اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

علی معصومی، محمد کافی، حمیدرضا خزاعی[1]

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 نیمه‌خشک 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 گلایکول 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، کرج۳۱-۶۰-۱۲، 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 گلایکول (PEG) ،تنش خشکی.

مقدمه

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 نیمه‌خشک، حبوبات از جمله گیاهانی هستند که بیشتر در خاکهای نه چندان حاصلخیز و اراضی حاشیه ای کشت می‌شوند (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 صورت آبی و دیم کشت می‌شود و ۱۵ درصد از سطح زیر کشت و۱۳ درصد ازتولیدات جهانی حبوبات به این محصول اختصاص دارد (۳). براساس آمار ارائه شده از سوی فائو (متوسط پنج سال گذشته)، سطح زیر کشت نخود درایران ۶۶۰ هزارهکتار و تولیدسالانه۲۳۴ هزار تن با متوسط عملکرد ۴۹۵کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۲۰). پایین بودن عملکرد نخود درکشور، غالباً به دلیل کشت ارقام کم محصول وحساسیت آنها به تنش‌های محیطی گوناگون از جمله تنش خشکی می‌باشد (۳).

جوانه‌زنی 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 درمرحله

۱. دانشجوی دکتری زراعت و اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته وسیستم ریشه ای قوی تری تولید می‌کنند (۷، ۱۰ و ۲۱). سرعت جوانه‌زنی واستقرار گیاهچه در شرایط تنش نقش مهمی را در رشد گیاه ایفا می‌کنند. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، به طوری که ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتر در شرایط تنش، از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردارند (۹).گرچه ممکن است درفصل کاشت میزان بارندگی زیاد باشد اما دربرخی شرایط به دلیل تبخیر رطوبت و خشک شدن لایه سطحی خاک، جوانه‌زنی وسبزشدن گیاه با مشکل مواجه می‌گردد (۲۲ و۲۸).این موضوع در مناطق خشک که نوسانات بارندگی زیادی داشته و احتمال اینکه درابتدای فصل کاشت مقدار بارندگی نازل شده درهر دفعه کم باشد ویا اینکه فاصله زمانی بین دو بارندگی طولانی گردد،از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد (۱۹).

به دلیل ناهمگون بودن خاک در مزرعه وعدم 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 روش‌ها می‌توان به بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها به محلول‌های حاصل از مواد اسموتیکوم نظیر پلی اتیلن گلایکول اشاره داشت (۱۱).بررسی‌ها نشان داده اند که درصد جوانه‌زنی بذرها در محلول پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ با درصد جوانه‌زنی درخاک با همان پتانسیل تقریباً برابر بوده است (۱۸، ۲۹ و ۳۱) و بسیاری از آزمایش‌ها روی محصولاتی نظیر عدس (۹)، ذرت (۲۷)، سویا (۱۳) و اسپرس (۱) در محیط پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ به عنوان ایجاد کننده پتانسیل منفی وتنش خشکی با موفقیت انجام شده است.

از تنوع موجود در ژنوتیپ‌های نخود و پاسخ‌های متفاوت آنها به تنش خشکی می‌توان بهره برد و ژنوتیپ‌های 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 جوانه‌زنی است.

مواد وروش‌ها

در این آزمایش واکنش بذر ژنوتیپ‌های نخود شامل: MCC75، MCC101، MCC174، MCC276، MCC477، MCC327، MCC291، MCC476، جم، کرج۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و ILC3279 به تنش خشکی مورد بررسی قرارگرفتند. انتخاب این ارقام براساس اهمیت نسبی آنها در بررسی‌های گذشته انجام گرفته است. چهار نمونه اول در شرایط دیم شمال استان خراسان سازگاری مناسبی از خود نشان داده‌اند (۵) و ۴ رقم دوم تحمل خوبی به سرما در شرایط مزرعه داشته‌اند (۴) و۴ رقم آخری نیز به عنوان ارقام رایج کشور مورد استفاده می‌باشند. این ژنوتیپ‌ها از کلکسیون بذر دانشکده کشاورزی مشهد تهیه شدند و آزمایش در سال ۱۳۸۴ درآزمایشگاه 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 پتانسیل‌های صفر، ۴-، ۸-، ۱۲- و 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 ۳درصد 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 باآب مقطرآب کشی شدند (۹). محلول پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ نیز با استفاده از روش میچل وکافمن (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 گلایکول 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 ۱ ±۲۰ درجه سانتی گراد منتقل شدند (۹). بذرها به طور روزانه بازبینی وتعداد بذرها جوانه زده (دارای طول ریشه چه ۲-۱ میلی متر و یا بیشتر) ثبت شدند (۱۲). به منظور تعیین درصد مواد انتقال یافته ازبذر به گیاهچه درابتدا و انتهای آزمایش وزن خشک ۱۰

