

ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum L.*) با استفاده از صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی تحت شرایط خشکی

محمدامین باقری^۱، سیدکمال کاظمی تبار^{۱*}، علی دهستانی^۲، پویان مهربان جوبنی^۳

حمید نجفی زرینی^۱

^۱گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
^۲پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
^۳گروه علوم پایه، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۷

چکیده

کنجد به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دانه روغنی از ظرفیت‌های صنعتی، غذایی و دارویی بالایی برخوردار است. تنش خشکی به ویژه در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای تولید کنجد را با چالش رو برو می‌کند. به منظور غربال ژنوتیپ‌های کنجد برای تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. عوامل مورد بررسی شامل ۴ سطح خشکی القا شده به وسیله پلی اتیلن گلیکول (غلظت‌های ۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد) و ۱۵ ژنوتیپ کنجد بودند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ، خشکی و برهم‌کنش آن‌ها بر روی تمامی صفات جوانه‌زنی مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه ۱ و ۲، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. کاهش معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) در تمامی سطوح تنش نسبت به شاهد در صفات مطالعه شده مشاهده گشت. صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه (به ترتیب با ۱۰، ۱۷ و ۱۸ درصد کاهش) حساسیت کمتری به تنش خشکی در سطح ضعیف (غلظت ۲۰ درصد) نشان دادند، در حالی که بیشترین تاثیر منفی برای صفات شاخص بنیه ۲، وزن خشک گیاهچه و وزن تر گیاهچه (به ترتیب با ۵۲/۵، ۴۷/۳ و ۳۴/۴ درصد کاهش) بدست آمد. از سوی دیگر تحت خشکی شدید (غلظت ۳۰ درصد) بیشترین کاهش در طول ساقه‌چه، شاخص بنیه ۱ و ۲ (به ترتیب ۹۸، ۹۷ و ۹۶ درصد) حاصل گشت. از شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه شده برای هر یک از صفات در تجزیه به مولفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات استفاده شد. بدین ترتیب ژنوتیپ‌ها بر اساس تحمل به ۵ دسته تقسیم شدند. ژنوتیپ‌های دشتسان ۲ و داراب ۱ به عنوان متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های قائم، یکتا، سودان و کرمان به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. یافته‌های این پژوهش می‌تواند در مطالعات و برنامه‌های اصلاحی آینده کنجد برای تحمل خشکی مورد استفاده قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: بی‌پلات، پلی اتیلن گلیکول، تجزیه به مولفه‌های اصلی، تنش خشکی، ریشه‌چه، ساقه‌چه، کنجد.

مقدمه

کنجد (*Sesamum indum* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان روغنی زراعی است که از سالیان دور در نقاط مختلف دنیا مورد کشت قرار می‌گیرد. کنجد به خاطر مصارف متنوع آن از جمله خوراکی، دارویی و صنعتی دارای اهمیت بالایی می‌باشد (Morris, 2002). گیاهان به طور معمول در معرض عوامل نامطلوب زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرند که این مواجهه مانع از عملکرد حداکثری گیاه شده و حتی بقای آن را تهدید می‌کند (Suzuki et al., 2014). خشکی یکی از اصلی‌ترین تنش‌های غیر زنده است که به سبب محدودیت منابع آبی تولید گیاهان زارعی را در سراسر دنیا تحت تاثیر قرار می‌دهد. تنش خشکی زمانی رخ می‌دهد که گیاهان قادر به برطرف کردن نیاز تبخیر و تعرق خود نباشند. این شرایط با دسترس نبودن آب به دلیل بارندگی‌های نامنظم یا آبیاری ناکافی ایجاد می‌شود، اما می‌تواند توسط عوامل دیگری مانند شوری و خصوصیات فیزیکی خاک و دمای هوا یا خاک بالا تشدید شود (Rauf et al., 2016). تخمین زده شده است که کشاورزی روی زمین به دلیل دسترسی محدود به آب تنها در ۱۶ درصد از مناطق بالقوه قابل کشت امکان پذیر باشد (Alexandratos and Bruinsma, 2012). از سوی دیگر تغییرات اقلیمی جهانی به خصوص به دلیل افزایش تبخیر و تعرق ناشی از افزایش دما، احتمالاً باعث افزایش وقوع و شدت رویدادهای خشکسالی شود (Feng et al., 2013). بنابراین انتظار می‌رود تنش خشکی در سال‌های آینده شدیدتر شده و مناطق تحت تاثیر خشکسالی ممکن است تا سال ۲۰۵۰ دو برابر شود (Alexandratos and Bruinsma, 2012). بنابراین در چنین شرایطی حفظ بهره‌وری گیاهان زارعی برای نسل‌های آینده تنها با توسعه ارقام متحمل به خشکی امکان پذیر می‌باشد.

یکی از راه‌های ساده در عین حال کارآمد برای این مهم ارزیابی و انتخاب از منابع تنوع می‌باشد (Cooper et al., 2001). از دیرباز منابع ژرم پلاسما گیاهی موجود به عنوان تامین کننده اصلی تنوع ژنتیکی مورد نیاز برای اصلاح ارقام جدید در برنامه‌های اصلاحی حائز اهمیت بودند (Halewood et al., 2013; FAO, 1997). با این حال یکی از چالش‌های مهم در غربالگری و انتخاب از ژرم پلاسما موجود این است که تحمل در یک مرحله از رشد و نمو گیاه ممکن است همبستگی ضعیفی با تحمل در سایر مراحل رشدی داشته باشد. بنابراین ضروری است که ژنوتیپ‌ها در هر مرحله از رشد گیاه جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرند و روش‌های غربالگری متفاوت و متناسب با آن اعمال گردد (Foolad et al., 2003). جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه مرحله مهمی برای گیاهان زارعی رشد یافته در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد و خشکی در این مرحله ممکن است منجر به تاخیر یا ممانعت از جوانه‌زنی، استقرار نامناسب بوته‌ها، رشد ضعیف گیاه و در نهایت کاهش محصول گردد (Vignesh et al., 2018; Foolad et al., 2003).

غربالگری ژرم پلاسما برای تحمل تنش آبی در مرحله جوانه‌زنی می‌تواند با استفاده از انواع مختلف عوامل اسمزی برای کاهش پتانسیل آب محیط رشد انجام شود. غربالگری در حضور عوامل اسمزی به دلیل کنترل دقیق‌تر تنش، نتایج غربالگری قابل تکرار و ارزیابی تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها از مزیت بالایی برخوردار است (Rauf et al., 2016). با این حال، گاهی اوقات نتایج ممکن است به دلیل اثرات متفاوت عوامل اسمزی در مقایسه با تنش آبی خاک گمراه کننده باشد. بعضی از عوامل اسمزی از جمله مانیتول بر روی گیاه اثر سمی دارند (Rauf et al., 2016). همچنین، عوامل اسمزی با وزن مولکولی کم ممکن

بذور در پتانسیل کمتر از ۱/۵- مگاپاسکال قادر به جوانه زنی نبودند. با توجه به اهمیت مطالب یاد شده، هدف از پژوهش حاضر ارزیابی ۱۵ ژنوتیپ کنجد در مرحله جوانه‌زنی تحت تنش خشکی القا شده با PEG با استفاده از آنالیزهای آماری و شاخص‌های تحمل و در ادامه تعیین ژنوتیپ‌های حساس و متحمل بود

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایش: به‌منظور غربال ژنوتیپ‌های کنجد برای تحمل به خشکی آزمایش فاکتوریل دو عاملی (۴ تیمار خشکی و ۱۵ ژنوتیپ کنجد) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری طراحی و اجرا گردید. بذر ژنوتیپ‌های کنجد از مجموعه ژرم‌پلاسما کنجد گروه اصلاح نباتات دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری شامل ارقام و توده‌های محلی جمع‌آوری شده از نقاط مختلف ایران تهیه شد (جدول ۱).

اعمال تنش خشکی: تیمارهای خشکی شامل شاهد (آب مقطر) و سه سطح خشکی بودند. برای القا تیمارها از غلظت‌های ۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد جرمی حجمی (m/v) از PEG-6000 به ترتیب با پتانسیل اسمزی حدود ۰، -۵، -۷/۵ و -۱۰- بار استفاده شد (Michel and Kaufmann, 1973). بذرهای پیش از تیمار به وسیله هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. هر واحد آزمایشی شامل یک پتری دیش ضد عفونی شده با الکل ۷۰ درصد به قطر ۱۰ سانتی‌متر که در کف آن کاغذ قرار داده شده بود. در هر پتری ۲۵ بذر سالم و ضد عفونی شده کنجد با فاصله یکسان قرار داده شد و سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول تیماری مورد نظر به آن اضافه شد. به منظور جلوگیری از آلودگی و تبخیر درب پتری‌ها با پارافیلیم بسته شد و سپس به ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

است به دیواره سلول نفوذ کرده و به جای سیتورهایز^۱ (کاهش حجم پروتوپلاست و دیواره‌های سلولی) که توسط تنش آبی در محیط‌های خاکی ایجاد می‌شود، باعث ایجاد پلاسمولیز^۲ شود (به عنوان مثال، کاهش حجم پروتوپلاسم) (Gopal and Iwama, 2007). با این وجود، با استفاده از عوامل اسمزی با وزن مولکولی بالا مانند پلی اتیلن گلیکول^۳ -۶۰۰۰ (PEG-6000) می‌توان بر این اثرات نامطلوب غلبه کرد. PEG با وزن مولکولی ۶۰۰۰ یا بیشتر نمی‌تواند وارد منافذ سلول‌های گیاهی شود و برای گیاهان نیز سمی نمی‌باشد (Vignesh et al., 2018; Rauf et al., 2016).

