



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

راهله رهباریان^{۱*} - رمضانعلی خاوری نژاد^۲ - علی گنجعلی^۳ - عبدالرضا باقری^۴ - فرزانه نجفی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه‌های نخود، دو ژنوتیپ متحمل به خشکی شامل MCC۳۹۲ و MCC۸۷۷ و دو ژنوتیپ حساس به خشکی شامل MCC۶۸ و MCC۴۴۸ مورد بررسی قرار گرفتند. در آزمایش اول بذرها در سه سطح تنش خشکی شامل پتانسیل‌های 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 جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه ژنوتیپ‌ها با افزایش شدت تنش خشکی کاهش معنی‌داری 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 پایین‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد. در ژنوتیپ MCC۸۷۷ طول و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بیشتر از ژنوتیپ MCC۴۴۸ کاهش یافت. در آزمایش دوم، صفات مورفولوژیکی گیاهچه‌ها 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 به عنوان یک ژنوتیپ حساس به خشکی معرفی شده است، به نظر می‌رسد این ژنوتیپ در مراحل اولیه رشد رویشی از تحمل به خشکی نسبتاً مناسبی برخوردار است. ژنوتیپ MCC۳۹۲ نیز نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر، در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای، از تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، پتانسیل آب، مرحله گیاهچه‌ای

مقدمه

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 می‌شود (۱). در این مناطق رطوبت و درجه حرارت مهمترین عوامل موثر در جوانه‌زنی و رشد گیاه می‌باشند. 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 کم‌بازده و نامناسب، استفاده از ارقام نامناسب و حساسیت این ارقام به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی است (۳). در همین راستا تنش خشکی و کمبود آب یکی از مشکلات عمده تولید محصولات کشاورزی در جهان و نیز کشور ایران می‌باشد. مرحله جوانه‌زنی یک مرحله مهم در حیات گیاه است و می‌تواند

نخود (*Cicer arietinum* L.)، یکی از حبوبات سردسیری است که در طیف وسیعی از شرایط محیطی از مناطق مدیترانه‌ای غرب آسیا تا نواحی نیمه گرمسیری شمال استرالیا کشت می‌شود (۱۹). در

۱- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران

(*) نویسنده مسئول: Email: ra_rahbarian@yahoo.com

۲و۶- استاد و استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران

۳- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۵- استاد، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تأثیر 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 تأثیر معنی دار افزایش سرعت جوانه زنی 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 و غلاف دهی) هستند (۲). در مراحل جوانه زنی و رشد گیاهچه ای، تنش خشکی تأثیر 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، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش خشکی قابلیت جوانه زنی بالاتری داشتند، در مرحله گیاهچه ای از بنیه و سیستم ریشه ای قوی تری نیز برخوردار بودند (۷). حداقل رطوبت مورد نیاز برای شروع جوانه زنی 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 نظر سرعت 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 جوانه زنی و رشد گیاهچه ای ژنوتیپ ها و ارقام نخود به تنش خشکی محدود است، بنابراین بررسی حاضر با اهداف: ۱- بررسی واکنش جوانه زنی 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 جوانه زنی 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 کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد.

پتانسیل های آب با استفاده از پلی اتیلن گلیکول (۱-۱-PEG) 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 بذر ها با استفاده از قارچ کش بنومیل ضد عفونی و سپس با آب مقطر آب کشی شدند. تعداد ۱۰ عدد بذر ضد عفونی شده در داخل هر پتری دیش که محتوی کاغذ صافی بود، قرار گرفتند. به هر ظرف، ۵ میلی لیتر محلول پلی اتیلن گلیکول با پتانسیل مربوط اضافه گردید به طوری که بذر ها در تماس مستقیم با محلول بودند. بذر ها پس از قرارگیری در ظروف مربوطه، در اتاق کشت رشد نمودند. بذر ها بطور روزانه بازمینی و تعداد بذر های جوانه زده (با حداقل طول ریشه چه ۲ الی ۳ میلی متر) ثبت شدند.