Archive of SID

www.SID.ir

بذر جوانه زده اندازه گیری شد. درروزآخر (پس از دو هفته) نیز طول ریشه چه وساقه چه و وزن خشک آنها اندازه گیری گردید.

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

۱۰۰ × تعداد کل بذرها/تعداد بذرهاجوانه‌زده تاروز i =درصدجوانه‌زنی

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum_{1}^{14} (\text{تعداد روز از شروع آزمایش} / \text{تعداد بذرهاجوانه‌زده تاروز i})$$

محاسبات آماری و ترسیم نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار SPSS و Excel انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD ($p \leq ۰/۰۱$) 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 معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq ۰/۰۱$). در پتانسیل صفر (شاهد) بیشترین سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد و میان پتانسیل‌های ۸-، ۱۲- و ۱۶- بار از نظر سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و از کمترین سرعت جوانه‌زنی برخوردار بودند، البته در سطوح ۱۲- و ۱۶- بار جوانه‌زنی در اکثر ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد و تنها در ژنوتیپ‌های جم،کرج، ILC482و MCC477 کمتر از ده درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول۵). از نظر سرعت جوانه‌زنی، ژنوتیپ‌ها نیز با هم اختلاف معنی‌داری داشتند ($p \leq ۰/۰۵$). ژنوتیپ‌های جم، ILC482و MCC477 ژنوتیپ‌های برتر در این آزمایش بودند و ژنوتیپ‌های MCC291، MCC174 و MCC276 کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند (جدول۶). 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 جوانه‌زنی 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 جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (۱۴). برهمکنش سطوح خشکی و ژنوتیپ برای این صفت نیز معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$). در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها که در سطوح تنش ۸- و۱۲- بار جوانه‌زنی نداشتند، ژنوتیپ‌های کرج۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 وجم مقاومت بیشتری از خود نشان دادند با این وجود جوانه‌زنی آنها ۶۰ درصد کاهش یافت. اما در شرایط عدم تنش، ژنوتیپ‌های MCC327، MCC477 و MCC276 از نظر سرعت جوانه‌زنی برتری داشتند (جدول ۱). این موضوع نشان می دهد که 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 (جدول۶)، احتمالاً در این شرایط امکان جذب آب کافی برای بذرها وجود داشته و به کمک ذخیره غذایی بالا جوانه‌زنی مطلوبتری داشته‌اند.

تنش خشکی تاثیر بسیار معنی‌داری نیز بر درصد جوانه‌زنی ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq ۰/۰۱$). بیشترین درصد جوانه‌زنی در پتانسیل صفر و ۴- بار و کمترین درصد جوانه‌زنی در پتانسیل ۱۶- بار مشاهده گردید (جدول۵). ژنوتیپ‌ها نیز از نظر درصد جوانه‌زنی با همدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند ($p \leq ۰/۰۱$). ژنوتیپ‌های جم، ILC482 و کرج۳۱-۶۰-۱۲ از نظر درصد جوانه‌زنی بیشترین درصد جوانه‌زنی و سایر ژنوتیپ‌ها، درصد جوانه‌زنی کمتری دارا بودند و بین آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول۶). اثرات متقابل سطوح خشکی در ژنوتیپ نیز در مورد این صفت معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۱$). در شرایط عدم تنش ژنوتیپ‌های کرج۳۱-۶۰-۱۲، ILC482 و ILC3279 از درصد جوانه‌زنی کمتری برخوردار بودند اما در شرایط تنش ۸- و ۱۲- بار، همین ژنوتیپ‌ها بالاترین درصد جوانه‌زنی را داشتند. داس و همکاران (۱۹۹۶) ارتباط بین جذب آب و درصد جوانه‌زنی را در نخود گزارش کرده‌اند، آنها به طور کلی کاهش درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود را با افزایش پتانسیل منفی آب بیانگر حساسیت ارقام نخود به تنش خشکی گزارش کردند (۱۲ و ۱۴).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱. سرعت جوانه زنی ژنوتیپ های نخود در سطوح مختلف خشکی (LSD =۱۴)