کنجد به‌طور مرسوم در نواحی خشک و نیمه خشک کشت می‌شود و بنابراین احتمال زیادی دارد که در یکی یا دو مرحله از رشد خود با خشکی متوسط تا شدید مواجه شود. اگرچه کنجد به‌طور نسبی با محیط‌های خشک سازگار شده و از قدرت زنده‌مانی قابل توجهی تحت شرایط کم آبی برخوردار است، با این وجود تنش خشکی اغلب ظرفیت تولید کنجد را محدود می‌کند (Islam et al., 2016). تنش خشکی به ویژه در مراحل جوانه‌زنی و گلدهی بیشترین اثرات مخرب را بر جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهیچه، صفات مربوط به عملکرد و کیفیت بذر کنجد دارد (Li et al., 2018).

Boureima و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایشی بر روی ۲۲ بذر از ارقام کنجد جهش‌یافته در مجاورت اشعه گاما به همراه ۳ نوع بذر از منابع مادری تحت شرایط تنش خشکی با پتانسیل‌های اسمزی ۰/۵-، ۱-، ۱/۵- و ۲- مگاپاسکال نشان دادند که در پتانسیل کمتر از ۱- مگاپاسکال جوانه زنی، سبز شدن و رشد ریشه کاهش شدیدی را تجربه می‌کند، در عین حال

1. Cytorrhysis
2. Plasmolysis
3. Polyethyleneglycol

جدول ۱: مشخصات عمومی ژنوتیپ‌های کنجد مورد مطالعه

شماره	نام	منشا	نوع
۱	اولتان	ایران	رقم
۲	مغان ۱۷	ایران	رقم
۳	آمریکایی	آمریکا	رقم
۴	یکتا	ایران	رقم
۵	داراب ۱	ایران	رقم
۶	ناز تک	ایران	رقم
۷	ناز چند	ایران	رقم
۸	هللیل	ایران	رقم
۹	امیری	ایران	محلی
۱۰	چینی	چین	رقم
۱۱	سودان	سودان	رقم
۱۲	دشتستان ۲	ایران	رقم
۱۳	کرمان	ایران	رقم
۱۴	قائم	ایران	رقم
۱۵	کاظمی	ایران	محلی

۱ و ۲ محاسبه شد (AbdulBaki and Anderson, 1973; Maguire, 1962):

$$GR (\text{درصد}) = \frac{n_{10}}{n_t} \times 100 \quad (1)$$

$$GS = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{t_i} \quad (2)$$

$$VI1 = GR (\text{درصد}) \times SL (\text{سانتی متر}) \quad (3)$$

$$VI2 = GR (\text{درصد}) \times DW (\text{گرم}) \quad (4)$$

در این روابط n_t تعداد کل بذور، n_{10} تعداد بذر جوانه زده در روز t_i ام، t_i روز i ام، SL طول جوانه و DW وزن خشک جوانه می‌باشد. همچنین شاخص تحمل خشکی^۴ (DTI) برای هر یک از صفات و پارامترهای مورد مطالعه در سطوح مختلف تنش نسبت به شاهد

اندازه‌گیری صفات جوانه‌زنی: به منظور تعیین سرعت و درصد جوانه‌زنی بذور جوانه‌زده برای هر پتری به صورت روزانه به مدت ۱۰ روز شمارش شدند. در روز دهم از هر پتری ۱۰ جوانه انتخاب شده و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه آنها با استفاده از خط‌کش و بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس وزن تر جوانه‌ها با استفاده از ترازو و بر حسب میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. در ادامه وزن خشک جوانه‌ها پس از خشک شدن آنها درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت با ترازو و بر حسب میلی‌گرم اندازه‌گیری شد.

محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی: با استفاده از معادلات ۱-۴ به ترتیب پارامترهای درصد جوانه‌زنی^۱ (GR)، سرعت جوانه‌زنی^۲ (GS) و شاخص بینه^۳ (VI)

1. Germination Rate
2. Germination Speed
3. Vigor Index

4. Drought Tolerance Indices

جهت طبقه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس تحمل با استفاده از DTI‌های محاسبه شده انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای خشکی بر روی همه پارامترهای جوانه‌زنی بررسی شده معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۲). از سوی دیگر مشخص شد تفاوت معنی‌دار ($P < 0.01$) در میان ژنوتیپ‌های کنجد برای تمامی صفات جوانه‌زنی وجود دارد. اثر متقابل ژنوتیپ‌ها و سطوح خشکی نیز بر صفات مورد مطالعه بسیار معنی‌دار ($P < 0.01$) مشاهده شد.

با استفاده از فرمول ذیل (معادله ۵) محاسبه گردید (Badr et al., 2020):

$$DTI.T.Pi = \frac{TPi}{TCo} \quad (5)$$

که در این رابطه T صفت مورد محاسبه و Pi سطح تنش مورد محاسبه و C0 شاهد می‌باشد.

تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای R و Excel انجام شد. به منظور مقایسه ژنوتیپ‌ها، تیمارها و اثرات توامان آن‌ها تجزیه واریانس و در ادامه آزمون LSD (در سطح ۵ درصد) انجام شد. در ادامه ضرایب همبستگی ساده بین صفات به روش پیرسون محاسبه شد. همچنین تجزیه به مولفه‌های اصلی و رسم نمودار بای‌پلات

جدول ۲: تجزیه واریانس برای صفات جوانه زنی ژنوتیپ‌های کنجد تحت شرایط خشکی

میانگین مربعات			درجه		منابع تغییرات
شاخص بنیه ۱	شاخص بنیه ۲	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	آزادی	
۱۰۷۶۸۶۷۶**	۲۹۷/۵۱**	۱۵۹۰/۲**	۴۶۷۱۷/۹**	۳	تیمار
۱۴۴۶۰۳/۴**	۲/۱۰**	۲۶۷**	۱۰۸۳/۷**	۱۴	ژنوتیپ
۲۵۴۰۷/۷**	۰/۴۹**	۷/۴**	۲۴۹/۳**	۴۲	تیمار × ژنوتیپ
۴۷۸۱/۶	۰/۰۳	۰/۴	۲۵/۹**	۱۲۰	خطا

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ادامه جدول ۲:

میانگین مربعات			درجه		منابع تغییرات
وزن تر	وزن خشک	طول ساقه چه	طول ریشه چه	آزادی	
(میلی‌گرم)	(میلی‌گرم)	(میلی‌متر)	(میلی‌متر)		
۳۳۲۴۵۲/۶**	۲۶۸۳۹/۱**	۲۲۶۰۶/۴**	۲۹۷۸۷/۰**	۳	تیمار
۳۰۳۷/۰**	۱۹۰/۴**	۱۴۴/۷**	۸۸۹/۳**	۱۴	ژنوتیپ
۱۰۶۲/۳**	۴۶/۹**	۳۶/۴**	۱۴۳/۴**	۴۲	تیمار × ژنوتیپ
۷۶/۱	۲/۸	۵/۳	۳۶/۷	۱۲۰	خطا

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

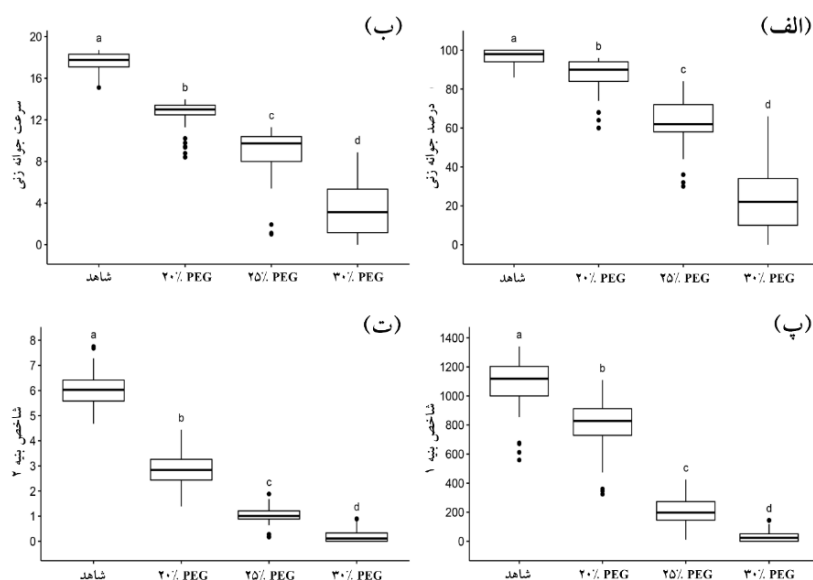
درصد بود. اگرچه در تمامی سطوح خشکی کاهش جوانه‌زنی بدست آمد اما ژنوتیپ‌ها به طور متوسط در غلظت ۲۰ درصد PEG (P20) کاهش نسبتاً کمتری (حدود ۱۰ درصد) در مقایسه با سایر غلظت‌ها نشان

