارزیابی تحمل به خشکی است به طوری که ژنوتیپهای دارای شاخص سرعت جوانه‌زنی بالا از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردار می‌باشند. با بررسیهایی که انجام شد اثر سطوح مختلف پتانسیلها بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۲). با منفی شدن پتانسیل، کاهش معنی‌داری برای شاخص سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ به طور متوسط بالاترین (۷/۳۵۴) و ژنوتیپ IL-111 کمترین مقدار (۳/۰۶۳) سرعت جوانه‌زنی را در مجموع چهار سطح داشتند (جدول ۵). این موضوع نشان می‌دهد که سرعت جوانه‌زنی و درصد آن در برخی ژنوتیپها در شرایط کاهش پتانسیل اسمزی بیشتر، کمتر کاهش می‌یابد و بر این اساس ژنوتیپهای زرقان ۲۷۹ متحمل‌ترین و IL-111 حساس‌ترین در این آزمایش بودند. این نتایج با گزارشات جمشید مقدم و پورداد (۱۳۸۵) بر روی گلرنگ و عدلیبی و همکاران (۱۳۸۴) بر روی کلزا که در شرایط تقریباً مشابه انجام شده بود مطابقت دارد (۵ و ۹). تأثیر متقابل سطوح رطوبتی ژنوتیپ برای شاخص سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار شد، که نتایج آن نشان می‌دهد که با کاهش پتانسیل اسمزی تا سطح ۴- بار سرعت جوانه‌زنی برای کلیه ژنوتیپها به جز ژنوتیپ Lesaf نسبت به شاهد کاهش یافته است. ژنوتیپ Dincer در سطح شاهد از سرعت جوانه‌زنی بالایی برخوردار بود که با افزایش تنش از سرعت جوانه‌زنی آن کاسته شد (جدول ۵). جمشید مقدم (۱۳۸۱) در تحقیق بر روی نخود نشان داد که اثر متقابل سطوح رطوبتی ژنوتیپ برای شاخص سرعت جوانه‌زنی با اعمال تنش رطوبتی در شرایط کنترل شده توسط پلی‌اتیلن گلیکول، معنی‌دار می‌باشد (۴). بدین معنی که عکس‌العمل ژنوتیپهای مختلف

نسبت به سطوح پتانسیل اسمزی واکنش متفاوت نشان می‌دهند. کیانی و همکاران (۱۳۷۷) در مطالعه تأثیر مقادیر مختلف پلی‌اتیلن گلیکول بر جوانه‌زنی بذور ژنوتیپهای مختلف عدس نشان دادند که اثر متقابل سطوح رطوبتی × ژنوتیپ برای شاخص سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار می‌باشد و با افزایش مقدار پلی‌اتیلن گلیکول در محیط جوانه‌زنی سرعت جوانه‌زنی بذور عدس به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد (۱۳). مهدوی و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند که خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک بذور ارقام مختلف خلر (*Lathyrus sativus* L.) در مرحله جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرند به گونه‌ای که تنش شوری با ایجاد نوعی خشکی فیزیولوژیک قادر است از جذب رطوبت مورد نیاز بذور کاسته و باعث کاهش میزان و سرعت جوانه‌زنی بذور گردد (۱۶).

