نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۵۳۱-۵۲۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 3, Fall 2012, p. 522-531

بررسی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش خشکی در شرایط کنترل شده در گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)

راهله رهباریان[1*] - رمضانعلی خاوری نژاد[2و3] - علی گنجعلی[4] - عبدالرضا باقری[5] - فرزانه نجفی[6]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه‌های نخود، دو ژنوتیپ متحمل به خشکی شامل MCC۳۹۲ وMCC۸۷۷ و دو ژنوتیپ حساس به خشکی شامل MCC۶۸ وMCC۴۴۸ مورد بررسی قرار گرفتند. در آزمایش اول بذرها در سه سطح تنش خشکی شامل پتانسیل های آب ۰/۴- ، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال به همراه شاهد، در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد در اتاقک کشت با چهار تکرار کشت شدند. نتایج نشان داد که سرعت و درصد جوانه زنی، طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه ژنوتیپ ها با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معنی داری یافت. در همه سطوح تنش خشکی، در ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و افزایش طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و در ژنوتیپ MCC۸۷۷ پایین ترین درصد و سرعت جوانه زنی مشاهده شد. در ژنوتیپ MCC۸۷۷ طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بیشتر از ژنوتیپ MCC۴۴۸ کاهش یافت. در آزمایش دوم، صفات مورفولوژیکی گیاهچه ها در دو شرایط بدون تنش (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مورد بررسی قرار گرفتند. کاهش طول ساقه، ریشه و وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC۸۷۷ و MCC۴۴۸ بیشتر از ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ بود. بر اساس این نتایج، برغم اینکه ژنوتیپ MCC ۶۸ بر اساس عملکرد به‌عنوان یک ژنوتیپ حساس به خشکی معرفی شده است، به نظر می‌رسد این ژنوتیپ در مراحل اولیه رشد رویشی از تحمل به خشکی نسبتا مناسبی برخوردار است. ژنوتیپ MCC۳۹۲ نیز نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر، در مرحله جوانه زنی و گیاهچه ای، از تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: سرعت جوانه زنی، درصد جوانه زنی، پتانسیل آب، مرحله گیاهچه ای

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.)، یکی از حبوبات سردسیری است که در طیف وسیعی از شرایط محیطی از مناطق مدیترانه ای غرب آسیا تا نواحی نیمه گرمسیری شمال استرالیا کشت می شود (۱۹). در ایران کشت آن در مناطق نیمه سردسیر به صورت پاییزه و در مناطق مرتفع سردسیر به صورت بهاره و عمدتاً به صورت دیم (۹۲ درصد) و با استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک انجام می شود (۱). در این مناطق رطوبت و درجه حرارت مهمترین عوامل موثر در جوانه‌زنی و رشد گیاه می باشند. بر اساس 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 می‌باشد (۲). پایین بودن میزان عملکرد نخود در ایران، عمدتاً به دلیل کاشت آن در زمین‌های کم بازده و نامناسب، استفاده از ارقام نامناسب و حساسیت این ارقام به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی است (۲). در همین راستا تنش خشکی و کمبود آب یکی از مشکلات عمده تولید محصولات کشاورزی در جهان و نیز کشور ایران می‌باشد.
مرحله جوانه زنی یک مرحله مهم در حیات گیاه است و می‌تواند

۱- استادیار، گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ra_rahbarian@yahoo.com)
۲و۶- استاد و استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران
۳- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۴- استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۵- استاد، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاثیر بسزایی در میزان تولید و عملکرد گیاهان داشته باشد. عملکرد گیاه به نوع بذر، شرایط محیطی و رشد بذر وابسته است (۲). گزارش‌هایی مبنی بر تاثیر معنی دار افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد در افزایش عملکرد دانه در گیاه نخود وجود دارد (۱۰)، همچنین گزارش شده است که مراحل اولیه رشد از جمله مراحل جوانه زنی و رشد گیاهچه نسبت به شرایط محیطی حساستر از سایر مراحل رشد (گلدهی وغلاف دهی) هستند (۲). در مراحل جوانه زنی و رشد گیاهچه ای، تنش خشکی تاثیر معنی داری بر صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله طول ساقه و ریشه، وزن خشک ساقه و ریشه و همچنین سرعت سبز شدن گیاهچه ها دارد (۲).

نتایج برخی بررسی ها نشان داده است که چنانچه جوانه زنی بذر در شرایط مناسبی انجام شود، رشد گیاه بهتر شده و پوشش گیاهی مطلوب برای انجام فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی در گیاه، سریع تر انجام می شود (۱۱)، بدیهی است در این شرایط، طول فصل رشد افزایش یافته و انتظار می رود عملکرد به میزان قابل توجهی افزایش یابد (۱۷). سرعت و درصد جوانه زنی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی محسوب می‌شوند، به طوری که ارقام دارای سرعت و درصد جوانه زنی بالاتر در شرایط تنش، از شانس بیشتری برای رشد برخوردار هستند (۱۲). رشد سریع تر یک ژنوتیپ به معنای استقرار سریع تر پوشش گیاهی برای تولید مواد فتوسنتزی و عملکردهای بالاتر خواهد بود. در یک بررسی، ژنوتیپ هایی که در شرایط تنش خشکی قابلیت جوانه‌زنی بالاتری داشتند، در مرحله گیاهچه ای از بنیه و سیستم ریشه ای قوی تری نیز برخوردار بودند (۷). حداقل رطوبت مورد نیاز برای شروع جوانه‌زنی در گونه های مختلف گیاهی و حتی ژنوتیپ های یک گونه نیز متفاوت است (۱۳). با توجه به اینکه پاسخ گیاه به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد متفاوت است (۸)، بررسی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی از نظرسرعت و درصد جوانه زنی و همچنین رشد گیاهچه ای در شرایط کنترل شده می‌تواند جهت شناسایی مکانیسم پاسخ گیاهان به تنش خشکی در این مراحل رشد موثر باشد.

