

ارزیابی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) از نظر تحمل تنش خشکی

Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes for Drought Tolerance

عزت‌الله فرشادفر^۱ و جواد جوادی‌نیا^۲

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴/۱۶

چکیده

فرشادفر، ع.، و جوادی‌نیا، ج. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) از نظر تحمل تنش خشکی. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۲۷-۲۲: ۵۳۷-۵۱۷.

در این بررسی واکنش بیست ژنوتیپ نخود به تنش خشکی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو شرایط تنش آبی و بدون تنش انجام شد. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها از نظر بیشتر صفات نشان داد. حداکثر عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش به ژنوتیپ X96TH41K4 تعلق داشت. ضرائب تغییرات ناشی از تنش خشکی نشان داد که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی مربوط به میزان عملکرد دانه بود که نسبت به شرایط بدون تنش ۶۲/۴۶ درصد کاهش نشان داد. تنش در مورد صفات درصد پوکی غلاف، پایداری غشای سلولی، کلروفیل بر اساس واحد اسپد و میزان پرولین اثر مثبت نشان داد. نتایج تجزیه رگرسیون قدم به قدم در شرایط بدون تنش نشان داد که مهم‌ترین عوامل موثر بر عملکرد روز تا رسیدگی، میزان آب نسبی، آب نسبی از دست رفته و درصد پوکی غلاف بودند که ۵۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در شرایط تنش، آب نسبی از دست رفته، تعداد غلاف در بوته و پایداری غشاء سلولی ۵۲٪ از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میانگین عملکرد و زیست توده، شاخص برداشت، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، آب نسبی از دست رفته و شاخص تحمل تنش در شرایط تنش مشاهده شد. تجزیه خوشه ای ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه متفاوت طبقه‌بندی کرد و X96TH41K4 به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ در یک گروه مجزا قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: نخود، تنش خشکی، شاخص تحمل تنش، صفات فیزیولوژیکی.

مقدمه

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) دومین گیاه مهم از گروه گیاهان موسوم به حبوبات در جهان است. با توجه به اهمیت حبوبات به عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک، تلاش‌های زیادی در جهت تعیین تحمل خشکی بر اساس کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری انجام شده است (Gunes *et al.*, 2008).

آبیاری به طور کلی ارزش اکثر صفات در گیاه نخود را افزایش می‌دهد به طوری که بین زیست توده، عملکرد دانه و آبیاری تکمیلی یک ارتباط خطی وجود دارد (Johansen *et al.*, 1994). در یک تحقیق در شرایط تنش و بدون تنش، آبیاری باعث تجمع بیشتر ماده خشک در گیاه نخود شد و توزیع این مواد را بهتر کرد به طوری که سهم بیشتری از این مواد به غلاف‌ها اختصاص یافت (Prabhakar and Saraf, 1990).

نیلسن (Nielsen, 2001) در بررسی چند ساله روی حبوبات (نخود، نخودفرنگی و ماش) گزارش کرد که همبستگی بالایی بین مصرف آب و عملکرد دانه وجود دارد، به طوری که بالاترین پاسخ را گیاه نخود (هر میلی‌متر افزایش در مصرف آب ۱۰/۶ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد) نشان داد. ساکسنا و همکاران (Sexena *et al.*, 1993) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی برای رهایی از تنش رطوبتی

خاک در مراحل بحرانی رشد گیاه موجب افزایش عملکرد در نخود می‌شود.

چق‌امیرزا و فرشادفر (Chaghamirza and Farshadfar, 2005) روابط بین عملکرد و اجزای آن را روی ۱۰۳ ژنوتیپ نخود کابلی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که صفاتی همچون تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، وزن صد دانه و عرض کانوپی همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته و با توجه به تنوع کافی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی جهت گزینش برای بیشترین عملکرد دانه، صفاتی همچون تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه می‌توانند به عنوان توصیف‌کننده تغییرات به کار برده شوند. در مطالعات گوپتا و همکاران (Gupta *et al.*, 1972) و راجو و همکاران (Raju *et al.*, 1978) همبستگی بین روز تا گلدهی و عملکرد مثبت و معنی‌دار بود. طولانی‌تر شدن طول دوره رویش ممکن است سبب افزایش کل ماده خشک، طولانی‌تر شدن زمان پر شدن دانه و یا رشد میوه و در نتیجه تولید دانه یا میوه شود. اما بیشتر شدن طول دوره رویش همیشه دارای همبستگی مثبت با عملکرد نیست و این در حالی است که افزایش طول دوره پر شدن دانه همیشه سبب افزایش عملکرد می‌شود (Farshadfar, 1997).

اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه به عنوان یک شاخص مهم در شناسایی پاسخ گیاهان به تنش

تجمع پرولین آزاد در پاسخ به تنش اسمزی نیز یک واکنش سازگاری محسوب می‌شود که نه تنها در گیاهان بلکه در سایر موجودات نیز دیده می‌شود (Kocheva and Gorgiev, 2003). گیاهان دارای تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل یون‌ها (K^+)، مولکول‌های کوچک (پرولین)، قندهای محلول و سایر مواد، بهتر می‌توانند در شرایط کمبود آب خاک تا حدودی آب را جذب کنند.

وقتی گیاهان در شرایط تنش قرار می‌گیرند در جهت سازگاری با این شرایط تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متفاوت در آن‌ها به وجود می‌آید. از تغییرات عمده بیوشیمیایی که در اثر کمبود آب در گیاه رخ می‌دهد، تغییر پروتئین‌های گیاهی و اسیدهای آمینه است. در این مورد مطالعاتی بر روی نخود به عمل آمده و کاهش پروتئین‌های محلول و تجمع اسیدهای آمینه‌ی اسپاراتیک، اسید گلوتامیک، پرولین، لوسین و آرژنین در اثر تنش خشکی نشان داده شده است (Singh *et al.*, 1995).

در مناطق نیمه خشک که بارندگی مناسب نیست، پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها (مقایسه میزان عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش) به عنوان معیار مناسبی برای ارزیابی تحمل خشکی پذیرفته شده است (Simane *et al.*, 1993). فرناندز (Fernandez, 1992) بیست و یک رقم ماش را برای تعیین ارقام متحمل با پتانسیل عملکرد بالا، در دو شدت تنش مورد ارزیابی

خشکی مطرح است به طوری که زیاد بودن میزان آب نسبی برگ و کم بودن سرعت از دست رفتن آب نشان‌دهنده سازگاری به خشکی در ژنوتیپ‌ها است و می‌تواند به عنوان یک معیار گزینش برای تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (Winter *et al.*, 1988)؛ Sivakumar and Singh, 1987). فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان زراعی است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش محیطی برای ثبات عملکرد دانه مهم است. داوان و سینگ (Dhawan and Singh, 1983) نشان دادند که سرعت فتوسنتزی و فعالیت آنزیم رابیسکو در گیاه نخود همبستگی مثبتی با عملکرد دارد و لذا پایداری کلروفیل به عنوان یک معیار تحمل به خشکی برای انتخاب ارقام پیشنهاد شده است.