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) بین تمامی سطوح خشکی و شاهد را نشان داد (شکل ۱-الف). نرخ جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها تحت تیمار شاهد (C0) به طور متوسط ۹۷

P30 به ترتیب حدود ۲۹، ۴۹ و ۸۰ درصد بود (جدول ۳). بیشترین تنوع در سرعت جوانه‌زنی تحت تنش خشکی نیز در P30 با دامنه ۱/۶-۰/۸ مشاهده گردید. شاخص بنیه ۱ (طولی) نیز در تمامی سطوح تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش معنی دار داشت (شکل ۱-پ). شاخص بنیه طولی در سطح شاهد به طور متوسط ۱۰۷۶ بود که تحت خشکی شدید (P30) با کاهش چشمگیر (۹۷ درصد) به حدود ۳۵ رسید. بیشترین تفرق میان ژنوتیپ‌ها از لحاظ شاخص بنیه طولی (با دامنه ۳۴۳-۱۰۵۵) در P20 ثبت رسید. به طور مشابه شاخص بنیه ۲ (وزنی) ژنوتیپ‌ها در سطوح خشکی کاهش معنی دار نسبت به شاهد داشت (شکل ۱-ت). با این حال از همان تیمار P20 که ضعیف‌ترین سطح خشکی بود کاهش شدید شاخص بنیه وزنی ژنوتیپ‌ها (حدود ۵۳ درصد) بدست آمد. با افزایش خشکی این کاهش با شیب ملایم‌تری ادامه داشت و در سطح P30 متوسط بنیه وزنی به پایین‌ترین حد خود (۰/۲) رسید.

دادند. با این وجود در همین سطح برای ژنوتیپ‌های ۱۴، ۲۲ و ۳ کاهش قابل توجهی از جوانه‌زنی (بیش از ۳۰ درصد) بدست آمد (جدول ۳). با افزایش غلظت PEG نرخ کاهش بیشتری بدست آمد به طوری که در غلظت ۲۵ درصد PEG (P25) جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها به طور متوسط با کاهش ۳۶ درصدی نسبت به شاهد روبرو شد و نهایتاً در در غلظت ۳۰ درصد PEG (P30) به ۷۵ درصد کاهش رسید. به طور کلی بیشترین تفرق در بین ژنوتیپ‌ها برای درصد جوانه‌زنی در P30 حاصل گردید. به طوری که دامنه جوانه‌زنی در این سطح از ۶۳ درصد (ژنوتیپ ۵) تا ۰/۷ درصد (ژنوتیپ ۱۱) گسترده بود.

سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در حالت عادی (C0) به طور متوسط ۱۷/۵ و در محدوده ۱۸/۵ (ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۵) تا ۱۶/۳ (ژنوتیپ ۳) بود (شکل ۱-ب). با اعمال تنش کاهش معنی دار ($P < 0.05$) در سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. متوسط نرخ کاهش در سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در سطوح P20، P25 و



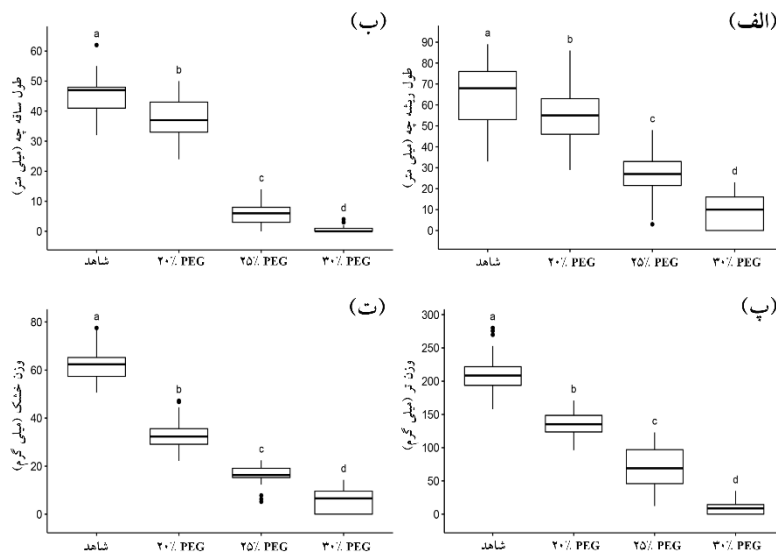
شکل ۱: اثر تنش خشکی القا شده با PEG بر (الف) درصد جوانه‌زنی، (ب) سرعت جوانه‌زنی، (پ) شاخص بنیه ۱ (طولی) و (ت) شاخص بنیه ۲ (وزنی) ژنوتیپ‌های کنجد. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

ساقه‌چه نیز تحت غلظت پایین PEG (۲۰ درصد) با شیب نسبتاً ملایم همراه بود. اما با افزایش غلظت به ۲۵ درصد کاهش ساقه‌چه به طور چشمگیری شدت بیشتر یافت و به حدود ۸۸ درصد نسبت به شاهد رسید. در ادامه در سطح P30 به طور جالب توجه حدود ۶۷ درصد ژنوتیپ‌ها فاقد ساقه‌چه رشد یافته و قابل اندازه‌گیری بودند.

متوسط وزن تر و خشک گیاهچه ژنوتیپ‌ها در شرایط عادی به ترتیب ۲۰۹ و ۶۲ میلی‌گرم بود (شکل ۲-پ، ت). بیشترین وزن تر و خشک متعلق به ژنوتیپ ۲ (به ترتیب حدود ۲۷۵ و ۷۶ میلی‌گرم) بود. ژنوتیپ ۱۰ نیز کمترین میزان وزن تر و خشک (به ترتیب حدود ۱۶۴ و ۵۳ میلی‌گرم) تحت شرایط بدون تنش (CO) را به خود اختصاص داد. با اعمال تنش خشکی کاهش معنی‌دار در وزن تر و خشک گیاهچه ژنوتیپ‌ها در تمامی سطوح تیماری بدست آمد.

طول ریشه‌چه در نمونه‌های شاهد به‌طور متوسط ۶۵ میلی‌متر و در محدوده ۳۴-۸۱ میلی‌متر بود (شکل ۲-الف). همان‌طور که در شکل ۲-الف نشان داده شده است طول ریشه‌چه گیاهان تحت تنش خشکی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار ($P < 0.05$) کاهش یافته بود. به‌طور ویژه شدت کاهش در سطح P20 در مقایسه با سایر سطوح خشکی نسبتاً کم و در حدود ۱۷ درصد بود. با این حال در حد فاصل P20 تا P30 شدت کاهش طول ریشه‌چه به‌طور قابل‌توجهی افزایش داشت. بیشترین تنوع در طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌ها در سطح P20 با دامنه ۳/۳-۶۳ میلی‌متر (ژنوتیپ‌های ۵ و ۱) تا ۳/۳-۳۱ میلی‌متر (ژنوتیپ ۱۴) بدست آمد.

طول ساقه‌چه نیز در نمونه‌های بدون تنش به‌طور متوسط ۴۵ میلی‌متر و در محدوده ۳۶-۵۴ میلی‌متر بود (شکل ۲-ب). کاهش معنی‌دار در طول ساقه‌چه ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی نسبت به نمونه‌های شاهد مشاهده شد. مشابه با ریشه‌چه کاهش در طول



شکل ۲: اثر تنش خشکی القا شده با PEG بر (الف) طول ریشه‌چه، (ب) طول ساقه‌چه، (پ) وزن تر و (ت) وزن خشک ژنوتیپ‌های کنجد. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۳: میانگین صفات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کنجد تحت شرایط عادی و خشکی