ژنوتیپ ها	سطوح تنش خشکی بر حسب بار				
	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶
mcc75	۶۶/۲۶	۳۵/۰۲	۲/۵۱	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc101	۶۳/۰۴	۳۸/۹۲	۸/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc174	۵۹/۵۴	۲۷/۶۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc276	۷۱/۹۸	۲۵/۲۴	۴/۸۸	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc477	۷۱/۳۷	۴۵/۳۲	۱/۶۴	۱/۷۰	۰/۰۰
mcc327	۷۸/۴۶	۳۹/۳۷	۰/۷۱	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc291	۵۱/۶۰	۲۹/۵۴	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc476	۶۰/۹۳	۴۴/۳۱	۸/۷۴	۱/۵۴	۰/۰۰
جم	۶۴/۰۴	۳۵/۵۰	۹/۹۱	۱۱/۵۵	۲۲/۲۰
کرج	۴۵/۵۲	۳۹/۲۹	۲۰/۰۵	۱۲/۱۲	۰/۰۰
ILC482	۵۸/۷۶	۳۳/۰۶	۱۳/۱۸	۱۵/۶۵	۲/۶۱
ILC3279	۵۷/۶۵	۳۹/۴۱	۱/۰۱	۹/۹۴	۱/۲۰

جدول۲: درصد جوانه زنی ژنوتیپ های نخود در سطوح مختلف خشکی (LSD = ۳۱)

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

سطوح تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر طول ریشه چه ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq$ ۰/۰۱). 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 (جدول۵). 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 ریشه‌چه از ۳/۳۱ سانتیمتر در پتانسیل صفر به ۰/۶۲ سانتیمتر در پتانسیل ۱۶- بار رسید. افت طول ریشه‌چه از پتانسیل ۸- بار به بعد، از شدت بیشتری برخوردار بود (جدول۵). بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی داری از نظر طول ریشه چه وجود نداشت (جدول۲). احتمالاً در این ژنوتیپ‌ها از نظر طول ریشه چه تفاوتی وجود ندارد و اختلافات ژنوتیپی در زمان ریشه دهی بروز می‌کنند. در رابطه با بعضی گیاهان مثل عدس، طول ریشه‌چه به عنوان یکی از شاخص‌های مهم درتنش خشکی مطرح بوده است (۹). بعضی از ژنوتیپ‌های نخود در پتانسیل ۴- بار نسبت به پتانسیل صفر طول ریشه‌چه بیشتری داشتند که این موضوع تحریک گیاه را در تنش‌های ضعیف به ریشه‌دهی نشان می‌دهد (۱۴). آزمایش‌های مختلف نشان دهنده افزایش طول ریشه چه در تنش‌های جزئی و کم است چرا که اولین 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 ($p \leq$ ۰/۰۱). با افزایش تنش خشکی طول ساقه‌چه تمام ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت، بیشترین طول ساقه چه در مورد پتانسیل صفر و کمترین آن در مورد پتانسیل ۱۶- بار مشاهده گردید (به ترتیب ۲/۳۳ و صفرسانتی 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 معنی داری وجود نداشت (جدول۶)

