اولین همایش ملی نخود
نخود، محصولی پر در آمد و کم آب بر، غذایی کامل و سازگار با اقلیم خشک
۸ خرداد ۱۴۰۲
کرمانشاه

ارزیابی مزرعه‌ای ژنوتیپ‌های نخود دسی در پاسخ به تنش خشکی و پایش ویژگی‌های مهم ریشه در ژنوتیپ‌های منتخب در شرایط گلخانه‌ای

سید میلاد موسوی[1*]، سعیدرضا وصال[2]، مهدی پارسا[2]

[1*]دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی

mi.mousavi@mail.um.ac.ir

[2] دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی

[3] دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی

چکیده

خشکی با کاهش رشد و نمو، عملکرد گیاه را به شدت کاهش می‌دهد و امنیت غذایی را به خطر می‌اندازد. نخود به‌عنوان دومین حبوبات مهم عمدتاً در شرایط دیم کشت شود. سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته می‌تواند در تأمین آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه بسیار حائز اهمیت باشد. ازاین‌رو آزمایش مزرعه‌ای با هدف بررسی عملکرد دانه و زیست‌توده ۴۰ ژنوتیپ نخود دسی در شرایط تنش خشکی به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. پس از برداشت و اندازه‌گیری عملکرد، از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش (STI، GMP، RDI، SSI، HARM، TOL، MP، SSPI، ATI، SNPI) برای دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد تا در آزمایش گلخانه‌ای مطالعات ریشه روی آن‌ها انجام شود. آزمایش دوم در گلخانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با هدف بررسی پاسخ رشدی ریشه و شاخساره در ژنوتیپ‌های منتخب در مرحله رشد رویشی در شرایط تنش خشکی صورت گرفت. در آزمایش اول عملکرد دانه و زیست‌توده به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و در برخی از ژنوتیپ‌ها تا ۵۵٪ کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد، درحالی‌که در ژنوتیپ‌های مقاوم تقریباً خشکی منجر به کاهش عملکرد دانه نشد. پس از دسته‌بندی، ژنوتیپ‌های منتخب متحمل (MCC385 و MCC917)، نیمه‌متحمل (MCC416 و MCC584) و حساس به خشکی (MCC96 و MCC382) دوباره در گلخانه کشت شدند. طبق نتایج آزمایش دوم در مرحله رویشی در اثر تنش خشکی طول و قطر ریشه (کاهش ۵ و ۱۹ درصدی طول و قطر ریشه در ژنوتیپ‌های متحمل در مقایسه با کاهش ۳۵/۵ و ۴۲ درصدی در ژنوتیپ‌های حساس) کاهش کمتری داشتند و می‌توانند در تحمل به شرایط تنش خشکی مؤثر باشند. همچنین مشخص شد کاهش وزن خشک ریشه در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی (MCC385 و MCC917) معنی‌دار نبود و کاهش زیست‌توده در ژنوتیپ‌های متحمل در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس بیشتر مربوط به کاهش وزن خشک بخش هوایی بود. نتایج نشان داد تحت شرایط خشکی ژنوتیپ‌هایی که رشد ریشه بهتری در مرحله رویشی داشته باشند می‌توانند عملکرد دانه بالاتری داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، شاخص تحمل، قطر ریشه، وزن خشک ریشه

۱. مقدمه

تنش خشکی یکی از تنش‌های مهم غیر زیستی است که تبعات آن کاهش قابل‌ملاحظه رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌باشد. انتظار می‌رود با تغییرات فزاینده آب و هوا در آینده نزدیک، فراوانی و شدت خشک‌سالی افزایش یابد [۱]. خشکی باعث کاهش ۴۰-۵۰ درصدی عملکرد گیاهان می‌شود [۲]. نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از محصولات متحمل در برابر خشکی است که به آبیاری زیادی احتیاج