وزن خشک (میلی‌گرم)	وزن تر (میلی‌گرم)	طول ساقچه (میلی‌متر)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	شاخص بینه ۲	شاخص بینه ۱	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	ژنوتیپ	تیمار
۶۳/۷	۲۲۰/۳	۵۱/۷	۷۳/۰	۶/۲	۱۲۱۰/۲	۱۷/۳	۹۷/۰	۱	شاهد
۷۶/۲	۲۷۵/۱	۴۴/۷	۵۵/۳	۷/۶	۹۹۳/۳	۱۸/۰	۹۹/۳	۲	
۵۴/۴	۱۸۲/۷	۴۶/۷	۵۹/۳	۵/۱	۹۸۶/۸	۱۶/۳	۹۳/۰	۳	
۶۹/۶	۲۴۸/۴	۴۵/۷	۷۳/۳	۶/۹	۱۱۸۶/۲	۱۸/۱	۹۹/۷	۴	
۶۴/۵	۱۹۶/۶	۴۵/۰	۷۴/۳	۶/۴	۱۱۹۳/۳	۱۸/۵	۱۰۰/۰	۵	
۶۱/۴	۱۹۹/۵	۳۶/۰	۷۲/۰	۶/۱	۱۰۷۲/۹	۱۸/۲	۹۹/۳	۶	
۵۵/۸	۱۹۱/۶	۴۶/۷	۸۱/۳	۵/۵	۱۲۷۱/۹	۱۸/۲	۹۹/۳	۷	
۶۲/۶	۲۱۰/۲	۴۷/۳	۶۰/۷	۵/۹	۱۰۲۳/۱	۱۷/۲	۹۴/۷	۸	
۵۹/۹	۲۰۱/۴	۴۱/۰	۵۴/۷	۵/۶	۸۹۶/۹	۱۷/۲	۹۴/۰	۹	
۵۳/۰	۱۶۳/۶	۴۶/۳	۸۱/۰	۵/۳	۱۲۶۵/۱	۱۸/۳	۹۹/۳	۱۰	
۶۴/۴	۲۲۱/۰	۳۹/۳	۷۲/۳	۶/۳	۱۰۹۷/۳	۱۷/۸	۹۸/۳	۱۱	
۶۳/۴	۲۲۱/۱	۴۸/۳	۶۳/۷	۶/۲	۱۰۹۴/۶	۱۷/۴	۹۷/۷	۱۲	
۶۶/۵	۲۲۰/۱	۵۴/۰	۷۴/۰	۶/۲	۱۲۰۲/۷	۱۶/۷	۹۴/۰	۱۳	
۵۴/۶	۱۷۲/۹	۳۵/۷	۳۴/۷	۴/۸	۶۱۳/۹	۱۵/۴	۸۷/۳	۱۴	
۶۱/۰	۲۰۹/۹	۵۳/۳	۵۰/۳	۶/۱	۱۰۳۶/۷	۱۸/۵	۱۰۰/۰	۱۵	
۳۲/۶	۱۳۴/۶	۳۷/۷	۶۳/۳	۲/۷	۸۲۳/۳	۱۱/۲	۸۱/۳	۱	PEG آدرصد
۴۶/۱	۱۶۲/۷	۳۵/۳	۴۷/۷	۴/۳	۷۷۴/۱	۱۲/۸	۹۳/۳	۲	
۲۸/۰	۱۲۱/۷	۴۱/۳	۴۶/۷	۲/۰	۶۲۰/۸	۹/۷	۷۰/۷	۳	
۴۰/۷	۱۱۵/۱	۲۸/۳	۵۸/۳	۳/۹	۸۲۱/۰	۱۳/۱	۹۴/۷	۴	
۳۵/۳	۱۶۳/۰	۴۶/۷	۶۳/۳	۳/۳	۱۰۱۹/۶	۱۲/۷	۹۲/۷	۵	
۳۰/۵	۱۰۹/۶	۳۳/۰	۵۵/۷	۲/۷	۷۷۷/۷	۱۳/۱	۸۷/۳	۶	
۲۷/۷	۱۳۶/۵	۴۳/۷	۷۵/۷	۲/۵	۱۰۵۵/۳	۱۲/۹	۸۸/۷	۷	
۳۲/۶	۱۴۲/۴	۳۸/۰	۴۷/۰	۳/۰	۷۷۵/۹	۱۳/۵	۹۱/۳	۸	
۳۱/۲	۱۴۳/۱	۳۸/۰	۵۹/۰	۲/۷	۸۴۷/۷	۱۳/۳	۸۷/۳	۹	
۲۳/۵	۱۲۹/۶	۳۵/۳	۵۲/۳	۲/۲	۸۳۶/۰	۱۳/۹	۹۵/۳	۱۰	
۳۴/۶	۱۳۳/۲	۳۰/۷	۴۲/۳	۲/۷	۵۸۱/۴	۱۳/۲	۷۹/۳	۱۱	
۳۵/۵	۱۴۹/۲	۴۶/۷	۶۰/۰	۳/۴	۱۰۱۰/۲	۱۳/۰	۹۴/۷	۱۲	
۳۵/۶	۱۵۷/۹	۳۶/۰	۵۵/۷	۳/۲	۸۲۵/۰	۱۳/۵	۹۰/۰	۱۳	
۲۴/۵	۱۱۵/۱	۲۴/۷	۳۱/۳	۱/۵	۳۴۳/۲	۸/۵	۶۱/۳	۱۴	
۳۲/۲	۱۴۱/۲	۴۳/۰	۵۱/۷	۳/۰	۸۷۶/۵	۱۲/۹	۹۲/۷	۱۵	
۴۷/۳	۳۴/۴	۱۸/۱	۱۷/۳	۵۲/۵	۲۵/۷	۲۸/۸	۱۰/۵	کاهش نسبت به شاهد (درصد)	
۲/۷۱	۱۴/۱۰	۳/۷۴	۹/۷۹	۰/۲۸	۱۱۱/۷۹	۱/۰۲	۸,۲۳	LSD (P < 0.05)	

ادامه جدول ۳:

وزن خشک (میلی گرم)	وزن تر (میلی گرم)	طول ساقچه (میلی متر)	طول ریشه-چه (میلی متر)	شاخص بینه ۲	شاخص بینه ۱	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	ژنوتیپ	تیمار
۱۳/۵	۳۰/۳	۴/۰	۳۴/۳	۰/۸	۲۳۲/۱	۸/۶	۶۰/۷	۱	PEG ۲۵ درصد
۱۸/۹	۸۹/۷	۰/۰	۱۹/۰	۱/۲	۱۱۹/۹	۸/۷	۶۲/۷	۲	
۱۷/۸	۸۰/۰	۵/۷	۲۳/۲	۱/۱	۱۷۸/۳	۸/۷	۶۲/۰	۳	
۱۴/۵	۴۱/۳	۲/۳	۲۷/۰	۰/۹	۱۷۱/۷	۱۰/۹	۵۸/۷	۴	
۲۱/۸	۱۲۰/۷	۱۱/۰	۳۹/۰	۱/۷	۳۹۲/۳	۱۰/۱	۷۸/۷	۵	
۱۵/۷	۴۹/۰	۳/۳	۳۲/۳	۱/۰	۲۳۷/۲	۹/۹	۶۶/۷	۶	
۱۸/۵	۸۶/۳	۸/۰	۴۵/۰	۱/۳	۳۶۰/۷	۸/۸	۶۸/۰	۷	
۱۹/۰	۹۴/۰	۶/۰	۲۴/۷	۱/۱	۱۸۱/۶	۱۰/۴	۵۹/۳	۸	
۱۵/۶	۶۷/۰	۸/۰	۱۴/۰	۱/۰	۱۳۵/۱	۱۰/۰	۶۱/۳	۹	
۱۴/۵	۴۲/۳	۶/۳	۳۰/۷	۱/۱	۲۷۸/۷	۱۱/۲	۷۵/۳	۱۰	
۱۴/۸	۵۰/۰	۴/۷	۱۷/۷	۰/۹	۱۳۴/۸	۹/۱	۶۰/۷	۱۱	
۱۹/۴	۱۰۶/۳	۹/۷	۳۴/۷	۱/۵	۳۴۵/۷	۱۰/۶	۷۸/۰	۱۲	
۱۷/۶	۸۵/۰	۴/۳	۲۶/۷	۰/۷	۱۲۹/۷	۵/۹	۴۱/۳	۱۳	
۶/۴	۱۳/۶	۰/۰	۵/۰	۰/۲	۱۶/۱	۱/۴	۳۲/۷	۱۴	
۱۶/۶	۷۲/۳	۹/۷	۲۷/۰	۱/۱	۲۴۱/۳	۸/۶	۶۵/۳	۱۵	
۶۷/۲	۸۷/۸	۵۹/۲	۸۲/۷	۸۰/۵	۴۹/۴	۳۵/۹	۳۵,۹	کاهش نسبت به شاهد (درصد)	
۵/۰	۱۲/۸	۱/۷	۱۷/۳	۰/۱	۳۷/۵	۳/۱	۲۰/۰	۱	PEG ۳۰ درصد
۱۱/۰	۲۳/۲	۰/۰	۹/۷	۰/۳	۲۷/۰	۳/۹	۲۸/۰	۲	
۱۰/۰	۲۱/۳	۰/۰	۱۴/۳	۰/۳	۴۹/۵	۴/۶	۳۴/۷	۳	
۶/۱	۶/۵	۰/۰	۳/۰	۰/۱	۲/۷	۱/۱	۱۰/۰	۴	
۱۴/۱	۳۱/۶	۳/۰	۱۶/۷	۰/۹	۱۲۴/۹	۸/۶	۶۳/۳	۵	
۶/۹	۷/۴	۰/۰	۴/۳	۰/۱	۴/۸	۲/۱	۱۰/۷	۶	
۱۰/۶	۸/۸	۰/۰	۱۲/۷	۰/۴	۴۸/۴	۴/۹	۳۸/۷	۷	
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۳	۱۱/۳	۸	
۰/۸	۲/۶	۰/۷	۱/۳	۰/۰	۳/۶	۱/۹	۱۸/۰	۹	
۶/۲	۹/۳	۰/۰	۱۱/۳	۰/۲	۴۳/۴	۶/۳	۳۹/۳	۱۰	
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۷	۱۱	
۱۲/۶	۱۳/۳	۲/۷	۱۸/۷	۰/۷	۱۱۲/۵	۷/۴	۵۲/۷	۱۲	
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۷	۶/۰	۱۳	
۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۲/۰	۱۴	
۹/۲	۱۴/۶	۲/۰	۲۱/۷	۰/۳	۷۴/۱	۵/۲	۳۱/۳	۱۵	
۹۰/۱	۹۵/۲	۹۸/۵	۸۶/۶	۹۶/۳	۹۶/۷	۸۰/۴	۷۴/۸	کاهش نسبت به شاهد (درصد)	
۲/۷۱	۱۴/۱۰	۳/۷۴	۹/۷۹	۰/۲۸	۱۱۱/۷۹	۱/۰۲	۸/۲۳	LSD (P < 0.05)	

