

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

علی گنجعلی^{۱*}، سعید جوینی پور^۲، حسن پُرسا^۳ و عبدالرضا باقری^۴

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

به منظور 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 آگمنت به همراه شیش شاهد (شامل نمونه حساس به خشکی، ارقام نخود رایج در کشور و شاهد رقم محلی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمایش، شاخص‌های کمی 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 کمی مقاومت به خشکی (به جز شاخص‌های SSI و TOL)، تفاوت‌های آماری معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P \leq 0.05$). بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش، در ژنوتیپ‌های MCC302، MCC427، MCC352، MCC1، MCC50، MCC62، MCC118 و MCC423 به ترتیب 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 به ترتیب با عملکرد ۲۱۸۵، ۱۸۵۶، ۱۸۲۰، ۱۶۳۶، ۱۶۲۲، ۱۵۶۷، ۱۵۲۰ و ۱۵۱۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه همبستگی صفات در این آزمایش، شاخص‌های STI، GMP، MP و HM به عنوان بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، مشخص شدند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های MCC50، MCC352 و MCC427 به عنوان ژنوتیپ‌های نخود متحمل به خشکی پیشنهاد می‌شوند.

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

مقدمه

حبوبات به عنوان منبع غذایی انسان و دام دارای اهمیت زیادی بوده و نه تنها 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، به عنوان محصولی که در بین سایر حبوبات دارای سطح زیر کشت، تولید و اهمیت بیشتری می‌باشد، همواره کم و متغیر بوده است (Ganjeali et al., 2005). در مناطق خشک همانند کشور ما، تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین دلیل این

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، به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین (با محتوای ۱۸ تا ۳۲ درصد) معطوف گردد (Saxena & Singh, 1997; Singh & Saxena, 2000).

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

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)^۱ 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)^۲ و همچنین میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در دو محیط تنش و بدون تنش به عنوان شاخص متوسط تولید (MP)^۳ 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 کارایی ندارد (Fernandes, 1993; Usefiazar & Rezaei, 2004).

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

مسئله عنوان می‌گردد و تلاش محققین کشاورزی پیوسته در جهت یافتن ژنوتیپ‌ها و ارقام مقاوم به خشکی و نیز اعمال 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 وارته‌های 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 صورتی که 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

¹ Stress Susceptibility Index

² Tolerance Index

³ Mean Productivity Index

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 کارایی 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^۴، با رعایت پوشش مناسب از مناطق مختلف کشت نخود در کشور انتخاب و در قالب طرح ارزیابی مقدماتی عملکرد آگمنت^۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمایش، شش نمونه نخود نیز به‌عنوان 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

گردید؛ شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)^۱ که بر اساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها، تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود و نیز شاخص تحمل به تنش (STI)^۲ 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)^۳ 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، STI، GMP 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

⁴ Mashhad Chickpea Collection (MCC)

⁵ Augmented Designs for Preliminary Yield Trials

¹ Geometric Mean Productivity

² Stress Tolerance Index

³ Stress Intensity

هیچ‌گونه آبیاری تا انتهای فصل رشد انجام نگرفت. در طول فصل رشد، عملیات وجین علف‌های هرز 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 به صورت جداگانه برداشت گردید. شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی، با استفاده از عملکرد گیاهان در شرایط بدون تنش (Y_p) و شرایط تنش (Y_s)، با استفاده از فرمول‌های موجود (Canci & Toker, 2009; Fernandes, 1993; Fisher & Maurer, 1978) به شرح زیر محاسبه شدند:

$$TOL = Y_p - Y_s$$

$$MP = (Y_p + Y_s) / 2$$

$$STI = (Y_p \cdot Y_s) / (\bar{Y}_p)^2$$

$$GMP = (Y_p \cdot Y_s)^{0.5}$$

$$HM = 2(Y_p \cdot Y_s) / (Y_p + Y_s)$$

$$SSI = (1 - (Y_s / Y_p)) / SI, SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

