

اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول بر جوانه زنی (*Cicer arietinum* L.) ژنوتیپ های نخود

علی معصومی، محمد کافی، حمید رضا خزاعی^۱

چکیده

نخود یکی از قدیمی‌ترین حبوبات مهم کشت شده در مناطق حاشیه ای و مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می آید. جوانه زنی و استقرار گیاهچه نخود به عنوان یکی از محصولات زراعی مناطق خشک و نیمه خشک برای تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارای اهمیت ویژه‌ای است. هدف از این پژوهش بررسی اثر چهار سطح تنش خشکی و یک تیمار شاهد بدون تنش (شامل: صفر، -۴، -۸، -۱۲، -۱۶ بار) بر جوانه زنی ۱۲ ژنوتیپ نخود، با استفاده از پلی اتیلن گلیکول بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در شرایط کنترل شده، درون انکوباتور آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه فردوسی در سال ۱۳۸۴ انجام شد. در تمام سطوح خشکی صفات رشدی شامل سرعت و درصد جوانه زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت آنها و در نهایت میزان مصرف ذخیره غذایی لپه‌ها، کاهش یافت و روند نزولی در آنها مشاهده شد. با توجه به تنوع صفات در پتانسیل های -۴ و -۸ بار، می توان گفت که این بازه، بهترین محدوده برای تعیین میزان تحمل ژنوتیپ‌های نخود به تنش خشکی بود و در تنش‌های شدید خشکی اکثر ژنوتیپ‌ها قادر به تولید ریشه‌چه و ساقه‌چه نبودند. به طور کلی ژنوتیپ‌های جم، کرج ۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و MCC101 به شرایط خشکی پاسخ مطلوبتری دادند. با تکرار این آزمایش در مراحل دیگر رشد در شرایط مزرعه با اطمینان بیشتری می‌توان کشت این ارقام را در مناطق تحت تنش توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: نخود (*Cicer arietinum* L.)، جوانه زنی، پلی اتیلن گلیکول (PEG)، تنش خشکی

مقدمه

صورت آبی و دیم کشت می شود و ۱۵ درصد از سطح زیر کشت و ۱۳ درصد از تولیدات جهانی حبوبات به این محصول اختصاص دارد (۳). براساس آمار ارائه شده از سوی فائو (متوسط پنج سال گذشته)، سطح زیر کشت نخود در ایران ۶۶۰ هزار هکتار و تولید سالانه ۲۳۴ هزار تن با متوسط عملکرد ۴۹۵ کیلوگرم در هکتار می باشد (۲۰). پایین بودن عملکرد نخود در کشور، غالباً به دلیل کشت ارقام کم محصول و حساسیت آنها به تنش‌های محیطی گوناگون از جمله تنش خشکی می باشد (۳).

جوانه زنی و استقرار گیاهچه در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارای اهمیت ویژه ای است. گزارش‌های متعدد حاکی از آن است که بذرهایی که بتوانند در مرحله

کمبود آب یکی از مشکلات عمده تولید محصولات کشاورزی در جهان است. در حال حاضر ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال نیز در زمره مناطق خشک جهان قرار دارد. در میان گیاهان زراعی متداول در مناطق خشک و نیمه خشک، حبوبات از جمله گیاهانی هستند که بیشتر در خاکهای نه چندان حاصلخیز و اراضی حاشیه ای کشت می شوند (۶). این گیاهان جایگاه ویژه ای در رژیم غذایی مردم جهان، از جمله کشور ما دارند که در میان آنها نخود به عنوان یک منبع غذایی مهم برای انسان و دام بوده و در مدیریت حاصلخیزی خاک به ویژه در مناطق خشک دارای اهمیت است. در ۳۳ کشور جهان، نخود به

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی زراعی و عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مواد و روش ها

در این آزمایش واکنش بذر ژنوتیپ های نخود شامل: MCC75، MCC101، MCC174، MCC276، MCC477، MCC327، MCC291، MCC476، جم، کرج ۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و ILC3279 به تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفتند. انتخاب این ارقام براساس اهمیت نسبی آنها در بررسی های گذشته انجام گرفته است. چهار نمونه اول در شرایط دیم شمال استان خراسان سازگاری مناسبی از خود نشان داده اند (۵) و ۴ رقم دوم تحمل خوبی به سرما در شرایط مزرعه داشته اند (۴) و ۴ رقم آخری نیز به عنوان ارقام رایج کشور مورد استفاده می باشند. این ژنوتیپ ها از کلکسیون بذر دانشکده کشاورزی مشهد تهیه شدند و آزمایش در سال ۱۳۸۴ در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار، چهار سطح خشکی و یک تیمار بدون تنش به عنوان شاهد (شامل پتانسیل های صفر، -۴، -۸، -۱۲، -۱۶- بار) و ۱۲ ژنوتیپ ذکر شده در بالا، بود.