جدول ۴: ضرایب همبستگی میان صفات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کنجد تحت سطوح تیماری خشکی

صفات	جوانه‌زنی سرعت	شاخص بنیه ۱	شاخص بنیه ۲	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر	وزن خشکی
درصد جوانه‌زنی	شاهد	۰/۹۷**	۰/۶۱*	۰/۶۴*	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۳۸
	۲۰ درصد PEG	۰/۸۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷*	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۴۷
	۲۵ درصد PEG	۰/۸۴**	۰/۹۰**	۰/۶۷**	۰/۶۶**	۰/۴۹	۰/۶۵**
	۳۰ درصد PEG	۰/۹۹**	۰/۹۴**	۰/۸۰**	۰/۶۸**	۰/۷۹**	۰/۸۶**
سرعت جوانه‌زنی	شاهد	۰/۶۷**	۰/۵۴*	۰/۵۸*	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۳۰
	۲۰ درصد PEG	۰/۶۶**	۰/۵۹*	۰/۴۶	۰/۲۶	۰/۴۰	۰/۳۵
	۲۵ درصد PEG	۰/۶۰*	۰/۷۳**	۰/۵۴*	۰/۴۸	۰/۳۸	۰/۶۳**
	۳۰ درصد PEG	۰/۹۴**	۰/۹۲**	۰/۸۵**	۰/۶۹**	۰/۷۹**	۰/۸۷**
شاخص بنیه ۱	شاهد		۰/۳۵	۰/۹۴**	۰/۵۴*	۰/۱۴	۰/۱۶
	۲۰ درصد PEG		۰/۴۹	۰/۸۹**	۰/۷۷**	۰/۵۱	۰/۲۴
	۲۵ درصد PEG		۰/۸۳**	۰/۹۱**	۰/۷۶**	۰/۵۴*	۰/۶۳**
	۳۰ درصد PEG		۰/۹۵**	۰/۸۶**	۰/۸۵**	۰/۷۶**	۰/۸۳**
شاخص بنیه ۲	شاهد		۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۰/۹۶**
	۲۰ درصد PEG		۰/۲۹	۰/۱۷	۰/۵۶*	۰/۹۴**	۰/۹۴**
	۲۵ درصد PEG		۰/۶۸**	۰/۷۱**	۰/۸۲**	۰/۸۹**	۰/۸۹**
	۳۰ درصد PEG		۰/۷۴**	۰/۷۲**	۰/۸۲**	۰/۸۸**	۰/۸۸**
طول ریشه‌چه	شاهد		۰/۲۶	۰/۱	۰/۲۶	۰/۱	۰/۶
	۲۰ درصد PEG		۰/۶۱*	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۱۱	۰/۱۱
	۲۵ درصد PEG		۰/۵۵*	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۶۰*	۰/۶۰*
	۳۰ درصد PEG		۰/۷۱**	۰/۷۵**	۰/۷۵**	۰/۸۲**	۰/۸۲**
طول ساقه‌چه	شاهد		۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۷
	۲۰ درصد PEG		۰/۵۷*	۰/۲	۰/۵۷*	۰/۲	۰/۲
	۲۵ درصد PEG		۰/۶۱*	۰/۵۹*	۰/۶۱*	۰/۵۹*	۰/۵۹*
	۳۰ درصد PEG		۰/۵۶*	۰/۵۴*	۰/۵۶*	۰/۵۴*	۰/۵۴*
وزن تر	شاهد		۰/۹۵**	۰/۵۰	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۹۵**
	۲۰ درصد PEG		۰/۵۰	۰/۹۳**	۰/۵۰	۰/۹۳**	۰/۹۳**
	۲۵ درصد PEG		۰/۹۳**	۰/۸۷**	۰/۹۳**	۰/۸۷**	۰/۸۷**
	۳۰ درصد PEG		۰/۸۷**		۰/۸۷**		۰/۸۷**

*، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ریشه‌چه ($P < 0.05$) همبسته بودند. بین وزن تر و خشک جوانه‌ها نیز همبستگی بسیار معنی‌دار ($P < 0.01$) بدست آمد. در سطح P20 نیز مشابه با شاهد روابط همبستگی بسیار معنی‌دار ($P < 0.01$) درصد و سرعت جوانه‌زنی برقرار بود. همبستگی

تجزیه همبستگی: در شرایط بدون تنش خشکی بین درصد و سرعت جوانه‌زنی همبستگی بسیار معنی‌دار ($P < 0.01$) مشاهده شد (جدول ۴). همچنین درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌دار با صفات شاخص بنیه طولی ($P < 0.01$)، شاخص بنیه وزنی و طول

اساس صفات مورد مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. ژنوتیپ‌های ۴، ۵، ۲، ۱۰، ۱۵ جزو برترین ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش بودند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های ۱۴ و ۳ جزو ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط عادی بدست آمدند. در شرایط تنش خشکی نیز ژنوتیپ‌های ۵، ۱۲ در تمامی سطوح برتر بودند. به‌طور عکس ژنوتیپ ۱۴ نیز در تمامی سطوح تنش خشکی به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ دست یافت. به‌طور کلی ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۲ به ترتیب با ۲۲ و ۲۰ بار حضور در جمع ۲۰ درصد بالاترین رتبه را داشتند. پس از آن رتبه‌های برتر بعدی متعلق به ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۰ نیز با ۹ بار حضور در جمع ۲۰ درصد بالا بود. ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۱ و ۱۳ نیز به ترتیب با ۳۱، ۱۳ و ۱۲ بار حضور در جمع ۲۰ درصد پایین، کم‌ترین رتبه-ها را به خود اختصاص دادند.

معنی‌دار درصد و سرعت با صفات شاخص بنیه طولی ($P<0.01$)، شاخص بنیه وزنی و طول ریشه‌چه ($P<0.05$) در سطح P20 نیز مشاهده شد. فراتر از این، طول ساقه‌چه گیاهان با طول ریشه‌چه و وزن تر گیاهچه به‌طور معنی‌دار همبسته ($P<0.05$) بود. رابطه معنی‌دار ($P<0.05$) بین وزن تر و خشک جوانه‌ها و درصد جوانه‌زنی نیز برقرار بود. در سطح P25 نیز تمامی روابط همبستگی قبلی برقرار بود. به علاوه این‌که، در این سطح همبستگی معنی‌دار بین طول ساقه‌چه با وزن خشک، سرعت جوانه‌زنی ($P<0.05$) و درصد جوانه‌زنی ($P<0.01$) و نیز ریشه‌چه با وزن خشک گیاهچه ($P<0.05$) برقرار گردید. در ادامه در P30 بین تمامی صفات جوانه‌زنی مورد مطالعه همبستگی معنی‌دار بدست آمد.

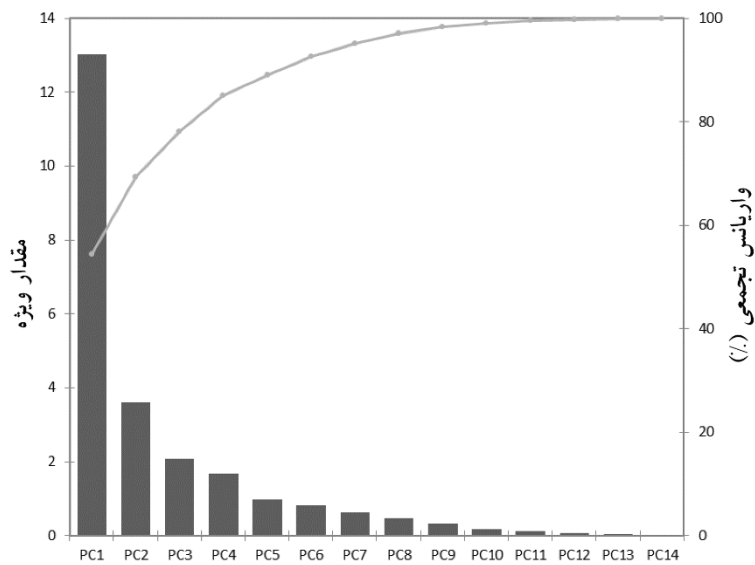
غربال ژنوتیپ‌ها برای تحمل: تعداد حضور ژنوتیپ‌ها در جمع ۲۰ برترین و ضعیف‌ترین بر

جدول ۵: تعداد حضور ژنوتیپ‌ها در جمع ۲۰ درصد بالا و ۲۰ درصد پایین برای صفات مورد مطالعه تحت شرایط عادی و خشکی (۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد PEG).