Tolerance Index

Mean Productivity Index

Stress Tolerance Index

Geometric Mean Productivity

Harmonic Mean Index

Stress Susceptibility Index

(۱) شاخص تحمل

(۲) شاخص بهره‌وری متوسط

(۲) شاخص تحمل به تنش

(۳) شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

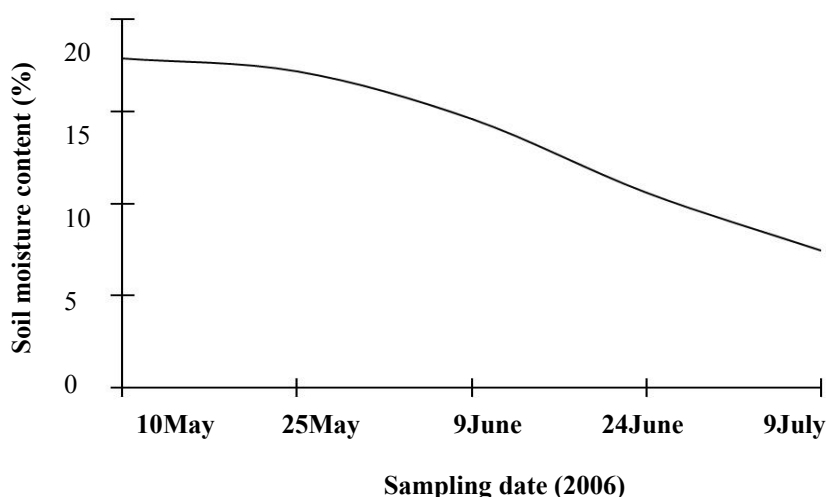
هارمونیک (۴) شاخص میانگین

(۵) شاخص حساسیت به تنش

\bar{Y}_p : میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش، \bar{Y}_s : میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، SI: شدت تنش
 \bar{Y}_p : average yield of all genotypes under no stress, \bar{Y}_s : The average yield of all genotypes under stress, SI: Stress Intensity

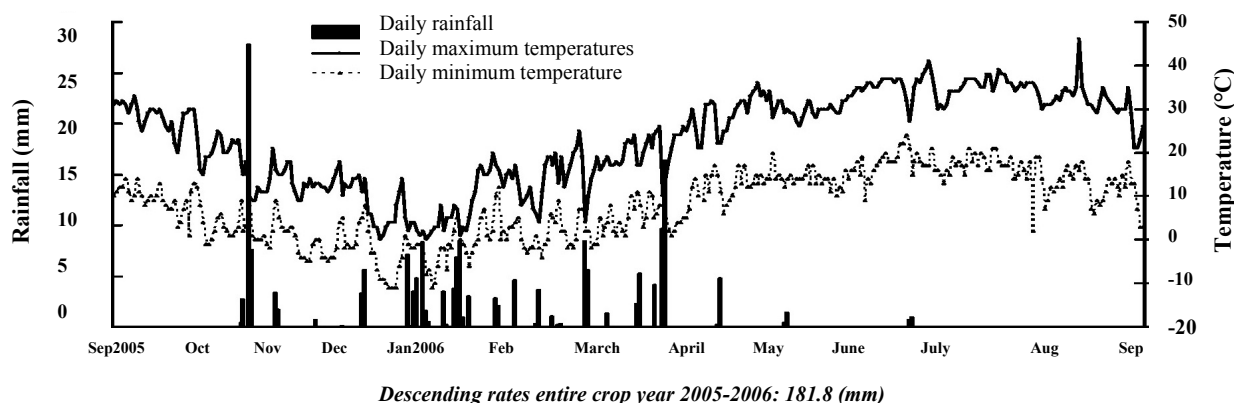
آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت. برای تعیین روابط بین صفات، رسم نمودارها و نیز ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها، از نرم‌افزار رایانه‌ای STATISTICA استفاده شد.

مقادیر شاخص‌های کمی، به همراه داده‌های عملکرد دانه در شرایط تنش و غیرتنش با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و JMP، تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از



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 ۱۳۸۴-۸۵

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 درجه حرارت 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 کمی، عملکرد و نیز واکنش به شرایط تنش خشکی، اختلاف و تنوع قابل توجهی نشان دادند (جدول ۱). این تنوع در تعداد روز 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 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 به دست آمد. این اطلاعات، امکان شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های زودرس را به منظور 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 (Tsfaye *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 ۱۰۰ دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که میانگین وزن ۱۰۰ دانه 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 ۱۰۰ دانه 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 ۱۰۰ دانه به عنوان 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 ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته و درصد پوکی غلاف به عنوان مهم‌ترین صفات در عملکرد تک‌بوته در گیاه نخود معرفی گردیده است (Jamshidimoghdam *et al.*, 2007).

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییرات برخی صفات کمی ژرم پلاسماهای 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

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

تأثیرگذاری دارد. بر این اساس در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های MCC352، MCC1، MCC50، MCC62، MCC118، MCC427، MCC302 و MCC423 و در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های MCC50، MCC117، MCC427، MCC301، 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

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 کیلوگرم 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

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.

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 در مرحله رشد زایشی تحت تأثیر این محدودیت‌ها قرار گرفته و در پی آن عملکرد آفت زیادی داشته باشد.

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		تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی		شاخص‌های مقاومت، حساسیت و پاسخ به خشکی Resistance, sensitivity and response to drought indices					
		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)		تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی Days from planting to flowering		TOL	SSI	MP	STI	HM	GMP
		تنش Stress	بدون تنش No stress	تنش Stress	بدون تنش No stress						
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

گیاه بررسی و نهایتاً شاخص‌های MP و STI مناسب‌ترین شاخص جهت گزینش ارقام دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش معرفی شدند (Kanouni et al., 2002).