درصد جوانه زنی از تقسیم تعداد بذر های جوانه زده در هر بار شمارش بر تعداد کل بذر ها، ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد (معادله ۱). زمان طی شده تا اینکه درصد تجمعی جوانه زنی برای هر ژنوتیپ در هر تیمار به ۵۰ درصد رسید (D_{50}) ثبت شد. سپس سرعت جوانه زنی از معادله (۲) براساس روش سلطانی و همکاران (۱۹) محاسبه شد.

$$GP\% = \sum ni/N \cdot 100 \quad (1)$$

$$R = 1/D_{50} \quad (2)$$

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

میزان آندوسپرم مصرفی بذر ها از طریق اختلاف وزن خشک آنها قبل و بعد از جوانه زنی محاسبه شد. سایر صفات مانند طول ریشه چه، طول ساقه چه، وزن خشک ساقه چه و وزن خشک ریشه چه پس از اتمام دوره جوانه زنی اندازه گیری شدند.

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 کاملاً تصادفی با چهار تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. با توجه به اینکه درصد رطوبت وزنی خاک در اغلب مناطقی که نخود به صورت دیم کشت می‌شود (استان خراسان)، تقریباً معادل درصد رطوبت وزنی خاک در زمانی است که ظرفیت گلدانی ۲۵ درصد است، بنابراین این سطح تنش برای بررسی انتخاب شد.

گلدان‌ها 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 $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (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 گیری‌ها بوسیله نرم افزار JMP 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 داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بوسیله نرم افزار MSTAT-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 ($p \leq 0.01$) بر سرعت جوانه زنی ژنوتیپ‌های نخود دارند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که با افزایش خشکی، سرعت جوانه زنی به طور

معنی‌داری ($p \leq 0.01$) کاهش می‌یابد. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ تفاوت معنی‌داری از نظر سرعت جوانه زنی نداشتند، ولی تفاوت بین سایر ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). 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. در سطح تنش ۰/۸- مگاپاسکال و بالاتر از آن سرعت جوانه زنی به شدت کاهش یافت، در ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ سرعت جوانه‌زنی تقریباً 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 ژنوتیپ‌های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ در هردو شرایط تنش و بدون تنش خشکی از بالاترین سرعت جوانه‌زنی و ژنوتیپ MCC۸۷۷ از پایین‌ترین 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 (۲). 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). موتیت (۱۵) بیان داشت جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه، فرایندهای 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 تأثیر 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 متعاقباً 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 ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). در همه ژنوتیپ ها بیشترین درصد جوانه زنی در شرایط بدون تنش و کمترین درصد جوانه زنی در شرایط تنش خشکی معادل $1/2$ - مگاپاسکال مشاهده شد. در همه سطوح تنش، ژنوتیپ های $MCC68$ و $MCC87$ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی بودند. در شرایط بدون تنش، تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ های $MCC68$ و $MCC392$ مشاهده نشد، ولی سایر ژنوتیپ ها تفاوت معنی داری ($p \leq 0.05$) با یکدیگر نشان دادند. در سطح تنش 0.4 - مگاپاسکال، ژنوتیپ $MCC87$ تفاوت معنی داری از نظر درصد جوانه زنی با ژنوتیپ های $MCC68$ و $MCC392$ داشت ($P < 0.05$). در سطح تنش 0.8 - مگاپاسکال در ژنوتیپ های $MCC392$ ، $MCC68$ و $MCC87$ جوانه زنی به ترتیب $69/3$ ، 56 ، $47/7$ و $36/7$ درصد کاهش نشان داد (جدول ۱). در این بررسی، اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ نیز با احتما خطای ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴). آلد و همکاران (۱۹۸۸) در بررسی جوانه زنی ۱۰ لاین نخود در سطوح متفاوت تنش خشکی، نشان دادند که تنش های 0.4 مگاپاسکال و بیش از آن، جذب آب را در نخود و ماش به شدت کاهش داد و فرآیند جوانه زنی را به تأخیر انداخت (۴). در بررسی انجام شده با افزایش شدت تنش خشکی از درصد جوانه زنی کاسته شد. ژنوتیپ $MCC68$ بیشترین درصد جوانه زنی و ژنوتیپ $MCC448$ کمترین درصد جوانه زنی را به خود اختصاص دادند. کاهش درصد و سرعت جوانه زنی در شرایط تنش خشکی در بررسی های انجام شده بر روی سایر گیاهان نظیر نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و *Crupina vulgaris* L. گزارش شده است (۸ و ۱۶).