در شرایط تنش خشکی، اولین نتیجه آسیب پلاسمالما است (Levitt, 1980). در نتیجه تغییر غشا سلولی نفوذپذیری سلول افزایش می‌یابد که این امر باعث تراوش الکترولیت‌ها از سلول می‌شود (Blum and Ebercon, 1980). یک استراتژی مهم برای بهبود تحمل خشکی در گیاهان حفظ تمامیت غشاء سلولی پس از تحمیل تنش خشکی است (Vasquez – Tello *et al.*, 1990). از معیار پایداری غشاء سلولی برای تشخیص گیاهان متحمل به خشکی استفاده می‌شود (Kocheva and Gorgiev, 2003)؛ Gavuzzi *et al.*, 1997).

رسیدگی فیزیولوژیکی در دو نوبت (قبل از گلدهی و زمان غلاف‌بندی) آبیاری انجام شد. در طول دوره اجرای طرح از هیچ نوع کودی استفاده نشد و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد، همچنین برای مقابله با کرم غلاف‌خوار نخود مزرعه یک بار با سم فن‌والریت سمپاشی شد. برداشت در اوایل مردادماه ۱۳۸۶ انجام شد. برای انجام یادداشت‌برداری‌ها از هر ژنوتیپ در هر تکرار چهار بوته به تصادف انتخاب شد. خصوصیات فیزیولوژیکی در زمان رشد گیاه و بعد از گلدهی گیاه در هر دو تیمار آبی و تنش رطوبتی به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

۱- محتوای آب نسبی برگ

(Relative Water Content: RWC)
نیم گرم از جوان‌ترین برگ توسعه یافته هر گیاه (FW) جدا شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت روی آب مقطر شناور شدند. چهار ساعت بعد از آب‌گیری، قطعات برگ بلافاصله وزن شدند تا وزن در هنگام تورژسانس (TW) به دست آید. پس از آن قطعات برگ در آون 70°C به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند تا وزن خشک ثابت (DW) به دست آید. RWC از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Gunes *et al.*, 2008):

$$RWC\% = \left| \frac{(FW-DW)}{(TW-DW)} \right| \times 100$$

قرارداد و شاخص تحمل تنش را معرفی کرد. این شاخص قادر است ژنوتیپ‌هایی را که در دو محیط تنش و غیر تنش دارای عملکرد بالایی هستند تشخیص دهد.

این تحقیق به منظور ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های نخود به تنش خشکی و گزینش لاین‌های برتر بر اساس صفات مورفولوژیک، فنولوژیک، فیزیولوژیک و شاخص STI اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های نخود آزمایشی روی نوزده ژنوتیپ نخود به همراه رقم محلی بیونج به عنوان شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو سطح تنش و بدون تنش در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. در مزرعه هر کرت آزمایشی شامل سه خط دو متری با فاصله ۶۰ سانتی‌متر بین هر ردیف و فاصله ۱۰-۸ سانتی‌متر بین بوته‌ها بود.

کاشت در اواخر اسفند سال ۱۳۸۵ انجام شد و اولین بارندگی پس از کاشت به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. از این تاریخ به بعد طرح آزمایشی واجد تنش تا موقع برداشت آبیاری نشد و با توجه به این که تنش خشکی در فصل بهار قبل از مرحله گلدهی شروع شد، در تیمار بدون تنش قبل از زمان گلدهی تا

شاهد در قرائت‌های اول و دوم است.

۴- کلروفیل فلورسنس

(Chlorophyll fluorescence: CHF)

این صفت در مرحله حدود ۵۰٪ گلدهی اندازه‌گیری شد. بدین منظور پنج برگ از هر ژنوتیپ در هر تکرار انتخاب و عملکرد کوانتومی آن‌ها با دستگاه تجزیه عملکرد فتوسنتز (MINI-PAM) اندازه‌گیری و سپس از رابطه زیر کلروفیل فلورسنس محاسبه شد:

$$Q_y = F_v/F_m$$

که در آن F_m ماگزیمم عملکرد فلوروسنس و F_v تغییرات عملکرد فلوروسنس را نشان می‌دهد (Genty *et al.*, 1989).

۵- قرائت اسپد

(Soil and Plant Analyzer Division: SPAD)

اندازه‌گیری توسط این دستگاه بر اساس رنگ برگ انجام می‌شود. برای این منظور از هر کرت سه بوته انتخاب شد و قرائت اسپد از میانگین عددی این سه بوته برای آن کرت در نظر گرفته شد.

۶- تعیین غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و

کلروفیل کل

غلظت کلروفیل a (Chl-a)، کلروفیل b (Chl-b) و کلروفیل کل (Chl-T) بر اساس روش (Ashraf *et al.*, 1994) استخراج شد و میزان جذب نور توسط عصاره استخراج شده با

۲- محتوای آب نسبی از دست رفته برگ

(Relative Water Loss: RWL)

برای اندازه‌گیری این صفت ۰/۵ گرم از برگ‌های جوان از بوته‌های هر کرت جدا و بلافاصله وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری شد (FW). برگ‌ها در دمای ۳۵°C به مدت پنج ساعت نگهداری و بلافاصله وزن پژمردگی آن‌ها اندازه‌گیری شد (WW5H). پس از آن برگ‌ها را در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک کرده و وزن خشک آن‌ها به دست آمد (DW) و در نهایت میزان آب نسبی از دست رفته برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Egert and Tevini, 2002):

$$RWC\% = \left| \frac{(FW - WW5H)}{(TW - DW)} \right| \times 100$$

۳- پایداری غشاء سلولی

(Cell Membrane Stability: CMS)

برای اندازه‌گیری پایداری غشاء سلولی از روش (Kocheva and Gorgiev, 2003) با دستگاه EC سنج و از رابطه زیر استفاده شد:

$$CMS(\%) = 100 - \{1 - (1 - T_1/T_2) / 1 - C_1/C_2\} \times 100$$

که در آن T_1 و T_2 هدایت الکتریکی نمونه‌ها در محیط تنش در قرائت‌های اول و دوم و C_1 و C_2 هدایت الکتریکی نمونه‌ها در محیط

اندازه‌گیری میزان پرولین

یک میلی‌لیتر از محلول هر نمونه را در لوله آزمایش ریخته و به آن یک میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و یک میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در بن‌ماری جوشان 100°C قرار گرفتند تا زمانی که رنگ آجری تولید شده تثبیت شود. لوله‌ها بلافاصله در آب یخ قرار داده شدند تا واکنش سریعاً متوقف شود. به هر لوله، دو میلی‌لیتر تولوئن افزوده و محتویات لوله به خوبی مخلوط شد. از محلول قرمز رنگ فاز بالایی نمونه‌برداری و در طول موج 520 نانومتر مقدار جذب آن قرائت شد (Bartles and Sunkar, 2005) و مقدار پرولین با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد. واحد اندازه‌گیری، میکرومول پرولین بر گرم وزن خشک است.

$$\text{Proline} = \left[\frac{CDV}{DM \times 115.5 \times 10^6} \right] \times 10^5$$

که در آن C میزان جذب پرولین در طول موج 520 nm بر اساس غلظت‌های مشخص پرولین در معادله رگرسیون، D: درجه رقت، V: حجم تولوئن استفاده شده و DM: وزن خشک نمونه برگ استفاده شده هستند.