متاسفانه اطلاعات در مورد واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ای ژنوتیپ ها و ارقام نخود به تنش خشکی محدود است، بنابراین بررسی حاضر با اهداف: ۱- بررسی واکنش جوانه‌زنی ژنوتیپ های مقاوم و حساس به خشکی نخود در سطوح مختلف تنش خشکی؛ ۲- تعیین سطح تنش خشکی قابل تحمل برای جوانه زنی ارقام مقاوم و حساس به خشکی و ۳- بررسی بر همکنش تنش خشکی و ژنوتیپ بر رفتار جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ای ژنوتیپ‌های نخود انجام شد.

مواد و روش ها

آزمایش اول: مرحله جوانه زنی

به منظور بررسی جوانه زنی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، بذرهای چهار ژنوتیپ نخود شامل دو ژنوتیپ متحمل به خشکی MCC۳۹۲ و MCC۸۷۷ (به ترتیب کابلی و دسی) و دو ژنوتیپ حساس به خشکی MCC۶۸ و MCC۴۴۸ (به ترتیب کابلی و دسی) در ۳ سطح تنش خشکی شامل پتانسیل های آب ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال به همراه شاهد (صفر) در درجه حرارت ۱ ±۲۵ درجه سانتی گراد، در اتاقک کشت آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های گیاهی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد کشت شدند. ژنوتیپ MCC۸۷۷ یک ژنوتیپ مقاوم بین المللی است، ژنوتیپ‌های دیگر براساس تحقیقات انجام شده توسط گنجعلی و همکاران (۳)، براساس عملکرد، به عنوان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی معرفی شده اند و از کلکسیون بذر دانشکده کشاورزی مشهد تهیه شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد.

پتانسیل های آب با استفاده از پلی اتیلن گلایکول (PEG[1]) ۶۰۰۰ مطابق روش میچل و کافمن (۱۴) ایجاد شدند و برای پتانسیل صفر بار (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. به منظور پرهیز از آلودگی های قارچی بذرها با استفاده از قارچ کش بنومیل ضدعفونی و سپس با آب مقطر آب کشی شدند. تعداد ۱۰ عدد بذر ضدعفونی شده در داخل هر پتری دیش که محتوی کاغذ صافی بود، قرار گرفتند. به هر ظرف، ۵ میلی لیتر محلول پلی اتیلن گلایکول با پتانسیل مربوط اضافه گردید به طوری که بذرها در تماس مستقیم با محلول بودند. بذرها پس از قرارگیری در ظروف مربوطه، در اتاق کشت رشد نمودند. بذرها بطور روزانه بازبینی و تعداد بذرهای جوانه زده (با حداقل طول ریشه چه ۲ الی ۳ میلی متر) ثبت شدند.

درصد جوانه‌زنی از تقسیم تعداد بذر های جوانه زده در هر بار شمارش بر تعداد کل بذر ها، ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد (معادله۱). زمان طی شده تا اینکه درصد تجمعی جوانه‌زنی برای هر ژنوتیپ در هر تیمار به ۵۰ درصد رسید (D_{50}) ثبت شد. سپس سرعت جوانه‌زنی از معادله (۲) براساس روش سلطانی و همکاران(۱۹) محاسبه شد.

$$GP\%=\Sigma\, ni/N \,.\, 100 \qquad \text{معادله (۱)}$$

$$R= 1/D_{50} \qquad \text{معادله (۲)}$$

در معادله های فوق GP: درصد جوانه‌زنی، ni: تعداد بذرهای جوانه زده در هر بار شمارش، N: تعداد کل بذر ها، R: سرعت جوانه‌زنی (day^{-1}) و D_{50} زمان طی شده تا رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی برای هر ژنوتیپ در هر تیمار است.

میزان آندوسپرم مصرفی بذرها از طریق اختلاف وزن خشک آنها قبل و بعد از جوانه زنی محاسبه شد. سایر صفات مانند طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه پس از اتمام دوره جوانه زنی اندازه گیری شدند.

1 - poly ethylen glycol

آزمایش دوم: مرحله گیاهچه ای

آزمایش دوم با هدف بررسی تاثیر تنش خشکی بر صفات مربوط به سبز شدن و خصوصیات مورفولوژیکی گیاهچه‌های نخود معرفی شده در آزمایش قبلی انجام شد. هر واحد آزمایشی در این آزمایش از یک گلدان به حجم ۲/۵ لیتر تشکیل شد که از ماسه و خاک مزرعه به نسبت ۳:۲ پر گردید. درصد رطوبت خاک از طریق اندازه گیری درصد وزنی روزانه رطوبت خاک و اضافه نمودن آب مصرفی توسط هر گلدان، تنظیم شد. در هر گلدان سه بذر کشت شد. به این ترتیب، چهار ژنوتیپ نخود در شرایط تنش خشکی (۲۵٪ ظرفیت زراعی) و بدون تنش (ظرفیت زراعی) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. با توجه به اینکه درصد رطوبت وزنی خاک دراغلب مناطقی که نخود به صورت دیم کشت می‌شود (استان خراسان)، تقریبا معادل درصد رطوبت وزنی خاک در زمانی است که ظرفیت گلدانی ۲۵ درصد است، بنابراین این سطح تنش برای بررسی انتخاب شد.