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان مصرف ذخایر لپه ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq$ ۰/۰۱). 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- بارمشاهده گردید (جدول۵). بین ژنوتیپ‌ها نیز از لحاظ میزان مصرف ذخیره غذایی لپه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p \leq$ ۰/۰۱). در میان ژنوتیپ‌ها، MCC276، ILC482، جم و MCC327 بیشترین مصرف ذخیره را دارا بودند در حالیکه MCC174 و MCC291 کمترین مصرف را داشتند

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳: وزن خشک ریشه‌چه ژنوتیپ های نخود در سطوح مختلف خشکی(گرم)(LSD =۰/۰۱۶)

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

(جدول۶). اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح خشکی در مورد این صفت معنی‌دار نشد. دلیل بالا بودن میزان مصرف ذخیره لپه‌ها در پتانسیل‌های پایین (صفر و۴- 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 ریشه چه ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq$ ۰/۰۱). با افزایش تنش خشکی وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت، بین سطوح خشکی ۸-، ۱۲- و ۱۶- بارتفاوت معنی‌داری از نظر وزن خشک ریشه‌چه وجود نداشت و در پتانسیل صفر بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مشاهده گردید (جدول۵). ژنوتیپ‌ها نیز از لحاظ وزن خشک ریشه‌چه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند ($p \leq$ ۰/۰۵). ژنوتیپ MCC75 بیشترین وزن خشک ریشه‌چه و ژنوتیپ‌های MCC174کمترین وزن خشک ریشه‌چه را به خود اختصاص داده بودند (جدول۶). 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 قرارمی دهند. اثرات متقابل ژنوتیپ در سطوح خشکی نیز در مورد این صفت معنی‌دار بود ($p \leq$ ۰/۰۵).

ژنوتیپ‌های جم، کرج۳۱-۶۰-۱۲ و ILC482 حساسیت کمتری را به افزایش پتانسیل آب از خود نشان دادند. در صورتی که در مورد ژنوتیپ‌های دیگر کاهش ۱۰۰٪ نیز مشاهده گردید (جدول۳). 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 (۶و۱۶). البته با توجه به وزن هزار دانه نخود و نتایج بدست آمده از آزمایش در هیچ مورد نمی‌توان رابطه مستقیم بین اندازه بذرها و میزان مقاومت به تنش ذکر کرد (جدول ۶). عدم رابطه مستقیم بین اندازه بذر و 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 ($p \leq$ ۰/۰۱). با افزایش میزان تنش خشکی از صفرتا ۱۶- بار وزن خشک ساقه‌چه کاهش یافت. بین سطوح خشکی پتانسیل۸-، ۱۲- و ۱۶- بار تفاوت معنی‌داری از نظر وزن خشک ساقه‌چه وجود نداشت و در پتانسیل صفر بیشترین وزن خشک ساقه‌چه مشاهده گردید (جدول۵). اثر ژنوتیپ نیز در مورد این صفت معنی‌دار بود ($p \leq$ ۰/۰۵). ژنوتیپ MCC174 کمترین وزن ساقه‌چه و ژنوتیپ MCC75 بیشترین وزن را دارا بودند (جدول۶). اثرات متقابل سطوح خشکی و ژنوتیپ برای وزن خشک ساقه معنی دار نشد. نتایج بدست آمده با 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 ($p \leq$ ۰/۰۱). نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه با افزایش تنش

Archive of SID

www.SID.ir

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 (جدول۵). اثر ژنوتیپ در مورد این صفت معنی دار نبود، اما اثرات متقابل ژنوتیپ در سطوح خشکی معنی دار شد، این نسبت در بیشتر ژنوتیپ‌ها در پتانسیل۴- بار نسبت به پتانسیل صفر بیشتر بود که علت آن افزایش نسبت ریشه در تنش‌های ملایم است (جدول۴). 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 (جدول۴). در پتانسیل ۴- بار ژنوپیپMCC477 بیشترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را داشت و در پتانسیل ۸- بار این نسبت در ILC482 دیده شد و در سایر ژنوتیپ‌ها این نسبت به صفر رسید (جدول۴).

سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه ژنوتیپهای نخود داشت ($p \leq ۰/۰۱$). نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه فقط در مورد سطوح خشکی معنی دار بود. نکته قابل توجه این بود که در پتانسیل آب ۴ - بار نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه به طور معنی‌داری بیشتراز پتانسیل صفر بود و بین پتانسیل‌های ۸-، ۱۲- و ۱۶- بار از نظر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و از کمترین نسبت برخوردار بودند (جدول۵). اثرات متقابل و ژنوتیپ‌ها در این سطح معنی‌دار نبودند. نتایج آزمایش‌های مختلف بیانگر این مطلب است که در اثر تنش خشکی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه هر دو کاهش می‌یابند، ولی نسبت کاهش طول ساقه‌چه بیشتر از طول ریشه‌چه 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 جوانه‌زنی بیشترین تفاوت معنی‌دار را داشته است و بعد از آن سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ریشه‌چه در سطح احتمال کمتر ($p \leq ۰/۰۱$) در همه موارد معنی‌دار بودند (جدول۷). سطوح تنش خشکی اثر معنی‌داری 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، کرج۳۱-۶۰-۱۲، 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 بذرهای 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 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

جدول۴: وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه ژنوتیپ های نخود در سطوح مختلف خشکی(گرم)(LSD =۰/۴۱)

ژنوتیپ ها	سطوح تنش خشکی بر حسب بار				
	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶
mcc75	۱/۱۰	۰/۷۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc101	۰/۸۶	۱/۳۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc174	۱/۱۶	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc276	۰/۹۲	۰/۵۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc477	۱/۱۸	۱/۲۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc327	۰/۹۵	۱/۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc291	۱/۰۶	۰/۶۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
mcc476	۰/۹۲	۰/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
جم	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
کرج	۰/۷۰	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
ILC482	۰/۷۴	۰/۸۷	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰
ILC3279	۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

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

تنش خشکی (بار)	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	طول ریشه‌چه (میلیمتر)	طول ساقه‌چه (میلیمتر)	وزن ریشه چه (گرم)	وزن ساقه‌چه (گرم)	وزن ریشه چه به ساقه چه	طول ریشه چه به ساقه چه	وزن لپه مصرفی (گرم)
صفر	۶۲/۴۳	۹۷/۷۸	۳۳/۱۸	۲۳/۳۲	۰/۰۷ ۴	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

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.

جدول ۶: اثرات ژنوتیپ های نخود بر صفات مورد بررسی درسطوح مختلف پتانسیل منفی

ژنوتیپ	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	طول ریشه چه (میلیمتر)	طول ساقه‌چه (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)	وزن هزاردانه (گرم)
MCC75	۲۰/۷۶	۴۴/۴۴	۱۵/۳۳	۸/۷۰	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۳۶	۱/۰۲	۹۹/۴۰	۲۹۲
MCC101	۲۲/۰۳	۴۶/۴۵	۸/۹۶	۴/۸۳	۰/۰۱۹	۰/۰۲۰	۰/۴۴	۱/۴۸	۶۱/۲۰	۱۸۱
MCC174	۱۷/۴۳	۳۸/۶۷	۱۲/۷۰	۴/۹۳	۰/۰۱۷	۰/۰۱۳	۰/۲۷	۰/۶۷	۴۲/۷۳	۱۴۵
MCC276	۲۰/۴۲	۴۴/۰۰	۱۴/۴۳	۷/۴۷	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۲۹	۰/۷۶	۱۶۵/۹۳	۳۰۳
MCC477	۲۴/۰۱	۴۴/۴۴	۱۴/۹۳	۶/۱۰	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶	۰/۴۹	۱/۲۶	۸۶/۶۷	۲۴۷
MCC327	۲۳/۷۱	۴۰/۶۷	۱۶/۴۰	۷/۲۷	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۴۶	۱/۵۳	۱۳۵/۲۷	۲۴۸
MCC291	۱۶/۲۳	۳۹/۵۶	۱۲/۷۷	۶/۰۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	۰/۳۴	۱/۲۶	۴۶/۶۷	۱۹۱
MCC476	۲۳/۱۰	۴۷/۵۶	۱۵/۱۰	۶/۴۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۳۴	۱/۱۴	۱۱۰/۲۰	۲۴۴
جم	۲۸/۶۴	۷۶/۴۵	۱۱/۵۰	۵/۴۶	۰/۰۳۳	۰/۰۲۲	۰/۲۹	۰/۵۵	۱۴۳/۴۷	۲۵۰
کرج۳۱-۶۰-۱۲	۲۳/۳۹	۶۹/۳۳	۱۷/۸۵	۷/۱۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۳۲	۰/۹۹	۷۸/۷۳	۲۷۳
ILC482	۲۴/۶۵	۷۱/۱۱	۱۴/۲۷	۶/۲۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۸	۰/۳۶	۱/۳۵	۱۵۹/۴۷	۲۷۵
ILC3279	۲۱/۸۴	۵۱/۱۱	۱۱/۸۰	۵/۴۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	۰/۲۵	۰/۵۷	۷۶/۴۰	۱۸۶
LSD	۶/۴۶	۱۴/۲۶	۵/۸۱	۴/۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۱۸	۰/۹۸	۷۲/۲۸	