در تحقیقات انجام شده توسط محققان بر روی ژنوتیپ‌های کنجد، شاخص‌های STI، GMP، MP و HM، بر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ شاخص‌های MP، GMP، 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 به عنوان 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

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 کارایی لازم است.

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

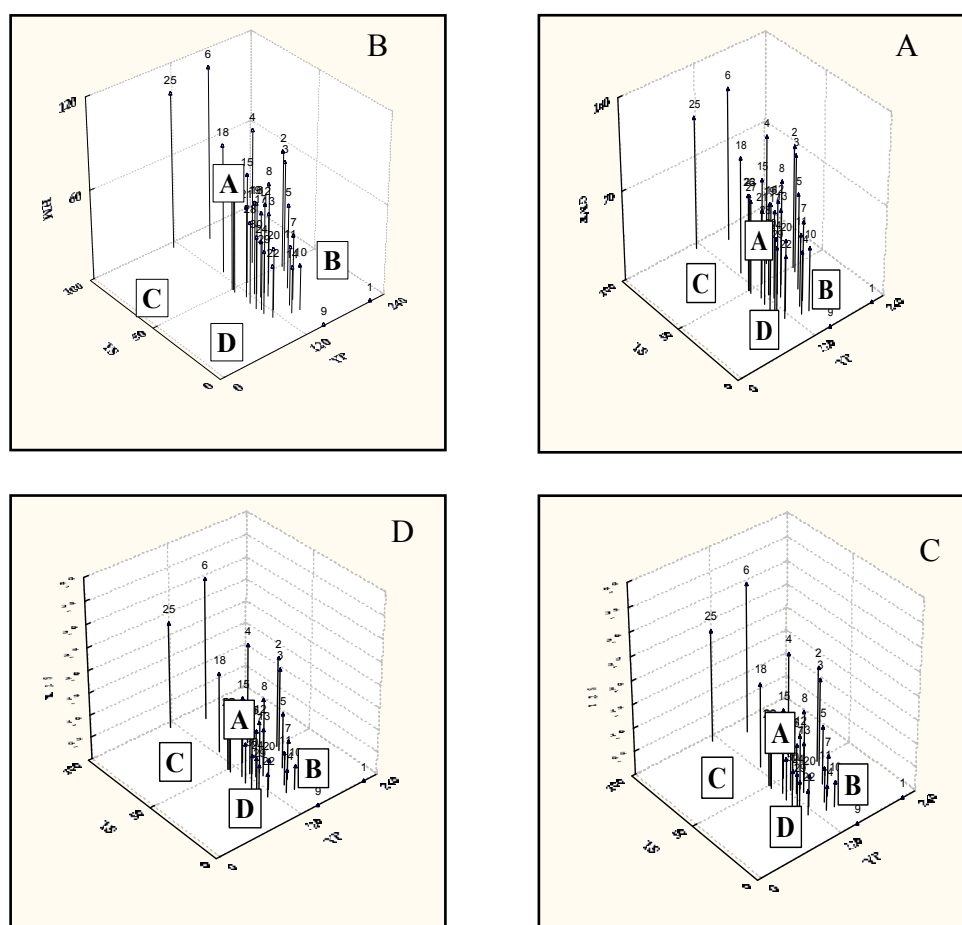
نتایج حاصل از مطالعه همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مقاومت به خشکی، نشان‌گر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های GMP، STI، MP، و HM با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود. شاخص SSI، همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط بدون 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. به نظر 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 می‌شود (Razi & Asad, 1998). شاخص‌های میانگین هارمونیک (HM)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها، جهت گزینش ارقام مقاوم به تنش خشکی در نخود معرفی گردیده‌اند (Farshadfar et al., 2000).

بر اساس شاخص‌های TOL و MP، بیان گردید که مقدار بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش است (Rosielle & Hambling, 1981). شاخص‌های STI، GMP، MP و HM، به عنوان شاخص‌های مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نخود معرفی شدند (Ganjeali et al., 2005). در آزمایشی بر روی لاین‌های نخود زراعی در شرایط تنش خشکی، شاخص‌های مقاومت به خشکی در این

MCC427 و MCC50، 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.

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



شکل ۳- نمودار پراکنش سه‌بعدی بین عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_p)، عملکرد در شرایط تنش (Y_s) 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 (Y_p), yield under stress (Y_s) 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 (*Cicer 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 Jihad. 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.

Selection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotypes in Neyshabour region

Ganjeali^{1*}, A., Joveynipour², S., Porsa³, H., & Bagheri¹, 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