گلدان ها در اتاقک رشد با درجه حرارت روز و شب به ترتیب ۲۱ و ۸ درجه سانتی گراد و فتوپریود ۱۲/۵ ساعت روشنایی و ۱۱/۵ ساعت تاریکی و شدت نور ۲۰۰ $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ (مطابق درجه حرارت و طول روز در اوایل فصل رشد در مناطق تولید نخود) قرار گرفتند. در این آزمایش سرعت سبز شدن (محاسبه از طریق معادله ۱)، طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه اندازه گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از اندازه گیری ها بوسیله نرم افزارJMP مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. در این آزمایش، داده‌هایی که به صورت درصد بودند، ابتدا به صورت زاویه ای تبدیل شدند و سپس تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین ها بوسیله نرم افزارMSTAT-C و با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول : مرحله جوانه زنی

سرعت جوانه زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر سرعت جوانه زنی ژنوتیپ‌های نخود دارند (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که با افزایش خشکی، سرعت جوانه زنی به طور معنی داری ($p\leq ۰/۰۱$) کاهش می‌یابد. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ تفاوت معنی داری از نظر سرعت جوانه زنی نداشتند، ولی تفاوت بین سایر ژنوتیپ ها معنی دار بود ($p\leq ۰/۰۵$). تنش خشکی به میزان ۰/۴- مگاپاسکال، سرعت جوانه زنی ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ را نسبت به شاهد (بدون تنش) به میزان ۵۰٪ کاهش داد. سرعت جوانه زنی در ژنوتیپ مقاوم به خشکی MCC۸۷۷ در ۰/۴- مگاپاسکال کاهش چندانی نداشت، ولی سرعت جوانه زنی در ژنوتیپ MCC۴۴۸ حدوداً ۳۰ درصد نسبت به سرعت جوانه زنی در شرایط بدون تنش کاهش یافت. درسطح تنش ۰/۸- مگاپاسکال و بالاتر از آن سرعت جوانه زنی به شدت کاهش یافت، در ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ سرعت جوانه‌زنی تقریبا به ۲۵ درصد سرعت جوانه زنی در تیمار شاهد رسید و سرعت جوانه زنی در ژنوتیپ‌های MCC۸۷۷ و MCC۴۴۸ متوقف شد.

مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های نخود نشان داد که ژنوتیپ‌هایMCC۳۹۲ و MCC۶۸ در هردو شرایط تنش و بدون تنش خشکی از بالاترین سرعت جوانه‌زنی و ژنوتیپ MCC۸۷۷ از پایین ترین سرعت جوانه زنی برخوردار بودند.

کاهش جذب آب و متعاقب آن کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرایندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی، علت اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی است (۱۲). در سطوح بالای تنش خشکی، آسیب‌های احتمالی ناشی از تخریب ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش سرعت جوانه زنی باشد (۵). مونتیث (۱۵) بیان داشت جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه، فرآیندهای پیچیده‌ای هستند که وابسته به درجه حرارت، رطوبت و اثرات متقابل آنها هستند (۱۵). وقتی بذر در محیط مرطوب و درجه حرارت بالاتر از درجه حرارت پایه قرار می‌گیرد، فرآیند جوانه‌زنی شروع و با افزایش درجه حرارت تا محدوده مشخصی، سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. در صورتی که میزان رطوبت محیط کاهش یابد، از سرعت و درصد جوانه زنی کاسته خواهد شد و با افزایش شدت تنش خشکی، سرعت و درصد جوانه زنی به شدت کاهش می‌یابد (۱۴). کاهش ورود آب به بذر در اثر افزایش تنش خشکی باعث کاهش هدایت هیدرولیکی گردیده و در نتیجه فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک جوانه زنی تحت تاثیر قرار گرفته و میزان و یا سرعت انجام آنها کاهش می‌یابد. اگر جذب آب توسط بذر مختل و یا به کندی صورت گیرد، سرعت انجام فرایندهای متابولیکی در داخل بذر کاهش یافته و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه و متعاقبا سرعت جوانه زنی کاهش می‌یابد (۲).

درصد نهایی جوانه زنی

تنش خشکی درصد نهایی جوانه زنی ژنوتیپ‌های نخود را به طور

معنی داری کاهش داد (p≤۰/۰۱) (جدول ۴). در همه ژنوتیپ ها بیشترین درصد جوانه زنی در شرایط بدون تنش و کمترین درصد جوانه زنی در شرایط تنش خشکی معادل ۱/۲- مگاپاسکال مشاهده شد. در همه سطوح تنش، ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۸۷۷ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی بودند. در شرایط بدون تنش، تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۳۹۲ مشاهده نشد، ولی سایر ژنوتیپ ها تفاوت معنی داری(p≤۰/۰۵) با یکدیگر نشان دادند. در سطح تنش ۰/۴- مگاپاسکال، ژنوتیپ MCC۸۷۷ تفاوت معنی داری از نظر درصد جوانه زنی با ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۳۹۲ داشت (P<۰/۰۵). در سطح تنش ۰/۸- مگاپاسکال در ژنوتیپ‌های MCC۴۴۸، MCC۳۹۲، MCC۶۸ و MCC۸۷۷ جوانه زنی به ترتیب ۶۹/۳ ، ۵۶ ، ۴۷/۷ و ۳۶/۷ درصد کاهش نشان داد (جدول ۱). در این بررسی، اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ نیز با احتما خطای ۱ درصد معنی دار بود (جدول۴). آلد و همکاران (۱۹۸۸) در بررسی جوانه‌زنی ۱۰ لاین نخود درسطوح متفاوت تنش خشکی، نشان دادند که تنش‌های۰/۴ مگاپاسکال و بیش از آن، جذب آب را در نخود و ماش به شدت کاهش داد و فرآیند جوانه‌زنی را به تأخیر انداخت (۴). در بررسی انجام شده با افزایش شدت تنش خشکی از درصد جوانه زنی کاسته شد. ژنوتیپ MCC۶۸ بیشترین درصد جوانه زنی و ژنوتیپ MCC۴۴۸ کمترین درصد جوانه زنی را به خود اختصاص دادند. کاهش درصد و سرعت جوانه زنی در شرایط تنش خشکی در بررسی‌های انجام شده بر روی سایر گیاهان نظیر نخود فرنگی(*Pisum sativum* L.) و *Crupina vulgaris* L. گزارش شده است (۸ و۱۶).