شاخص تنش جوانه‌زنی: یکی دیگر از معیارهای ارزیابی تحمل به خشکی شاخص تنش جوانه‌زنی می‌باشد به طوری که ژنوتیپهای دارای شاخص بالا از مقاومت بیشتری نسبت به خشکی برخوردار می‌باشند. بین سطوح مختلف پتانسیل آب و ژنوتیپها برای شاخص تنش جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۶). در پتانسیل ۴- بار ژنوتیپ Lesaf دارای بهترین شاخص تنش جوانه‌زنی (۱۰۶/۴۸) بود و ژنوتیپ IL-111 دارای کمترین میانگین (۵۱/۴۱) شد (جدول ۶). با افزایش تنش (کاهش پتانسیل اسمزی) از شاخص تنش جوانه‌زنی ژنوتیپهای گلرنگ کاسته شد. به طوریکه در پتانسیل ۸- بار ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ از شاخص تنش بهتری (۷۶/۶۶) نسبت به سایر ژنوتیپها برخوردار بود. در پتانسیل ۱۲- بار با توجه به اینکه فقط تعدادی از ژنوتیپها جوانه زدند ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ مجدد شاخص تنش بهتری داشت. با استفاده از این شاخص می‌توان برای هر محیط بهترین ژنوتیپ را که دارای میانگین بالاتری است انتخاب کرد (جدول ۶). در مجموع ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ دارای شاخص تنش جوانه‌زنی

بالا (۷۳/۵۴۲) و ژنوتیپ IL-111 دارای کمترین (۳۷/۸۵۴) درصد شاخص تنش جوانه‌زنی بود (جدول ۶).

طول ساقه‌چه: تیمارهای مورد بررسی از نظر طول ساقه‌چه واکنش‌های متفاوتی نشان دادند، بین پتانسیلهای مختلف برای صفت طول ساقه‌چه اختلاف وجود داشت (جدول ۳). در سطح شاهد، تیمارها دارای ساقه‌چه‌های بلندتری بودند و با افزایش پتانسیل آب طول ساقه‌چه‌ها کاهش پیدا کردند. در سطح شاهد ژنوتیپهای زرقان ۲۷۹ و IL-111 دارای ساقه‌چه‌های طولی‌تر و ژنوتیپهای ورامین ۲۹۵ و Lesaf دارای ساقه‌چه‌های کوتاه‌تری بودند، با افزایش تنش و رسیدن پتانسیل آب به ۴- بار طول ساقه‌چه‌ها کوتاه‌تر شدند و در این سطح پتانسیل ژنوتیپها در سه گروه قرار گرفتند که ژنوتیپهای موجود در گروه a دارای طول ساقه‌چه‌به‌تری بودند (جدول ۷). در کل نیز ژنوتیپهای زرقان ۲۷۹، IL-111 و Hartman دارای بیشترین طول ساقه‌چه‌ها بودند و ژنوتیپ ورامین ۲۹۵ دارای طول ساقه‌چه کمتری بود (جدول ۷). این نتایج با گزارش جمشید مقدم و پورداد (۵) همخوانی دارد. در این آزمایش از میان پارامترهای مورد اندازه‌گیری، طول ساقه‌چه حساسیت بیشتری به تنش نشان داد، چرا که با شدت بیشتری نسبت به سایر صفات مورد مطالعه در اثر افزایش سطوح تنش کاهش یافت. نتایج تحقیق آذرنبوند و جوادی (۱۳۸۲) و زهتابیان و جوادی (۱۳۸۲) بر روی جوانه‌زنی گونه‌های مرتعی با یافته تحقیق حاضر همخوانی داشته و ایشان نیز بر تأثیر پذیری بیشتر طول ساقه‌چه نسبت به صفات دیگر تحت شرایط تنش تأکید داشتند (۱ و ۶). همچنین این موضوع توسط عندلیبی و همکاران (۱۳۸۴) در مطالعه جوانه‌زنی ۶ ژنوتیپ مختلف کلزا تحت تنش رطوبتی نیز گزارش شده است (۹).