در مراحل رشدی گیاه صفات تعداد روز تا گلدهی (Days to flowering : DTF)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (Days to physiological maturity: DPM) و

استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج 663 و 645 نانومتر تعیین شد. با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b و کل بر حسب میکروگرم بر میلی‌لیتر متانول محاسبه شد:

$$\text{Chlorophyll a } (\mu\text{gml}^{-1}) = 16.5 \times A_{665} - 8.3 \times A_{650}$$

$$\text{Chlorophyll a } (\mu\text{gml}^{-1}) = 33.8 \times A_{650} - 12.5 \times A_{665}$$

$$\text{Total Chlorophyll } (\mu\text{gml}^{-1}) = 25.8 \times A_{650} + 4.0 \times A_{665}$$

۷- میزان پرولین

(Proline Content: PC)

در مرحله پر شدن دانه مقدار 0.5 گرم برگ از هر کرت نمونه‌برداری و پس از شستشو، برگ‌ها در میان کاغذ روزنامه آبگیری شدند. برگ‌ها به مدت سه روز در پاکت درون آن 80°C قرار داده شدند و پس از تثبیت وزن خشک، نمونه‌ها با هاون چینی پودر شده و در لوله‌های در بسته نگهداری شدند. مقدار 0.1 گرم پودر برگ خشک با ترازوی دیجیتالی با دقت ده هزارم توزین و در ظرف شیشه‌ای کوچک ریخته و روی آن 10 میلی‌لیتر محلول سولفوسالسیلیک اسید (SSA) اضافه کرده پس از 48 ساعت نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شدند و از محلول صاف شده برای اندازه‌گیری پرولین استفاده شد.

نشان‌دهنده درجه حساسیت آن صفت نسبت به شرایط تنش خشکی است. مثبت بودن درصد تغییر صفت به معنی افت میزان آن صفت و منفی بودن آن به منزله افزایش میزان آن صفت در محیط‌های تنش خواهد بود که با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$(Percentage\ of\ changes) = \frac{\bar{X}_{normal} - \bar{X}_{stress}}{\bar{X}_{normal}} \times 100$$

در این فرمول \bar{X}_{normal} میانگین صفت در شرایط بدون تنش و \bar{X}_{stress} میانگین صفت در شرایط تنش است. شاخص برداشت (Harvest index=HI) برای تمامی ارقام از تقسیم عملکرد دانه هر ژنوتیپ در هر تکرار بر عملکرد بیولوژیکی (بیوماس) همان ژنوتیپ در همان تکرار محاسبه شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SPSS و MSTATC استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات در شرایط تنش خشکی بر مبنای طرح بلوک کامل تصادفی نشان داد که در مورد بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده (عملکرد، بیوماس، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، درصد پوکی، طول و عرض دانه، روز تا رسیدگی، پایداری غشاء کلروفیل a و کلروفیل کل) اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده می‌شود که نمایانگر تفاوت بین ژنوتیپ‌ها و

مدت زمان پر شدن دانه (Kernel filling period:KFP)، نیز محاسبه شد. در انتهای فصل زراعی علاوه بر ارتفاع گیاه (Plant height :PH) به منظور اندازه‌گیری عملکرد تک بوته و اجزای آن تعداد چهار بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد غلاف در بوته (Number of pod per plant:NPPL)، تعداد دانه در غلاف (Number of seed per pod:NSPO)، تعداد دانه در بوته (Number of seed per plant: NSPL) درصد غلاف پوک (Unfilled pod percentage:UP)، طول بذر (Kernel leingth : KH)، عرض بذر (Kernel width:KW) و وزن صد دانه (Hundred seed weight:HSW) اندازه‌گیری شد و سپس با رعایت حاشیه میزان عملکرد دانه و بیوماس بر حسب کیلوگرم در مترمربع محاسبه شد. با استفاده از عملکرد هر ژنوتیپ در محیط تنش Y_p و محیط بدون تنش Y_s و میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط عدم تنش \bar{Y}_p و محیط تنش \bar{Y}_s شاخص تحمل تنش (Stress tolerance index=STI) از فرمول پیشنهادی فرناندز (Fernandez, 1992) به شرح زیر محاسبه شد:

$$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{(\bar{Y}_p)^2}$$

به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر صفات مورد ارزیابی، درصد تغییرات برای تمامی صفات محاسبه شد. درصد تغییرات هر صفت

عدم تنش به ژنوتیپ X96TH41K4 تعلق داشت (جدول ۱). این ژنوتیپ همچنین دارای بیشترین مقدار بیوماس، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، روز تا رسیدگی و میزان کلروفیل a در شرایط تنش بود (جدول‌های ۲ و ۳). تعداد دانه در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف و درصد پوکی ارقام است، لذا بدیهی است که بیشترین تعداد دانه در بوته را ارقامی داشته باشند که از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بیشتر و میزان پوکی کمتری برخوردار هستند. کیتینگ و کوپر (Keatinge and Cooper, 1983) سه جزء اصلی عملکرد در نخود را تعداد غلاف در بوته، درصد غلاف پوک و وزن صد دانه معرفی و عنوان کردند که افزایش پوکی غلاف و کاهش وزن صد دانه در شرایط تنش می‌تواند ناشی از تاثیر سوء خشکی بر روی تولید بیوماس باشد.

با توجه به جدول ۱، در شرایط بدون تنش ژنوتیپ X96TH41K4 بیشترین تعداد دانه در بوته را دارا بود و ژنوتیپ شماره ۱۷ و ارقام هاشم و آرمان که تعداد غلاف کمتری را در میان سایر ژنوتیپ‌ها داشتند تعداد دانه در بوته کمتری نیز داشتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها، از نظر پایداری غشاء سیتوپلاسمی مشخص شد که رقم هاشم بیشترین میزان را در بین ژنوتیپ‌ها با میانگین ۴۴۶/۳۳ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر در شرایط تنش داشت (جدول ۳).

عطای شیخ (Ataishaikh, 2005) برای نیز

امکان‌گزینش آن‌ها با توجه به صفات مذکور بود. وجود تفاوت معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف در مطالعات دیگران نیز مورد تأیید قرار گرفته است. یاقوتی‌پور (Yaghotipour, 2002) بیان کرد که با توجه به تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها برای اصلاح ژنوتیپ‌های نخود می‌توان از این صفات کمک گرفت. بنابراین اختلاف بین ارقام بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل خشکی است. در شرایط تنش خشکی بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری برای شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف، محتوای آب نسبی، میزان آب از دست رفته، محتوای کلروفیل، کلروفیل فلورسنس، پرولین، مدت زمان پر شدن دانه و کلروفیل b به دست نیامد. با توجه به این که صفات مذکور دارای ضریب تغییرات پائینی هستند، پس علت غیر معنی‌دار شدن آن‌ها نمی‌تواند خطای آزمایش قلمداد شود. در رابطه با این صفات تنها می‌توان گفت که ژنوتیپ‌ها دارای تنوع ژنتیکی ظریفی هستند و لذا تجزیه واریانس موفق به کشف آن نشده است. توضیح آن که آزمون F در تجزیه واریانس فقط تفاوت‌های بزرگ بین ژنوتیپ‌ها را کشف می‌کند اما اگر تفاوت‌ها ظریف و دقیق باشند این آزمون موفق به کشف آن‌ها نخواهد شد ولی در مقایسه میانگین‌ها خود را نشان خواهند داد (Farshadfar et al., 2008).