برای انجام این آزمایش ابتدا کلیه بذرها، ظروف و محیط کار ضد عفونی شد. به این منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر آب کشی گردیدند و سپس با محلول قارچ کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی و دوباره ۳ مرتبه با آب مقطر آب کشی شدند (۹). محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ نیز با استفاده از روش میچل و کافمن (۲۶) تهیه شد. برای ایجاد پتانسیل آب صفر (شاهد) از آب مقطر استفاده گردید. تعداد بذرها در هر ظرف ۲۵ عدد در نظر گرفته و به هر ظرف مقداری محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با پتانسیل مربوطه اضافه شد به طوری که بذرها در تماس با محلول باشند (۲۳). به منظور اجتناب از اثرات منفی تبخیر آب، با توزین هر پتری دیش، میزان آب تبخیر شده تعیین و از طریق آب مقطر جبران شد. ظروف به داخل انکوباتور با دمای 1 ± 20 درجه سانتی گراد منتقل شدند (۹). بذرها به طور روزانه بازمینی و تعداد بذرها جوانه زده (دارای طول ریشه چه ۲-۱ میلی متر و یا بیشتر) ثبت شدند (۱۲). به منظور تعیین درصد مواد انتقال یافته از بذر به گیاهچه در ابتدا و انتهای آزمایش وزن خشک ۱۰

جوانه زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه ای قوی تری تولید می کنند (۷، ۱۰ و ۲۱). سرعت جوانه زنی و استقرار گیاهچه در شرایط تنش نقش مهمی را در رشد گیاه ایفا می کنند. سرعت جوانه زنی یکی از شاخص های ارزیابی تحمل به خشکی است، به طوری که ارقام دارای سرعت جوانه زنی بیشتر در شرایط تنش، از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردارند (۹). گرچه ممکن است در فصل کاشت میزان بارندگی زیاد باشد اما در برخی شرایط به دلیل تبخیر رطوبت و خشک شدن لایه سطحی خاک، جوانه زنی و سبز شدن گیاه با مشکل مواجه می گردد (۲۲ و ۲۸). این موضوع در مناطق خشک که نوسانات بارندگی زیادی داشته و احتمال اینکه در ابتدای فصل کاشت مقدار بارندگی نازل شده در هر دفعه کم باشد و یا اینکه فاصله زمانی بین دو بارندگی طولانی گردد، از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد (۱۹).

به دلیل ناهمگون بودن خاک در مزرعه و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در شرایط مزرعه از جمله تنش خشکی، انجام تحقیقات آزمایشگاهی در زمینه تنش در شرایط آزمایشگاه مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این روش ها می توان به بررسی واکنش ژنوتیپ ها به محلول های حاصل از مواد اسموتیکوم نظیر پلی اتیلن گلیکول اشاره داشت (۱۱). بررسی ها نشان داده اند که درصد جوانه زنی بذرها در محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با درصد جوانه زنی در خاک با همان پتانسیل تقریباً برابر بوده است (۱۸، ۲۹ و ۳۱) و بسیاری از آزمایش ها روی محصولات نظیر عدس (۹)، ذرت (۲۷)، سویا (۱۳) و اسپرس (۱) در محیط پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به عنوان ایجاد کننده پتانسیل منفی و تنش خشکی با موفقیت انجام شده است.

از تنوع موجود در ژنوتیپ های نخود و پاسخ های متفاوت آنها به تنش خشکی می توان بهره برد و ژنوتیپ های متحمل تر به شرایط خشکی را شناسایی کرد (۳). هدف از انجام این آزمایش نیز بررسی واکنش چندین ژنوتیپ نخود به سطوح مختلف خشکی در مرحله جوانه زنی است.

نیز با هم اختلاف معنی داری داشتند ($p \leq 0/05$). ژنوتیپ‌های جم، ILC482 و MCC477 ژنوتیپ‌های برتر در این آزمایش بودند و ژنوتیپ‌های MCC291، MCC174 و MCC276 کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۶). پاسخ گوناگون ژنوتیپ‌های مختلف به تنش خشکی می‌تواند به دلیل عوامل مختلفی از جمله جذب کمتر آب در ارقام حساس، اندازه بذرها و احتمالاً ویژگی‌های پوشش سطحی بذر مورد نظر باشد (۱۲، ۱۳ و ۱۷). کاهش ورود آب به بذر در اثر افزایش تنش خشکی باعث کاهش هدایت هیدرولیکی گردیده و در نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه زنی تحت تاثیر قرار گرفته و میزان و یا سرعت انجام آنها کاهش می‌یابد (۸). اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به آرامی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه زنی کاهش می‌یابد (۱۴). برهمکنش سطوح خشکی و ژنوتیپ برای این صفت نیز معنی دار بود ($p \leq 0/05$). در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها که در سطوح تنش ۸- و ۱۲- بار جوانه زنی نداشتند، ژنوتیپ‌های کرج ۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و جم مقاومت بیشتری از خود نشان دادند با این وجود جوانه زنی آنها ۶۰ درصد کاهش یافت. اما در شرایط عدم تنش، ژنوتیپ‌های MCC327، MCC477 و MCC276 از نظر سرعت جوانه زنی برتری داشتند (جدول ۱). این موضوع نشان می‌دهد که

بذر جوانه زده اندازه گیری شد. در روز آخر (پس از دو هفته) نیز طول ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک آنها اندازه گیری گردید.

برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی از فرمول‌های زیر استفاده شد (۹):

$$100 \times \text{تعداد کل بذرها} / \text{تعداد بذرها جوانه زده تا روز } i = \text{درصد جوانه‌زنی}$$

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\sum_{i=1}^{14} (\text{تعداد روز از شروع آزمایش} / \text{تعداد بذرها جوانه زده تا روز } i)}{14}$$

محاسبات آماری و ترسیم نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار SPSS و Excel انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD ($p \leq 0/01$) استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌هایی که به صورت درصد (بین صفر تا ۳۰ و ۷۰ تا ۱۰۰ درصد) بودند پس از تبدیل زاویه ای انجام شد.