ندارد لذا در اکثر مناطق دنیا به‌صورت دیم کشت شود. در ایران نخود معمولاً در مناطقی کشت می‌شود که کمبود رطوبت خاک در انتهای فصل رشد عامل محدودکننده تولید بوده و گیاه را در مرحله گلدهی و پر شدن غلاف‌ها با تنش خشکی مواجه می‌کند. در چنین مناطقی سازوکارهای کارآمد مرتبط با ریشه و اندام هوایی برای مقابله با تنش خشکی در ثبات عملکرد مؤثر خواهد بود. حبوبات دانه‌ای برای تولید عملکرد دانه مناسب و سازگاری بالا به شرایط تنش به یک سیستم ریشه‌ای کاملاً توسعه‌یافته در مرحله رویشی احتیاج دارند [۳]. یک سیستم ریشه‌ای مؤثر تحت شرایط محدودیت آب و مواد غذایی می‌تواند تا حد زیادی نیاز به این منابع را برای گیاهان تأمین کند [۴]. همچنین تأکید شده است که معماری ریشه (RA[1]) نیز از عوامل مهم در تعیین کارایی جذب آب و مواد غذایی از خاک است [۵]. بر همین اساس هدف از این مطالعه، تعیین تحمل به خشکی ۴۰ ژنوتیپ نخود دسی در شرایط مزرعه‌ای و سپس واکاوی ویژگی‌های مرتبط با ریشه گیاهان منتخب در شرایط کنترل شده و با اعمال تنش فزاینده بود.

۲. مواد و روش

۱،۲. مواد گیاهی، تیمارها و شرایط رشدی

تعداد ۴۰ ژنوتیپ نخود دسی (شکل۱) از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی تهیه شد. این مطالعه به‌صورت دو آزمایش مزرعه‌ای و کنترل شده گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش اول در مزرعه به‌منظور بررسی عملکرد ۴۰ ژنوتیپ نخود دسی در مزرعه در شرایط خشکی و بدون خشکی انجام شد و آزمایش دوم در گلخانه روی شش ژنوتیپ منتخب و گزینش شده حساس و متحمل به خشکی حاصل از آزمایش مزرعه‌ای صورت گرفت.

۲،۲. بررسی عملکرد و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در شرایط مزرعه

با انجام عملیات آماده‌سازی زمین اوایل اسفند ۱۴۰۰، تعداد ۴۰ ژنوتیپ نخود دسی (شکل۱) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با تراکم ۳۵ بوته در مترمربع کشت شدند. کرت اصلی شامل دو رژیم آبیاری (تیمار تنش: به‌صورت یک آبیاری پس از کاشت بذرها و سپس بدون آبیاری بود و فقط زمانی که مقدار بارندگی خیلی کم شد آبیاری تکمیلی انجام شد و تیمار بدون تنش: آبیاری در حد نیاز آبی گیاه بر اساس روش پیرسلی و تیلور (۱۹۷۲) [۶] بود) و کرت فرعی شامل ژنوتیپ‌های موردمطالعه بود. برای آبیاری یکنواخت و دقیق از نوار تیپ و کنتور استفاده شد. اعمال تیمارها تا ۱۰ روز قبل از برداشت انجام شد و پس از برداشت و اندازه‌گیری عملکرد و زیست‌توده، شاخص‌های تحمل به خشکی شامل شاخص‌های قدیمی (شاخص تحمل به خشکی (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، خشکی نسبی (RDI)، حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هارمونیک (HARM)، شاخص تحمل (TOL)، متوسط باروری (MP) و شاخص‌های جدید (درصد حساسیت به تنش (SSPI)، تنش غیرزنده (ATI)، محصول محیط تنش و غیر تنش (SNPI) ارزیابی شدند [۷-۱۲].