طول ساقه چه و ریشه چه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی داری بر طول ساقه چه و ریشه چه ژنوتیپ های نخود دارند ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). بیشترین طول ساقه چه در شرایط کنترل مشاهده گردید (جدول ۱). با افزایش میزان تنش از طول ساقه چه کاسته شد، به طوریکه بیشترین میزان کاهش طول ساقه چه در سطح تنش 0.4 - مگاپاسکال نسبت به شرایط بدون تنش متعلق به ژنوتیپ $MCC448$ (۹۵ درصد کاهش طول ساقه چه) بود (جدول ۱). در سطح تنش 0.4 - مگاپاسکال طول ساقه چه در ژنوتیپ $MCC87$ به طور معنی داری کمتر از نظر $MCC68$ بود ($p \leq 0.05$). با افزایش شدت تنش خشکی، طول ساقه چه از ۴ سانتی متر در شرایط بدون تنش به صفر در تنش $1/2$ - مگاپاسکال رسید (جدول ۱). در سطوح تنش 0.4 - و 0.8 - مگاپاسکال، طول ریشه چه در

ژنوتیپ های $MCC68$ و $MCC392$ به طور معنی داری بیشتر از ژنوتیپ های $MCC87$ و $MCC448$ بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی به سطح تنش 0.8 - مگاپاسکال، بیشترین کاهش طول ریشه چه به ژنوتیپ $MCC448$ اختصاص یافت بطوریکه طول ریشه چه در این ژنوتیپ در مقایسه با شرایط تنش 0.4 - مگاپاسکال، ۸۸ درصد و در مقایسه با شرایط بدون تنش، به میزان ۹۰ درصد کاهش یافت (جدول ۱). تفاوت معنی دار طول ریشه در ژنوتیپ های مختلف نخود در بررسی های 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 می یابد (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 در جذب حداکثر رطوبت، تحمل تنش خشکی و ایجاد مقاومت نسبت به تنش خشکی در ژنوتیپ های متحمل است (۵). کاهش رشد بخش ساقه چه و ریشه چه 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 می باشد (۲).

وزن خشک ساقه چه و ریشه چه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ تأثیر معنی داری بر وزن خشک ساقه چه و ریشه چه ژنوتیپ های نخود دارند ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ساقه چه و ریشه چه کاهش یافت، بطوری که بیشترین کاهش وزن خشک ساقه چه و ریشه چه در سطح تنش 0.4 - مگاپاسکال نسبت به شرایط بدون تنش به ژنوتیپ $MCC448$ و کمترین میزان کاهش به ژنوتیپ $MCC68$ اختصاص داشت (جدول ۱). در سطح تنش 0.8 - مگاپاسکال نیز بیشترین و کمترین میزان کاهش وزن خشک ریشه چه به ترتیب به ژنوتیپ های $MCC448$ و $MCC68$ اختصاص داشت (جدول ۱). در شرایط بدون تنش و سطح تنش 0.4 - مگاپاسکال، وزن خشک ساقه چه و ریشه چه در ژنوتیپ های $MCC68$ و $MCC392$ به طور معنی داری بیشتر از ژنوتیپ های $MCC87$ و $MCC448$ بود (جدول ۱).

