نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۲، شماره ۱، صفحه ۳۸-۲۷، نیمه اول ۱۳۹۰

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 2, No. 1, 2011, p. 27-38

گزینش برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی در منطقه نیشابور

علی گنجعلی[1*]، سعید جوینی‌پور[2]، حسن پُرسا[3] و عبدالرضا باقری[4]

۱ و ۴- به ترتیب، اعضای هیأت علمی دانشکده علوم و دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- کارشناس ارشد زراعت، آموزشکده فنی و حرفه‌ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیشابور، نیشابور، ایران
۳- کارشناس ارشد پژوهشی، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نخود و تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی، آزمایشی در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور انجام شد و طی آن ۱۵۰ ژنوتیپ نخود تیپ کابلی از بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح ارزیابی مقدماتی عملکرد اگمنت به همراه شِش شاهد (شامل نمونه حساس به خشکی، ارقام نخود رایج در کشور و شاهد رقم محلی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمایش، شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی مانند شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل (TOL) و میانگین هارمونیک (HM)، بر اساس عملکرد دانه‌ی نمونه‌ها در شرایط تنش خشکی (کشت دیم) و شرایط بدون تنش خشکی (کشت فاریاب) محاسبه شدند. بر اساس نتایج، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر همه‌ی شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی (به‌جُز شاخص‌های TOL و SSI)، تفاوت‌های آماری معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($p\leq$۰/۰۵). بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش، در ژنوتیپ‌های MCC302، MCC427، MCC352، MCC1، MCC50، MCC62، MCC118 و MCC423 به‌ترتیب با عملکرد ۹۶۰، ۹۰۵، ۶۳۸، ۶۲۵، ۶۰۹، ۶۰۲، ۵۹۲ و ۵۸۱ کیلوگرم در هکتار و در شرایط بدون تنش، در ژنوتیپ‌های MCC312، MCC380، MCC304، MCC50، MCC117، MCC427، MCC301 و MCC311 به‌ترتیب با عملکرد ۲۱۸۵، ۱۸۵۶، ۱۸۲۰، ۱۶۳۶، ۱۶۲۲، ۱۵۶۷، ۱۵۲۰ و ۱۵۱۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه همبستگی صفات در این آزمایش، شاخص‌های GMP، STI، MP و HM به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، مشخص شدند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC50، MCC352 و MCC427 به‌عنوان ژنوتیپ‌های نخود متحمل به خشکی پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص تحمل به خشکی، طرح آگمنت، نخود

مقدمه

امروزه اهمیت نقش پروتئین در رژیم غذایی بشر بر کسی پوشیده نیست و تلاش متخصصان تغذیه در تأمین منابع پروتئین و ترکیب نمودن آن با سایر منابع غذایی در جهت تأمین نیازهای غذایی بشر، موجب شده که توجه و نگاه ویژه‌ی آنان به حبوبات، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین (با محتوای ۱۸ تا ۳۲ درصد) معطوف گردد (Saxena & Singh, 1997; Singh & Saxena, 2000).

حبوبات به‌عنوان منبع غذایی انسان و دام دارای اهمیت زیادی بوده و نه‌تنها در تأمین پروتئین، بلکه در ایجاد تنوع در رژیم غذایی انسان مطرح بوده و نقش مکمل برای غلات را نیز دارد (Singh & Saxena, 2000). در بیش از ۹۵ درصد از مناطق کاشت نخود، این گیاه در شرایط دیم و در تناوب با غلات مانند گندم و جو کشت می‌گردد (Sabaghpour *et al.*, 2006). از سوی دیگر، بر اساس تحقیقات انجام شده، عملکرد نخود در کشور ایران، به‌عنوان محصولی که در بین سایر حبوبات دارای سطح زیرکشت، تولید و اهمیت بیشتری می‌باشد، همواره کم و متغیر بوده است (Ganjeali *et al.*, 2005). در مناطق خشک همانند کشور ما، تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین دلیل این

* **نویسنده مسئول:** دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زیست‌شناسی
همراه: ۰۹۱۵۳۰۵۷۶۴۵، پُست الکترونیک: ganjeali@um.ac.ir

مسئله عنوان می‌گردد و تلاش محققین کشاورزی پیوسته در جهت یافتن ژنوتیپ‌ها و ارقام مقاوم به خشکی و نیز اِعمال روش‌های مناسب تولید بوده است (Singh & Saxena, 2000; Ganjeali *et al*., 2005). بر اساس بررسی‌های صورت گرفته (Bidinger *et al*., 1999; Silim *et al*., 1988)، خشکی به‌عنوان مهم‌ترین تنش غیرزنده برای گیاه نخود معرفی شده است. کاهش عملکرد در واریته‌های مختلف گیاه نخود در شرایط تنش (دیم) نسبت به شرایط بدون تنش (آبی)، ناشی از اثرات تنش خشکی عنوان گردیده و میزان کاهش عملکرد نخود در اثر تنش خشکی بین ۱۵ تا ۶۰ درصد گزارش شده که بسته به منطقه جغرافیایی و فصل کاشت متفاوت می‌باشد (Silim *et al*., 1988). در راستای یافتن ارقام مقاوم به خشکی که دارای عملکرد و تولید مطلوبی نیز باشند، معیارهای متفاوتی از سوی محققان مختلف پیشنهاد گردیده است. در مناطق نیمه‌خشک که پراکنش بارندگی مناسب نیست، پتانسیل عملکرد در شرایط تنش، بهترین معیار تحمل به خشکی نبوده، بلکه پایداری عملکرد و مقایسه میزان عملکرد در شرایط تنش و مطلوب، به عنوان معیارهای مناسب‌تری برای واکنش ارقام به تنش رطوبتی معرفی شده‌اند (Silim *et al*., 1988). معیار تحمل به خشکی، میزان عملکرد دانه در شرایط خشک بیان شده (Fisher & Maurer, 1978)، لذا وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و در شرایط مطلوب، به عنوان یک نقطه‌ی شروع برای شناسایی صفات مربوط به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک مطرح می‌باشد (Golestani & Pakniyat, 2004). به این ترتیب، توانایی یک گیاه برای تولید در شرایط تنش در مقایسه با تولید در شرایط بدون تنش به عنوان معیار مقاومت به خشکی مطرح شده است (Fisher & Maurer, 1978).