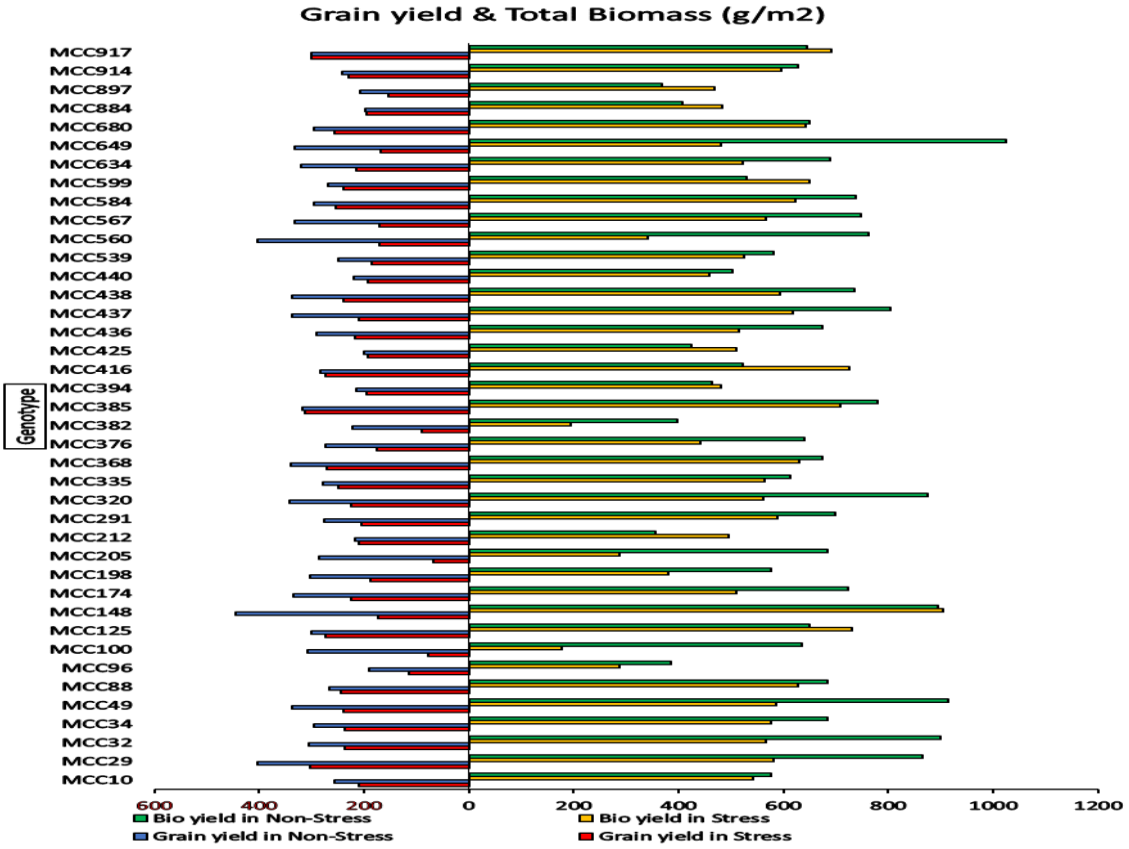
تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) بر اساس داده‌های حاصل از پاسخ ژنوتیپ‌ها به شرایط خشکی انجام شد و دو ژنوتیپ از هر خوشه با هدف بررسی رشد در مرحله رویشی در گلخانه تحت شرایط خشکی مورد مطالعه قرار گرفتند.

۳،۲. سنجش ویژگی‌های مرتبط با ریشه و شاخساره تحت شرایط خشکی در گلخانه

تعداد سه بذر از ژنوتیپ‌های منتخب (شکل۳) در خاک آماده شده (در گلدان‌های پلاستیکی سه لیتری با نسبت ۴:۱ ماسه به خاک زراعی) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار کشت شدند و پس از سبز شدن بهترین گیاهچه از هر ژنوتیپ برای مرحله بعدی نگهداری و بقیه حذف شد. به مدت ۱۴ روز همه گیاهان در حد بهینه آبیاری شدند و پس‌ازآن تیمارهای آبیاری شامل قطع آبیاری و انجام آبیاری در حد ۶۰ درصد ظرفیت نگهداری آب (WHC) به‌صورت وزنی اعمال شدند (وزن دقیق گلدان و خاک داخل آن اندازه‌گیری شد و با به دست آوردن میزان ظرفیت نگهداری آب خاک، تیمار ۶۰ درصد WHC اعمال شد). ۲۱ روز پس از اعمال تیمار

[1] Root Architecture

آبیاری اندام‌های هوایی از سطح خاک برداشت شد و ساقه و برگ هر گلدان به‌صورت جداگانه به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از ۷۲ ساعت وزن خشک آن‌ها توزین شد. بلافاصله پس از برداشت اندام‌های هوایی، عملیات شستشوی دقیق ریشه و استحصال آن انجام شد. اندازه‌گیری طول ریشه با خط‌کش انجام شد و سطح، قطر و مجموع طول ریشه‌ها در هر نمونه با دستگاه اسکنر ریشه (Delta-T Scan) بررسی شد. همچنین وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ و ساقه گیاهچه‌ها [۱۳] اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱: عملکرد دانه و زیست‌توده کل (گرم در مترمربع) در ۴۰ ژنوتیپ نخود دسی در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش.