نتایج و بحث

تنش خشکی تاثیر بسیار معنی داری بر سرعت جوانه زنی ژنوتیپ‌های نخود داشت ($p \leq 0/01$). در پتانسیل صفر (شاهد) بیشترین سرعت جوانه زنی مشاهده شد و میان پتانسیل‌های ۸-، ۱۲- و ۱۶- بار از نظر سرعت جوانه زنی تفاوت معنی داری وجود نداشت و از کمترین سرعت جوانه‌زنی برخوردار بودند، البته در سطوح ۱۲- و ۱۶- بار جوانه زنی در اکثر ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد و تنها در ژنوتیپ‌های جم، کرج، ILC482 و MCC477 کمتر از ده درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول ۵). از نظر سرعت جوانه‌زنی، ژنوتیپ‌ها

جدول ۱. سرعت جوانه زنی ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف خشکی (LSD = ۱۴)

ژنوتیپ‌ها	سطوح تنش خشکی بر حسب بار			
	۰	۴-	۸-	۱۲-
mcc75	۶۶/۲۶	۳۵/۰۲	۲/۵۱	۰/۰۰
mcc101	۶۴/۰۴	۳۸/۹۲	۸/۲۰	۰/۰۰
mcc174	۵۹/۵۴	۲۷/۶۲	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc276	۷۱/۹۸	۲۵/۲۴	۴/۸۸	۰/۰۰
mcc477	۷۱/۳۷	۴۵/۳۲	۱/۶۴	۱/۰۰
mcc327	۷۸/۴۶	۳۹/۳۷	۰/۷۱	۰/۰۰
mcc291	۵۱/۶۰	۲۹/۵۴	۰/۰۴	۰/۰۰
mcc476	۶۰/۹۳	۴۴/۳۱	۸/۷۴	۱/۵۴
جم	۶۴/۰۴	۳۵/۵۰	۹/۹۱	۱۱/۵۵
کرج	۴۵/۵۲	۳۹/۲۹	۲۰/۰۵	۱۲/۱۲
ILC482	۵۸/۷۶	۳۴/۰۶	۱۲/۱۸	۱۵/۶۵
ILC3279	۵۷/۶۵	۳۹/۴۱	۱/۰۱	۹/۹۴

جدول ۲: درصد جوانه زنی ژنوتیپ های نخود در سطوح مختلف خشکی (LSD = ۳۱)

سطوح تنش خشکی بر حسب بار					ژنوتیپ ها
-۱۶	-۱۲	-۸	-۴	۰	
۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۵۱	۹۷/۷۸	۱۰۰/۰۰	mcc75
۰/۰۰	۰/۰۰	۸/۲۰	۹۶/۶۷	۱۰۰/۰۰	mcc101
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۹۳/۳۳	۱۰۰/۰۰	mcc174
۰/۰۰	۰/۰۰	۴/۸۸	۹۳/۳۳	۱۰۰/۰۰	mcc276
۰/۰۰	۱/۷۰	۱/۶۴	۱۰۰/۰۰	۹۸/۸۹	mcc477
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۱	۹۸/۸۹	۹۸/۸۹	mcc327
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۹۸/۸۹	۹۷/۷۸	mcc291
۰/۰۰	۱/۵۴	۸/۷۴	۹۸/۸۹	۹۷/۷۸	mcc476
۲۲/۲۰	۱۱/۵۵	۹/۹۱	۹۷/۷۸	۹۶/۶۷	جم
۰/۰۰	۱۲/۱۲	۲۰/۰۵	۳۹/۲۹	۴۵/۵۲	کرج
۲/۶۱	۱۵/۶۵	۱۳/۱۸	۳۳/۰۶	۵۸/۷۶	ILC482
۱/۲۰	۹/۹۴	۱/۰۱	۳۹/۴۱	۵۷/۶۵	ILC3279

پتانسیل منفی آب بیانگر حساسیت ارقام نخود به تنش خشکی گزارش کردند (۱۲ و ۱۴).

سطوح تنش خشکی تاثیر معنی داری بر طول ریشه چه ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq 0/01$). با افزایش پتانسیل منفی از صفر به -۱۶ بار روند کاهشی در طول ریشه چه مشاهده شد. بیشترین طول ریشه چه در شرایط عدم تنش و -۴ بار و کمترین مقدار آن در سطح -۸ بار به بعد مشاهده گردید (جدول ۵). یعنی از نظر طول ریشه چه بین تیمار شاهد و تنش -۴ بار اختلاف معنی دار مشاهده نشد، گرچه از لحاظ مقدار طول ریشه چه در تیمار شاهد بیشتر بود. با افزایش تنش طول ریشه چه از ۳/۳۱ سانتیمتر در پتانسیل صفر به ۰/۶۲ سانتیمتر در پتانسیل -۱۶ بار رسید. افت طول ریشه چه از پتانسیل -۸ بار به بعد، از شدت بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). بین ژنوتیپها تفاوت معنی داری از نظر طول ریشه چه وجود نداشت (جدول ۲). احتمالاً در این ژنوتیپها از نظر طول ریشه چه تفاوتی وجود ندارد و اختلافات ژنوتیپی در زمان ریشه دهی بروز می کنند. در رابطه با بعضی گیاهان مثل عدس، طول ریشه چه به عنوان یکی از شاخص های مهم در تنش خشکی مطرح بوده است (۹). بعضی از ژنوتیپهای نخود در پتانسیل -۴ بار نسبت به پتانسیل صفر طول ریشه چه بیشتری داشتند که این موضوع تحریک گیاه را در تنش های ضعیف به ریشه دهی نشان می دهد (۱۴). آزمایش های مختلف نشان دهنده افزایش طول ریشه چه در تنش های جزئی و کم است چرا که اولین