نتایج مقایسه میانگین ارقام نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد در هر دو شرایط تنش و

جدول ۱ - مقایسه میانگین صفات مختلف و عملکرد در شرایط تنش (Y_s) و بدون تنش (Y_p) در ژنوتیپ‌های نخود

Table 1. Mean comparison of different characteristics and yield under stress (Y_s) and non-stress (Y_p) conditions in chickpea genotypes

شماره	ژنوتیپ	عملکرد در شرایط بدون تنش	عملکرد در شرایط تنش	زیست توده	وزن صد دانه	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	درصد غلاف پوک
No.	Genotype	Y_p (gm ⁻²)	Y_s (gm ⁻²)	BY (gm ⁻²)	HSW (g)	NPPL	NSPO	NSPL	UP (%)
1	Flip-99-26C	302.7ab	128.3ab	330.00ab	39.3a	13.1bc	1.16ab	15.64bcde	7.65bc
2	Flip-00-6C	241.2b	91.6cd	213.33bc	28.8cde	10.5cd	1.18ab	12.34cde	11.19bc
3	Flip-82-115C	259.8b	90.0cd	210.00c	27.9cdef	10.5cd	1.20ab	12.72cde	9.76bc
4	Flip-82-245C	352.9ab	113.1bcd	280.00bc	26.0def	14.2b	1.33a	18.95b	11.28bc
5	Flip-00-40C	277.3ab	107.0bcd	260.00bc	30.9bcd	12.0bcd	1.33a	16.08bcde	12.82b
6	Flip-82-150C	312.8ab	96.3bcd	206.66c	22.7f	12.1bcd	1.14ab	14.12bcde	21.71a
7	X96TH54	256.6b	108.0bcd	206.00bc	29.6bcde	12.8bcd	1.30ab	16.75bcd	11.77b
8	X96TH69	249.1b	150.6ab	316.66abc	32.0bc	10.3cd	1.27ab	13.14cde	10.32bc
9	X96TH12	273.9ab	118.6bcd	286.66bc	32.2bc	10.9bcd	1.15ab	12.52cde	11.84b
10	X96TH154	266.2b	114.0bcd	280.00bc	30.1bcde	12.9bcd	1.20ab	15.52bcde	8.94bc
11	X96TH46	237.1b	97.8bcd	236.66bc	26.9cdef	10.3cd	1.22ab	12.65cde	7.51bc
12	X96TH41K4	403.5b	184.6a	416.66a	29.7bcde	19.7a	1.27ab	25.18a	5.95c
13	S925247	292.7ab	88.3cd	243.33bc	25.9def	10.6cd	1.19ab	12.79cde	10.50bc
14	S96085	233.4b	86.3cd	210.00c	28.9cde	11.6bcd	1.29ab	15.05bcde	9.57bc
15	S95349	324.9ab	100.3bcd	233.33bc	30.0bcde	14.2bcd	1.22ab	17.27bc	9.85bc
16	S95181	341.0ab	113.0bcd	276.66bc	26.4def	10.5bcd	1.21ab	12.74cde	10.54bc
17	ILC482	280.0ab	93.6cd	233.33bc	25.0ef	9.4d	1.19ab	11.15e	12.80b
18	Hashem	265.0b	66.3d	220.00bc	25.8def	9.5d	1.24ab	11.86de	9.18bc
19	Arman	227.8b	84.6cd	203.33c	26.5def	9.5d	1.18ab	11.38e	12.47b
20	Bivanij	296.0ab	114.3bcd	290.00bc	34.9ab	11.41bcd	1.10b	12.59cde	11.42b
CV%		24.23	26.07	22.97	9.65		8.72	18.27	24.94

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Means with common letters in each column are not significantly different at 5% level of probability.

Y_p : Yield potential; Y_s : Stress yield; BY: Biomass; HSW: Hundred seed weight; NPPL: Number of pod per plant; NSPO: Number of seed per pod; NSPL: Number of seed per plant; UP%: Unfilled pod percentage.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات فنولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش

Table 2. Mean comparison of phenological and physiological traits of chickpea genotypes under stress condition

شماره ژنوتیپ	طول دانه	عرض دانه	ارتفاع بوته	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	دوره پر شدن دانه	محتوای آب نسبی برگ	آب از دست رفته برگ
Genotype No.	KH (mm)	KW (mm)	PH (cm)	DTF	DPM	KFP	RWC (%)	RWL (%)
1	10.40a	8.26a	35.55fghi	64.00bc	116.6	52.67	30.43	23.36
2	9.26efg	7.03efg	34.11ghi	66.00abc	117.6	51.66	31.58	21.63
3	9.10efg	7.00fg	44.00ab	65.66abc	117.6	52.00	37.60	21.77
4	9.16efg	7.00fg	36.00efghi	68.33a	121.3	53.00	42.43	24.03
5	10.03abcd	7.56bcdef	43.00ab	65.66abc	117.3	51.66	30.55	23.40
6	9.03efg	6.63g	34.88fghi	65.66abc	116.3	50.66	43.73	22.23
7	10.03abcd	7.50bcdef	37.55defg	64.00bc	115.3	51.33	34.91	22.93
8	9.60bcdef	7.60bcdef	36.33efghi	64.66abc	114.3	49.66	33.03	23.23
9	10.10abc	8.03ab	33.11hi	63.00c	113.3	50.33	26.34	23.50
10	10.53a	7.86abc	44.00ab	64.00bc	118.3	54.33	33.27	22.54
11	9.30efg	7.10efg	36.88defgh	66.66c	116.3	52.66	27.87	22.23
12	9.43defg	7.70bcd	41.80abc	68.00ab	121.6	53.66	34.62	25.40
13	8.93g	7.36cdef	37.77defgh	65.66abc	118.3	52.66	33.77	21.50
14	9.46defg	7.26def	35.66fghi	63.66c	117.3	53.66	34.27	22.76
15	9.66bcde	7.43cdef	38.33cdef	64.00bc	117.3	53.33	28.09	21.70
16	9.50cdefg	7.23def	40.88bvd	64.33abc	117.3	53.00	26.79	23.90
17	8.96fg	7.06efg	35.55fghi	57.33d	111.0	53.66	35.15	21.96
18	9.06efg	7.36cdef	45.33a	66.00abc	119.6	53.66	34.97	22.50
19	9.33efg	7.16defg	40.00bcde	64.66abc	118.3	53.66	41.51	22.00
20	10.20ab	7.86abc	32.22i	63.66c	115.3	51.66	32.22	23.40
CV%	3.52	4.02	6.32	3.64	0.55	4.60	30.64	5.87

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Means with common letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

KH: Kernel height; KW: Kernel width; PH: Plant height; DTF: Days to flowering;

DPM: Days to physiological maturity; KFP: Kernel filling period; RWC: Relative water content;

RWL: Relative water loss.