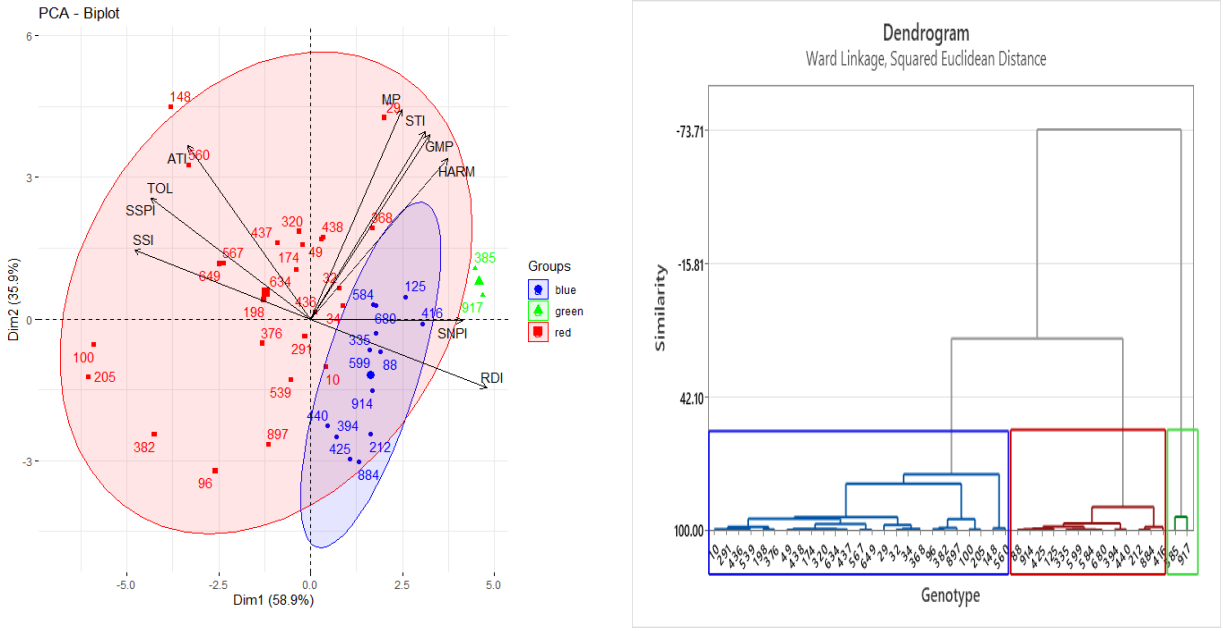
۳. نتایج و بحث

۱،۳. عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص‌های تحمل به تنش

بر اساس شکل (۱) کاهش عملکرد دانه تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در پاسخ به تنش خشکی کاملاً بارز بود که با مطالعات گنجعلی و همکاران (۲۰۱۱) [۱۴] روی تعدادی از ژنوتیپ‌های تیپ کابلی نیز مطابقت داشت. بااین‌حال، تفاوت عملکرد دانه در دو حالت خشکی و بدون خشکی در ژنوتیپ‌های MCC917، MCC416، MCC385 غیرمعنی‌دار بود. همچنین در شرایط تنش خشکی شاخص برداشت تمام ژنوتیپ‌ها (غیر از ژنوتیپ MCC29، MCC32 و MCC49) نیز کاهش و میزان زیست‌توده افزایش یافت. بر اساس نتایج تجزیه

خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی ژنوتیپ‌ها بر اساس داده‌های شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی به سه گروه متحمل نیمه‌متحمل و حساس به خشکی تقسیم‌بندی شدند (شکل۲).