برخی از ارقامی که در شرایط عدم تنش جوانه زنی مطلوبی دارند ممکن است در شرایط وجود تنش اینگونه نباشند، مشابه این نتیجه توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (۹). ژنوتیپهای برتر در شرایط عدم وجود تنش از متوسط وزن بالاتری برخوردار بودند (جدول ۶)، احتمالاً در این شرایط امکان جذب آب کافی برای بذرها وجود داشته و به کمک ذخیره غذایی بالا جوانه زنی مطلوبتری داشته اند. تنش خشکی تاثیر بسیار معنی داری نیز بر درصد جوانه زنی ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq 0/01$). بیشترین درصد جوانه زنی در پتانسیل صفر و -۴ بار و کمترین درصد جوانه زنی در پتانسیل -۱۶ بار مشاهده گردید (جدول ۵). ژنوتیپها نیز از نظر درصد جوانه زنی با همدیگر تفاوت معنی داری داشتند ($p \leq 0/01$). ژنوتیپهای جم، ILC482 و کرج ۳۱-۶۰-۱۲ از نظر درصد جوانه زنی بیشترین درصد جوانه زنی و سایر ژنوتیپها، درصد جوانه زنی کمتری دارا بودند و بین آنها تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۶). اثرات متقابل سطوح خشکی در ژنوتیپ نیز در مورد این صفت معنی دار بود ($p \leq 0/01$). در شرایط عدم تنش ژنوتیپهای کرج ۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و ILC3279 از درصد جوانه زنی کمتری برخوردار بودند اما در شرایط تنش -۸ و -۱۲ بار، همین ژنوتیپها بالاترین درصد جوانه زنی را داشتند. داس و همکاران (۱۹۹۶) ارتباط بین جذب آب و درصد جوانه زنی را در نخود گزارش کرده اند، آنها به طور کلی کاهش درصد جوانه زنی ژنوتیپهای نخود را با افزایش

جدول ۳: وزن خشک ریشه‌چه ژنوتیپ‌های نخود در سطوح مختلف خشکی (گرم) (LSD = ۰/۰۱۶)

سطوح تنش خشکی بر حسب بار					ژنوتیپ‌ها
-۱۶	-۱۲	-۸	-۴	۰	
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۱۳	mcc75
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۷	mcc101
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۶	mcc174
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۱۰	mcc276
۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۱۰	mcc477
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	mcc327
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۷	mcc291
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۶	mcc476
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	جم
۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۷	کرج
۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۵	ILC482
۰/۰۰	۰/۰۲	۰۰/۰	۰/۰۴	۰/۰۴	ILC3279

مورد این صفت معنی‌دار نشد. دلیل بالا بودن میزان مصرف ذخیره لپه‌ها در پتانسیل‌های پایین (صفر و ۴- بار) این است که رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در این پتانسیل‌ها بیشتر بوده و در نتیجه میزان مصرف ذخیره غذایی در آنها بیشتر بوده است زیرا در مراحل ابتدایی جوانه‌زنی، فرایندهای آن به ذخیره غذایی بذر وابسته‌اند (۱۴).

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان وزن خشک ریشه‌چه ژنوتیپ‌های نخود داشت (۰/۰۱ $p \leq$). با افزایش تنش خشکی وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت، بین سطوح خشکی ۸-، ۱۲- و ۱۶- بار تفاوت معنی‌داری از نظر وزن خشک ریشه‌چه وجود نداشت و در پتانسیل صفر بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مشاهده گردید (جدول ۵). ژنوتیپ‌ها نیز از لحاظ وزن خشک ریشه‌چه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند (۰/۰۵ $p \leq$). ژنوتیپ MCC75 بیشترین وزن خشک ریشه‌چه و ژنوتیپ‌های MCC174 کمترین وزن خشک ریشه‌چه را به خود اختصاص داده بودند (جدول ۶). یکی از دلایل تفاوت در وزن خشک ریشه‌چه، می‌تواند محتوای متفاوت مواد غذایی در بذرهای مختلف باشد. به طوری که بذرهای بزرگتر مقادیر بیشتری از مواد غذایی را در اختیار ریشه‌چه قرار می‌دهند. اثرات متقابل ژنوتیپ در سطوح خشکی نیز در مورد این صفت معنی‌دار بود (۰/۰۵ $p \leq$). ژنوتیپ‌های جم، کرج ۳۱-۶۰-۱۲ و ILC482 حساسیت کمتری را به افزایش پتانسیل آب از خود نشان دادند. در صورتی که در مورد ژنوتیپ‌های دیگر کاهش ۱۰۰٪ نیز

تغییرات جهت مقابله با تنش خشکی افزایش رشد ریشه‌چه می‌باشد که به منظور جذب حداکثر رطوبت صورت می‌گیرد (۱، ۲۵ و ۳۱).