کاهش وزن خشک ساقه چه و ریشه چه یکی از خدادهای رایجی است که در اکثر گیاهان در شرایط تنش خشکی اتفاق می افتد، 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 (۱۶ و ۱۴). 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. متعاقباً 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 ($p \leq 0.01$) (جدول ۴). با افزایش تنش خشکی از صفر به $1/2$ - مگاپاسکال، میزان آندوسپرم مصرفی کاهش یافت (جدول ۱) در سطوح تنش 0 و 0.8 - و $1/2$ - مگاپاسکال ژنوتیپ $MCC392$ بیشترین مقدار مصرف آندوسپرم و در سطح تنش 0.4 - مگاپاسکال ژنوتیپ $MCC877$ بیشترین مقدار مصرف آندوسپرم را به خود اختصاص دادند. در شرایط بدون تنش، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. به دلیل جوانه زنی بیشتر و رشد بیشتر ساقه‌چه و ریشه‌چه (رشد هتروتروفی بیشتر) در سطوح پایین تنش خشکی (0 و 0.4 - 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 میانگین‌ها نشان دادند که در سطوح تنش (0.8 - و 0.4 - مگاپاسکال) جوانه زنی رخ داد، اما میزان رشد بخش ساقه ای و ریشه ای گیاهچه‌ها به شدت کاهش یافت (جدول ۱). احتمالاً کاهش رشد بخش ساقه ای و ریشه ای گیاهچه‌ها 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 تأثیر تنش خشکی کاهش یافته و یا متوقف می‌شود، بنابراین رشد بخش ساقه ای و ریشه ای گیاهچه‌ها به شدت تحت تأثیر 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 $1/2$ - مگاپاسکال، این مقدار تنش خشکی، سطح مناسبی جهت تعیین ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به خشکی محسوب نمی‌شود. در پتانسیل‌های 0.4 - و 0.8 - مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان مقاومت نسبت به تنش خشکی وجود داشت، بنابراین بهترین محدوده برای تعیین میزان تحمل ژنوتیپ‌های نخود

به تنش خشکی پتانسیل‌های 0.4 - و 0.8 - مگاپاسکال بودند. در بررسی مرحله جوانه زنی دو ژنوتیپ $MCC68$ و $MCC392$ 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 $MCC68$ و $MCC392$ ممکن است به دلیل آسیب پذیری کمتر این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی باشد. این نتایج مبین واکنش دوگانه ژنوتیپ $MCC68$ 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 $MCC68$ و $MCC392$ 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 $MCC392$ و $MCC877$ 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 (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی و بدون تنش، ژنوتیپ $MCC392$ تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های $MCC877$ و $MCC68$ نشان داد، ولی تفاوت بین سایر ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۵). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سرعت سبز شدن گیاهچه‌ها 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 تأثیر 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 معنی‌داری در طول ساقه و ریشه می‌شود

(جدول ۶). بیشترین میزان کاهش طول ساقه و ریشه در شرایط تنش خشکی متعلق به ژنوتیپ MCC۸۷۷ بود (جدول ۵). ژنوتیپ MCC ۶۸ در شرایط تنش خشکی و بدون تنش بیشترین طول ساقه و ریشه را

به خود اختصاص داد (جدول ۵). اثرات ژنوتیپ، تنش و اثرات متقابل این دو بر نسبت طول ریشه به ساقه در هیچکدام از موارد معنی دار نبود (جدول ۶).

جدول ۱- مقایسه میانگین سرعت جوانه زنی، درصد نهایی جوانه زنی، طول ساقه چه و ریشه چه، وزن خشک ساقه چه و ریشه چه و میزان آندوسپرم مصرفی ژنوتیپ های نخود در مرحله جوانه زنی در سطوح مختلف تنش خشکی