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه ژنوتیپ‌های نخود دارند (p≤۰/۰۱) (جدول۴). بیشترین طول ساقه‌چه در شرایط کنترل مشاهده گردید (جدول۱). با افزایش میزان تنش از طول ساقه‌چه کاسته شد، به طوریکه بیشترین میزان کاهش طول ساقه‌چه در سطح تنش ۰/۴- مگاپاسکال نسبت به شرایط بدون تنش متعلق به ژنوتیپ MCC۴۴۸ (۹۵ درصد کاهش طول ساقه‌چه) بود (جدول ۱). در سطح تنش ۰/۴- مگاپاسکال طول ساقه‌چه در ژنوتیپ MCC۸۷۷ به طور معنی داری کمتر از نظرMCC۶۸ بود (p≤۰/۰۵). با افزایش شدت تنش خشکی، طول ساقه‌چه از ۴ سانتی متر در شرایط بدون تنش به صفر در تنش۱/۲- مگاپاسکال رسید (جدول۱).

در سطوح تنش ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال، طول ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۳۹۲ به طور معنی داری بیشتر از ژنوتیپ‌های MCC۸۷۷ و MCC۴۴۸ بود (جدول۱). با افزایش شدت تنش خشکی به سطح تنش ۰/۸- مگاپاسکال، بیشترین کاهش طول ریشه‌چه به ژنوتیپ MCC۴۴۸ اختصاص یافت بطوریکه طول ریشه‌چه در این ژنوتیپ در مقایسه با شرایط تنش ۰/۴- مگاپاسکال، ۸۸ درصد و در مقایسه با شرایط بدون تنش، به میزان۹۰ درصد کاهش یافت (جدول۱). تفاوت معنی دار طول ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف نخود در بررسی‌های انجام شده توسط بی بی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. نتایج حاصل از بررسی ایشان نشان داد که در شرایط تنش خشکی، طول ریشه در ژنوتیپ مقاوم به تنش خشکی افزایش و در ژنوتیپ حساس به تنش خشکی کاهش می‌یابد (۶). در بررسی حاضر، کاهش رشد بخش ساقه ای بسیار محسوس تر از بخش ریشه بود و در بخش ریشه با افزایش میزان تنش خشکی، کاهش کمتری نسبت به بخش ساقه مشاهده گردید. این مطلب موید نقش سیستم ریشه ای درجذب حداکثر رطوبت، تحمل تنش خشکی و ایجاد مقاومت نسبت به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های متحمل است (۵). کاهش رشد بخش ساقه‌چه و ریشه‌چه در اثر تنش خشکی، به دلیل کاهش جذب آب توسط بذر و متعاقباً کاهش انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد، به محور زیر لپه می‌باشد (۲).

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه ژنوتیپ‌های نخود دارند (p≤۰/۰۱) (جدول۴). با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش یافت، بطوری که بیشترین کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطح تنش ۰/۴- مگاپاسکال نسبت به شرایط بدون تنش به ژنوتیپ MCC۴۴۸ و کمترین میزان کاهش به ژنوتیپ MCC۶۸ اختصاص داشت (جدول۱). در سطح تنش ۰/۸- مگاپاسکال نیز بیشترین و کمترین میزان کاهش وزن خشک ریشه‌چه به ترتیب به ژنوتیپ‌های MCC۴۴۸ و MCC۶۸ اختصاص داشت (جدول ۱). در شرایط بدون تنش و سطح تنش ۰/۴- مگاپاسکال، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۳۹۲ به طور معنی داری بیشتر از ژنوتیپ‌های MCC۸۷۷ و MCC۴۴۸ بود (جدول۱).

کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه یکی از رخدادهای رایجی است که در اکثر گیاهان در شرایط تنش خشکی اتفاق می‌افتد، ولی شدت این کاهش وابسته به ژنوتیپ و میزان مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی است. در گیاهان مقاوم به تنش خشکی، کاهش کمتر رشد بخش ساقه ای و ریشه ای و حتی در مواردی افزایش رشد

بخش ریشه ای نیز مشاهده شده است (۱۴و۱۶). در بررسی بی بی و همکاران (۲۰۰۹) در شرایط تنش خشکی، یکی از دلایل کاهش رشد بخش ریشه ای در ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی، تاخیر در انتقال پروتئین از لپه عنوان شده است. متعاقبا انتقال سریع تر پروتئین، در ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی سبب رشد بهتر سیستم ریشه ای آنها می‌گردد (۶).

میزان آندوسپرم مصرفی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر میزان مصرف آندوسپرم دارند ($p\leq$۰/۰۱) (جدول۴). با افزایش تنش خشکی از صفر به ۱/۲- مگاپاسکال، میزان آندوسپرم مصرفی کاهش یافت (جدول۱) در سطوح تنش ۰ ،۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال ژنوتیپ MCC۳۹۲ بیشترین مقدار مصرف آندوسپرم و در سطح تنش ۰/۴- مگاپاسکال ژنوتیپ MCC۸۷۷ بیشترین مقدار مصرف آندوسپرم را به خود اختصاص دادند. در شرایط بدون تنش، تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ ها مشاهده نشد. به دلیل جوانه زنی بیشتر و رشد بیشتر ساقه‌چه و ریشه‌چه (رشد هتروتروفی بیشتر) در سطوح پایین تنش خشکی (۰ و ۰/۴- مگاپاسکال) مصرف آندوسپرم در این سطوح تنش بالاتر بود و با افزایش شدت تنش خشکی، به دلیل کاهش درصد جوانه زنی و کاهش رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه (رشد هتروتروفی ضعیف)، مصرف آندوسپرم کاهش یافت.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان دادند که در سطوح تنش (۰/۸- و۰/۴- مگاپاسکال) جوانه زنی رخ داد، اما میزان رشد بخش ساقه ای و ریشه ای گیاهچه ها به شدت کاهش یافت (جدول۱). احتمالاً کاهش رشد بخش ساقه ای و ریشه ای گیاهچه ها به این دلیل است که در این سطوح تنش، بذرها قادر به جذب آب و آغاز فرایند جوانه زنی هستند، ولی در ادامه روند جوانه زنی، رشد و تکثیر سلول‌های گیاهچه تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافته و یا متوقف می‌شود، بنابراین رشد بخش ساقه ای و ریشه ای گیاهچه ها به شدت تحت تاثیر سطوح بالای تنش خشکی قرار گرفته و کاهش می‌یابد (۲). در بررسی مرحله جوانه زنی به طور کلی می‌توان گفت در بین صفات اندازه گیری شده بیشترین تفاوت بین سطوح مختلف تنش خشکی در سرعت و درصد جوانه زنی مشاهده شد. به دلیل کاهش شدید رشد بخش ساقه و ریشه در تنش خشکی معادل ۱/۲- مگاپاسکال، این مقدار تنش خشکی، سطح مناسبی جهت تعیین ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی محسوب نمی‌شود. در پتانسیل‌های ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ ها از نظر میزان مقاومت نسبت به تنش خشکی وجود داشت، بنابراین بهترین محدوده برای تعیین میزان تحمل ژنوتیپ‌های نخود به تنش خشکی پتانسیل‌های۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال بودند. در بررسی مرحله جوانه زنی دو ژنوتیپ MCC۶۸ وMCC۳۹۲ درصد و سرعت بالاتری از جوانه زنی و همچنین کاهش کمتری در وزن خشک و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را در سطوح مختلف تنش خشکی نشان دادند و با افزایش میزان تنش خشکی، از آستانه تحمل بالاتری برخوردار بودند. برتری ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۳۹۲ ممکن است به دلیل آسیب پذیری کمتر این ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی باشد. این نتایج مبین واکنش دوگانه ژنوتیپ MCC۶۸ می‌باشد. برغم مقاومت این ژنوتیپ در سطوح بالای تنش خشکی در مراحل جوانه زنی، گزارش‌هایی مبنی بر حساس بودن آن به تنش خشکی در مراحل بعدی رشد وجود دارد (۳).