طول ریشه‌چه: ژنوتیپهای مورد بررسی از نظر طول ریشه‌چه با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند اما اثر متقابل بین سطوح رطوبتی و ژنوتیپها معنی‌دار بود (جدول ۳). در سطح شاهد، ژنوتیپها از ریشه‌چه‌های قطور، پر انشعاب و

کوتاه‌تری برخوردار بودند و در شرایط تنش ملایم، گیاهچه‌ها دارای ریشه‌چه‌های نازک، ضعیف و بلندتری بودند، به طوری که تمامی ژنوتیپها در سطح تنش ۴- بار از طول ریشه‌چه بلندتری نسبت به شاهد برخوردار بودند. علت طولی شدن ریشه در شرایط تنش این است که، ریشه‌ها به دنبال جذب آب میزان بیشتر از محیط بر اندازه خود می‌افزایند. در سطح شاهد ژنوتیپهای LRV-51-51، Yenice و Lesaf دارای ریشه‌چه‌های طولی‌تر و ژنوتیپهای Hartman و Cyprus bregon دارای طول ریشه‌چه کمتری بودند (جدول ۸). در سطح پتانسیل ۴- بار ژنوتیپها در دو گروه جای گرفتند که ژنوتیپهای جای گرفته در گروه a از طول ریشه‌چه بیشتری برخوردار بودند (جدول ۸). اهمیت طول ریشه‌چه گلرنگ تحت شرایط تنش در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (۵ و ۲۸). چون رشد ریشه‌چه در طی جوانه‌زنی، حاصل تقسیم شدن سلولها می‌باشد بنابراین در شرایط تنش اسمزی، انتقال مواد، تقسیم سلولی و به دنبال آن طولی شدن ساقه‌چه‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. نکته قابل توجه این است که میزان کاهش در طول ساقه‌چه به نوع ژنوتیپ و میزان تنش وارده بستگی دارد.

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه: برای وزن خشک ساقه‌چه بین ژنوتیپها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد اما اثر متقابل سطوح رطوبتی \times ژنوتیپها معنی‌دار نبود (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی از مقدار وزن خشک ساقه‌چه ژنوتیپها کاسته شد (جدول ۹). با توجه به مقایساتی که انجام گرفت ژنوتیپهای Dincer و IL-111 از وزن خشک بالاتری برخوردار بودند و ژنوتیپهای ورامین ۲۹۵ و Cyprus bregon میانگین کمتری را داشتند (جدول ۹). برای وزن خشک ریشه‌چه بین ژنوتیپها و همچنین اثر متقابل آنها با سطوح رطوبتی در سطح ۱ و ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در فرآیند جوانه‌زنی با کاهش وزن خشک لپه‌ها، وزن خشک محور زیر لپه (ریشه‌چه) و بالای لپه

(ساقه‌چه) زیاد می‌شود. با افزایش پتانسیل اسمزی، ضمن کاهش انتقال مواد به طرف ریشه‌چه و ساقه‌چه، تعادل موجود بین این دو نیز دستخوش تغییر می‌گردد که در ژنوتیپهای مختلف، یکسان نخواهد بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین ژنوتیپها برای اثر متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ بر شاخص تنش جوانه‌زنی

ژنوتیپها	صفر	-۴ (بار)	-۸ (بار)	-۱۲ (بار)	میانگین
IL-111	۱۰۰	۵۱/۴۱۵d	۰d	۰c	۳۷/۸۵۴d
LRV-51-51	۱۰۰	۹۰/۶۳۱abc	۴۱/۷۱۲bc	۰c	۵۸/۰۸۶bc
S-541	۱۰۰	۸۸/۷۷۳abc	۳۶/۶۶۷bc	۵/۱۸۵b	۵۷/۶۵۶bc
Lesaf	۱۰۰	۱۰۶/۴۸۱a	۴۷/۲۲۲bc	۰/۹۲۶bc	۶۳/۶۵۷b
Dincer	۱۰۰	۷۰/۵۵۶c	۳۲/۱۳c	۰c	۵۰/۶۷۱c
Yenice	۱۰۰	۹۳/۰۹۱ab	۴۱/۴۵۳bc	۰c	۵۸/۶۳۶bc
زرقان ۲۷۹	۱۰۰	۹۵/۸۳۳ab	۷۶/۶۶۷a	۲۱/۶۶۷a	۷۳/۵۴۲a
Hartman	۱۰۰	۹۷/۰۸۳ab	۶۴/۳۷۵ab	۱/۰۴۲bc	۶۵/۶۲۵b
ورامین ۲۹۵	۱۰۰	۸۲/۲۰۵bc	۲۵/۹۱۸c	۰c	۵۲/۰۳۱c
Cyprus bregon	۱۰۰	۹۱/۱۰۵abc	۴۴/۹۲۴bc	۰c	۵۹/۰۰۷bc
میانگین	۱۰۰	۸۶/۷۱۷b	۴۱/۱۰۷c	۲/۸۸۲d	