وضعیت ژنوتیپ	ژنوتیپ	تیمار خشکی (مگاپاسکال)	سرعت جوانه زنی (درصد در روز)	درصد نهایی جوانه زنی	طول ساقه چه (سانتی متر)	طول ریشه چه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه چه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)	میزان آندوسپرم مصرفی (میلی گرم)
متحمل (کابلی)	MCC۳۹۲	0	۱۰۰/۰a*	۹۹a	۳/۰۸b	۵/۳b	۱۲۰/۰a	۱۲۶/۰a	۱۰۰/۰a
حساس (کابلی)	MCC۶۸	"	۱۰۰/۰a	۹۸/۷ a	۳/۲b	۷/۶a	۱۲۰/۰a	۱۲۵/۰a	۶۰/۰bc
متحمل (دسی)	MCC۸۷۷	"	۳۴/۷cd	۴۵/۲cd	۰/۵۸cd	۱/۹e	۲۰/۰e	۳۵/۰def	۷۰/۰b
حساس (دسی)	MCC۴۴۸	"	۴۳/۷c	۷۳/۵b	۴/۰a	۴/۲c	۹۳/۰b	۸۴/۰bc	۳۰/۰cdef
متحمل (کابلی)	MCC۳۹۲	-۰/۴	۵۰/۰b	۷۵/۲b	۰/۶cd	۴/۵bc	۴۰/۰d	۸۳/۰bc	۳۰/۰ef
حساس (کابلی)	MCC۶۸	"	۵۰/۰b	۸۲/۰b	۰/۸c	۴/۰bc	۶۰/۰c	۹۹/۰ab	۵۰/۰bcde
متحمل (دسی)	MCC۸۷۷	"	۳۷/۰cd	۴۵/۰cd	۰/۱۷d	۱/۴e	۱۰/۰ef	۴۰/۰de	۵۱/۰bcd
حساس (دسی)	MCC۴۴۸	"	۳۱/۰b	۵۸/۷c	۰/۲cd	۳/۳d	۱۶/۰ef	۵۳/۰cd	۱۴/۰ef
متحمل (کابلی)	MCC۳۹۲	-۰/۸	۲۶/۵d	۴۳/۲d	۰/۰۲d	۱/۶e	۳/۰ef	۳۵/۰def	۴۰/۰bcde
حساس (کابلی)	MCC۶۸	"	۲۹/۰d	۵۱/۰cd	۰/۰۳d	۲/۳e	۰/۰	۵۵/۰cd	۲۰/۰ def
متحمل (دسی)	MCC۸۷۷	"	۰/۰	۸/۵e	۰/۰	۰/۴f	۰/۰	۶/۰ef	۱۰/۰ef
حساس (دسی)	MCC۴۴۸	"	۰/۰	۴/۲e	۰/۰	۰/۴f	۰/۰	۳/۰ef	۶/۰ f
متحمل (کابلی)	MCC۳۹۲	-۱/۲	۳/۵e	۱۰/۵e	۰/۰	۰/۲f	۰/۰	۸/۰ef	۵/۰f
حساس (کابلی)	MCC۶۸	"	۰/۰	۱۸/۰e	۰/۰	۰/۰۵f	۰/۰	۰/۰	-
متحمل (دسی)	MCC۸۷۷	"	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	-
حساس (دسی)	MCC۴۴۸	"	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	-

*میانگین هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند طبق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند ($p \leq 0.05$).

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 (میلی گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم)	میزان آندوسپرم مصرفی (میلی گرم)
۰	۶۹/۶۸*	۷۹/۱۸	۲/۷۸	۴/۷۸	۸۰/۰۸	۹۰/۰۸	۶۷/۰۸
-۰/۴	۴۱/۰۸	۶۵/۲۸	۰/۴۸	۲/۵۸	۳۰/۰۸	۶۰/۰۸	۱/۰۸
-۰/۸	۱۳/۸۸	۲۶/۷۸	۰/۰	۱/۲۸	۰/۰	۲۰/۰۸	۳۵/۰۸
-۱/۲	۰/۸۸	۷/۱۸	۰/۰	۰/۰۶	۰/۰	۲/۰۸	۲۶/۰۸

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

جدول ۳ - تجزیه واریانس و سطوح معنی داری صفات مورد بررسی در رابطه با سطوح خشکی، ژنوتیپ‌ها 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 (میلی گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم)	میزان آندوسپرم مصرفی (میلی گرم)
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، ۰/۰۵ و عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می‌دهد.

جدول ۴ - اثرات ژنوتیپ‌های مختلف نخود بر صفات مورد بررسی در مرحله جوانه زنی در سطوح مختلف تنش خشکی

ژنوتیپ	سرعت جوانه زنی (درصد در روز)	درصد نهایی جوانه زنی	طول ساقه‌چه (سانتی متر)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم)	میزان آندوسپرم مصرفی (میلی گرم)
۳۹۲MCC	۴۵/۰۸*	۵۶/۹۸	۰/۹۸	۲/۹۸	۴۰/۰۸	۶۰/۰۸	۴۳/۰۸
۶۸MCC	۴۴/۷۸	۶۲/۴۸	۱/۰۸	۲/۷۸	۵۰/۰۸	۷۰/۰۸	۲۳/۰۸
۸۷۷MCC	۱۶/۹۸	۲۴/۶۸	۰/۲۸	۰/۹۸	۱۰/۰۸	۲۰/۰۸	۲۵/۰۸
۴۴۸MCC	۱۸/۶۸	۳۴/۱۸	۱/۱۸	۲/۰۸	۳۰/۰۸	۴۰/۰۸	۱۷/۰۸

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

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 ($p \leq 0/01$) (جدول ۶). بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۶۸MCC و ۸۷۷MCC مشاهده شد. تنش خشکی کاهش معنی داری در وزن خشک ساقه در ژنوتیپ ۸۷۷MCC ایجاد نمود ($p \leq 0/05$). کاهش وزن خشک ساقه در ژنوتیپ ۸۷۷MCC بسیار محسوس‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بود.

وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های ۳۹۲MCC و ۶۸MCC افزایش و در ژنوتیپ‌های ۴۴۸MCC،

۸۷۷MCC کاهش یافت (جدول ۵). اثرات متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بر وزن خشک ریشه معنی دار بود (جدول ۶). نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های ۳۹۲MCC، ۶۸MCC، افزایش یافت ولی در ژنوتیپ‌های ۸۷۷MCC و ۴۴۸MCC تغییر چندانی نداشت (جدول ۵).

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 ژنوتیپ‌ها مکانیسمی جهت افزایش تحمل این ژنوتیپ‌ها 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 (۹ و ۶). در تحقیق حاضر مطابق با گزارش سایر محققان، در شرایط تنش خشکی، کاهش رشد بخش ساقه ای بویژه در ژنوتیپ های متحمل، محسوس تر از بخش ریشه ای بود چرا که یکی از پاسخ های 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 ژنوتیپ های 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 ژنوتیپ های MCC۳۹۲ و MCC۶۸ در شرایط تنش خشکی می تواند دلیلی بر تحمل بیشتر این ژنوتیپ ها در برابر تنش خشکی در مرحله

گیاهچه ای 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 تیپ های دسی و کابلی برای بررسی انتخاب شدند، در مقایسه دو تیپ دسی و کابلی، به نظر می رسد که بذرها 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 می افتد.

جدول ۵- مقایسه میانگین سرعت سبز شدن، طول ساقه و ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه ژنوتیپ های نخود در مرحله گیاهچه ای در شرایط تنش خشکی (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش (شاهد).

تنش	ژنوتیپ	سرعت سبز شدن (درصد در روز)	طول ساقه (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)	طول ریشه / ساقه	وزن خشک ساقه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه (میلی گرم)	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

* میانگین هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند طبق آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند ($p \leq 0.05$).

جدول ۶- تجزیه واریانس و سطوح معنی داری صفات مورد بررسی در رابطه تنش خشکی، ژنوتیپ ها و اثرات متقابل آنها در مرحله گیاهچه ای در ژنوتیپ های نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	سرعت سبز شدن (درصد در روز)	طول ساقه (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن خشک ساقه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه (میلی گرم)
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 می دهد.

مCC۸۷ 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 بهتر گیاهچه‌های این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به ژنوتیپ‌های تیپ دسی احتمالاً به دلیل بالاتر بودن میزان ذخیره غذایی و همچنین شکل دانه (کابلی) در بذر این ژنوتیپ‌ها است. معصومی و همکاران نیز بالاتر بودن میزان ذخیره غذایی 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 و MCC۳۹۲ 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 ژنوتیپ‌ها جهت تعیین دقیق میزان تحمل خشکی این ژنوتیپ‌ها و شناسایی بهتر مکانیسم تحمل، ضروری به نظر می‌رسد.

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 احتمالاً در مراحل بعدی رشد که شامل تولید دانه و عملکرد گیاه است حساسیت بیشتری نسبت به تنش خشکی از خود نشان دهد.

ژنوتیپ MCC۸۷ 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 گیاهچه‌ای رشد مطلوبی نداشت، احتمالاً 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 بالاتر بودن درصد و سرعت جوانه زنی و رشد بیشتر ساقچه و ریشه‌چه آنها در تنش خشکی نسبت به دو ژنوتیپ

منابع

- ۱- باقری، ع.، ا. نظامی، ع. گنجلی، 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: ۱(۲)۶
- ۳- گنجلی، ع.، ع. باقری، و م. پارسا. ۱۳۸۷. گزارش نهایی طرح پژوهشی ارزیابی ژرم پلاسما 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. Marcel 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 Agronomica 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 Meteorolical 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.