مقاومت به خشکی در یک گیاه به توانایی گیاه به جذب رطوبت محدود خاک بستگی دارد. به این معنی که در مقدار رطوبت ثابت خاک، توانایی جذب آب یک ژنوتیپ از ژنوتیپ دیگر بیشتر باشد (Arnon, 1972). در نتیجه، انتخاب ارقام مقاوم به تنش خشکی می‌بایست با انتخاب ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل ژنتیکی بالا در شرایط بدون تنش هم‌خوانی داشته باشد. به بیان دیگر، در صورتی‌که عملکرد ارقام انتخابی در شرایط تنش و بدون تنش دارای ثبات باشد، آن‌ها را می‌توان دارای مقاومت نسبی به تنش خشکی محسوب نمود (Blum, 1988).

تحمل به خشکی و دارا بودن عملکرد بالا در شرایط تنش می‌تواند بر اثر مکانیسم فرار از خشکی و یا سازگاری گیاه به شرایط تنش باشد که طبیعتاً این سازگاری بر اثر فرآیندهای خاص در شرایط تنش ایجاد می‌گردد. بنابراین معیاری بر اساس عملکرد و ثبات آن برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از لحاظ واکنش به تنش خشکی پیشنهاد گردید. این معیار به‌عنوان شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1] بر مبنای عملکردهای محیط تنش و بدون تنش، مطرح شد. بین این شاخص و عملکرد در شرایط با رطوبت بالا همبستگی منفی وجود دارد (Fisher & Maurer, 1978).

تفاوت عملکرد یک ژنوتیپ در دو محیط تنش و بدون تنش به عنوان شاخص تحمل (TOL)[2] و همچنین میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در دو محیط تنش و بدون تنش به عنوان شاخص متوسط تولید (MP)[3] تعریف گردید و بر اساس آن بیان شد که مقدار بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش می‌باشد (Rosielle & Hambling, 1981). در آزمایشی بر روی لاین‌های نخود بیان شد، ارقامی که در دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد یکسانی بوده و یا تفاوت عملکرد آن‌ها کم می‌باشد، نسبت به خشکی تحمل نسبی دارند (Farshadfar *et al*., 2000).

در تحقیقی بر روی ژنوتیپ‌های ماش، آن‌ها به گروه‌های چهارگانه بر اساس واکنش به شرایط تنش و بدون تنش تقسیم شدند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش در گروه (A)، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط غیرتنش در گروه (B)، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش در گروه (C) و ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در هر دو محیط در گروه (D) تقسیم گردیدند. با بررسی شاخص‌های مختلف، شاخص‌های TOL و MP، ژنوتیپ‌های گروه‌های B و D را تفکیک می‌کند و شاخص MP باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی دارند ولی تحمل آنها به تنش پایین است. انتخاب بر مبنای شاخص TOL به نفع ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط غیرتنش و ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی است. این شاخص در تمایز ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا کارآیی ندارد (Fernandes, 1993; Usefiazar & Rezaei, 2004).

به‌منظور تفکیک دقیق‌تر گروه‌های چهارگانه و تعیین ژنوتیپ‌های دارای تحمل به تنش، شاخص‌های دیگری ارائه

[1] Stress Susceptibility Index
[2] Tolerance Index
[3] Mean Productivity Index

گردید؛ شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)[1] که بر اساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها، تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود و نیز شاخص تحمل به تنش (STI)[2] که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش و دارای پتانسیل تحمل، را مشخص می‌نماید. با استفاده از شاخص STI، گروه‌های B و C از یکدیگر قابل تمایز می‌باشند. همچنین این شاخص با توجه به آن‌که شدت تنش (SI)[3] و میزان عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش را در بر می‌گیرد، می‌تواند شاخص مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش باشد و ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر ژنوتیپ‌ها در آزمایش فرناندز مشخص نماید (Fernandes, 1993; Usefiazar & Rezaei, 2004).

انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، زمانی مؤثر است که محیط آزمایش دارای شرایط خشکی باشد. مقدار کمتر SSI، تغییرات کمتر عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و پایداری بیشتر آن را نشان می‌دهد (Acosta & Adams,1991; Usefiazar & Rezaei, 2004). شاخص STI قادر به جداسازی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به تنش رطوبتی است (Fernandes, 1993).

در ارزیابی لاین‌های گندم نسبت به تنش خشکی، بیان گردید که مقادیر بالای شاخص TOL و SSI، حساسیت بیشتر به تنش رطوبتی را نشان می‌دهد. بنابراین ژنوتیپ‌ها، بر اساس مقدار کم TOL انتخاب می‌شوند. زیرا در این صورت ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، کاهش عملکرد کمتری نسبت به شرایط غیرتنش خواهند داشت (Usefiazar & Rezaei, 2004; Rosielle & Hambling, 1981).

در آزمایشی بر روی لاین‌های کنجد، شاخص‌های MP، GMP، STI و HM، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش لاین‌های متحمل به خشکی معرفی شدند. شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و عدم تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها مطرح می‌باشند زیرا قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند و لذا می‌توان از آنها برای تخمین پایداری عملکرد استفاده کرد. بنابراین انتخاب بر اساس این شاخص‌ها، عملکرد را در محیط‌های تنش افزایش می‌دهد (Golestani & Pakniyat, 2004).

شاخص تحمل به تنش، به جهت آن‌که ژنوتیپ‌هایی را گزینش می‌نماید که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش می‌باشند، به‌عنوان مناسب‌ترین معیار جهت گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی گردیده است و شاخص متوسط تولید جزو شاخص‌های با کارآیی پایین معرفی شد، زیرا این شاخص نمی‌تواند ژنوتیپ‌های متحمل و با عملکرد بالا را به‌طور همزمان در محیط‌های تنش رطوبتی و غیرتنش، متمایز سازد. همچنین شاخص میانگین هندسی عملکرد، کمتر تحت تأثیر ارزش نهایی صفات است و می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از بقیه‌ی ژنوتیپ‌ها متمایز کند (Fernandes, 1993).