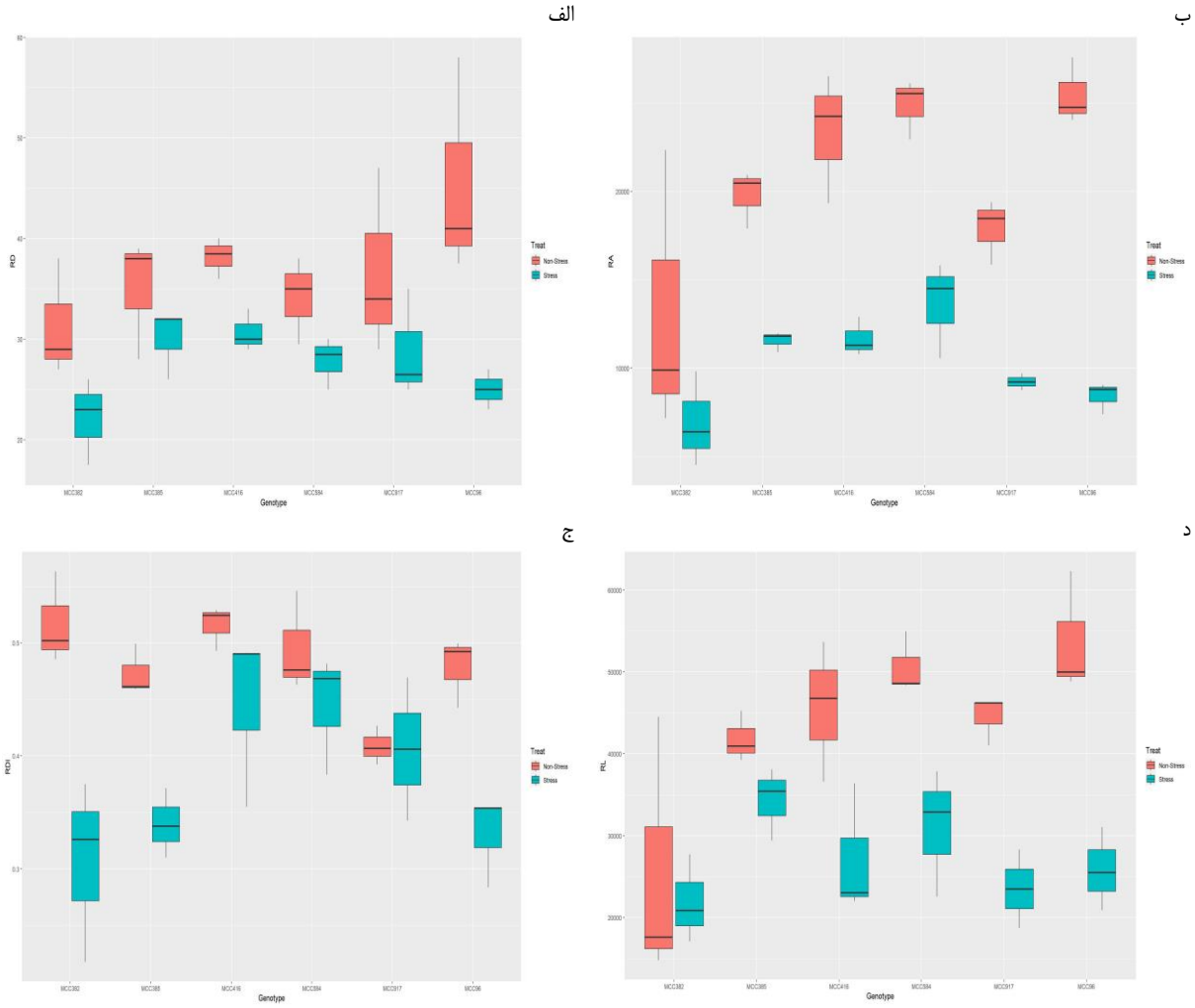
ب الف



شکل ۲: الف) تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) - ب) دندوگرام مرتبط با دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی. گروه سبز متحمل، گروه قرمز نیمه‌متحمل و گروه آبی حساس به تنش خشکی. کد ژنوتیپ‌ها به‌صورت MCC همراه با شماره است.