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین ژنوتیپها برای اثر متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ بر طول ساقه‌چه (سانتیمتر)

ژنوتیپها	صفر	-۴ (بار)	میانگین
IL-111	۳/۲۱۶a	۰/۵۶۳b	۱/۸۸۹ab
LRV-51-51	۳/۱۱۱a	۰/۳۷۸bc	۱/۷۴۴b
S-541	۲/۴۲۴bc	۱/۰۵۶a	۱/۷۴b
Lesaf	۱/۸۷۳cd	۰/۳۶۷bc	۱/۱۲c
Dincer	۱/۹۸۸bc	۰/۲۳۳bc	۱/۱۱۱c
Yenice	۲/۰۳۷bc	۰/۵۴۹b	۱/۲۹۳c
زرقان ۲۷۹	۳/۳۳۱a	۱/۰۵۲a	۲/۱۹۲a
Hartman	۲/۵۱۸b	۱/۲۲۸a	۱/۸۷۳ab
ورامین ۲۹۵	۱/۴۳۹d	۰/۰۸۳c	۰/۷۶۳d
Cyprus bregon	۲/۰۴bc	۰/۴۲۲bc	۱/۲۳۱c
میانگین	۲/۳۹۸	۰/۵۹۳	

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

سطح ۱ درصد و با وزن خشک ساقه‌چه در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و با وزن خشک ریشه‌چه و طول ریشه‌چه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱۰). شاخص تنش جوانه‌زنی با شاخص سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک ساقه‌چه و طول ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد و با درصد

همبستگی بین صفات: به منظور بررسی همبستگی بین صفات مورد بررسی، ضرایب همبستگی کارل-پیرسون بین این صفات محاسبه گردید. نتایج نشان داد که شاخص سرعت جوانه‌زنی با درصد جوانه‌زنی نهایی، شاخص تنش جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌داری در

همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت می‌توان از طریق این صفت نسبت به انتخاب ژنوتیپهای متحمل‌تر اقدام نمود. نتایج به دست آمده با بخشی از یافته‌های جمشید مقدم و پورداد در گلرنگ (۵) و جمشید مقدم در نخود (۴) مطابقت داشت.

جوانه‌زنی نهایی و طول ریشه‌چه در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. همبستگی معنی‌داری بین شاخص تنش جوانه‌زنی و وزن خشک ریشه‌چه مشاهده نگردید (جدول ۱۰). با توجه به اینکه طول ساقه‌چه با شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص تنش جوانه‌زنی

جدول ۸- مقایسه میانگین ژنوتیپها برای اثر متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ بر طول ریشه‌چه (سانتیمتر)

ژنوتیپها	صفر	۴- (بار)	میانگین
IL-111	۳/۸۸۳bc	۸/۸۶۴ab	۶/۳۷۴ab
LRV-51-51	۸/۴۴۱a	۸/۵۲۲ab	۸/۴۸۲a
S-541	۳/۸۷bc	۱۲/۵۱۶a	۸/۱۹۳a
Lesaf	۶/۶۷۳ab	۶/۲۹۴ab	۶/۴۸۴ab
Dincer	۴/۰۶۳bc	۶/۳۸۱ab	۵/۲۲۲ab
Yenice	۷/۸۸۹a	۸/۷۴۷ab	۸/۳۱۸a
زرقان ۲۷۹	۴/۳۳۳bc	۹/۳۱۶a	۶/۸۲۴ab
Hart man	۳/۳۲۳c	۱۰/۲۳۱a	۶/۷۷۷ab
ورامین ۲۹۵	۴/۱۸۹bc	۲/۷b	۳/۴۴۴b
Cyprus bregon	۲/۴۲۷c	۱۱/۹۷۸a	۷/۲۰۲a
میانگین	۴/۹۰۹	۸/۵۵۵	