در مجموع، بر اساس نتایج حاصله، به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۳۹۲ در مرحله جوانه زنی از تحمل بیشتری نسبت به سطوح بالای تنش خشکی برخوردار هستند و نسبت به دو ژنوتیپ دیگر، در سطوح بالای تنش خشکی قادر به جوانه زنی می‌باشند.

آزمایش دوم : مرحله گیاهچه ای

سرعت سبز شدن

بیشترین و کمترین سرعت سبز شدن در شرایط تنش خشکی و بدون تنش به ترتیب به ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ وMCC۸۷۷ اختصاص یافت (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) تأثیر معنی‌داری بر سرعت سبز شدن گیاهچه‌های نخود ندارد (جدول۶). در شرایط تنش خشکی و بدون تنش، ژنوتیپ MCC۳۹۲ تفاوت معنی داری با ژنوتیپ‌هایMCC۸۷۷ و MCC ۶۸ نشان داد، ولی تفاوت بین سایر ژنوتیپ ها معنی دار نبود (جدول۵). عدم وجود اختلاف معنی دار در سرعت سبز شدن گیاهچه ها در شرایط تنش خشکی و بدون تنش، شاید به دلیل کافی بودن رطوبت موجود در خاک برای جوانه زنی و سبز شدن بذر ها باشد. در این صورت بذرها از رطوبت موجود در خاک استفاده کرده و جوانه می‌زنند و رشد گیاهچه ای خود را شروع می‌کنند ولی در ادامه با کاهش میزان رطوبت خاک و در واقع تنش خشکی مواجه می‌شوند، بنابراین سایر صفات مورفولوژیکی آنها از قبیل طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و کاهش می‌یابد (۶). بنابراین سرعت سبز شدن در تنش خشکی معادل ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، نمی‌تواند به عنوان معیار مناسبی جهت گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم مورد استفاده قرار گیرد.

طول ساقه و ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی داری در طول ساقه و ریشه می‌شود

(جدول۶). بیشترین میزان کاهش طول ساقه و ریشه در شرایط تـنش خشکی متعلق به ژنوتیپMCC۸۷۷ بود (جدول۵). ژنوتیپ MCC ۶۸ در شرایط تنش خشکی و بدون تنش بیشترین طول سـاقه و ریشـه را به خود اختصاص داد (جدول ۵). اثرات ژنوتیپ، تنش و اثرات متقابـل این دو بر نسبت طول ریشه به ساقه در هیچکدام از موارد معنـی دار نبود (جدول۶).

جدول۱- مقایسه میانگین سرعت جوانه زنی، درصد نهایی جوانه زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و میزان آندوسپرم مصرفی ژنوتیپ‌های نخود درمرحله جوانه زنی در سطوح مختلف تنش خشکی