۲،۳. رشد ریشه و شاخساره تحت شرایط خشکی در گلخانه

ژنوتیپ‌های MCC385 و MCC917 (متحمل)، MCC416 و MCC584 (نیمه‌متحمل)، و MCC96 و MCC382 (حساس به خشکی) برای بررسی رشد ریشه و شاخساره گیاه در مرحله رویشی در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای کشت شدند. مطابق شکل (۳) کمترین میزان طول، سطح و مجموع طول ریشه در هر دو شرایط خشکی و بدون خشکی و کمترین قطر ریشه تحت شرایط خشکی در ژنوتیپ MCC382 مشاهده شد که نشان می‌دهد این ژنوتیپ ازنظر رشد ریشه بسیار ضعیف عمل کرده است. در شرایط خشکی ژنوتیپ MCC96 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بیشترین کاهش را در تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده مرتبط با ریشه داشت. اثر تنش خشکی بر طول ریشه ژنوتیپ‌ها (غیر از ژنوتیپ MCC96) معنی‌دار نبود. برعکس اثر تنش خشکی بر سطح ریشه در تمام ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود و بیشترین سطح ریشه در شرایط تنش متعلق به MCC416 و MCC584 بود. همچنین اثر تنش خشکی بر قطر ریشه در ژنوتیپ‌های MCC416، MCC584 و MCC917 و بر مجموع طول ریشه‌ها در ژنوتیپ MCC385 مؤثر نبود، بدین معنی که تنش خشکی موجب کاهش قابل‌توجه در این ژنوتیپ‌ها نشد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ MCC385 با ایجاد ریشه نسبتاً بلند و متعدد و ژنوتیپ‌های MCC416، MCC584 و MCC917 با ایجاد ریشه‌های عمیق و قطور از تحمل به خشکی بهتری برخوردار هستند. این خصوصیات ریشه در مرحله رویشی می‌تواند منجر به عملکرد مطلوب و سازگاری بالا تحت شرایط تنش در مزرعه شود [۳].

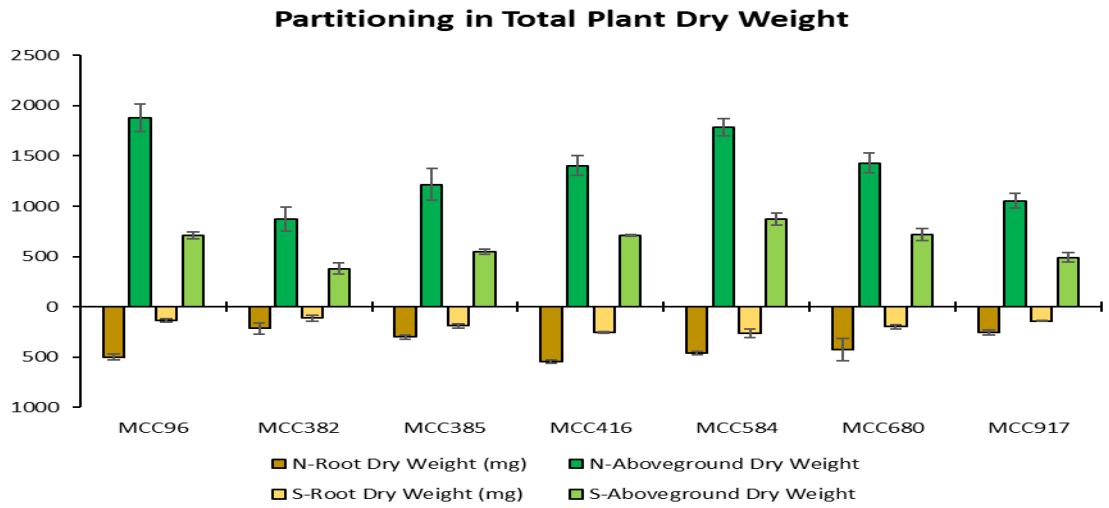


شکل ۳: اثر تیمار رطوبتی بر مقادیر (الف) طول ریشه (cm) (RD)، (ب) سطح ریشه (mm^2) (RA)، (ج) قطر ریشه (mm) (RDI) و (د) مجموع طول ریشه‌ها (mm) (RL) در مرحله گیاهچه‌ای و رشد رویشی در ژنوتیپ‌های گزینش شده و منتخب (باکس قرمز شرایط بدون تنش و باکس آبی شرایط تنش خشکی).

