دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

# تعیین شاخص‌های تحمل به خشکی در نخود زراعی تحت شرایط استرس کم آبی انتهای فصل رشد

**سید جواد سیدی[۱]، علیرضا نبی‌پور[۲] و سعید وزان[۳]**

۱- کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، (نویسنده مسوول: atrakjs@gmail.com)
۲- استادیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور، آمل
۳- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۰

**چکیده**

**به منظور ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین های پیشرفته نخود، ۴۹ ژنوتیپ با استفاده از طرح بلوک‌های ناقص در دو سطح آبیاری مناسب و محدود شده در ایستگاه تحقیقات دیم خراسان شمالی مورد بررسی قرار گرفتند. در هریک از دو محیط، برای هر ژنوتیپ صفات مورفولوژیک و فنولوژیک، عملکرد و اجزای آن اندازه گیری شدند. تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ ها در هر یک از دو محیط نشان داد. با بررسی شاخص‌های تنش خشکی و نتایج حاصل از تجزیه بای‌پلات لاین‌های FLIP 01-64C، SEL93TH24469 و FLIP 98-38C به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و FLIP 93-255C به عنوان حساس‌ترین لاین شناخته شدند. همچنین تجزیه بای‌پلات نشان داد که شاخص‌های STI، GMP، HARM و MP بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی بوده‌اند. تجزیه کلاستر بر اساس شاخص‌ها نیز ارقام را به سه گروه تفکیک نمود که بیشترین تحمل به خشکی مربوط به دومین خوشه بوده است.**

**واژه های کلیدی: نخود سفید، تحمل به خشکی، شاخص‌های تحمل، بای پلات، عملکرد**

**مقدمه**

امروزه فقر غذایی از بزرگترین مشکلات دنیای در حال توسعه است که دو سوم جمعیت دنیا را نیز در خود جای داده است. در بیشتر کشورهایی که با کمبود مواد غذائی روبرو هستند، کمیت و کیفیت پروتئین از مسایل اساسی تغذیه است (۳). نخود منبعی ارزشمند از پروتئین می‌باشد (۲۰).

بر اساس آمار فائو در سال ۲۰۰۹ سطح زیر کشت این محصول در جهان بیش از ۱۱/۵

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

میلیون هکتار و تولید آن ۱۰/۴ میلیون تن است (۸). همچنین در ایران سطح زیر کشت نخود در سال زراعی ۸۹ -۱۳۸۸، ۵۰۸۳۱۳ هکتار بوده و میانگین عملکرد آن در واحد سطح تحت شرایط آبی و دیم به ترتیب ۱۳۷۷ و ۵۱۰ کیلوگرم می‌باشد (۱۰) و پس از گندم مهم‌ترین زراعت در دیم‌زارهای کشور محسوب می‌شود (۹). این در حالی است که به‌نژادی برای تحمل به خشکی تاکنون سهم ناچیزی در فعالیت‌های اصلاحی این گیاه داشته است. چنانچه بخواهیم عملکرد نخود افزایش یافته و از ثبات بیشتری در برابر تنش خشکی برخوردار باشد، بایستی فعالیت‌های بیشتری در زمینه اصلاح این صفت انجام شود (۲).

فیزیولوژیست‌های گیاهی معتقدند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار و برتر در مناطق خشک و نیمه خشک باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری عملکرد ارقام در شرایط تنش خشکی مؤثرند، شناخت و آنها را علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد (۱۵). بسیاری از محققین با عقیده به این که گزینش در شرایط مطلوب ژنوتیپ‌های خوبی را هم برای وضعیت بدون تنش و هم برای شرایط تنش‌دار مشخص می‌کند (۱۳)، عملکرد در شرایط نرمال را به عنوان معیاری از عملکرد در شرایط تنش به کار می‌گیرند. در این رابطه سیمن و همکاران (۱۸) عقیده دارند که در مناطق نیمه خشک با پراکنش نامناسب بارندگی، نمی‌توان پتانسیل عملکرد را شاخص مطلوبی برای مقاومت به خشکی برشمرد و پایداری عملکرد (مقایسه عملکرد در دو وضعیت تنش و مطلوب) را معیار مناسب‌تری برای شناسایی ارقام مناسب برای استرس خشکی دانستند (۱۸). فررز و همکاران (۵)، نیز پیشنهاد کردند که در بررسی واکنش ارقام نسبت به خشکی، حساسیت عملکرد آنها نسبت به تنش مورد بررسی قرار گیرد (۵).

فرناندز (۶)، در بررسی عملکرد ارقام در دو محیط نرمال و تنش، ژنوتیپ‌ها را از نظر نوع تظاهر در هرکدام از دو وضعیت تنش و فاقد تنش به چهار گروه زیر تقسیم کرد:

الف) گروه A: ژنوتیپ‌هائی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد خوب و بالایی دارند.

ب) گروه B: ژنوتیپ‌هائی که فقط در محیط بدون تنش عملکرد خوبی دارند.

ج) گروه C: ژنوتیپ‌هائی که عملکرد بالائی را در محیط تنش دارا هستند.