وضعیت ژنوتیپ	ژنوتیپ	تیمار خشکی (مگاپاسکال)	سرعت جوانه زنی (درصد در روز)	درصد نهایی جوانه زنی	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	میزان آندوسپرم مصرفی (میلی‌گرم)
متحمل (کابلی)	۳۹۲MCC	0	۱۰۰/۰a*	۹۹a	۳/۰۸b	۵/۳b	۱۲۰/۰a	۱۲۶/۰a	۱۰۰/۰a
حساس (کابلی)	۶۸MCC	″	۱۰۰/۰a	۹۸/۷ a	۳/۲b	۷/۶a	۱۲۰/۰a	۱۲۵/۰a	۶۰/۰bc
متحمل (دسی)	۸۷۷ MCC	″	۳۴/۷cd	۴۵/۲cd	۰/۵۸cd	۱/۹e	۲۰/۰e	۳۵/۰def	۷۰/۰b
حساس (دسی)	۴۴۸MCC	″	۴۳/۷c	۷۳/۵b	۴/۰a	۴/۲c	۹۳/۰b	۸۴/۰bc	۳۰/۰cdef
متحمل (کابلی)	۳۹۲MCC	-۰/۴	۵۰/۰b	۷۵/۲b	۰/۶cd	۴/۵bc	۴۰/۰d	۸۳/۰bc	۳۰/۰ef
حساس (کابلی)	۶۸MCC	″	۵۰/۰b	۸۲/۰b	۰/۸c	۴/۰bc	۶۰/۰c	۹۹/۰ab	۵۰/۰bcde
متحمل (دسی)	۸۷۷ MCC	″	۳۷/۰cd	۴۵/۰cd	۰/۱۷d	۱/۴e	۱۰/۰ef	۴۰/۰de	۵۱/۰bcd
حساس (دسی)	۴۴۸MCC	″	۳۱/۰b	۵۸/۷c	۰/۲cd	۳/۳d	۱۶/۰ef	۵۳/۰cd	۱۴/۰ef
متحمل (کابلی)	۳۹۲MCC	-۰/۸	۲۶/۵d	۴۳/۲d	۰/۰۲d	۱/۶e	۳/۰ef	۳۵/۰def	۴۰/۰bcde
حساس (کابلی)	۶۸MCC	″	۲۹/۰d	۵۱/۰cd	۰/۰۳d	۲/۳e	۰/۰	۵۵/۰cd	۲۰/۰ def
متحمل (دسی)	۸۷۷ MCC	″	۰/۰	۸/۵e	۰/۰	۰/۴f	۰/۰	۶/۰ef	۱۰/۰ef
حساس (دسی)	۴۴۸MCC	″	۰/۰	۴/۲e	۰/۰	۰/۴f	۰/۰	۳/۰ef	۶/۰ f
متحمل (کابلی)	۳۹۲MCC	-۱/۲	۳/۵e	۱۰/۵e	۰/۰	۰/۲f	۰/۰	۸/۰ef	۵/۰f
حساس (کابلی)	۶۸MCC	″	۰/۰	۱۸/۰e	۰/۰	۰/۰۵f	۰/۰	۰/۰	-
متحمل (دسی)	۸۷۷ MCC	″	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	–
حساس (دسی)	۴۴۸MCC	″	۰/۰	۰/۰		۰/۰	۰/۰	۰/۰	–

*میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند طبق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند (p≤۰/۰۵).

جدول ۲ - اثرات سطوح مختلف تنش خشکی بر صفات مورد بررسی در جوانه زنی ژنوتیپ‌های مختلف نخود

تنش خشکی (مگاپاسکال)	سرعت جوانه زنی(درصد در روز)	درصد نهایی جوانه زنی	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه‌چه(میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه‌چه(میلی‌گرم)	میزان آندوسپرم مصرفی(میلی‌گرم)
۰	۶۹/۶a*	۷۹/۱a	۲/۷a	۴/۷a	۸۰/۰a	۹۰/۰a	۶۷/۰ a
-۰/۴	۴۱/۰b	۶۵/۲b	۰/۴b	۳/۵a	۳۰/۰b	۶۰/۰b	۱/۰c
-۰/۸	۱۳/۸c	۲۶/۷c	۰/۰	۱/۲b	۰/۰	۲۰/۰c	۳۵/۰b
-۱/۲	۰/۸c	۷/۱d	۰/۰	۰/۰۶b	۰/۰	۲/۰d	۲۶/۰b

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند مطابق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند$p \leq (0/05)$

جدول۳ - تجزیه واریانس و سطوح معنی داری صفات مورد بررسی در رابطه با سطوح خشکی، ژنوتیپ ها و اثرات متقابل آنها در مرحله جوانه زنی در ژنوتیپ‌های نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	سرعت جوانه زنی (درصد در روز)	درصد نهایی جوانه زنی	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	میزان آندوسپرم (مصرفی میلی‌گرم)
ژنوتیپ	۳	۱۱۱۷۴۳/۱**	۱۳۵۲۴/۹**	۸۶**	۶۸/۵**	۰/۰۱۵**	۰/۰۲۶**	۳/۵۸**
تنش	۳	۴۴۶۷۵/۲**	۵۸۵۲۷/۲**	۸۳/۱**	۲۲۱/۵**	۰/۰۸۴**	۰/۰۸۱**	۰/۵۵**
ژنوتیپ×تنش	۹	۷۶۱۴/۷**	۴۷۴۵/۵**	۲۰/۲**	۳۸۶**	۰/۰۲۰**	۰/۰۱۲**	۰/۸۲**
خطا	۴۸	۱۸۸۷/۵	۳۲۱۸/۲	۶/۲	۵/۹	۰/۰۰۶	۰/۰۲۶	۸/۷۴

**،* و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵و عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می‌دهد.

جدول٤ - اثرات ژنوتیپ‌های مختلف نخود بر صفات مورد بررسی در مرحله جوانه زنی در سطوح مختلف تنش خشکی

ژنوتیپ	سرعت جوانه‌زنی (درصد در روز)	درصد نهایی جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	میزان آندوسپرم مصرفی(میلی‌گرم)
۳۹۲MCC	۴۵/۰ a*	۵۶/۹a	۰/۹a	۲/۹ab	۴۰/۰a	۶۰/۰a	۴۳/۰a
۶۸MCC	۴۴/۷ a	۶۲/۴ a	۱/۰a	۳/۷ a	۵۰/۰a	۷۰/۰a	۳۳/۰ab
۸۷۷MCC	۱۶/۹b	۲۴/۶b	۰/۲a	۰/۹ c	۱۰/۰c	۲۰/۰b	۳۵/۰ab
۴۴۸MCC	۱۸/۶b	۳۴/۱b	۱/۱a	۲/۰bc	۳۰/۰b	۴۰/۰ b	۱۷/۰b

* میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند ($p \leq ۰/۰۵$).

وزن خشک ساقه و ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه دارند ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول۶). بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی به ترتیب در ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۸۷۷ مشاهده شد. تنش خشکی کاهش معنی داری در وزن خشک ساقه در ژنوتیپMCC۸۷۷ ایجاد نمود ($p \leq ۰/۰۵$). کاهش وزن خشک ساقه در ژنوتیپ MCC۸۷۷ بسیار محسوس تر از سایر ژنوتیپ ها بود.

وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ افزایش و در ژنوتیپ‌های MCC۴۴۸ ، MCC۸۷۷ کاهش یافت (جدول۵). اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بر وزن خشک ریشه معنی دار بود (جدول۶). نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ ، MCC۶۸ افزایش یافت ولی در ژنوتیپ‌های MCC۸۷۷ و MCC۴۴۸ تغییر چندانی نداشت (جدول۵).