For genotypes name see Table 1.

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

واکنش میزان کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل a و b به تنش خشکی علاوه بر تفاوت‌های ژنتیکی ممکن است ناشی از تحمل متابولیسم گیاه در برابر خشکی ارزیابی شود و عدم واکنش معنی‌دار میزان کلروفیل به تنش بیشتر می‌تواند به کاهش رشد در برگ نسبت داده شود. در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات (جدول ۳) مشاهده شد که بیشترین میزان کلروفیل a در شرایط تنش متعلق

جهت شناسایی ارقام متحمل به خشکی در نخود از آزمایش حساسیت غشاء سیتوپلاسمی برگ استفاده کرد. با توجه به این که مقدار EC حاصله رابطه عکس با پایداری غشاء سیتوپلاسمی دارد لذا می‌توان نتیجه گرفت که رقم هاشم با داشتن بالاترین EC از پایداری غشاء سیتوپلاسمی کمتری برخوردار است در نتیجه این رقم تحمل کمتری در برابر خشکی دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات فنولوژیکی و فیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش

Table 3. Mean comparison of phenological and physiological traits of chickpea genotypes under stress condition

شماره ژنوتیپ	پایداری غشاء سلولی	کلروفیل فلورسنس	کلروفیل بر اساس اسید	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	پرولین	شاخص برداشت
Genotype No.	CMS (μscm^{-1})	CHF	SPAD	Chl-a (μgml^{-1})	Chl-b (μgml^{-1})	Chl-T (μgml^{-1})	PC (μgml^{-1})	HI
1	205.41f	0.587ab	59.6ab	1.03ab	0.53abcd	1.56ab	12.2abc	0.385ab
2	203.85f	0.574ab	59.5ab	0.57cd	0.45abcd	1.02cd	11.0bc	0.422ab
3	261.40cdef	0.703a	58.5ab	1.08ab	0.60abcd	1.69ab	13.0ab	0.428ab
4	369.74abc	0.607ab	58.0ab	0.66bcd	0.53abcd	1.19bcd	12.2abc	0.407ab
5	251.33ef	0.730a	62.2ab	0.91bcd	0.63abcd	1.54ab	10.7c	0.412ab
6	348.33bcd	0.497ab	55.5ab	0.56cd	0.47abcd	1.04cd	11.3bc	0.466a
7	196.63f	0.65ab	63.3ab	1.00abc	0.44abcd	1.44abc	12.2abc	0.413ab
8	201.00f	0.586ab	64.4a	1.07ab	0.57abcd	1.64ab	12.6abc	0.478a
9	231.18f	0.724a	65.9a	0.84abcd	0.69abc	1.53ab	12.6abc	0.410ab
10	219.66f	0.450a	58.1ab	0.75abcd	0.45abcd	1.21bcd	13.5a	0.410ab
11	188.66f	0.613ab	61.2ab	0.72bcd	0.55abcd	1.27abcd	12.9abc	0.415ab
12	205.74f	0.696ab	61.7ab	1.19a	0.39cd	1.58ab	12.1abc	0.451ab
13	354.90bc	0.655ab	62.7ab	0.54d	0.41bcd	1.20bcd	11.2bc	0.355bc
14	247.00ef	0.500ab	62.2ab	0.86abcd	0.33d	0.95d	12.8abc	0.412ab
15	431.00ab	0.660ab	64.9a	0.83abcd	0.58abcd	1.41abcd	11.9abc	0.426ab
16	337.29cdef	0.531ab	62.4ab	0.97abcd	0.75abcd	1.72a	11.6abc	0.409ab
17	260.20def	0.608ab	52.1a	1.11ab	0.49abcd	1.60ab	10.8c	0.417ab
18	446.33a	0.516ab	60.1ab	0.89abcd	0.36cd	1.26abcd	12.2abc	0.299c
19	254.55ef	0.531ab	59.6ab	0.95abcd	0.57abcd	1.53ab	12.6abc	0.414ab
20	237.34f	0.522ab	66.4a	0.70bcd	0.76a	1.47abc	10.9bc	0.395ab
CV%		22.41	9.15	26.49	33.16	17.84	9.03	11.16

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Means with common letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

CMS: Cell membrane stability; CHF: Chlorophyll fluorescence; SPAD: Soil and plant analyzer divisions; Chl-a: Chlorophyll a; Chl-b: Chlorophyll b; Chl-T: Total Chlorophyll; PC: Proline content; HI: Harvest index.

For genotypes name see Table 1.

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

درصد افزایش یافت که میزان این خسارت در ارقام حساس بیشتر از ارقام متحمل بود.

افزایش میزان هدایت الکتریکی (EC) در آزمایش خسارت غشاء سلولی در شرایط تنش را می‌توان آسیب وارده به غشاء سلولی و کاهش مقاومت آن دانست. که این افزایش خسارت غشاء سلولی در اثر تنش در آزمایش‌های گانس و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشاهده شد. با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد و پایداری غشاء در شرایط تنش به نظر می‌رسد که ارقام متحمل دارای مقدار خسارت سلولی کمتر باشند. کوچوا و گئورگیف (Kocheva and Gorgiev, 2003) در ارزیابی مقاومت به خشکی ارقام جو، در ارقام متحمل تر به خشکی تخریب کمتری در غشاء‌های سلولی مشاهده کردند.

تنش خشکی باعث کاهش ۶۲/۴۶ درصدی میانگین عملکرد ارقام مورد ارزیابی شد (جدول ۴) که این موضوع می‌تواند عمدتاً به خاطر کاهش تعداد غلاف در بوته و همچنین تعداد دانه در بوته و سایر اجزاء عملکرد در اثر کاهش میزان زیست توده باشد. با توجه به تفاوت بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش، شاخص مقاومت به خشکی (STI) برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی محاسبه شد. بنابراین ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص تحمل خشکی و با استفاده از نمودار سه بعدی گروه‌بندی شدند. نمودار سه بعدی رابطه بین سه متغیر Y_s ، Y_p و شاخص STI را نشان می‌دهد.

به ژنوتیپ X96TH41K بود. از نظر کلروفیل b در شرایط تنش در بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. میزان کلروفیل کل ژنوتیپ شماره ۱۶ (S95181) در شرایط تنش از دیگر ژنوتیپ‌ها بیشتر بود. همچنین در بین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان پرولین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. سی و سه مرده (Siosemardeh, 2003) در بررسی ارقام گندم عدم اختلاف معنی‌دار در بین ارقام را از نظر میزان کلروفیل گزارش کرد.

در این تحقیق محاسبه ضرائب تغییرات ناشی از شرایط تنش خشکی برای کلیه صفات (جدول ۴) نشان داد که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی مربوط به میزان پرولین برگ بود به طوری که تنش باعث افزایش بیش از ۴۷۲ درصدی میزان پرولین نسبت به شرایط آبیاری شد. در مطالعات گانس و همکاران (Gunes et al., 2008) نیز اعمال تنش خشکی در مرحله بعد از گرده‌افشانی باعث افزایش معنی‌داری در میزان پرولین شد. تجمع پرولین یک پاسخ فیزیولوژیکی بسیار رایج در بسیاری از گیاهان به دامنه وسیعی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی است (Geravandi et al., 2011).