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۹- تأثیر پتانسیل آب و ژنوتیپ بر وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم)

ژنوتیپها	صفر	۴- (بار)	میانگین
IL-111	۵/۱۳۳	۲/۹۱۷	۴/۰۲۵ab
LRV-51-51	۴/۰۶۷	۲/۱۸۳	۳/۱۲۵abcd
S-541	۴/۴۶۷	۲/۱۸۳	۳/۵۹۷abc
Lesaf	۴/۴۶۷	۲/۷۲۸	۳/۰۸۳abcd
Dincer	۴/۳۶۷	۱	۴/۴۸۳a
Yenice	۵/۱۳۳	۳/۸۳۳	۲/۷۴۲bcd
زرقان ۲۷۹	۳/۷۲۲	۱/۷۶۱	۳/۶۸۳abc
Hartman	۴/۲۱۱	۳/۱۵۶	۳/۲۰۶abcd
ورامین ۲۹۵	۲/۹۸۹	۰/۵۳۳	۲/۰۵d
Cyprus bregon	۲/۸۷۸	۱/۵۲۲	۲/۲cd
میانگین	۴/۰۵۳	۲/۳۸۶	

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

رشد گیاهچه‌های گلرنگ می‌شود. نکته قابل توجه افزایش طول ریشه‌چه گلرنگ با افزایش تنش بود که اهمیت طول ریشه‌چه را در گلرنگ در شرایط خشکی نشان می‌دهد. همچنین مشاهده شد که با افزایش تنش، درصد جوانه‌زنی

نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از پلی اتیلن گلایکول موجب کاهش قابل توجه درصد جوانه‌زنی و

نهایی و شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش پیدا کردند. در کل با توجه به صفات مورد بررسی می‌توان ژنوتیپ زرقان ۲۷۹ را به عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی و خشکی در نظر گرفت.

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف جوانه‌زنی تحت تنش

صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱. درصد جوانه‌زنی نهایی	۱						
۲. شاخص سرعت جوانه‌زنی	۰/۸۳**	۱					
۳. شاخص تنش جوانه‌زنی	۰/۲۸*	۰/۴۵**	۱				
۴. وزن خشک ساقه‌چه	۰/۱۰ ns	۰/۳۱*	۰/۴۸**	۱			
۵. وزن خشک ریشه‌چه	۰/۲۱ ns	۰/۰۹ ns	-۰/۰۷ ns	۰/۱۲ ns	۱		
۶. طول ساقه‌چه	۰/۲۴ ns	۰/۴۱**	۰/۷۱**	۰/۶۶**	-۰/۱۲ ns	۱	
۷. طول ریشه‌چه	۰/۱۰ ns	-۰/۰۸ ns	۰/۲۵*	-۰/۲۶*	۰/۶۸**	-۰/۲۴ ns	۱