این تحقیق در راستای پژوهش‌های پیشین و با هدف گزینش نمونه‌های نخود مقاوم به شرایط تنش خشکی، بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی با ارزیابی ۱۵۰ ژنوتیپ نخود تیپ کابلی از بانک بذر حبوبات دانشگاه فردوسی مشهد در شرایط آب و هوایی نیشابور، طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵، در مزرعه‌ی ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور انجام شد. در این تحقیق تعداد ۱۵۰ ژنوتیپ از کلکسیون نخود مشهد[4]، با رعایت پوشش مناسب از مناطق مختلف کشت نخود در کشور انتخاب و در قالب طرح ارزیابی مقدماتی عملکرد آگمنت[5] مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمایش، شِش نمونه نخود نیز به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفتند. این نمونه‌ها شامل چهار رقم رایج در کشور (MCC۲۵۲، MCC۲۸۳، MCC۳۵۸، MCC۳۶۱)، شاهد حساس به خشکی (MCC180) و رقم محلی (ILC۵۵۵۶) بودند.

عملیات آماده‌سازی بستر بذر در پاییز سال ۱۳۸۴، با انجام شخم عمیق به میزان ۳۰ سانتی‌متر آغاز گردید. در فروردین‌ماه سال ۱۳۸۵، زمین مورد شخم مجدد و سپس دیسک قرار گرفت و پس از تسطیح، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات در آن پخش گردید. عملیات کشت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط بدون تنش (آبی) و تنش (دیم) در اواخر فروردین‌ماه به مرحله اجرا درآمد.

با توجه به نوع طرح و تعداد شاهدها، ژنوتیپ‌ها در سه بلوک و به‌صورت بدون تکرار کشت شدند اما نمونه‌های شاهد

[1] Geometric Mean Productivity
[2] Stress Tolerance Index
[3] Stress Intensity
[4] Mashhad Chickpea Collection (MCC)
[5] Augmented Designs for Preliminary Yield Trials

در هر سه بلوک تکرار شدند. کشت نمونه‌ها و شاهدها در هر بلوک به‌صورت تصادفی انجام پذیرفت. به این ترتیب، هر بلوک شامل ۵۶ کرت و هر کرت شامل چهار خط کاشت با فاصله‌ی ۵۰سانتی‌متر از یکدیگر بود. بر روی هر خط، تعداد ۴۰ عدد بذر از هر نمونه در عمق پنج سانتی‌متر و با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند. یک مرحله آبیاری، بلافاصله پس از کشت (جهت اطمینان از سبزشدن تمامی نمونه‌ها) برای هر دو شرایط کشت دیم و کشت آبی صورت پذیرفت. پس از آن، آبیاری صرفاً جهت شرایط بدون تنش (آبی) و مطابق با عرف منطقه هر ۱۲ روز یک‌بار انجام شد و لذا در شرایط تنش (دیم)، هیچ‌گونه آبیاری تا انتهای فصل رشد انجام نگرفت. در طول فصل رشد، عملیات وجین علف‌های‌هرز و نیز کنترل آفات انجام پذیرفت. در پایان فصل رشد، جهت محاسبه عملکرد نهایی، تمامی بوته‌های هر ژنوتیپ در کرت با رعایت حاشیه‌ها در هر یک از شرایط آبی و دیم به‌صورت جداگانه برداشت گردید.

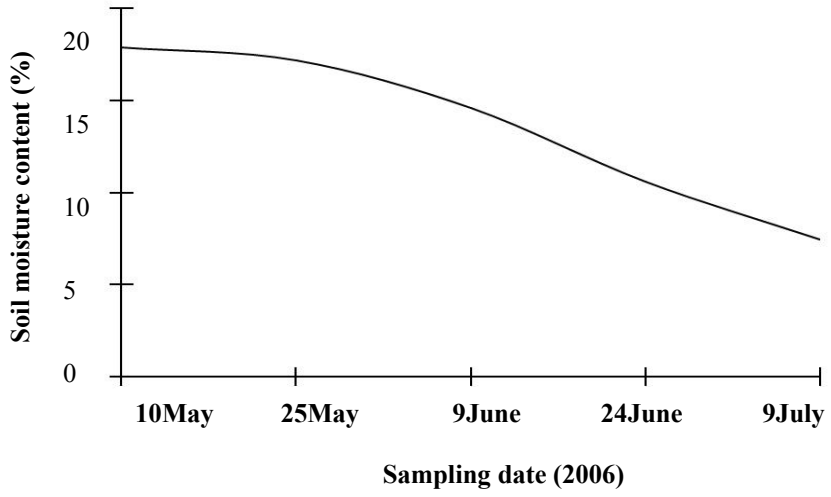
شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی، با استفاده از عملکرد گیاهان در شرایط بدون تنش (Yp) و شرایط تنش (Ys)، با استفاده از فرمول‌های موجود (Canci & Toker, 2009; Fernandes, 1993; Fisher & Maurer, 1978) به شرح زیر محاسبه شدند:

۱) شاخص تحمل	Tolerance Index	TOL= Yp-Ys
۲) شاخص بهره‌وری متوسط	Mean Productivity Index	MP= (Yp +Ys)/2
۲) شاخص تحمل به تنش	Stress Tolerance Index	STI= (Yp.Ys)/($\overline{Y}$ p)^2
۳) شاخص میانگین هندسی بهره‌وری	Geometric Mean Productivity	GMP= (Yp.Ys)$^{0.5}$
هارمونیک۴) شاخص میانگین	Harmonic Mean Index	HM= 2(Yp.Ys)/(Yp+Ys)
۵) شاخص حساسیت به تنش	Stress Susceptibility Index	SSI= (1-(Ys/Yp))/SI, SI= 1-($\overline{Y}$ s/ $\overline{Y}$ p)