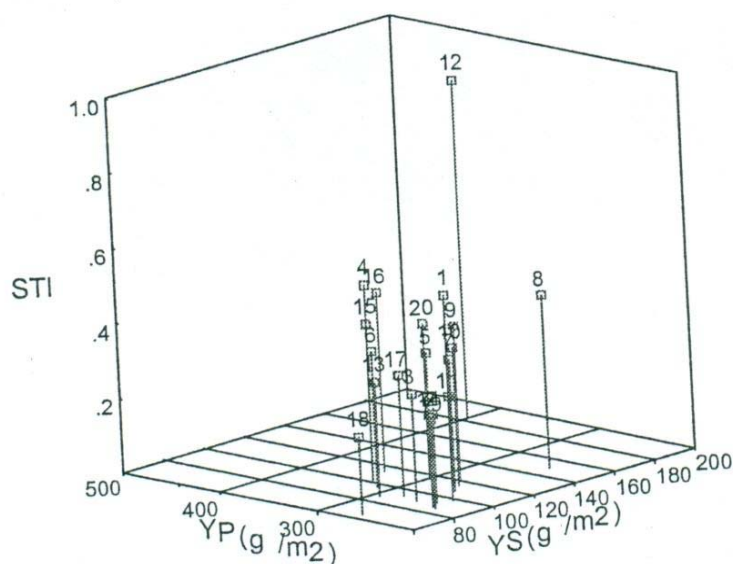
گوویل (Govil, 1989) نشان داد که ارقام در مکان‌های مختلف از نظر عملکرد، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و صفات فنولوژیکی مثل روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی با هم اختلاف معنی‌داری دارند. در اثر تنش خشکی میزان خسارت غشاء سلولی به میزان ۹۴/۳۷

جدول ۴- درصد تغییرات صفات مختلف ژنوتیپ‌های نخود بر اساس شرایط تنش رطوبتی
 Table 2. Percentage of changes for different traits of chickpea genotypes based on water stress condition

HSW	HI	BY	Y
7.58	10.87	57.36	62.29
DTF	PH	KW	KH
10.56	13.07	2.63	0.73
Chl-a	SPAD	CHF	CMS
9.47	-9.68	22.37	-94.37
UP	NSPL	NSPO	NPPL
-34.24	59.10	7.58	55.96
RWL	RWC	KFP	DPM
35.88	45.46	3.34	7.47
	PC	Chl-T	Chl-b
	-472.04	25.67	42.39

برای توضیح خلاصه عنوان صفات به جدول‌های ۱ تا ۳ مراجعه شود.

For abbreviations of characters see Table 1-3.



شکل ۱- نمودار سه بعدی بر اساس شاخص تحمل تنش (STI)، عملکرد در شرایط تنش رطوبتی (Y_s) و عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_p)

Fig .1. Three dimensional plot based on STI, Y_s and Y_p

سهیم باشند و تحمل به تنش را افزایش دهند. همبستگی منفی و معنی‌دار خسارت غشاء سلولی با عملکرد نشان می‌دهد که هر چه غشاء سلولی بتواند در شرایط تنش خشکی یک پارچگی خود را حفظ کند عملکرد نیز بالاتر خواهد بود. نتایج به دست آمده با نتایج بسیاری از محققین از جمله راجو و همکاران (Raju *et al.*, 1978)، سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 1995) یودین و همکاران (Ud-Din *et al.*, 1990) و چقامیرزا و فرشادفر (۲۰۰۵) روی نخود مطابقت دارد.

باید توجه داشت که وجود همبستگی بین صفات لزوماً نمی‌تواند به مفهوم رابطه علیت باشد لذا با استفاده از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای مهم‌ترین اجزاء موثر بر عملکرد، مشخص شد. جمعاً در شرایط عدم تنش (جدول ۶) چهار متغیر و در شرایط تنش سه متغیر وارد مدل شدند.

بررسی ضرایب تشخیص نشان داد که ۵۱ درصد از تغییرات موجود در عملکرد در شرایط عدم تنش و ۵۲ درصد از تغییرات عملکرد در شرایط تنش توسط متغیرهای مستقل قابل توجیه بود و ضریب همبستگی چندگانه نیز رابطه ضعیفی را بین متغیرهای وارد شده به مدل با عملکرد نشان داد. با دقت در ضرایب همبستگی چندگانه در شرایط آبیاری (۰/۵۱) و تنش (۰/۵۲) ارتباط ضعیف بین عملکرد و متغیرهای مستقل قابل پیش‌بینی بود. علاوه بر این با توجه به ضرایب تبیین (R^2) پایین در دو

بررسی نمودار سه بعدی (شکل ۱) نشان داد که ژنوتیپ X96TH41K4 دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش و متحمل به خشکی بود. نتایج حاصل از همبستگی عملکرد با صفات مورد ارزیابی و شاخص STI نشان داد که همبستگی مثبتی بین این شاخص با عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب ($r = 0.706^{**}$) و تنش ($r = 0.837^{**}$) وجود دارد. اهمیت شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی برای نخود (Farshadfar *et al.*, 2001)، لویا (Abebe and Kirkby, 1998) و ماش (Fernandez, 1992) نیز گزارش شده است.

همبستگی‌های عملکرد با صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش در اکثر موارد مشابه شرایط عدم تنش بود (جدول ۵). در شرایط تنش بیشترین میزان همبستگی بین صفات تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته ($r = 0.937^{**}$) و همچنین بین عملکرد و بیوماس ($r = 0.923^{**}$) مشاهده شد. همبستگی بالا بین بیوماس و عملکرد نشان‌دهنده اهمیت بیوماس در افزایش میزان عملکرد در ژنوتیپ‌های نخود است، بنابراین بیوماس به عنوان یک صفت مناسب جهت گزینش در این شرایط به شمار می‌رود.

شاخص برداشت همبستگی مثبت معنی‌داری با شاخص تحمل خشکی و تعداد دانه در بوته داشت. این مسئله نشان می‌دهد که این صفات می‌تواند در افزایش عملکرد در شرایط تنش

جدول ۵- همبستگی عملکرد با صفات مختلف و شاخص STI در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش رطوبتی

Table 5. Correlation between yield with different traits and STI in chickpea genotypes under water stress condition

HKW	HI	BY	Y _p	Y _s
0.360**	0.467**	0.392**	0.574**	
DTF	PH	KW	KH	Y _s
0.138	0.001	0.312*	0.221	
Chl-a	SPAD	CHF	CMS	Y _s
0.234	-0.061	0.206	-0.357**	
UP	NSPL	NSPO	NPPL	Y _s
0.209	0.568**	0.131	0.601**	
RWL	RWC	KFP	DPM	Y _s
0.612**	0.110	0.095	0.072	
STI	PC	Chl-T	Chl-b	Y _s
0.837**	0.028	0.208	0.006	

برای توضیح خلاصه عنوان صفات به جدول‌های ۱ تا ۳ مراجعه شود.