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه ژنوتیپ‌های نخود داشت (۰/۰۱ $p \leq$). با افزایش تنش خشکی طول ساقه‌چه تمام ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت، بیشترین طول ساقه‌چه در مورد پتانسیل صفر و کمترین آن در مورد پتانسیل ۱۶- بار مشاهده گردید (به ترتیب ۲/۳۳ و صفر سانتی متر). در تمام ژنوتیپ‌ها با افزایش پتانسیل منفی از صفر به ۱۶- بار، کاهش شدیدی در طول ساقه‌چه مشاهده گردید (جدول ۵). بین ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها در این سطح تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶).

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان مصرف ذخایر لپه ژنوتیپ‌های نخود داشت (۰/۰۱ $p \leq$). با افزایش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار میزان مصرف ذخیره غذایی در کل سطوح خشکی کاهش یافت. بیشترین مصرف ذخیره غذایی در مورد سطح بدون تنش و کمترین آن در پتانسیل ۱۶- بار مشاهده گردید (جدول ۵). بین ژنوتیپ‌ها نیز از لحاظ میزان مصرف ذخیره غذایی لپه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (۰/۰۱ $p \leq$). در میان ژنوتیپ‌ها، MCC276، ILC482، MCC327 و بیشترین مصرف ذخیره را دارا بودند در حالیکه MCC174 و MCC291 کمترین مصرف را داشتند (جدول ۶). اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح خشکی در

یافته‌های تحقیقاتی مطابقت داشت (۱۴). یکی از دلایل عمده که می‌تواند کاهش وزن خشک ساقه چه را در پتانسیل‌های بالا توجیه کند تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور رویانی است. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور رویانی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور رویانی تاثیر بگذارند (۳).

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه ژنوتیپ‌های نخود داشت ($p \leq 0/01$). نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. در شرایط عدم تنش بیشترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه مشاهده شد با افزایش تنش تا ۱۶- بار این نسبت کاهش یافت (جدول ۵). اثر ژنوتیپ در مورد این صفت معنی‌دار نبود، اما اثرات متقابل ژنوتیپ در سطوح خشکی معنی‌دار شد، این نسبت در بیشتر ژنوتیپ‌ها در پتانسیل ۴- بار نسبت به پتانسیل صفر بیشتر بود که علت آن افزایش نسبت ریشه به تنش‌های ملایم است (جدول ۴). در تنش خشکی کاهش در ماده خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه مشاهده گردیده است اما کاهش ماده خشک ساقه‌چه بیشتر بوده است (۱۵)، که البته در آزمایش ما تنها در چند ژنوتیپ این موضوع صادق بود و به طور کلی بدون در نظر گرفتن اثر متقابل در تیمار شاهد بیشترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه مشاهده شد (جدول ۴). در پتانسیل ۴- بار ژنوتیپ MCC477 بیشترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به

مشاهده گردید (جدول ۳). ژنوتیپ MCC75 در شرایط عدم تنش دارای وزن ریشه بالاتری بود اما در شرایط تنش شدید این وزن به حدود صفر رسید که علت آن ممکن است با درشت بودن بذر آن، در ارتباط باشد که در شرایط عدم تنش توانسته‌اند از آب قابل دسترس استفاده کنند اما در شرایط تنش به علت کمبود آب، نیاز آبی آنها فراهم نشده است، مشابه یافته‌های این مطالعه، توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۱۶و۶). البته با توجه به وزن هزار دانه نخود و نتایج بدست آمده از آزمایش در هیچ مورد نمی‌توان رابطه مستقیم بین اندازه بذر و میزان مقاومت به تنش ذکر کرد (جدول ۶). عدم رابطه مستقیم بین اندازه بذر و میزان مقاومت به تنش در ارقام نخود توسط سینگ نیز ذکر شده است (۳).

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان وزن خشک ساقه‌چه ژنوتیپ‌های نخود داشت ($p \leq 0/01$). با افزایش میزان تنش خشکی از صفر تا ۱۶- بار وزن خشک ساقه‌چه کاهش یافت. بین سطوح خشکی پتانسیل ۸-، ۱۲- و ۱۶- بار تفاوت معنی‌داری از نظر وزن خشک ساقه‌چه وجود نداشت و در پتانسیل صفر بیشترین وزن خشک ساقه‌چه مشاهده گردید (جدول ۵). اثر ژنوتیپ نیز در مورد این صفت معنی‌دار بود ($p \leq 0/05$). ژنوتیپ MCC174 کمترین وزن ساقه‌چه و ژنوتیپ MCC75 بیشترین وزن را دارا بودند (جدول ۶). اثرات متقابل سطوح خشکی و ژنوتیپ برای وزن خشک ساقه معنی‌دار نشد. نتایج بدست آمده با

جدول ۴: وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه ژنوتیپ‌های نخود در سطوح

مختلف خشکی (گرم) (LSD = 0/41)

سطوح تنش خشکی بر حسب بار					ژنوتیپ‌ها
۰	۴-	۸-	۱۲-	۱۶-	
۱/۱۰	۰/۷۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc75
۰/۸۶	۱/۳۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc101
۱/۱۶	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc174
۰/۹۲	۰/۵۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc276
۱/۱۸	۱/۲۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc477
۰/۹۰	۱/۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc327
۱/۰۶	۰/۶۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc291
۰/۹۲	۰/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	mcc476
۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	مجموع
۰/۷۰	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	مخرج
۰/۷۴	۰/۸۷	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰	ILC482
۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	ILC3279

جدول ۵: اثرات سطوح مختلف خشکی بر صفات مورد بررسی در جوانه زنی ژنوتیپ‌های مختلف نخود