$\overline{Y}$ p : میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش، $\overline{Y}$ s : میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، SI: شدت تنش

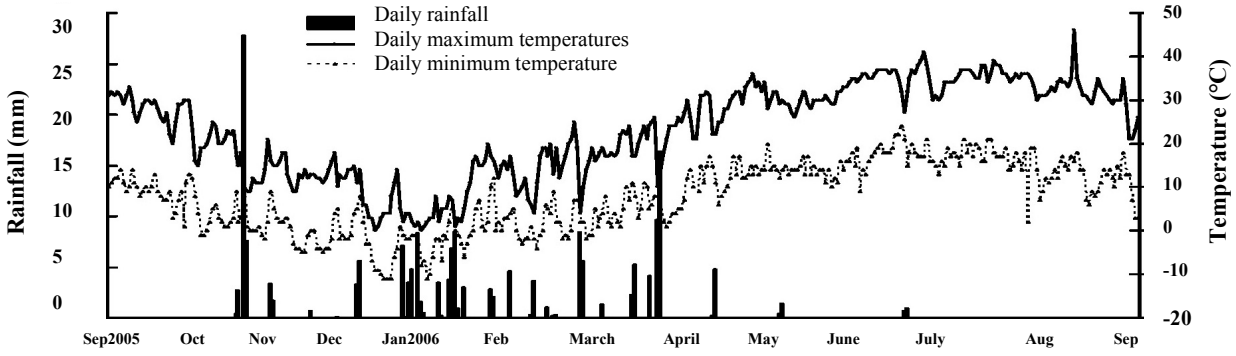
$\overline{Y}$ p: average yield of all genotypes under no stress, $\overline{Y}$ s: The average yield of all genotypes under stress, SI: Stress Intensity

مقادیر شاخص‌های کمّی، به‌همراه داده‌های عملکرد دانه در شرایط تنش و غیرتنش با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و JMP، تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت. برای تعیین روابط بین صفات، رسم نمودارها و نیز ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها، از نرم‌افزار رایانه‌ای STATISTICA استفاده شد.



شکل ۱- نمودار تغییرات درصد رطوبت وزنی خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک مزرعه‌ی نخود دیم در فاصله ۲ تا ۱۰ هفته پس از کاشت در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴

Fig. 1. Changes in soil moisture content by weight 50 cm soil depth chickpea between 2 to 10 weeks after crop planting, 2005-2006



شکل ۲- نمودار بارندگی روزانه و درجه‌حرارت بیشینه و کمینه روزانه در طول سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در نیشابور

Fig. 1. Daily precipitation and daily maximum and minimum Temperature during the crop year in Neyshabour, 2005-2006

نتایج و بحث

بر اساس نتایج، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات کمّی، عملکرد و نیز واکنش به شرایط تنش خشکی، اختلاف و تنوع قابل‌توجهی نشان دادند (جدول ۱). این تنوع در تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی، در بین ژنوتیپ‌های گوناگون در هر دو شرایط تنش و بدون تنش مشهود بود. بر این اساس در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در شرایط تنش، کمترین تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی (۴۰ روز) در ژنوتیپ‌های MCC380، MCC392، MCC422، MCC429 و MCC352 و بیشترین تعداد روز تا گل‌دهی (۵۵ روز) نیز در ژنوتیپ‌های MCC302، MCC318، MCC466 و MCC316 مشاهده شد. در شرایط بدون تنش، کمترین تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی (۴۱ روز) در ژنوتیپ‌های MCC65، MCC350 و MCC352 و بیشترین تعداد روز تا گل‌دهی (۶۰ روز) نیز در ژنوتیپ‌های MCC312، MCC112، MCC306 و MCC462 به‌دست آمد. این اطلاعات، امکان شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های زودرس را به‌منظور استفاده در مناطقی که خشکی انتهای فصل، عملکرد و میزان محصول را تهدید می‌کند، فراهم می‌آورد. در آزمایشی بر روی لوبیای معمولی، لوبیای چشم‌بلبلی و نخود گزارش شد که مهم‌ترین و اثرگذارترین مرحله بر کاهش عملکرد در هر سه گیاه مورد آزمایش، مرحله گل‌دهی و تشکیل غلاف می‌باشد (Tesfaye *et al.*, 2006). همچنین در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه نخود، دوره رشد زایشی حساس‌ترین مرحله، به اثرات تنش خشکی معرفی گردیده است (Leport *et al.*, 2006).

بررسی میزان وزن ۱۰۰دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که میانگین وزن ۱۰۰دانه در ۱۵۰ ژنوتیپ در دو شرایط تنش و بدون تنش، متفاوت بود، به طوری که در شرایط تنش، میزان آن ۱۶/۸ گرم و در شرایط بدون تنش ۲۰/۳ گرم بود (جدول ۱). در شرایط دیم، محدودیت آب در دسترس در سراسر فصل رشد و کوتاه شدن دوره رشد رویشی و زایشی و به طور کلی مراحل فنولوژیک گیاه، کاهش وزن ۱۰۰دانه را سبب می‌شود. در آزمایشی بر روی ۳۷۷ ژنوتیپ نخود برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی و گرما در منطقه آنتالیای ترکیه، صفت وزن ۱۰۰دانه به‌عنوان صفتی که کمترین وابستگی را به شرایط محیطی نشان می‌دهد، معرفی و بیان شد که این صفت به جهت دارا بودن بالاترین وراثت‌پذیری، می‌تواند معیاری مناسب در گزینش ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های اصلاحی باشد (Canci & Toker, 2009). همچنین وزن ۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته و درصد پوکی غلاف به عنوان مهم‌ترین صفات در عملکرد تک‌بوته در گیاه نخود معرفی گردیده است (Jamshidimoghadam *et al.*, 2007).