For abbreviations of characters see to Tables 1-3.

جدول ۶- برآورد معادلات عملکرد ژنوتیپ‌های نخود بر مبنای رگرسیون قدم به قدم
Table 4. Estimated equations of yield for chickpea genotypes based on stepwise regression

محیط	معادلات	همبستگی چندگانه	ضریب تبیین
Environment	Equations*	R	R ²
Normal مطلوب	Y _p = -256.93+0.37DPM+0.45RWC+0.34RWL+0.22UP	0.54	0.51
Stress تنش	Y _s = -122.27+0.38RWL+0.36NPPL+0.26CMS	0.55	0.52

روز تا گلدهی: DPM؛ محتوای نسبی آب: RWC؛ محتوای نسبی آب از دست رفته: RWL؛ درصد پوکی: UP؛ تعداد غلاف در گیاه: NPPL؛ خسارت غشاء سلولی: CMS.

میزان ضریب تشخیص به دست آمده کمتر از ۰/۷ باشد نشان‌دهنده ناکافی بودن تعداد متغیرهای مستقل است. با توجه به همبستگی بالای بین برخی متغیرهای وارد شده در مدل، برای تعیین وجود احتمال پدیده هم خطی از فاکتور تورم واریانس (Variance inflation factor: VIF) استفاده شد (جدول ۷). اگر این مقدار بزرگ‌تر از ۱۰

شرایط عدم تنش (۰/۵۱) و تنش (۰/۵۲) تغییرات متغیر تابع (عملکرد) توسط متغیرهای مستقل به خوبی توجیه نمی‌شود، بنابراین با توجه به رگرسیون قدم به قدم انجام شده در هر دو وضعیت می‌توان استنباط کرد که تعداد متغیرهای مستقل وارد شده در مدل جهت پیش‌بینی متغیر عملکرد ناکافی است. صادقی (Sadeghi, 2006) بیان کرد چنانچه

جدول ۷- برآورد فاکتور تورم واریانس برای مطالعه پدیده هم‌خطی در صفات مستقل
Table 7. Estimation of variance inflation factor (VIF) for studying collinearity in the independent traits

صفات در شرایط مطلوب	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	محتوای آب نسبی	میزان آب نسبی از دست رفته برگ	میزان پوکی غلاف
Traits in normal condition	DMP	RWC	RWL	UP
فاکتور تورم واریانس (VIF)	1.20	1.02	1.14	1.18
صفات در شرایط تنش	میزان آب نسبی از دست رفته برگ	تعداد غلاف در گیاه	خسارت غشاء سلولی	-
Traits in stress condition	RWL	NPPL	CMS	-
فاکتور تورم واریانس	1.39	1.38	1.02	-

DPM: Days to physiological maturity; RWC: Relative water content; RWL: Relative water loss; UP: Unfilled pod percentage; NPPL: Number of pod per plant; CMS: Cell membrane stability.

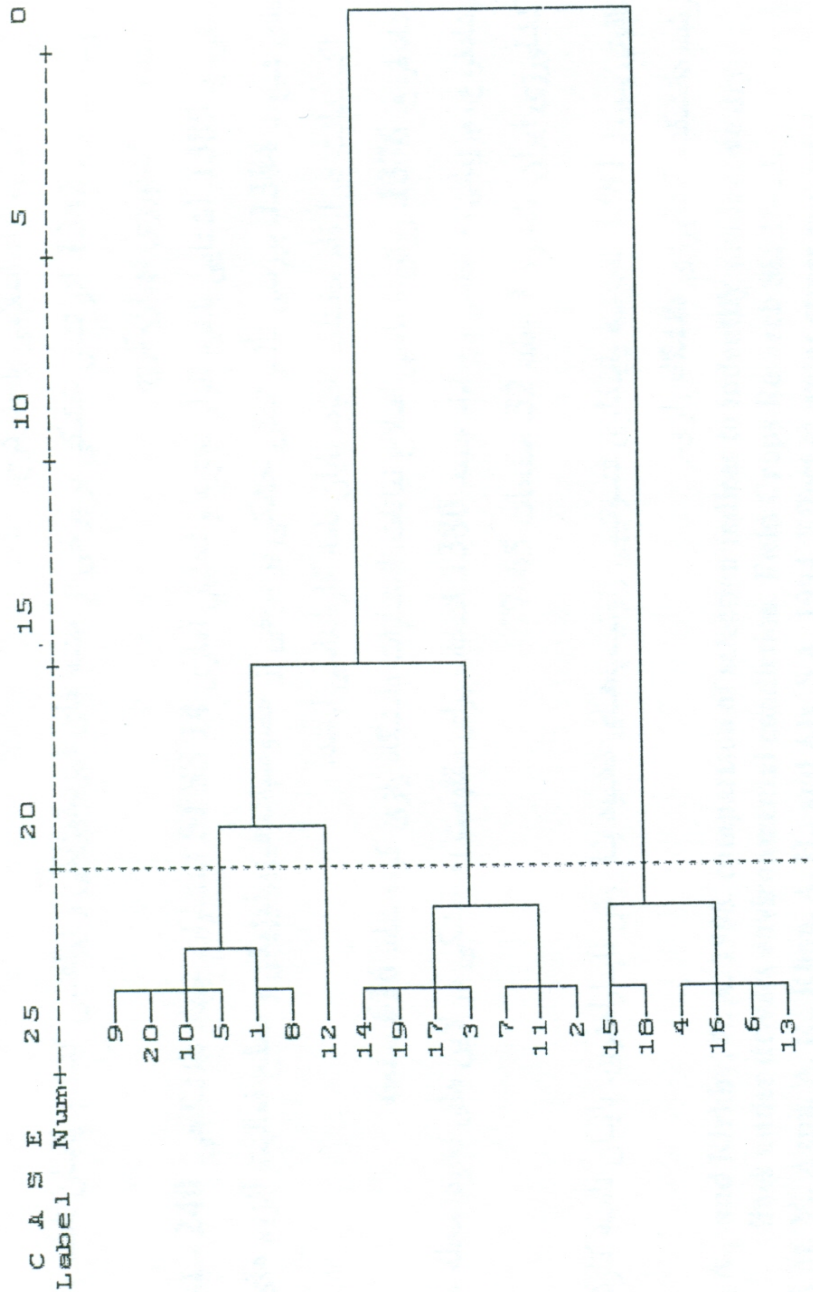
نتایج حاصل از تجزیه کلاستر (شکل ۲) و تجزیه تابع تشخیص (جدول ۸) در هر دو شرایط، ژنوتیپ X96TH41K4 را بر اساس صفات مورد ارزیابی در گروه جداگانه‌ای دسته‌بندی کرد. این ژنوتیپ دارای بیشترین میزان عملکرد در هر دو شرایط بود و با توجه به نتایج حاصل از نمودار سه بعدی و تجزیه کلاستر می‌توان گفت که این ژنوتیپ از پتانسیل عملکرد بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بوده و می‌توان آن را به عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی توصیه کرد.