۳،۳. وزن خشک ریشه و زیست‌توده هوایی

تنش خشکی منجر به کاهش قابل‌توجه وزن خشک ریشه در ژنوتیپ‌های MCC96، MCC416 و MCC584 شد ولی تأثیری بر ژنوتیپ‌های MCC382، MCC385 و MCC917 نداشت (شکل۴). از طرفی تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک زیست‌توده هوایی در تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد. به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های MCC385 و MCC917 به خشکی زیست‌توده کل کمتری دارند به‌طوری‌که این کاهش وزن خشک تحت شرایط خشکی در ژنوتیپ‌های MCC385، MCC917، MCC416، MCC584، MCC382 و MCC96 به ترتیب ۵۱، ۵۱، ۵۱، ۴۹، ۵۵ و ۶۴/۵ درصد بود. به‌عبارت‌دیگر، کاهش وزن خشک کل بوته در ژنوتیپ‌های متحمل و نیمه‌متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس به خشکی تحت شرایط تنش خشکی کمتر بوده است که از این کاهش وزن خشک سهم بیشتری مربوط به بخش هوایی گیاه خصوصاً در ژنوتیپ‌های MCC385 و MCC385 بود. طبق نظر صفوی و همکاران (۲۰۱۱) [۱۵] ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط خشکی نسبت ریشه به زیست‌توده هوایی بالاتری دارند.

به‌طورکلی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در مزرعه به شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد و ژنوتیپ‌هایی که بتوانند ثبات عملکرد بهتری داشته باشند را می‌توان از طریق شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی شناسایی کرد. همچنین مشخص شد ژنوتیپ‌های متحمل و نیمه متحمل گزینش شده از نتایج مزرعه‌ای در مرحله رشد رویشی کاهش کمتری در ویژگی‌های قطر، طول و وزن خشک ریشه در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس (۵، ۲۱، و ۳۵/۵ درصد کاهش قطر ریشه – ۱۹، ۱۷/۵ و ۴۲ درصد کاهش طول ریشه - ۴۳، ۴۵ و ۶۰ درصد کاهش وزن خشک ریشه به ترتیب در ژنوتیپ‌ها متحمل، نیمه متحمل و حساس) از خود نشان دادند.



شکل ۴: وزن خشک ریشه و زیست‌توده بخش هوایی گیاه (برگ و ساقه برحسب میلی‌گرم) تحت شرایط تنش خشکی و بدون تنش

منابع

1. Yu, T.-F., et al., 2017. *Improved drought tolerance in wheat plants overexpressing a synthetic bacterial cold shock protein gene SeCspA.* Scientific reports. **7**(1): p. 1-14.
2. Ahmad, F., P. Gaur, and J. Croser., 2005. *Chickpea (Cicer arietinum l.).* Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement-grain legumes,. **1**: p. 187-217.
3. Nicola, S., *Understanding root systems to improve seedling quality*. HortTechnology, 1998. **8**(4): p. 544-549.
4. Chen, Y., M.E. Ghanem, and K.H. Siddique., 2017. *Characterising root trait variability in chickpea (Cicer arietinum L.) germplasm.* Journal of Experimental Botany. **68**(8): p. 1987-1999.
5. Colombi, T., Torres, L., Walter, A., Keller, T., 2018. *Feedbacks between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth–A vicious circle.* Science of the Total Environment. **626**: p. 1026-1035.
6. Priestley, C.H.B. and R.J. Taylor., 1972. *On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters.* Monthly weather review. **100**(2): p. 81-92.
7. Bidinger, F., V. Mahalakshmi, and G.D.P. Rao., 1987. *Assessment of drought resistance in pearl millet (Pennisetum americanum (L.) Leeke). II. Estimation of genotype response to stress.* Australian Journal of Agricultural Research, 1987. **38**(1): p. 49-59.
8. Fernandez, G.C., 1992. *Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance*. in *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, Aug. 13-16, Shanhua, Taiwan. p. 257-270.*
9. Fischer, R. and R. Maurer., 1987. *Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses.* Australian Journal of Agricultural Research. **29**(5): p. 897-912.
10. Mousavi, S., Yazdani, S., Naghavi, M., Zali, A., Dashti, H., Pourshahbazi., 2008. *Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert.* 12: p. 165-178.