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییرات برخی صفات کمّی ژرم‌پلاسم‌های نخود کابلی مربوط به گروه‌های عملکردی دانه در شرایط تنش و بدون تنش در نیشابور (سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴)

Table 1. Mean, standard deviation and range of some quantitative traits related to Kabuli genotypes chickpea seeds functional groups in stress and non-stress conditions crop in 2005-2006 in Neyshabour

گروه‌های عملکردی (کیلوگرم در هکتار) Functional groups (Kg/ha)	تعداد ژنوتیپ‌ها در هر گروه Number of genotypes per group	شاخص‌های آماری هر گروه Statistical indices of each group	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 Seed weight (g)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)		شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	
			تنش Stress	بدون تنش No stress	تنش Stress	بدون تنش No stress	تنش Stress	بدون تنش No stress
1801-2200	3	میانگین Mean	14.2	25.0	473.2	2012.0	51.4	47.5
		انحراف معیار SD	17.7	5.9	2.3	2.6	0.9	25.9
		دامنه تغییر Range	25.0	8.4	33.3	365.6	1.3	15.4
1601-1800	2	میانگین Mean	20.8	33.8	473.5	1629.8	44.7	44.6
		انحراف معیار SD	1.0	1.6	19.3	1.0	8.3	0.1
		دامنه تغییر Range	1.4	2.2	272.0	140.0	11.8	0.2
1401-1600	6	میانگین Mean	16.5	23.4	328.7	1498.6	37.4	46.4
		انحراف معیار SD	12.7	5.1	31.4	5.3	12.8	9.6
		دامنه تغییر Range	25.7	13.9	739.2	148.3	26.5	25.7
1201-1400	9	میانگین Mean	24.7	23.2	382.3	1293.2	43.8	45.3
		انحراف معیار SD	4.4	5.2	13.4	4.9	11.6	8.3
		دامنه تغییر Range	14.1	17.9	468.1	134.0	35.0	26.9
1001-1200	18	میانگین Mean	23.4	24.6	396.6	1078.2	38.9	46.4
		انحراف معیار SD	7.4	3.9	20.2	4.0	11.6	8.8
		دامنه تغییر Range	33.2	12.8	770.1	82.0	22.4	28.7
501-1000	57	میانگین Mean	16.9	21.9	279.2	747.1	38.7	40.5
		انحراف معیار SD	9.9	6.4	17.5	15.5	10.4	13.3
		دامنه تغییر Range	27.4	31.7	591.0	493.0	38.7	67.2
0-500	55	میانگین Mean	13.5	15.8	214.1	148.2	31.2	28.6
		انحراف معیار SD	10.9	9.7	17.7	21.4	17.8	16.0
		دامنه تغییر Range	29.2	22.1	592.5	500.0	60.8	53.0
کل Total	150	میانگین Mean	16.8	20.3	288.3	669.2	36.2	38.3
		انحراف معیار SD	10.5	8.2	19.4	49.5	14.6	15.2
		دامنه تغییر Range	33.2	33.6	960.0	2185.0	60.8	75.8

بر اساس نتایج، تنوع قابل ملاحظه‌ای در میان ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش مشاهده شد (جدول ۱). در شرایط بدون تنش، بیشترین عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC312 به میزان ۲۱۸۵ کیلوگرم در هکتار و اما در شرایط تنش (کشت دیم)، بیشترین میزان عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC302 با ۹۶۰ کیلو گرم در هکتار مشاهده شد. در بررسی عملکرد، صرف‌نظر از تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مختلف، شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه‌ی کشت و به‌ویژه میزان نزولات جوی در طول فصل رشد نیز نقش مهم و تأثیرگذاری دارد. بر این اساس در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های MCC118، MCC62، MCC50، MCC1، MCC352، MCC427، MCC302 و MCC423 و در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های MCC301، MCC427، MCC117، MCC50، MCC304، MCC380، MCC312 و MCC311 بالاترین مقادیر عملکرد دانه را دارا بودند.

در آزمایشی بر روی ۴۰ لاین مختلف نخود تیپ کابلی که در چهار منطقه کرمانشاه، شیروان، ارومیه و زنجان به‌منظور یافتن لاین‌های زودرس دارای مکانیسم فرار از خشکی انجام

شد، گزارش شد که ۳۵ لاین دارای عملکرد بالاتر از شاهد بودند ولی حساسیت بالا به تنش خشکی داشتند (Sabaghpour *et al*., 2006).

در شرایط تنش خشکی، عدم وجود آب کافی و نیز همراهی آن با درجه‌حرارت‌های بالا (شکل ۱ و ۲) سبب می‌گردد، گیاه درمرحله رشد زایشی تحت تأثیر این محدودیت‌ها قرار گرفته و در پی آن عملکرد اُفت زیادی داشته باشد.

با توجه به اهمیت عملکرد در شرایط بدون تنش به‌عنوان یک مؤلفه مورد توجه در گزینش ژنوتیپ‌ها برای تحمل به خشکی و به‌منظور سهولت مطالعه، تعداد ۳۰ ژنوتیپ که بیشترین عملکرد را (در شرایط آبی) دارا بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند. جدول ۲، عملکرد دانه و تعداد روز تا گل‌دهی آن‌ها را در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین برخی شاخص‌های مقاومت و حساسیت به خشکی را در این ژنوتیپ‌های برتر نشان می‌دهد.

جدول ۲- عملکرد دانه، روز تا گلدهی و شاخص‌های مقاومت، حساسیت و پاسخ به خشکی در ۳۰ ژنوتیپ برتر نخود در نیشابور (سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴)

Table 2. Seed yield, days to flowering and resistance, sensitivity and response to drought indices in 30 genotypes of chickpea in Neyshabour (2005-2006)