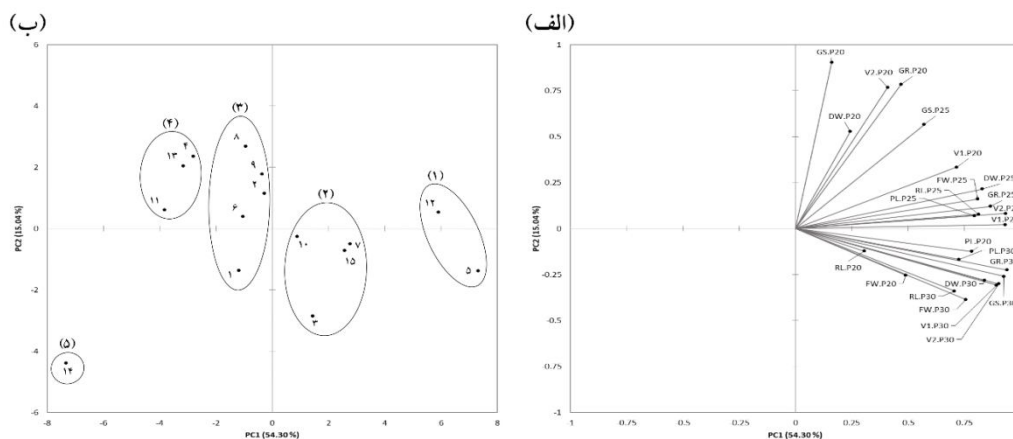
شماره ژنوتیپ	فراوانی در ۲۰ درصد بالا				فراوانی در ۲۰ درصد پایین				
	شاهد	۲۰ درصد PEG	۲۵ درصد PEG	۳۰ درصد PEG	کل	شاهد	۲۰ درصد PEG	۲۵ درصد PEG	۳۰ درصد PEG
۱	۲	۱	۰	۱	۴	۰	۳	۰	۴
۲	۳	۳	۰	۲	۸	۰	۲	۰	۲
۳	۰	۰	۰	۱	۱۱	۰	۰	۰	۵
۴	۴	۳	۱	۰	۸	۰	۴	۰	۲
۵	۴	۴	۷	۷	۲۲	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۱	۲	۰	۰	۰	۱
۷	۲	۳	۳	۱	۹	۰	۳	۰	۱
۸	۰	۱	۲	۰	۳	۰	۲	۳	۰
۹	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۱	۰	۰
۱۰	۳	۲	۲	۳	۹	۰	۰	۰	۲
۱۱	۰	۰	۰	۱	۱۳	۰	۱	۷	۴
۱۲	۱	۴	۸	۰	۲۰	۰	۰	۰	۰
۱۳	۲	۳	۰	۱	۵	۰	۴	۷	۰
۱۴	۰	۰	۰	۸	۰	۰	۸	۷	۸
۱۵	۳	۰	۱	۱	۷	۳	۱	۰	۰

تمامی شاخص‌های تحمل با مولفه اول همبستگی مثبت نشان داده و در سمت مثبت محور X نمودار قرار گرفته بودند. به‌علاوه، شاخص‌های پایین نمودار (سمت منفی محور y) به جز DTIهای طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن‌تر در سطح P20 همگی مربوط به سطح شدید خشکی (P30) بودند. در ادامه بر اساس جایگاه‌های تجمع ژنوتیپ‌ها بر روی نمودار بای‌پلات آن‌ها به ۵ گروه دسته‌بندی شدند (شکل ۴-ب).

شاخص‌های تحمل خشکی محاسبه شده برای تمامی صفات تحت سطوح مختلف خشکی در جدول ۶ آورده شده است. به بر اساس نتایج PCA داده‌ها به ۱۴ مولفه اصلی کاهش دادند که مولفه‌های اول و دوم به ترتیب با توجه ۵۴/۳۰ درصد و ۱۵/۰۴ درصد از تغییرات (در مجموع ۶۹/۳۴ درصد از تغییرات) برای ترسیم بای‌پلات استفاده شدند (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۴-الف نشان داده شده است



شکل ۳: مقدار ویژه و واریانس تجمعی مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های کنجد.



شکل ۴: نمودار بای‌پلات برای الف) شاخص‌های تحمل به خشکی (جدول ۶) و ب) ژنوتیپ‌های کنجد بر اساس مولفه‌های اول و دوم PCA.

جدول ۶: شاخص‌های تحمل خشکی (DTI) برای صفات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کنجد تحت تیمارهای PEG.

شماره ژنوتیپ	سرعت جوانه‌زنی (GR)			درصد جوانه‌زنی (GS)			شاخص بنیه ۱ (V1)			شاخص بنیه ۲ (V2)		
	P30	P25	P20	P30	P25	P20	P30	P25	P20	P30	P25	P20
۱	۰/۲۱	۰/۶۳	۰/۸۴	۰/۱۸	۰/۵۰	۰/۶۸	۰/۰۳	۰/۱۹	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۱۳	۰/۰۲
۲	۰/۲۸	۰/۶۳	۰/۹۴	۰/۲۲	۰/۴۹	۰/۷۸	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۷۸	۰/۵۷	۰/۱۶	۰/۰۴
۳	۰/۳۷	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۲۸	۰/۵۳	۰/۶۳	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۶۳	۰/۳۹	۰/۲۲	۰/۰۷
۴	۰/۱۰	۰/۵۹	۰/۹۵	۰/۰۶	۰/۶۰	۰/۶۹	۰/۰۰	۰/۱۴	۰/۶۹	۰/۵۶	۰/۱۲	۰/۰۱
۵	۰/۶۳	۰/۷۹	۰/۹۳	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۸۵	۰/۱۰	۰/۳۳	۰/۸۵	۰/۵۱	۰/۲۷	۰/۱۴
۶	۰/۱۱	۰/۶۷	۰/۸۸	۰/۱۲	۰/۵۵	۰/۷۲	۰/۰۰	۰/۲۲	۰/۷۲	۰/۴۴	۰/۱۷	۰/۰۱
۷	۰/۳۹	۰/۶۸	۰/۸۹	۰/۲۷	۰/۴۹	۰/۸۳	۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۸۳	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۰۷
۸	۰/۱۲	۰/۶۳	۰/۹۶	۰/۰۷	۰/۶۱	۰/۷۶	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۷۶	۰/۵۰	۰/۱۹	۰/۰۰
۹	۰/۱۹	۰/۶۵	۰/۹۳	۰/۱۱	۰/۵۸	۰/۹۵	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۹۵	۰/۴۸	۰/۱۷	۰/۰۰
۱۰	۰/۴۰	۰/۷۶	۰/۹۶	۰/۳۴	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۶۶	۰/۴۲	۰/۲۱	۰/۰۴
۱۱	۰/۰۱	۰/۶۲	۰/۸۱	۰/۰۰	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۵۳	۰/۴۳	۰/۱۴	۰/۰۰
۱۲	۰/۵۴	۰/۸۰	۰/۹۷	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۹۲	۰/۱۰	۰/۳۲	۰/۹۲	۰/۵۴	۰/۲۴	۰/۱۱
۱۳	۰/۰۶	۰/۴۴	۰/۹۶	۰/۳۵	۰/۸۱	۰/۶۹	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۶۹	۰/۵۱	۰/۱۲	۰/۰۰
۱۴	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۷۰	۰/۰۹	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۵۶	۰/۳۱	۰/۰۴	۰/۰۰
۱۵	۰/۳۱	۰/۶۵	۰/۹۳	۰/۲۸	۰/۴۷	۰/۸۵	۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۸۵	۰/۴۹	۰/۱۸	۰/۰۵

ادامه جدول ۶:

شماره ژنوتیپ	طول ریشه‌چه (RL)			طول ساقچه (PL)			وزن تر (FW)			وزن خشک (DW)		
	P30	P25	P20	P30	P25	P20	P30	P25	P20	P30	P25	P20
۱	۰/۲۴	۰/۷۳	۰/۸۷	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۷۳	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۲۱	۰/۰۸
۲	۰/۱۷	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۹	۰/۰۸	۰/۳۳	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۲۵	۰/۱۴
۳	۰/۲۴	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۸۹	۰/۱۲	۰/۴۴	۰/۶۷	۰/۵۲	۰/۳۳	۰/۱۸
۴	۰/۰۴	۰/۶۲	۰/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۶۲	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۴۶	۰/۵۸	۰/۲۱	۰/۰۹
۵	۰/۲۲	۱/۰۴	۰/۸۵	۰/۰۷	۰/۲۴	۱/۰۴	۰/۱۶	۰/۶۱	۰/۸۳	۰/۵۵	۰/۳۴	۰/۲۲
۶	۰/۰۶	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۰۹	۰/۹۲	۰/۷۷	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۲۶	۰/۱۱
۷	۰/۱۶	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۱۷	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۰۵	۰/۴۵	۰/۷۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۱۹
۸	۰/۰۰	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۱۳	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۰۰	۰/۴۵	۰/۶۸	۰/۵۲	۰/۳۰	۰/۰۰
۹	۰/۰۲	۰/۹۳	۱/۰۸	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۹۳	۰/۰۱	۰/۳۳	۰/۷۱	۰/۵۲	۰/۲۶	۰/۰۱
۱۰	۰/۱۴	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۱۴	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۰۶	۰/۲۶	۰/۷۹	۰/۴۴	۰/۲۷	۰/۱۲
۱۱	۰/۰۰	۰/۷۸	۰/۵۹	۰/۱۲	۰/۷۸	۰/۵۹	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۰۰
۱۲	۰/۲۹	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۲۰	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۰۶	۰/۴۸	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۳۱	۰/۲۰
۱۳	۰/۰۰	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۰۸	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۰۰	۰/۳۹	۰/۷۲	۰/۵۴	۰/۲۶	۰/۰۰
۱۴	۰/۰۰	۰/۶۹	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۶۹	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۶۷	۰/۴۵	۰/۱۲	۰/۰۰
۱۵	۰/۴۳	۰/۸۱	۱/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۸۱	۰/۰۷	۰/۳۴	۰/۶۷	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۱۵

بحث

همانطور که در نتایج نشان داده شد اثر تنش خشکی بر صفات و جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای کنجد معنی‌دار بود. در بسیاری از گیاهان زراعی جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه از حساس‌ترین مراحل به خشکی محسوب می‌شود (Yigit et al., 2016). تیمار PEG می‌تواند با کاهش پتانسیل اسمزی موجب عدم دسترسی بذر به آب شده و در نتیجه با القای خشکی موجب اختلال در جوانه‌زنی بذر شود (Gill et al., 2002). همچنین با توجه به نتایج تنوع ژنتیکی قابل توجهی در میان ژنوتیپ‌ها از نظر پاسخ به سطوح مختلف خشکی بدست آمد. به طور مشابه، لی و همکاران (Li et al., 2020) نیز بیان داشتند که درجات متنوعی از تحمل خشکی در بین ژنوتیپ‌های کنجد وجود دارد که به وسیله عوامل ژنتیکی مختلف کنترل می‌شود.

در مجموع تمامی صفات جوانه‌زنی مطالعه شده تحت تیمارهای خشکی به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافته بودند. به طور مشابه، Vignesh و همکاران (۲۰۱۸) از صفات جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه ۱ و ۲، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه برای ارزیابی ۱۰ ژنوتیپ کنجد تحت تنش خشکی استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که با اعمال تنش خشکی صفات جوانه‌زنی به طور معنی‌دار نسبت به شاهد کاهش یافتند و با افزایش شدت خشکی این کاهش افزوده شد. همچنین Moghanibashi Najafabadi و همکاران (۲۰۱۷) و El Harfi و همکاران (۲۰۱۶) نیز در مطالعاتی جداگانه بر روی کنجد تحت تنش خشکی القا شده با PEG کاهش معنی‌دار در درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن گیاهچه را نشان دادند. مطابق با یافته‌های ما، اگرچه تنش خشکی توسط

پلی اتیلن گلاکول با کاهش پتانسیل آب موجب کاهش کلی رشد گیاهچه‌ها می‌شود اما این تأثیر در ساقه‌چه بیشتر از ریشه‌چه گزارش شده است (Canak et al., 2020; Ghosh et al., 2020).

با این حال با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد در اغلب ژنوتیپ‌ها به علت وجود تحمل اولیه در شدت‌های پایین تنش صفاتی چون درصد جوانه‌زنی و پارامترهای طولی گیاهچه‌ها با اثر کاهش کمیتری مواجه بودند و سطوح پایین خشکی بر سرعت جوانه‌زنی و وزن گیاهچه‌ها تأثیر منفی بیشتری داشت. Boureima و همکاران (۲۰۱۱) نیز نتایج مشابه برای درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه در کنجد تحت سطوح پایین خشکی گزارش دادند.

به منظور بررسی روابط بین پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده تحت شرایط تنش خشکی ضریب همبستگی پیرسون برای تمامی صفات در سطوح مختلف تیماری محاسبه گردید. به طور کلی، در شرایط نرمال رشدی بین صفات جوانه‌زنی و پارامترهای گیاهچه‌ای به جز طول ریشه‌چه ارتباط معنی‌داری وجود نداشت. اما تحت تنش خشکی و با افزایش سطوح تیماری بین شاخص‌های جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای ارتباط معنی‌دار قوی برقرار شد. در واقع در سطوح متوسط تا شدید تنش خشکی گیاهان با جوانه‌زنی بالا احتمالاً از رشد گیاهچه‌ای مناسب‌تری برخوردار باشند. مطابق با این یافته‌ها، در مطالعات پیشین بر روی جوانه‌زنی گندم و ذرت تحت تنش خشکی همبستگی مثبت معنی‌دار بین صفات جوانه‌زنی و گیاهچه گزارش شد (Ghosh et al., 2020; Partheeban et al., 2017). Sabokdast و همکاران (۲۰۱۷) نیز در پژوهشی بر روی جوانه‌زنی عدس تحت تیمار PEG همبستگی مثبت معنی‌دار درصد جوانه‌زنی با سرعت جوانه‌زنی، بنیه، طول

ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و وزن ریشه‌چه مشاهده نمودند.

در ادامه ژنوتیپ‌ها بر اساس تعداد حضور در جمع ۲۰ برترین و ضعیف‌ترین برای صفات مورد مطالعه رتبه‌بندی شدند. به طور کلی همانطور که در نتایج نشان داده شد، ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۲ با بیشترین حضور در جمع ۲۰ درصد بالای صفات جوانه‌زنی، بهترین بودند. پس از آن ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۰ نیز بر اساس این رتبه‌بندی از عملکرد مطلوبی برخوردار بودند. بر همین اساس ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۱ و ۱۳ نیز جزو ضعیف‌ترین‌ها از نظر صفات جوانه‌زنی به حساب آمدند. اگرچه این رتبه‌بندی نمای کلی خوبی از وضعیت عملکرد ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه تحت شرایط عادی و خشکی ارائه داد اما از دقت پایین برخوردار است. چنان‌که ممکن است تحت خشکی یک ژنوتیپ علی‌رغم کاهش قابل توجه در صفات جوانه‌زنی نسبت به شرایط عادی اما به دلیل پتانسیل جوانه‌زنی بالا در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از عملکرد مطلوب اولیه برخوردار باشد. همچنین ممکن است ژنوتیپی از تحمل اولیه در سطوح پایین خشکی برخوردار باشد اما با افزایش شدت خشکی افت چشمگیر در صفات جوانه‌زنی نشان دهد. در هر دو موارد امتیازات اولیه بالا ممکن است ضعف ژنوتیپ در شدت‌های بالا را پوشاند و موجب خطا در انتخاب شود. بنابراین جهت ارزیابی دقیق‌تر شاخص‌های نسبی تحمل به همراه تجزیه و تحلیل چند متغیری به خدمت گرفته شد. Badr و همکاران (۲۰۲۰) نیز کاربرد شاخص‌های ترکیب شده را کارآمدتر از استفاده یک صفت به تنهایی برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ جوانه‌زنی تحت شرایط خشکی دانسته‌اند.

بنابراین، به منظور تجمیع اثرات شاخص‌ها و پیرو آن غربال ژنوتیپ‌ها برای تحمل خشکی تجزیه به

مولفه‌های اصلی و ترسیم نتایج بر روی نمودار بای-پلات انجام گردید. همان‌طور که پیشتر نشان داده شد، تمامی شاخص‌های تحمل در سمت راست نمودار قرار گرفته بودند و در واقع با مولفه اول ارتباط مثبت داشتند. از این رو می‌توان این مولفه را به تحمل خشکی نسبت داد. بنابراین به صورت متناظر می‌توان ژنوتیپ‌های سمت راست نمودار متحمل و سمت چپ حساس در نظر گرفت. بر همین مبنا ژنوتیپ‌های دسته اول (۱۲ و ۵) به عنوان گروه متحمل، دسته دوم (۷، ۱۵، ۳ و ۱۰) به عنوان گروه نیمه متحمل، دسته سوم (۱، ۶، ۲، ۹، ۸) به عنوان گروه نیمه حساس، دسته چهارم (۴، ۱۱ و ۱۳) گروه حساس و در نهایت دسته پنجم (۱۴) به عنوان گروه بسیار حساس در نظر گرفته شد. به طور مشابه در مطالعات قبلی بر روی ذرت و پنبه نیز از ترکیب شاخص‌های تحمل با کمک تجزیه به عامل‌ها و نمودار بای‌پلات برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها تحت تنش‌های خشکی و شوری استفاده شد (Badr et al., 2020; Taghizadeh et al., 2018; Arisandy et al., 2017).