سیستم ریشه ای از نظر نزدیکی به آب، به عنوان اولین حس گر تنش خشکی محسوب می‌شود، بنابراین در ایجاد تحمل به خشکی نقش مهمی دارد (۹). افزایش رشد سیستم ریشه ای در شرایط تنش خشکی در برخی از ژنوتیپ ها مکانیسمی جهت افزایش تحمل این ژنوتیپ ها در برابر تنش خشکی محسوب می‌گردد (۶). کاهش طول ساقه و ریشه در شرایط تنش خشکی در سایر گیاهان از جمله

نخودفرنگی و گندم گزارش شده است (۹و ۶). در تحقیق حاضر مطابق با گزارش سایر محققان، در شرایط تنش خشکی، کاهش رشد بخش ساقه ای بویژه در ژنوتیپ‌های متحمل، محسوس تر از بخش ریشه ای بود چرا که یکی از پاسخ‌های گیاه به تنش خشکی افزایش رشد بخش ریشه ای جهت جذب بیشتر آب و مقابله با تنش خشکی است (۵).

همچنین در این آزمایش، کاهش کمتر طول ریشه و افزایش وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ مشاهده شد. بیشترین میزان نسبت طول ریشه به ساقه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در شرایط بدون تنش در ژنوتیپ MCC۸۷۷ و در شرایط تنش در ژنوتیپ MCC۶۸ مشاهده شد. افزایش نسبت طول و وزن خشک ریشه به ساقه در ژنوتیپ‌های MCC۶۸ و MCC۳۹۲ در شرایط تنش خشکی می‌تواند دلیلی بر تحمل بیشتر این ژنوتیپ ها در برابر تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای باشد.

در این آزمایش نتایج حاصل از مرحله گیاهچه ای با نتایج حاصل از مرحله جوانه زنی مطابقت داشت و ژنوتیپ MCC۶۸ در هر دو مرحله جوانه زنی و گیاهچه ای دارای بیشترین میزان رشد در شرایط بدون تنش و کمترین کاهش رشد در شرایط تنش خشکی و ژنوتیپ MCC۸۷۷ دارای کمترین میزان رشد در شرایط بدون تنش و بیشترین کاهش رشد در شرایط تنش خشکی بودند.

با توجه به اینکه تیپ‌های دسی و کابلی برای بررسی انتخاب شدند، در مقایسه دو تیپ دسی و کابلی، به نظر می‌رسد که بذرهای تیپ کابلی در شرایط بدون تنش از درصد و سرعت جوانه زنی و رشد بیشتری برخوردار هستند و با کاهش میزان رطوبت و ایجاد تنش خشکی، کاهش کمتری در رشد بخش ساقه ای و ریشه ای آنها اتفاق می‌افتد.

جدول۵- مقایسه میانگین سرعت سبزشدن، طول ساقه و ریشه ، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه ژنوتیپ‌های نخود در مرحله گیاهچه ای درشرایط تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش (شاهد).

تنش	ژنوتیپ	سرعت سبز شدن (درصد در روز)	طول ساقه (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول ریشه / ساقه	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه /ساقه
شاهد	۳۹۲ MCC	۲۹/۰a*	۱۱/۸abc	۸/۰ab	۰/۷ab	۶۸/۰a	۱۷/۰bc	۰/۲a
″	۶۸MCC	۱۵/۰b	۱۳/۱ab	۹/۰a	۰/۷ab	۷۰/۰a	۲۰/۰bc	۰/۳a
″	۸۷۷ MCC	۱۲/۰b	۹/۸c	۸/۰ab	۰/۸a	۴۹/۰a	۱۶/۰c	۰/۳a
″	۴۴۸MCC	۲۱/۰ab	۱۳/۳a	۷/۳abc	۰/۵ab	۵۰/۰a	۱۲/۰c	۰/۲a
تنش خشکی	۳۹۲ MCC	۲۵/۰a	۹/۰bc	۵/۲abc	۰/۶ab	۶۳/۰a	۲۳/۰ab	۰/۳a
″	۶۸MCC	۱۵/۰b	۱۰/۳abc	۷/۶abc	۰/۷a	۶۱/۰a	۲۷/۰a	۰/۴a
″	۸۷۷ MCC	۱۴/۰b	۲/۷d	۱/۷c	۰/۶a	۱۲/۰b	۳/۰d	۰/۳a
″	۴۴۸MCC	۲۱/۰ab	۱۰/۶abc	۳/۸bc	۰/۴b	۴۲/۰a	۱۰/۰cd	۰/۲a

* میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند طبق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند($p\leq$۰/۰۵).

جدول٦ - تجزیه واریانس و سطوح معنی داری صفات مورد بررسی در رابطه تنش خشکی، ژنوتیپ ها و اثرات متقابل آنها در مرحله گیاهچه ای در ژنوتیپ‌های نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	سرعت سبز شدن(درصد در روز)	طول ساقه (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه (میلی‌گرم)	وزن خشک ریشه (میلی‌گرم)
ژنوتیپ	۳	۰/۲۹**	۱۰۴/۴**	۴۹/۸۹ ns	۴۰۸/۰**	۰/۰۰۱۴**
تنش	۱	۰/۰۰۵ ns	۵۰/۰**	۵۶/۴۴**	۵۲۲/۰**	۰/۰۰۰۰۷ ns
ژنوتیپ×تنش	۳	۰/۰۱۳ ns	۱۸/۵ ns	۱۶/۷۱ ns	۱۰۰/۰۲**	۰/۰۰۰۸**
خطا	۲۴	۰/۲۸	۷۲/۸	۱۶۱.۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱

** و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می‌دهد.

به رغم وجود گزارش‌هایی مبنی بر حساس بودن ژنوتیپ MCC۶۸ به تنش خشکی (۳)، نتایج دو آزمایش انجام شده نشان داد که ژنوتیپ MCC۶۸ از نظر صفات مورد بررسی در مراحل جوانه زنی و گیاهچه‌ای رفتاری مشابه با ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را از خود نشان می‌دهد و بر خلاف گزارش مذکور (۳) این ژنوتیپ حساسیت چندانی به تنش خشکی نشان نمی‌دهد، لذا به نظر می‌رسد واکنش این ژنوتیپ در مراحل مختلف رشد به تنش خشکی متفاوت باشد و احتمالا در مراحل بعدی رشد که شامل تولید دانه و عملکرد گیاه است حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی از خود نشان دهد.