شماره ردیف Row number	نام ژنوتیپ (شماره MCC) Genotype name (No. of MCC)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)		تعداد روز از کاشت تا گلدهی Days from planting to flowering		شاخص‌های مقاومت، حساسیت و پاسخ به خشکی Resistance, sensitivity and response to drought indices					
		تنش Stress	بدون تنش No stress	تنش Stress	بدون تنش No stress	TOL	SSI	MP	STI	HM	GMP
1	**312**	0	218.6	0	63.94	2185.57	1.72	1092.78	0.00	0.00	0.00
2	**380**	489.7	1856.9	42.19	47.22	1367.18	1.27	1173.27	1.43	774.99	953.56
3	**304**	456.6	1819.9	47.6	49.94	1363.33	1.29	1138.27	1.31	730.04	911.58
4	**50**	609.2	1636.3	48.75	52.83	1027.13	1.08	1122.72	1.57	887.80	998.38
5	**117**	336.7	1622.3	51.06	57.94	1285.66	1.37	979.50	0.38	557.62	739.05
6	**427**	905.4	1567.4	45.19	50.22	662.08	0.73	1236.40	2.23	1147.76	1191.26
7	**301**	249.9	1520.1	48.06	57.94	1270.12	1.44	885.00	0.60	429.29	616.38
8	**311**	425.1	1513.7	48.06	57.94	1088.57	1.24	969.37	1.01	663.76	802.14
9	**108**	0	1468.4	47.06	49.94	1468.41	1.72	734.21	0.00	0.00	0.00
10	**308**	166.2	1455.7	51.06	56.94	1289.56	1.53	810.95	0.38	298.29	491.83
11	**57**	224.4	1419.6	48.75	51.83	1195.24	1.45	822.03	0.50	387.56	564.43
12	**446**	379.2	1354.2	46.19	50.22	975.02	1.24	866.68	0.81	592.45	716.57
13	**109**	346.6	1345.5	48.06	57.94	998.85	1.28	846.03	0.73	551.21	682.89
14	**106**	171.4	1341.3	50.06	51.94	1169.92	1.50	756.38	0.36	303.99	479.51
15	**378**	495.7	1328.5	48.19	50.22	832.78	1.08	912.06	1.04	721.96	811.46
16	**305**	396.5	1273.9	46.06	56.94	877.45	1.19	835.20	0.79	604.74	710.69
17	**317**	363.2	1266.6	48.06	52.94	903.35	1.23	814.92	0.27	564.58	678.30
18	**352**	639	1255	39.06	41.94	616.03	0.85	947.01	1.26	846.83	895.52
19	**102**	402.2	1252.7	47.06	50.94	850.48	1.17	827.45	0.79	608.91	709.82
20	**306**	246.6	1220.1	49.06	59.94	973.43	1.37	733.34	0.47	410.31	548.54
21	**375**	408.2	1142.5	48.06	49.94	734.31	1.11	775.33	0.73	601.46	682.88
22	**342**	203	1121.4	44.06	43.94	918.41	1.41	662.23	0.36	343.81	477.16
23	**392**	493.5	1118.1	42.19	47.22	624.57	0.96	805.82	0.87	684.79	742.85
24	**444**	283.1	1117	49.19	51.22	833.88	1.29	700.06	0.50	451.74	562.35
25	**302**	960.1	1116	53.06	57.94	155.91	0.24	1038.04	1.69	1032.19	1035.11
26	**6**	498.9	1107.9	49.75	47.83	608.99	0.95	803.35	0.87	687.94	743.41
27	**343**	474.1	1097.1	49.06	52.94	623.07	0.98	785.59	0.82	662.05	721.18
28	**463**	357.7	1096.7	50.19	51.22	738.98	1.16	727.19	0.62	539.45	626.32
29	**470**	252.7	1088.5	50.19	50.22	835.88	1.32	670.60	0.43	410.12	524.43
30	**324**	305	1082	51.06	56.94	777.05	1.24	693.51	0.52	475.84	574.46

مقایسه عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های فوق مشخص ساخت که همه‌ی ژنوتیپ‌هایی که در شرایط بدون تنش (آبی) از عملکرد بالایی برخوردار بودند، لزوماً در شرایط تنش خشکی دارای عملکرد بالایی نیستند. نتایج فوق مؤید این نکته است که در برخی از این ژنوتیپ‌ها، مکانیسم‌های مقاومت و تحمل به خشکی وجود ندارد و یا فاقد کارآیی لازم است.

همچنین ژنوتیپ‌های برتر، از نظر شاخص‌های تحمل، حساسیت و پاسخ به خشکی نیز تفاوت‌های قابل‌توجهی با یکدیگر داشتند (جدول ۲).

نتایج حاصل از مطالعه همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مقاومت به خشکی، نشان‌گر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های GMP، STI، MP، و HM با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود. شاخص SSI، همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط بدون تنش داشت. شاخص TOL همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط بدون تنش داشت اما در شرایط تنش، همبستگی آن با عملکرد، معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد شاخص‌های GMP، STI، MP، و HM، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی باشند. به طور کلی، وجود همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی و عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش، می‌تواند مناسب بودن این شاخص‌ها را برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها نشان دهد.

در ارزیابی واکنش ۱۴ رقم آفتابگردان نسبت به خشکی، گزارش گردید که گزینش بر اساس میانگین بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش، موجب انتخاب ارقامی با عملکرد زیاد و متحمل به خشکی می شود (Razi & Asad, 1998). شاخص‌های میانگین هارمونیک (HM)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها، جهت گزینش ارقام مقاوم به تنش خشکی در نخود معرفی گردیده‌اند (Farshadfar *et al.*, 2000).

بر اساس شاخص‌های TOL وMP، بیان گردید که مقدار بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش است (Rosielle & Hambling, 1981). شاخص‌های GMP، STI، MP و HM، به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نخود معرفی شدند (Ganjeali *et al.*, 2005). درآزمایشی بر روی لاین‌های نخود زراعی در شرایط تنش خشکی، شاخص‌های مقاومت به خشکی در این گیاه بررسی و نهایتاً شاخص‌های MP وSTI مناسب‌ترین شاخص جهت گزینش ارقام دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش معرفی شدند (Kanouni *et al.*, 2002).

درتحقیقات انجام شده توسط محققان بر روی ژنوتیپ‌های کنجد، شاخص‌های GMP، STI، MP و HM، بر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ شاخص‌های GMP، MP و STI، در لاین‌های گندم، شاخص‌های TOL و SSI و نیز بر روی لاین‌های گندم نان، شاخص‌های MP و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها معرفی شده‌اند. این انتخاب بر اساس اختلافات معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها و ارقام از نظر شاخص‌های ذکر شده صورت گرفته که امکان بررسی تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها را فراهم نموده‌اند (Ashkani, 2002; Golestani & Pakniyat, 2004; Usefiazar & Rezaei, 2004).