جدول۷ : میانگین مربعات و سطوح معنی داری صفت‌های رشدی در رابطه با سطوح‌خشکی، ژنوتیپ‌ها و اثرات‌متقابل

	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه زنی	طول ریشه چه	طول ساقه‌چه	وزن ریشه‌چه	وزن ساقه‌چه	وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	وزن لپه مصرفی
سطوح‌خشکی	۲۵۱۵۲**	۱۴/۹**	۹۸۳۷**	۱۳۵۳۳۸**	۰/۰۳**	۰/۰۵**	۸**	۸۵**	۶۴۸۲۴۹**
ژنوتیپ‌ها	۱۶۳*	۰/۴۷**	۸۷ns	۹۸۰۹۳ns	۰/۰۰۰۶*	۰/۰۰۰۷*	۰/۰۹ns	۱/۸ns	۲۷۱۸۳*
اثرات‌متقابل	۱۳۷*	۰/۲۴**	۸۹ns	۹۷۶۸۳ns	۰/۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۳ns	۰/۱*	۱/۸۳ns	۱۷۸۹۷ns

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

www.SID.ir

منابع

۱- باقری کاظم آباد، ع. و غ. سرمدنیا. ۱۳۶۸. بررسی امکان استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ جهت مطالعات خشکی در گیاه اسپرس (*Onobrychis vicifolis* Scoop.) در مرحله گیاهچه. مجله علوم وصنایع کشاورزی. ۵ (۱) : ۹-۱.

۲- باقری ع.، ا. نظامی، ع. گنجعلی و م. پارسا. ۱۳۷۶. زراعت واصلاح نخود. (ترجمه) جهاد دانشگاهی مشهد.

۳- باقری ع.، ا. نظامی و م. سلطانی. ۱۳۷۹. اصلاح حبوبات سرمادوست برای تحمل به تنش‌ها. (ترجمه) 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. ۱۵ (۲) : ۱۶۲- ۱۵۵.

۵- نوری، ا. ۱۳۷۹. بررسی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های نخود(*Cicer arietinum*) به تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ در مرحله جوانه زنی و گیاهچه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، 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 زیست شناسی ایران. ص.۸۱۰-۸۰۰.

۷- کوچکی، ع. ۱۳۶۷. جنبه‌هایی از مقاومت به خشکی در سورگوم. مجله علوم وصنایع کشاورزی. ۲. (۲) : ۸۱- ۷۷.

کوچکی، ع. و ح. مومن شاهرودی. ۱۳۷۵. اثر پتانسیل آب بر خصوصیات جوانه بذر نخود (*Cicer arietinum*). مجله بیابان. 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 وصنایع کشاورزی. ۱۲ (۱) : ۵۵-۴۲.

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

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir

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

A. Masoumi, M. Kafi, H. R. Khazaei[1]

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.

Archive of SID

1. Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

www.SID.ir