تنش خشکی (بار)	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	طول ریشه چه (میلیمتر)	طول ساقه چه (میلیمتر)	وزن ریشه چه (گرم)	وزن ساقه چه (گرم)	وزن ریشه چه به ساقه چه	طول ریشه چه به ساقه چه	لپه مصرفی (گرم)
صفر	۶۲/۴۳	۹۷/۷۸	۳۳/۱۸	۲۳/۳۲	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۹۲	۱/۶۱	۳۲۹/۶۰
-۴	۳۶/۰۵	۹۶/۸۵	۳۰/۶۱	۸/۱۹	۰/۰۴۲	۰/۰۴۱	۰/۸۳	۳/۵۳	۱۱۰/۷۰
-۸	۵/۹۰	۲۹/۴۵	۲/۹۶	۰/۱۴	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۱۷	۰/۱۱	۳۱/۶۹
-۱۲	۴/۳۷	۲۲/۸۷	۱/۸۱	۰/۰۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۳/۸۹
-۱۶	۲/۱۶	۸/۷۹	۰/۶۲	۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۶/۶۱
LSD	۴/۱۷	۹/۲۱	۳/۷۴	۲/۶۴	۰/۰۲۷	۰/۰۰۹	۰/۳۸	۰/۶۴	۴۶/۶۶

آزمایش‌های مختلف بیانگر این مطلب است که در اثر تنش خشکی طول ریشه چه و ساقه چه هر دو کاهش می‌یابند، ولی نسبت کاهش طول ساقه چه بیشتر از طول ریشه چه می‌باشد. در سایر پژوهش‌ها مشخص شده است که در شرایط تنش خشکی ارقام مقاوم به خشکی در مراحل اولیه تنش از سرعت رشد ریشه بالاتری برخوردارند، در نتیجه نسبت طول ریشه به ساقه در آنها افزایش می‌یابد (۱۵).

به طور کلی می‌توان گفت در بین صفت‌های اندازه‌گیری شده درصد جوانه زنی بیشترین تفاوت معنی‌دار را داشته است و بعد از آن سرعت جوانه زنی و وزن خشک ریشه چه در سطح احتمال کمتر ($p \leq 0/01$) در همه موارد معنی‌دار بودند (جدول ۷). سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری

ساقه چه را داشت و در پتانسیل ۸- بار این نسبت در ILC482 دیده شد و در سایر ژنوتیپ‌ها این نسبت به صفر رسید (جدول ۴).

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر نسبت طول ریشه چه به ساقه چه ژنوتیپ‌های نخود داشت ($p \leq 0/01$). نسبت طول ریشه چه به ساقه چه فقط در مورد سطوح خشکی معنی‌دار بود. نکته قابل توجه این بود که در پتانسیل آب ۴ - بار نسبت طول ریشه چه به ساقه چه به طور معنی‌داری بیشتر از پتانسیل صفر بود و بین پتانسیل‌های ۸-، ۱۲- و ۱۶- بار از نظر نسبت طول ریشه چه به ساقه چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و از کمترین نسبت برخوردار بودند (جدول ۵). اثرات متقابل و ژنوتیپ‌ها در این سطح معنی‌دار نبودند. نتایج

جدول ۶: اثرات ژنوتیپ‌های نخود بر صفات مورد بررسی در سطوح مختلف پتانسیل منفی

ژنوتیپ	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	طول ریشه چه (میلیمتر)	طول ساقه چه (میلیمتر)	وزن خشک ریشه چه (گرم)	وزن خشک ساقه چه (گرم)	وزن ریشه چه به ساقه چه	طول ریشه چه به ساقه چه	وزن لپه مصرفی (گرم)
MCC75	۲۰/۷۶	۴۴/۴۴	۱۵/۳۳	۸/۷۰	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۳۶	۱/۰۲	۹۹/۴۰
MCC101	۲۲/۰۳	۴۶/۴۵	۸/۹۶	۴/۸۳	۰/۰۱۹	۰/۰۲۰	۰/۴۴	۱/۴۸	۶۱/۲۰
MCC174	۱۷/۴۳	۳۸/۶۷	۱۲/۷۰	۴/۹۳	۰/۰۱۷	۰/۰۱۳	۰/۲۷	۰/۶۷	۴۲/۷۲
MCC276	۲۰/۴۲	۴۴/۰۰	۱۴/۴۳	۷/۴۷	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۲۹	۰/۷۶	۱۶۵/۹۳
MCC477	۲۴/۰۱	۴۴/۴۴	۱۴/۹۳	۶/۱۰	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶	۰/۴۹	۱/۲۶	۸۶/۶۷
MCC327	۲۳/۷۱	۴۰/۶۷	۱۶/۴۰	۷/۲۷	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۴۶	۱/۵۳	۱۳۵/۲۷
MCC291	۱۶/۲۳	۳۹/۵۶	۱۲/۷۷	۶/۰۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	۰/۳۴	۱/۲۶	۴۶/۶۷
MCC476	۲۳/۱۰	۴۷/۵۶	۱۵/۱۰	۶/۴۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۳۴	۱/۱۴	۱۱۰/۲۰
جم	۲۸/۶۴	۷۶/۴۵	۱۱/۵۰	۵/۴۶	۰/۰۳۳	۰/۰۲۲	۰/۲۹	۰/۵۵	۱۴۳/۴۷
کرج ۳۱-۶۰-۱۲	۲۳/۳۹	۶۹/۳۳	۱۷/۸۵	۷/۱۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۳۲	۰/۹۹	۷۸/۷۳
ILC482	۲۴/۶۵	۷۱/۱۱	۱۴/۲۷	۶/۲۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۸	۰/۳۶	۱/۳۵	۱۵۹/۴۷
ILC3279	۲۱/۸۴	۵۱/۱۱	۱۱/۸۰	۵/۴۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	۰/۲۵	۰/۵۷	۷۶/۴۰
LSD	۶/۴۶	۱۴/۲۶	۵/۸۱	۴/۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۱۸	۰/۹۸	۷۲/۲۸