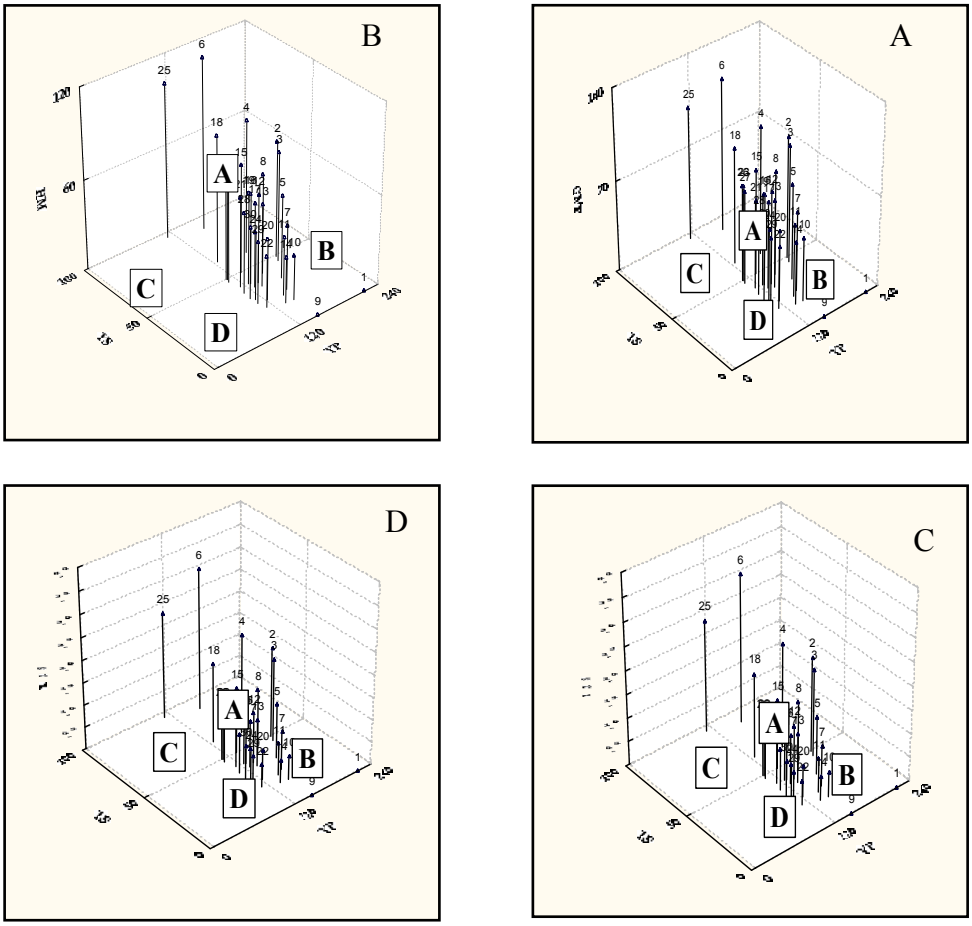
در آزمایشی جهت بررسی لاین‌های نخود از نظر شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی و پس از تحلیل همبستگی عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش، سه شاخص GMP، STI و MP در هر دو محیط تنش و بدون تنش به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی معرفی گردیدند (Farayedi, 2004).

در آزمایش حاضر، از نمودار پراکنش سه‌بعدی نیز جهت تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی استفاده شد که در آن، رابطه بین سه متغیر عملکرد در شرایط تنش (Ys)، بدون تنش (Yp) و شاخص‌های مقاومت به خشکی مانند GMP، MH، MP و STI بررسی گردید (شکل ۳). در نمودار پراکنش سه‌بعدی با تقسیم‌بندی سطح پایین نمودار (سطح X با Y) به چهار قسمت مساوی، ژنوتیپ‌ها به چهار گروه مجزا دسته‌بندی شدند. در گروه A، ژنوتیپ‌های MCC427، MCC352 و MCC50 قرار گرفتند که در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالایی بودند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC375، MCC324، MCC444، MCC470 و MCC342 نیز در گروه D قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد پایین در هر دو محیط تنش و بدون تنش بودند و بنابراین در گروه نمونه‌های حساس به خشکی قرار گرفتند که جهت کشت در شرایط دیم و مناطق کم‌باران مناسب نمی‌باشند (شکل ۳).

نتیجه‌گیری

ژنوتیپ‌های نخود مورد بررسی در این آزمایش، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای را از نظر عملکرد دانه و نیز شاخص‌های

مقاومت، حساسیت و پاسخ به خشکی نشان دادند که بر همین اساس، ۳۰ نمونه‌ی برتر از نظر عملکرد دانه، معرفی شدند. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه همبستگی صفات، شاخص‌های GMP، STI، MP و HM در نخود، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، مطرح می‌باشند. بر اساس مجموعه‌ی بررسی‌ها، ژنوتیپ‌های MCC352، MCC50 و MCC427، به‌عنوان ژنوتیپ‌های نخود متحمل به خشکی پیشنهاد می‌شوند. در مجموع می‌توان ابراز داشت که با توجه به تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌های تیپ کابلی نخود، اصلاح و معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی برای این گیاه، امکان‌پذیر است.