فراتر از این شاخص‌های پایین نمودار غالباً مربوط به سطح شدید خشکی بودند. به همین جهت می‌توان مولفه دوم را به تحمل خشکی در سطوح شدید ارتباط داد. بر این اساس به طور مثال ژنوتیپ ۵ احتمالاً تحمل بیشتری نسبت به ژنوتیپ ۱۲ تحت تنش شدید خشکی داشته باشد. همچنین وضعیت شاخص‌ها در مولفه دوم نشان می‌دهد که احتمالاً تحمل خشکی در مرحله جوانه‌زنی تحت سطوح شدید با توانایی بالا در رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر زیاد در سطوح پایین خشکی در ارتباط باشد. در واقع گیاهان بهره‌مند از پتانسیل رشد ریشه‌چه بالا و باطبع آن جذب بهینه آب (وزن تر بیشتر و رشد ساقه‌چه) در سطوح پایین تنش از قابلیت تحمل مناسب‌تری تحت خشکی شدید برخوردارند. به طور

ژنوتیپ‌های ۱۴، ۴، ۱۱ و ۱۳ به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. به طور خلاصه استفاده از صفات و شاخص‌های بر پایه جوانه‌زنی روشی کم‌هزینه و سریع در عین حال کارآمد برای ارزیابی اولیه تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌های کنجد شناخته شد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند در مطالعات و برنامه‌های اصلاحی آینده کنجد برای تحمل خشکی به طور موثر مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین‌وسیله از کمک و حمایت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری و پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان در مراحل انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مشابه محققان پیشین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کنجد تحت تنش خشکی معیار مناسبی برای ارزیابی اولیه تحمل ژنوتیپ‌ها به خشکی دانستند (Vignash et al., 2016; El Harfi et al., 2018).

نتیجه‌گیری نهایی

پژوهش حاضر با هدف غربال ژنوتیپ‌های کنجد در مرحله جوانه‌زنی تحت تنش خشکی با استفاده از صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی طراحی و اجرا گردید. پس از ارزیابی اولیه با استفاده از صفات مرتبط با جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص‌های تحمل خشکی و روش تجزیه به عامل‌ها به ۵ دسته متحمل، نیمه متحمل، نیمه حساس و حساس و بسیار حساس دسته بندی شدند. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۵ به عنوان متحمل‌ترین و

References

- AbdulBaki, A.A., and Anderson, J.D. (1973).** Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop science*. 13(6): 630-633.
- Alexandratos, N., and Bruinsma, J. (2012).** World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization. 153 pages.
- Arisandy, P., Suwarno, W.B., and Azrai, M. (2017).** Evaluation of drought tolerance in maize hybrids using stress tolerance indices. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 11(4): 46-54.
- Badr, A., El-Shazly, H.H., Tarawneh, R.A., and Borner, A. (2020).** Screening for Drought Tolerance in Maize (*Zea mays* L.) Germplasm Using Germination and Seedling Traits under Simulated Drought Conditions. *Plants*. 9(5): 565.
- Boureima, S., Eyletters, M., Diouf, M., Diop, T., and Van Damme, P. (2011).** Sensitivity of Seed Germination and Seedling Radicle Growth to Drought Stress in Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Research Journal of Environmental Sciences*. 5(6): 557-564.
- Canak, P., Jeromela, A.M., Vujosevic, B., Kiproviski, B., Mitrovic, B., Alberghini, B., Facciolla, E., Monti, A., and Zanetti, F. (2020).** Is Drought Stress Tolerance Affected by Biotypes and Seed Size in the Emerging Oilseed Crop Camelina? *Agronomy*. 10(12): 1856.
- Cooper, H., Spillane, C., and Hodgkin, T. (2001).** Broadening the genetic base of crops: an overview. In: *Broadening the genetic base of crop production*, pp. 1-23. eds. Cooper, H., Spillane, C., and Hodgkin, T. Wallingford: CABI Publishing.
- El Harfi, M., Hanine, H., Rizki, H., Latrache, H., and Nabloussi, A. (2016).** Effect of Drought and Salt Stresses on Germination and Early Seedling Growth of Different Color-seeds of Sesame (*Sesamum indicum*). *International Journal of Agriculture & Biology*. 18(6): 1088-1094.
- FAO. (1997).** The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization. 511 pages.

- Feng, X., Porporato, A., and Rodriguez-Iturbe, I. (2013).** Changes in rainfall seasonality in the tropics. *Nature Climate Change*. 3(9): 811-815.
- Foolad, M.R., Zhang, L., and Subbiah, P. (2003).** Genetics of drought tolerance during seed germination in tomato: inheritance and QTL mapping. *Genome*. 46(4): 536-545.
- Ghosh, S., Shahed, M.A., and Robin, A.H.K. (2020).** Polyethylene Glycol Induced Osmotic Stress Affects Germination and Seedling Establishment of Wheat Genotypes. *Plant Breeding and Biotechnology*. 8(2): 174-185.
- Gill, P.K., Sharma, A.D., Singh, P., and Bhullar, S.S. (2002).** Osmotic stress-induced changes in germination, growth and soluble sugar content of *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 28(3-4): 12-25.
- Gopal, J., and Iwama, K. (2007).** In vitro screening of potato against water-stress mediated through sorbitol and polyethylene glycol. *Plant Cell Reports*. 26(5): 693-700.
- Halewood, M., Noriega, I.L., and Louafi, S. (2013).** The Global Crop Commons and Access and Benefit-Sharing Laws. In: *Crop Genetic Resources as a Global Commons*, pp. 1-34. eds. Halewood, M., Noriega, I.L., and Louafi, S. Abingdon: Routledge.
- Islam, F., Gill, R.A., Ali, B., Farooq, M.A., Xu, L., Najeeb, U., and Zhou, W. (2016).** Sesame. In: *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production*, pp. 135-147. ed. Gupta, S.K. Cambridge: Academic Press.
- Li, D., Dossa, K., Zhang, Y., Wei, X., Wang, L., Zhang, Y., Liu, A., Zhou, R., and Zhang, X. (2018).** GWAS Uncovers Differential Genetic Bases for Drought and Salt Tolerances in Sesame at the Germination Stage. *Genes*. 9(2): 87.
- Maguire, J.D. (1962).** Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop science*. 2(2): 176-177.
- Michel, B.E., and Kaufmann, M.R. (1973).** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*. 51(5): 914-916.
- Moghanibashi Najafabadi, M., Khazaie, H.R., Nezami, A., and Eshghizadeh, H.R. (2017).** Influence of Priming Treatments on Seed Germination of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Under Osmotic Conditions. *Asian Journal of Biological Sciences*. 10(3): 104-109.
- Morris, J.B. (2002).** Food, industrial, nutraceutical, and pharmaceutical uses of sesame genetic resources. In: *Trends in new crops and new uses*, pp. 153-156. eds. Janick, J., and Whipkey, A. Alexandria: ASHS Press.
- Partheeban, C., Chandrasekhar, C., Jeyakumar, P., Ravikesavan, R., and Gnanam, R. (2017).** Effect of PEG induced drought stress on seed germination and seedling characters of maize (*Zea mays* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(5): 1095-1104.
- Rauf, S., Al-Khayri, J.M., Zaharieva, M., Monneveux, P., and Khalil, F. (2016).** Breeding Strategies to Enhance Drought Tolerance in Crops. In: *Advances in Plant Breeding Strategies: Agronomic, Abiotic and Biotic Stress Traits*, pp. 397-445. eds. Al-Khayri, J.M., Jain, M., and Johnson, D.V. Cham: Springer.
- Sabokdast, M., Salehi, F., and Rezaizadeh, A. (2018).** Effect of drought-induced stress by PEG6000 on physiological and morphological traits of Lentil (*Lens culinaris*.) seed germination in order to selection of drought tolerant genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 49(3): 39-47.
- Suzuki, N., Rivero, R.M., Shulaev, V., Blumwald, E., and Mittler, R. (2014).** Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*. 203(1): 32-43.
- Taghizadeh, N., Ranjbar, G., Nematzadeh, G., and Ramzanimoghdam, M. (2018).** Evaluation of Salinity Tolerance in allotetraploid Cotton (*Gossypium* sp.) Genotypes, Using Multivariate Statistical Methods and Stress Tolerance Indices at Germination Stage. *Iranian Journal of Seed Research*. 4(2): 93-110.

Vignesh, M., Prakash, M., Priyadharshini, B., and Anandan, R. (2018). Multivariate Analysis of Sesame Genotypes under Induced Drought Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(7): 4062-4070.

Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., and Kaya, N. (2016). Determination of the Effect of Drought Stress on the Seed Germination in Some Plant Species. In: *Water Stress in Plants*, pp. 43-62. eds. Rahman, I.M.M., Begum, Z.A., and Hasegawa, H. London: Intech Open.