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

منابع

- آذرینوند، ح. و جوادی، م. (۱۳۸۲). بررسی اثر تنش خشکی بر روی جوانه زنی دو گونه مرتعی از جنس آگروپایرون. مجله بیابان، ج ۸، ش ۲، ص ۲۰۵-۱۹۲.
- احمدی، م. ر. و امید، ا. ح. (۱۳۷۳). بررسی عملکرد دانه و تأثیر زمان برداشت بر میزان روغن ارقام بهاره و پاییزه گلرنگ. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
- امیدی تبریزی، ا. ح. و احمدی، م. ر. (۱۳۷۹). مروری بر تحقیقات به نژادی و به زراعی گلرنگ در جهان و ایران. ماهنامه علمی-تخصصی زیتون ۱۴۲: ۱۴-۱۸.
- جمشید مقدم، م. (۱۳۸۱). ارزیابی معیارهای مقاومت به خشکی وگزینش ژنوتیپ های مقاوم در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه درنخود زراعی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ص ۱۴۵.
- جمشید مقدم، م. و پورداد، س. س. (۱۳۸۵). ارزیابی ژنوتیپ های گلرنگ تحت تنش رطوبتی در شرایط کنترل شده و مزرعه. مجله علم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، ش ۲، ۱۶۸-۱۵۵.
- زهتابیان، غ. و جوادی، م. (۱۳۸۲). بررسی اثر تنش خشکی بر روی جوانه زنی سه گونه مرتعی از جنس سالسولا. مجله بیابان، ج ۸، ش ۱، ۳۱-۲۱.
- شمس اسفندیاری، ر.، شریعتی، م. و مدرس هاشمی، س. م. (۱۳۸۵). بررسی برخی تیمارهای شکستن خواب در پنج جمعیت بذری گونه استیبی ریش‌دار (*Stipa Barbara*). مجله زیست شناسی ایران، ج ۱۸، ش ۱، ص ۴۸-۵۹.
- عبد میثانی، س. و شاه نجات بوشهری، ع. (۱۳۷۶). اصلاح نباتات تکمیلی (جلد اول). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۱ ص.
- عندلیبی، ب.، زنگانی، ا. و حق نظری، ع. (۱۳۸۴). بررسی اثرات تنش خشکی بر شاخص های جوانه زنی ۶ رقم کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران، ج ۳۶، ش ۲، ص ۴۶۳-۴۵۷.
- فخری، آ.، گالشی، س.، زینلی، ا. و عبدل زاده، ا. (۱۳۸۳). بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ های سویا در مرحله جوانه زنی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، ش ۲، ص ۱۴۹-۱۳۷.
- کوچکی، ع. (۱۳۶۷). جنبه هایی از مقاومت به خشکی در سورگوم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲، ش ۲، ص ۵۴-۴۸.
- کوچکی، ع.، سلطانی، ا. و عزیز، م. (۱۳۷۶). ترجمه: اکوفیزیولوژی گیاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۲۷۱.