11. Rosielle, A. and J. Hamblin., 1981. *Theoretical aspects of selection for yield in stress and non - stress environment 1*. Crop science. **21**(6): p. 943-946.
12. Schneider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., Kelly, J., 1997. *Improving common bean performance under drought stress.* Crop Science. **37**(1): p. 43-50.
13. Farooq, M., Ullah, A., Lee, D.-J., Alghamdi, S. S., & Siddique, K. H., 2018. Desi chickpea genotypes tolerate drought stress better than kabuli types by modulating germination metabolism, trehalose accumulation, and carbon assimilation. *Plant Physiology and Biochemistry*. **126**: p. 47-54.
14. Ganjeali, A., Joveynipou, S., Porsa, H., 2011. Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea geno*types in Neyshabour region*, Iranian Journal Pulses Research, 2(1): p. 27-38
15. Safavi, M., Malekzadeh, S., Ganjeali, A., Bagheri, A., 2011. *Study of root and shoot characteristics in reaction to drought stress in chickpea (Cicer arietinum L.).* Iranian Journal of Pulses Research. **2**(1): p. 39-52.

Field assessment of desi chickpea genotypes in response to drought stress and monitoring of major root characteristics of candidate genotypes in greenhouse condition

Milad Mousavi[*1], Saeedreza Vessal[2], Mehdi Parsa[3]

[1*]Ferdowsi University of Mashhad, College of Agriculture,
mi.mousavi@mail.um.ac.ir
[3]Ferdowsi University of Mashhad, Research Center for Plant Sciences, vessal@um.ac.ir
[2]Ferdowsi University of Mashhad, College of Agriculture, Parsa@um.ac.ir

Abstract
Drought, by reducing growth and development, severely reduces plant performance and threatens food security. Chickpea, as the second most important legume, it's mainly cultivated in rainfed conditions. A developed root system can be very important in providing water and nutrients needed by the plant. Therefore, two field and greenhouse experiments were conducted to evaluate the yield and the rate of root growth and development of desi chickpea genotypes under drought-stress conditions. The first experiment was conducted with the aim of investigating the grain and biological yield of 40 desi chickpea genotypes under drought stress as a split-plot experiment in the form of a completely randomized design in 3 replications. The grain and biomass yield of the aerial parts were strongly affected by drought stress, and in some genotypes, up to 55% reduction was observed compared to the control. After harvesting and yield calculation, stress tolerance and sensitivity indices (STI, GMP, RDI, SSI, HARM, TOL, MP, SSPI, ATI, SNPI) were used to categorize genotypes. The second experiment was conducted in the greenhouse with the aim of investigating the growth response of root and shoot in tolerant (MCC385 and MCC917), semi-tolerant (MCC416 and MCC584) and drought-sensitive (MCC96 and MCC382) genotypes in the vegetative growth stage under drought stress conditions. The results showed that in the vegetative stage, a smaller reduction in root depth and diameter (5 and 19% reduction in root depth and diameter in tolerant genotypes compared to 35.5 and 42% reduction in sensitive genotypes) can be effective in tolerance to drought stress conditions. It was also found that the decrease in root dry weight in drought-tolerant genotypes (MCC385 and MCC917) was not significant, and the decrease in dry weight of the whole plant biomass in the tolerant genotypes was more related to the decrease in dry weight of shoots compared to sensitive genotypes. The results showed that under drought conditions, the genotypes with better root growth in the vegetative stage can have higher grain yield.
Keywords: Seed yield, drought resistance index, root diameter, root dry weight