ژنوتیپ MCC۸۷۷ که در گزارش‌های قبلی، از نظر تولید دانه و عملکرد، به عنوان یک ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی معرفی شده است (۳) در مرحله جوانه زنی و گیاهچه ای رشد مطلوبی نداشت، احتمالا این ژنوتیپ در مراحل بعدی رشد از جمله مرحله گلدهی و غلاف دهی پاسخ دفاعی نسبت به تنش خشکی را از خود بروز می‌دهد. جهت تعیین دقیق این مطلب بررسی مراحل بعدی رشد از جمله مراحل رشد سریع، گلدهی و غلاف دهی ضرورت می‌یابد.

براساس نتایج حاصل از این بررسی، ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ به دلیل بالاتربودن درصد و سرعت جوانه زنی و رشد بیشترساقه‌چه و ریشه‌چه آنها در تنش خشکی نسبت به دو ژنوتیپ MCC۸۷۷ و MCC۴۴۸ از تحمل بیشتری برخوردار هستند. این دو ژنوتیپ هر دو از نوع تیپ کابلی هستند، بنابراین بالاتر بودن سرعت و درصد جوانه زنی و همچنین رشد بهترگیاهچه‌های این ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی نسبت به ژنوتیپ‌های تیپ دسی احتمالا به دلیل بالاتر بودن میزان ذخیره غذایی و همچنین شکل دانه (کابلی) در بذر این ژنوتیپ ها است. معصومی و همکاران نیز بالاتر بودن میزان ذخیره عذایی در بذر ژنوتیپ‌های نخود را عاملی مهم در میزان جوانه زنی ژنوتیپ‌های نخود دانسته اند (۲).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این بررسی، ژنوتیپ‌های MCC۶۸ وMCC۳۹۲ در هر دو مرحله به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی پیشنهاد می‌شوند. البته با توجه به وجود گزارش‌هایی مبنی بر یکسان نبودن پاسخ گیاه در مراحل مختلف رشد به تنش خشکی (۱۸)، بررسی سایر مراحل رشد از جمله مراحل رشد سریع، گلدهی و غلاف دهی این ژنوتیپ ها جهت تعیین دقیق میزان تحمل خشکی این ژنوتیپ ها و شناسایی بهتر مکانیسم تحمل، ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

۱- باقری، ع.، ا. نظامی، ع. گنجعلی، و م. پارسا. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح نخود. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، . صفحه ۴۰-۲۰.

۲- معصومی، ع.، م. کافی، و ح.ر. خزاعی، ۱۳۸۷. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه زنی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)، مجله پژوهش‌های زراعی ایران . ۴۵۳-۴۶۲ : ۶(۲)۱

۳- گنجعلی، ع.، ع. باقری، و م. پرسا. ۱۳۸۷. گزارش نهایی طرح پژوهشی ارزیابی ژرم پلاسم نخود برای تحمل به خشکی، پژوهشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد.

4- Auld D.L., B.L., Bettis, J.E., Crock and K.D. Kephart .1988. Planting date and temperature effects on germination, emergence, and seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agronomy, 80: 909-914.

5- Bradford K.J., J. Kigel and G. Galili. 1995. Water Relations in Seed Germination, Seed Development and Germination. Mar-cel Dekker, p: 351-396.

6- Bibi N., A., Hamed and H. Ali. 2009. Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of chickpea genotypes. Pakistan Journal of Botany, 41:731-736.

7- Gamze O.K.U., K.A.Y.A., Mehmet Demir and A.T.A.K. Mehmet. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29: 237-242.

8- Gan Y.T., Miller P.R., Stevenson F.C., and McDonald, C.L. 2002. Seedling emergence, pod development and seed yields of chickpea and dry pea in a semi arid environment. Canadian Journal of Plant Science, 82: 531-553.

9- Gupta V.S. 1998. Production and Improvement of Crops for Dry land. Oxford and IBH Publishing, CO. PVT. LTD.

10- Khalid M.N, H.F., Iqbal A., Tahir and A.N. Ahmad. 2001. Germination potential of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) under saline condition. Pakistan Journal of Biological Science, 4: 395-396.

11- Maiti R., and P. Wesche- Ebeling. 2001. Advance in chickpea science. Science Publishers.

12- Malik C. P., Gupta K., and Sharma, S. 1986. Effect of water stress on germination and seedling metabolism of gram (*Cicer arietinum* L.). Acta Agronemica Hungarica, 35: 11-16.

13- Mensah J.K., B.O., P.G., Obadoni Eruotor and F.Onome-Irieguna. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). Africcan Journal of Biotechnology, 5:1249-1253.
14- Michael B.E., and M. R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylenglycol-6000. Plant Physiology, 51: 914-916.
15- Montieth J.L. 1981. Climatic variations and the growth of crops. Quarterly Journal of the Royal Meteorolgical Society, 107: 749-774.
16- Roche C. T., D.C., Thill and B. Shafii. 1997. Estimation of base and optimum temperatures for seed germination in common crupina (*Crupina vulgaris* L.). Weed Science, 45: 529-533.
17- Silim S.N., Saxena M.C., and Sing K.B. 1993. Adaptation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. II. Factors influencing yield under drought. Field Crops Research, 34: 137-146.
18- Shilpi M., and Narendra A. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistery and Biophysics, 444: 139–158.
19- Soltani A., M.J., Robertson, B., Torabi, M.,Yousefi- Daz and R. Sarparast. 2006. Modeling seedling emergences in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Metrology, 138: 156-167.