جدول ۷: میانگین مربعات و سطوح معنی داری صفت‌های رشدی در رابطه با سطوح خشکی، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل

وزن لپه مصرفی	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن ساقه‌چه	وزن ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	
۶۴۸۲۴۹**	۸۵**	۸**	۰/۰۵**	۰/۰۳**	۱۳۵۳۳۸**	۹۸۳۷**	۱۴/۹**	۲۵۱۵۲**	سطوح خشکی
۲۷۱۸۳*	۱/۸ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۷*	۰/۰۰۰۶*	۹۸۰۹۳ ^{ns}	۸۷ ^{ns}	۰/۴۷**	۱۶۲*	ژنوتیپ‌ها
۱۷۸۹۷ ^{ns}	۱/۸۳ ^{ns}	۰/۱*	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۵*	۹۷۶۸۳ ^{ns}	۸۹ ^{ns}	۰/۲۴**	۱۳۷*	اثرات متقابل

* معنی دار در سطح ۰/۰۵ ، ** معنی دار در سطح ۰/۰۱ ، ns در سطح ۰/۰۵ معنی دار نیست.

وزن هزار دانه برخوردار بود، اما به شرایط تنش در مرحله جوانه‌زنی پاسخ مناسب نداد، شاید بتوان گفت که رابطه مستقیمی بین اندازه دانه و تحمل به تنش وجود ندارد. سایر پژوهشگران نیز در مورد نخود چنین نتیجه‌ای را گزارش کرده‌اند (۳).

قدردانی

در پایان از همه کسانی که ما را در اجرای این آزمایش کمک کردند کمال تشکر و قدردانی را داریم. از کلیه پرسنل آزمایشگاه فیزیولوژی گروه زراعت دانشکده کشاورزی مشهد که ما را در فراهم کردن مواد آزمایشی یاری کردند، جناب آقای مهندس حجت به دلیل کمک فراوان ایشان در تهیه بذر مورد نیاز و همچنین آقایان سید حسین حسینی و مهدی معصومی که در اجرای این آزمایش به ما کمک کردند تشکر می‌نمائیم.

بر همه صفت‌ها اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد داشت (جدول ۷). نتیجه قابل توجه در این آزمایش افزایش نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در سطح تنش ۴- بار نسبت به پتانسیل صفر بود. در رابطه با ژنوتیپ‌ها، می‌توان گفت که اکثر آنها در تنش‌های شدید خشکی قادر به تولید ریشه‌چه و ساقه‌چه نبودند. پتانسیل ۴- و ۸- بار بهترین محدوده برای تعیین میزان تحمل ژنوتیپ‌های نخود به تنش خشکی بود. در این آزمایش ژنوتیپ‌های جم، کرج ۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و MCC101 در کل به دلیل پاسخ‌های رشدی بهتر در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های برتر بودند. بهتر است این ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه نیز تست شوند و نتیجه کاربردی‌تر حاصل شود. این ژنوتیپ‌ها در سایر مراحل رشدی نیز باید مورد آزمایش قرار گیرند زیرا ممکن است بذرها در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی حساس باشند اما در سایر مراحل رشدی تحمل بیشتر و یا کمتری به خشکی نشان دهند (۱۴). در بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ MCC174 از کمترین اندازه و

منابع

- ۱- باقری کاظم آباد، ع. و غ. سرمدنیا، ۱۳۶۸. بررسی امکان استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ جهت مطالعات خشکی در گیاه اسپرس (*Onobrychis vicifolis* Scoop.) در مرحله گیاهچه. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ج. ۵: ۱-۹.
- ۲- ساکسینا، ام. سی. و کی. ب. سینگ. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح نخود. ترجمه باقری ع.، ا. نظامی، ع. گنجعلی و م. پارسا. جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۳- سینگ، کی. بی. و ام. سی. ساکسینا. ۱۳۷۹. اصلاح حبوبات سردادوست برای تحمل به تنش‌ها. ترجمه باقری ع.، ا. نظامی و م. سلطانی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.
- ۴- نظامی، ا. و ع. باقری. ۱۳۸۰. ارزیابی کلکسیون نخود مشهد برای تحمل به سرما در شرایط مزرعه. مجله علوم و صنایع کشاورزی ج. ۱۵: ۱۶۲-۱۵۵.
- ۵- نوری، ا. ۱۳۷۹. بررسی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum*) به تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در مرحله جوانه زنی و گیاهچه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۶- کاظمی پور، ن. و م. ج. اروین. ۱۳۷۸. اثر شوری و خشکی روی جوانه زنی و برخی صفت‌های رشد پیازخوراکی. هشتمین کنفرانس زیست‌شناسی ایران. ص: ۸۱۰-۸۰۰.
- ۷- کوچکی، ع. ۱۳۶۷. جنبه‌هایی از مقاومت به خشکی در سورگوم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ج. ۲: ۸۱-۷۷.