شکل ۳- نمودار پراکنش سه‌بعدی بین عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp)، عملکرد در شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های (الف) GMP، (ب) HM، (ج) MP و (د) STI در ۳۰ ژنوتیپ برتر نخود در نیشابور (سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴)

Fig. 3. Dimensional plot between yield under no stress (Yp), yield under stress (Ys) and (A) GMP, (B) HM, (C) MP and (D) STI indices in 30 chickpea genotypes in Neyshabour (2005-2006)

منابع

1. Acosta-Gollegos, J.A., and Adams, M.W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. J. Agric. Sci. Camb. 117: 213-219.
2. Arnon, J. 1972 .Crop Production in Dry Region. Leonard Hill Publisher, London.
3. Ashkani, J. 2002. Determine drought resistance of spring safflower and some indicators of drought resistance. MSc. Thesis, Plant Breeding, College of Agriculture, Shiraz University.
4. Bidinger, F.R., Chandra, S., and Mahalakshmi, V. 1999. Genetic improvement of tolerance to terminal drought stress in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). In: J.M. Ribaut and D. Poland (Eds.). Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments (Final Report) p. 59-64. A Strategic Planning Workshop, held at CIMMYT, El Batan, Mexico, June 21-25 1999.
5. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press. Boca Raton.
6. Canci, H., and Toker, C. 2009. Evaluation of yield criteria for drought and heat resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). J. Agronomy & Crop Science 195: 47-54.
7. Farayedi, E. 2004. Evaluation of drought resistance in chickpea genotypes Kabuli. Journal of Agriculture 6: 38-27. (In Persian).
8. Farshadfar, E., Zamani, M., Motalebi, M., and Imamjomeh, A. 2000. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian J. of Agric. Sci. 32: 65-77. (In Persian with English summary).
9. Fernandes, G.C.J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G. You (Ed.). Adaptation of Food Crop to Temperature and Water Stress, Avrrdc, Hanhua, Taiwan, p. 257-270.
10. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agris. Res. 29: 897-912.
11. Ganjeali, A., Kafi, M., Bagheri, A., and Shahriyari, F. 2005. Screening for drought tolerance in chickpea genotypes (C*icer arietinum* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 3:103-122. (In Persian with English summary).
12. Golestani, M. And Pakniyat, H. 2004. Evaluation of drought tolerance indices in sesame lines. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 41: 149-141. (In Persian).
13. Jamshidimoghadam, M., Pakniyat, H., and Farshadfar, E. 2007. Evaluation of drought tolerance of chickpea lines using agro-physiologic characteristics. Seed and Plant 23: 325-342. (In Persian with English summary).
14. Kanouni, H., Kazemi Abrat. H., Moghaddam. M., and Nishabouri, M.R. 2002. Selection of chickpea entries for drought resistance. Agric. Sci. 12: 109-122. (In Persian with English summary).
15. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236-246.
16. Razi, H., and Asad, M. 1998. Evaluate changes in agronomic traits and criteria of drought tolerance in sunflower cultivars. Journal of Natural Resources and Agricultural Sciences 2: 42-31. (In Persian).
17. Rosielle, A.A., and Hambling, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.
18. Sabaghpour, S.H., Mahmodi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malhotra, R.S. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dry land condition of Iran. Indian J. Crop Science 1: 70-73. (In Persian).
19. Saxena, M.S., and Singh, K.B. 1997. The Chickpea. First Edition (Translation: A.R. Bagheri, A. Nezami, A. Ganjeali and M. Parsa). Mashhad University Jahad. p. 444.
20. Silim, S.N., Saxena, M.C., and Singh, K.B. 1988. Evaluation of spring-sown chickpea for drought tolerance. Annual Report, ICARDA, Aleppo, Syria.
21. Singh, K.B., and Saxena, M.S. 2000. Breeding for stress tolerance in cool season food legumes. First Edition (Translation: A.R. Bagheri, A. Nezami and M. Soltani). Research Organizations, Education and Agricultural Extension. p. 445.
22. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25: 60-70.

23. Thagana, W.M., Gethi, M., Mursoy, R., and Silim, S. 2009. A promising new food legume crop for drought prone cool areas of Kenya. African Crop Science Conference Proceedings 9: 777-780.
24. Usefiazar, M., and Rezaei, A. 2004. Evaluation of drought tolerance in wheat lines. Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources 42: 121-113.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 2, No. 1, 2011, p. 27-38

Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Neyshabour region

Ganjeali[1*], A., Joveynipour[2], S., Porsa[3], H., & Bagheri[1], A.

1- Contributions from College of Sciences and Agriculture, respectively- Ferdowsi University of Mashhad
2- MSc. of Agronomy, Sama Technical & Vocational Training College, Islamic Azad University, Neyshabour Branch, Neyshabour, IRAN
3- Ferdowsi University of Mashhad, Research Center for Plant Sciences

Received: 10 July 2010
Accepted: 1 February 2011

Abstract

In order to evaluate and selection of drought tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes and to identify the best indices for drought tolerance, an experiment was conducted at Agricultural Research Station of Neyshabour during 2005-2006 growing season. In this study, 150 Kabuli chickpea genotypes from Mashhad Chickpea Collection of Ferdowsi University of Mashhad, were evaluated in Augmented Design for Preliminary Yield Trials with 6 controls (including drought-sensitive variety, current cultivars and local check). Quantitative drought tolerance and susceptibility indices such as stress tolerance index (STI), stress susceptibility index (SSI), mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), tolerance index (TOL) and harmonic mean (HM) were estimated based on seed yield in stress and non stress conditions. There were significant differences among genotypes for drought tolerance indices except for TOL and SSI. The highest seed yield in stress condition was found in genotypes MCC302, MCC427, MCC352, MCC1, MCC50, MCC62, MCC118 and MCC423 with 960, 905, 638, 625, 609, 602, 592, and 581 kg/ha, respectively. The highest seed yield in non-stress condition was observed in genotypes MCC312, MCC380, MCC304, MCC50, MCC117, MCC427, MCC301 and MCC311 with 2185, 1856, 1820, 1636, 1622, 1567, 1520 and 1514 kg/ha, respectively. According to the results of regression analysis, MP, STI, GMP and HM indices in chickpea were the best indices for selection drought tolerant genotypes of chickpea. Based on these results, genotype numbers of MCC50, MCC352 and MCC427 are recommended as drought tolerant chickpea genotypes.

Key Words: Augmented design, Chickpea, Drought stress, Drought tolerance indices

* **Corresponding Author:** E-mail: ganjeali@um.ac.ir, Tel.: 09153057645