باشد نشان دهنده وجود پدیده هم‌خطی بین متغیرهای مستقل است (Farshadfar and Mohammadi, 2006). فاکتور تورم واریانس (VIF) برای متغیرهای وارد شده در مدل محاسبه شد که این مقدار برای تمامی متغیرها کمتر از ۱۰ و نشانگر عدم وجود پدیده هم‌خطی بین متغیرهای موجود بود. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که اکثر صفات از جمله عملکرد و اجزاء اصلی آن و همچنین صفات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی تحت تاثیر تیمار آبیاری قرار گرفتند.

جدول ۸- نتایج تجزیه تابع تشخیص برای گروه‌بندی بر اساس صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش رطوبتی

Table 5. Results of discriminant analysis for grouping based on studied traits in water stress condition

کل Total	گروه‌های پیش‌بینی شده Predicted groupe				گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای Cluster groups
	1	2	3	4	
6	0	0	0	6	1
1	0	0	1	0	2
6	0	6	0	0	3
7	7	0	0	0	4



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود بر مبنای صفات مورد بررسی در شرایط تنش رطوبتی

Fig. 2. Dendrogram resulted from cluster analysis of chickpea genotypes based on studied traits under water stress conditions

For genotypes name see Table 1.

برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

References

- Abebe, A., and Kirkby, R. A. 1998.** Comparison of selection indices to indentify productive dry bean lines under diverse environmental condition. . Field Crops Research 58: 15-23.
- Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A . H., and Ala, S. A. 1994.** Effect of water stress and total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologica Plantarum 16 (3): 185-191.
- Ataishaikh, A. 2005.** Evaluation of the effect of drought stress on some physiological characteristics and the level of antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes. MSc. Thesis, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran (in Persian).
- Bartles, D., and Sunkar, R. 2005.** Drought and salt tolerance in plants . Critical Reviews in Plant Science 24: 23-58.
- Blum, A., and Ebercon, A. 1980.** Cell membrane stability as measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science 21: 43-47.
- Chaghamirza, K., and Farshadfar, E. 2005.** Study of relationships between yield and yield components in chickpea. Abstracts of the 9th Iranian Congress of Crop Science and Plant Breeding, College of Agriculture, Unicersity of Tehran, Karaj, Iran (in Persian).
- Dhawan, R. S., and Singh, R. 1983.** Relative photosynthetic rate of leaves and pods of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars differing in seed weight. Indian Journal of Plant Physiology 26: 246-284.
- Egert, M., and Tevini, M. 2002.** Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environmental and Experimental Botany 48: 43-49.
- Farshadfar, E. 1997.** Plant Breeding Methodology. Razi University Publication, Kermanshah, Iran (in Persian).
- Farshadfar, E., Haghparast, R., and Qaitoli, M. 2008.** Chromosomal localization of the genes controlling agronomic and physiological indicators of drought tolerance in barley using disomic addition lines. Asian Journal of Plant Science 7(6): 536-543.
- Farshadfar, E., and Mohammadi, R. 2006.** Evaluation of drought tolerance in bread

wheat genotypes using agronomic and physiological indices. *Scientific Journal of Agriculture* 29(1): 87-97 (in Persian).

Frashadfar, E., Zamani, M., Motalebi, M., and Imamjomah, A. 2001. Selection for drought tolerance in chickpea lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 32(1): 65-77 (in Persian).

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) *Proceedings of a Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. AVRDC Publications, Tainan, Taiwan.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 523-531.

Genty, B.E., Brain, T., and Baker, N.R. 1989. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochem Biophys Acta* 990: 87-92.

Geravandi, M., Farshadfar, E., and Kahrizi, D. 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology* 58(1): 69-75.

Govil, J.V. 1989. Analysis of adaptive response in chickpea collection. *Legume Research* 4: 23-26.

Gunes, A., Inal, A., Adak, M. S., Bagci, E. G., Cicek, N., and Eraslan, F. 2008. Effect of drought stress implemented at pre-or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. *Russian Journal of Plant Physiology* 55 (1): 59-67.

Gupta, S. P., Luthra, R. C., Gill, A. S., and Phul, P. S. 1972. Correlation of some quality characters and yield in chickpea. *Sabrao Newsletter* 14: 133-137.

Johansen, C., Krishnamurthy, L., Saxena, N. P., and Sethi, S. C. 1994. Genotypic variation in moisture response of chickpea grown under line – source sprinklers in a semi – arid tropical environment. *Field Crops Research* 37:103-112.

Keatinge, J. D. H., and Cooper, P. J. M. 1983. Kabuli chickpea as a winter – sown crop in northern Syria: moisture relations and crop productivity. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 100: 667-680.

- Kocheva, K., and Gorgiev, G. 2003** . Evaluation of the reaction of two contrasting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in response to osmotic stress with PEG 6000 . Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue: 290-294.
- Levitt, J. 1980** . Response of Plants to Environment Stresses. Academic Press, New York, USA.
- Nielsen, D. C. 2001**. Production function for chickpea , field pea , and lentil in the central great plains. Agronomy Journal 93: 563-569.
- Prabhakar, M., and Saraf, C. S. 1990**. Dry-matter accumulation and distribution in chickpea(*Cicer arietinum* L.) as influenced by genotype, phosphorus source and irrigation level. Indian Journal of Agricultural Science 60: 204-206.
- Raju, D. B., Mehra, R. B., and Bahi, P. N. 1978**. Genetic variability and correlation in chickpea. Tropical Grain Legume Bulletin 14: 35-39.
- Sadeghi, A. 2006**. Introduction to Statistical Analysis software SPSS14. Jihad-e-Daneshgahi Publications, Tehran, Iran (in Persian).
- Saxena, N. P., Krishnamurthy, L., and Johansen, C. 1993**. Registration of a drought resistant germplasm. Crop Science 33: 1424.
- Simane, B., Struik, P. C., Nachit, M. M., and Peacock, J. M. 1993**. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water – limited environments . Euphytica 71: 211-219.
- Singh, I. S., Hussain, H. A., and Gupta, A. K. 1995**. Correlation studies among yield and yield contribution traits in F₂ and F₃ chickpea population. Internatioanl Chickpea Newsletter 2: 11-13.
- Siosemardeh, A. 2003**. Effect of drought stress on the some gronomic and physiological aspects of wheat. Ph. D. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran (in Persian).
- Sivakumar, M .V. K ., and Singh, P. 1987**. Response of chickpea cultivars to water stress in a semiarid environment. Experimental Agriculture 23: 23-61.
- Ud –Din, M.J., Hamid, M.A., Rahman, M.S., and Newaz, M.A. 1990** .Variability , correlation and path analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Bangladesh. Bangladesh Journal Plant Breeding and Genetics 3: 51-55.
- Vasquez –Tello, A., Zuili-Fudil, Y., Phamthi, A. T., Vieira, D. A., and Silva, J. B. 1990**. Electrolyte and pi leakages and soluble sugar content as physiological tests

for screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. Journal of Experimental Botany 41 (228): 188-194.

Winter, S. R., Musick, J. T., and Porter, K. B. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought – resistance winter wheat. Crop Science 28: 512-516.

Yaghotipour, A. 2002. Phenotypic stability analysis of chickpea genotypes using non-parametric methods. MSc. Thesis. College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran (in Persian).