- کوچکی، ع. و ح. مومن شاهرودی. ۱۳۷۵. اثر پتانسیل آب بر خصوصیات جوانه بذر نخود (*Cicer arietinum*). مجله بیابان. ج. ۱. ۲: ۵۳-۶۶.
- ۸- کیانی، م. ر. ع. باقری و ا. نظامی. ۱۳۷۷. عکس العمل ژنوتیپ های عدس به تنش خشکی حاصل از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ در مرحله جوانه زنی. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ج. ۱۲. ۱: ۴۲-۵۵.
- 9-Ashraf, C. M. and S. A. Shakra. 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. *Agronomy Journal*. 65:135-139 .
- 10-Berkat, O. and D. D. Briske. 1982. Water potential evaluation three of germination substrates utilizing PEG. *Agronomy Journal*. 74: 518 – 522.
- 11-Bukhtiar, B. and A. Shakra. 1990. Drought tolerance in lentil. II: Differential genotypic response to drought. *Journal of Agriculture – Research Lahore*. 28 : 117– 126.
- 12-Burris, J. S., A. H. Wahab and O. T. Edje. 1971. Effect of seed size on seedling performance in soybean. I: Seedling growth and respiration in the dark. *Crop Science*. 11:492-496.
- 13-Das, M. and P. H. Zaidi. 1996. Effect of various soil matric potentials on germination and seedling growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) biotypes. *Legume Research*. 19:211-217.
- 14-De, F. and R. K. Kar. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG-6000. *Seed Science and Technology*. 23:301-304.
- 15-Eissenstat, D. M., E. L. Whaley, A. Volder. 1999. Recovery of citrus surface roots following prolonged exposure to dry soil. *Journal Experimental Botany*. 50:1845-1854.
- 16-El-Sharkawi, H. M., K. A. Farghali and S. A. Sayed. 1989. Interactive Effects of Water Stress, Temperature and Nutrients in Seed Germination of Tree Desert Plants. Academic Press of Egypt.
- 17-Emmerich, W. E. and S. P. Hardgree. 1990. Polyethylen glycol solution contact effect on seed germination. *Agronomy Journal*. 82 : 1103 – 1107.
- 18-Emmerich, W. E. and S. P. Hardgree. 1991. Seed germination in polyethylenglycol solution: Effect of filter paper exclusive and water vapor loss. *Crop Science*. 31:454-458.
- 19-FAO. 2004, FAO Bulletin of statistics.
- 20-Gelmond, H. 1978. Problem in Crop Seed Germination in Crop Physiology. U.S. Gupta, (ed.) Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi pp: 1-78.
- 21-Gupta, A. K., J. Singh, N. Kaur and R. Singh. 1993. Effect of polyethylenglycol-induced water stress on uptake interconversion and transport of sugars in chickpea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*. 31:743-747.
- 22-Hardgree, S. P. and W. E. Emmerich. 1994. Seed germination response to polyethylene glycole solution depth. *Seed Science and Technology*. 22:1-7.
- 23-Leport, N. C., J. Turner, M. D. French, R. Barr, S. L. Duda, D. Dauies, K. H. Tennant and M. Siddique. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*. 11:279-291.
- 24-Marchner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Reprint. Academic Press.
- 25-Michel, B. E. and M. R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylenglycol 6000. *Plant Physiology*. 51: 914 – 916.
- 26-Parmar M. T. and R. P. Moore. 1968. Carbowax 6000 mannitol and sodium chloride for simulating drought condition and germination studies of corn (*Zea mays*) strong and weak vigor. *Agronomy Journal*. 60:192-195.
- 27-Saxena N. P., S. N. Kapoor and D. S. Bisht. 1983. Emergence of chickpea seedlings in suboptimal seedbed moisture. In "International Chickpea News Letter. ICRISAT.NO 9.
- 28-Singh K. and B. S. Afria. 1985. Seed germination and seedling growth of chickpea (*Cicer arietinum*) under water stress. *Seed Research*. 13:1-9.
- 29-Taiz, L. and E. Ziger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin Cumming Publishing Company.
- 30-William E. and P. Stuart 1990. Polyethylenglycol solution contact effects on seed germination. *Agronomy Journal*. 82:1103-1107.

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination responses to water stress induced by polyethylen glycol 6000

A. Masoumi, M. Kafi, H. R. Khazaei¹

Abstract

Chickpea is a traditional pulse in arid and semi-arid regions. Germination and stand establishment are important factors for determining final density of plant in dry regions. This research was conducted using a randomized complete design with factorial arrangement of four drought levels and control level (including: 0, -4, -8, -12, -16 bar) and twelve chickpea genotypes, with 3 replication. This experiment was conducted to study the impact of drought stress on chickpea germination, in a Physiology laboratory of Ferdowsi University of Mashhad in 1384. Drought levels imposed a significant reduction on all measurement parameters including, percent and rate germination; dry weight, radicle and plumule length, radicle to plumule ratio, endosperm consuming. Among the levels of water potentials tested, -4 and -8bar because of the best variety between measurements parameters were best treatments for evaluating drought stress of chickpea genotypes. Radicle and plumule did not form in heavy drought stress. Among genotypes tested, JAM, KARAJ12-60-31, ILC482 and MCC101 were the best genotypes under simulated drought condition. We can say these genotypes are suitable for drought situation that another growth stages are tested in field experiments.

Keywords: Chickpea (*Cicer arietinum*), germination, PEG, drought stress.