۱۳. کیانی، م.، باقری، ع. و نظامی، ا. (۱۳۷۷). عکس‌العمل ژنوتیپ‌های عدس با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰. علوم و صنایع کشاورزی، ج ۱۲ ش ۱، ص ۵۹-۳۹.
۱۴. مرجانی، ع.، فارسی، م. و رحیمی‌زاده، م. (۱۳۸۵). بررسی تحمل به خشکی ده ژنوتیپ نخود دیم در مرحله جوانه زنی با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰. ویژه نامه علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، سال دوازدهم، ش ۱، ص ۲۹-۱۷.
۱۵. مظاهری تیرانی، م. و منوچهری کلانتری، خ. (۱۳۸۵). بررسی سه فاکتور سالیسیلیک اسید، تنش خشکی و اتیلن و اثر متقابل آنها بر جوانه‌زنی بذر کلزا (*Brassica napus L.*). مجله زیست شناسی ایران، ج ۱۸، ش ۴، ص ۴۰۸-۴۱۸.
۱۶. مهدوی، ب.، مدرس ثانوی، س. ع. م. و بلوچی، ح. (۱۳۸۶). تأثیر کلرید سدیم بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام خلر (*Lathyrus* Proceedings IVth International Safflower Conference. Bari (Italy). June 2-7. 170-171.
- 20- Basalma, D., Uranbey, S., Mirici, S and Kolsarici, Ö (2008). TDZ×IBA induced shoot regeneration from cotyledonary leaves and in vitro multiplication in safflower (*Carthamus tinctorius L.*). African Journal of Biotechnology 7 (8), pp. 960-966.
- 21- Bouslama, M. and Schapauch, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of tree screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24: 933-937.
- 22- Corchete, P. and Gurrta, H. (1986). Effect of NaCl and polyethylene glycol on solute contact and glycosidase activities during germination of lentil seeds. Plant Cell and Environment. 7: 589-593.
- 23- Emerich, W. E. and Hardegree, S. P. (1991). Seed germination in polyethylen glycol solution: Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Crop Science. 24:933-937.
- 24- Fernandez, G. and Johnston, M. (1995). Seed vigour testing in lentil, bean, and chickpea. Seed Science and Technology. 23: 617-627.
- 25- Froozan, K. (1997). A technique for screening of drought and saline resistant Safflower. varieties during germination and plant growing.
- 26- Grzesiak, S., Filek, W., Skrudik, G. and Niziol, B. (1996). Screening for drought resistance: evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. Journal of Agronomy and Crop Science, 177: 245-252.
- 27- Johnson, R. C., Bradley Ghorpade, V. L. and Bergman, J. W. (1997). Regeneration and Evaluation of the U. S. safflower germplasm collection. Proceedings IVth International Safflower Conference. Bari (Italy), June 2-7, page 215-217.
- 28- Knowles, P. F. (1958). Safflower. Adv. In Agron. Vol. 10. Academic press, NewYork, NY.
- 29- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science. 2: 176-177.
- 30- Michel, B. E. and Kaufman, M. R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51: 914-916.
- 31- WWW.FAO.ORG/Novamber 2008/Statistics/Agriculture/Safflower/.

Effect of drought-induced stress by PEG6000 on physiological and morphological traits of Safflower (*Carthamus tinctorius*) seed germination in order to selection of drought tolerant genotypes

Zebarjadi A. R.^{1,2}, Soheilikhah ZH.³, Ghasempour H.R.³ and Vaisipour A.⁴

¹ Plant Breeding and Agronomy Dept., Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, I.R. of IRAN

² Biotechnology for Drought stress Research Dept., Razi university, Kermanshah, I.R. of IRAN

³ Biology Dept., Faculty of Sciences, Razi University, Kermanshah, I.R. of IRAN

⁴ Plant Breeding Dept., Faculty of Agriculture, Industrial Esfahan University, Esfahan, I.R. of IRAN

Abstract

Drought stress is one of the most important factors in arid and semiarid regions that lead to disorder in growth and development of plants especially at germination stage. Because of importance of safflower as an oil and therapeutic crop, achieving to genotype(s) that be capable of the drought stress at initiating growth stage is necessary. For this purpose, germination and plantlet growth of 10 genotypes were tested in drought stress conditions at four levels including 0 (control), -4, -8 and -12 Bar using PEG6000. This experiment was conducted at laboratory of Agronomy and Plant Breeding Department of Razi University in 2006-2007 as a factorial design in randomized complete block design (RCBD) with three replications. Traits that were studied including: percentage of final germination (FG), germination rate index (PI), germination stress index (GSI), rootlet length (RL), shootlet length (SL) and dry weight of shootlet and rootlet. Data were subjected to variance analysis and mean comparison. Results indicated that in most considered traits, effect of potential levels of genotypes and their interaction were significant. Rootlet length had more sensitive than other traits to decreasing of water potential, hence, root length were increased in these conditions. Also, there was observed a positive and significant correlation among the traits: GSI (0.71**), PI (0.41**) and SL. Thus, by these traits, can be attempt to selection of tolerant cultivars. In general, results represented that considerable genetic diversity is occur among genotypes. Regarding the studied traits, "Zarghan 279" genotype had been high tolerance to drought stress at germination stage, "Varamin 295" and "IL-111" had been low tolerance.

Keywords: Safflower, drought stress, germination, Poly Ethylene Glycol (PEG)