د) گروه D: ژنوتیپ‌هائی که در هر دو محیط عملکرد پایینی دارند.

بهترین معیار گزینش برای تنش معیاری است که بتواند گروه A را از دیگر گروه‌ها تشخیص دهد. وی در بررسی راه‌های شناسایی ژنوتیپ‌های گروه A، شاخص‌های تحمل به تنش (STI)[1] و معیار میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)[2] را معرفی نمود.

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

$$GMP = \sqrt{Y_s \times Y_p}$$

1- Stress tolerance index

2- Geometric mean productivity

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

مقادیر بالاتر شاخص‌های GMP و STI برای یک رقم، نشان‌دهنده تحمل بیشتر به خشکی و عملکرد بالقوه بالای آن رقم بوده و می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از ژنوتیپ‌های گروه‌های B و C شناسائی و جدا کند (۶). رزیل و هامبلین (۱۷)، شاخص متوسط بهره‌وری (MP)[1] را معرفی کردند که متوسط تولید یک رقم را در دو محیط تنش و بدون تنش نشان می‌دهد.

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

هر چه عدد این شاخص بزرگتر باشد، ژنوتیپ مورد بررسی متحمل‌تر خواهد بود (۱۷). شاخص دیگر مورد استفاده، شاخص میانگین هارمونیک (HARM) است.

$$\mathrm{HARM} = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

هر چقدر این شاخص بزرگتر باشد، مطلوب‌تر خواهد بود (۱۲). فیشر و مورر (۷)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) را ارایه کردند.

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right)}$$

مقدار کم‌تر این شاخص نشان‌دهنده مقاومت بیشتر ارقام می‌باشد (۷).

همچنین شاخص SDI از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$SDI = \frac{Y_p - Y_s}{Y_p}$$

در شاخص مذکور هر چه عدد بدست آمده کمتر باشد، رقم مورد نظر مقاوم‌تر خواهد بود (۱۴). در این شاخص‌ها $\bar{Y}_P$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، $\bar{Y}_S$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش، $Y_p$: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش و $Y_S$: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش می باشند.

از آن‌جا که روش‌های تحلیلی، مانند آنالیز رشد، مشکل و پر دردسر هستند و به دلیل فقدان رابطه موثر بین خصوصیات ویژه مورفولوژیک و تحمل به خشکی، این روش‌ها و ویژگی‌های مورفولوژیک ظاهراً به مقدار کمتری در برنامه‌های اصلاحی تحمل به خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱). بنابراین، در اغلب آزمایش‌های مزرعه‌ای فقط عملکرد دانه مد نظر بوده و به سایر صفات و شاخص‌هایی که می‌توانند در تحمل به خشکی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه مؤثر واقع شوند، توجهی نشده است (۱۵).

فرشادفر و جوادی نیا (۴)، در بررسی واکنش بیست ژنوتیپ نخود، با توجه به تفاوت عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، شاخص مقاومت به خشکی (STI) را محاسبه نموده و با استفاده از این شاخص و نمودار سه بعدی گروه‌بندی را انجام دادند.

پزشکپور و همکاران (۱۶)، تاثیر تنش خشکی انتهائی را بر برخی صفات کمّی و شاخص‌های تحمل در پنج ژنوتیپ نخود ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که لاین پیشرفته Flip ۹۳-۹۳ هم در شرایط مطلوب بیشترین عملکرد دانه را داشت و هم با تاخیر در کاشت و

1- Mean productivity index

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

مواجه شدن با شرایط تنش و درجه حرارت بالا دارای عملکرد بالاتری بود. بر اساس شاخص حساسیت محیطی SSI، ژنوتیپ مزبور دارای مقاومت بیشتری به تنش خشکی و درجه حرارت بالا بود.

با توجه به اهمیت زراعت نخود در ایران و این واقعیت که بیشتر مناطق کشت این محصول با خطر تنش خشکی روبرو هستند، آزمایش حاضر با هدف بررسی وجود تنوع ژنتیکی برای تحمل به خشکی در ژرم‌پلاسم نخود کشورمان و شناسایی بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی به منظور استفاده جهت انتخاب ارقام متحمل اجرا شد.

## مواد و روش ها

این پژوهش در اسفند ماه سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات دیم خراسان شمالی، به فاصله ۸۵ کیلومتری شرق بجنورد مرکز این استان انجام گردید. این محل در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا ۱۱۳۱ متر و متوسط بارندگی طولانی مدت آن ۲۶۷ میلی متر می‌باشد. خاک ایستگاه دارای بافت سیلت لومی و اسیدیته آب در حدود ۸/۱ بوده است.

در این آزمایش ۴۹ لاین خالص نخود کابلی شامل لاین‌هایی از ژرم پلاسم ارسالیِ ایکاردا[1] و نیز ارقامی از خزانه بین‌المللی ایکاردا[2] که در کلکسیون ایستگاه تحقیقات دیم خراسان شمالی موجود بودند (جدول ۱)، بر اساس یک طرح لاتیس ساده ۷×۷ با دو تکرار در دو وضعیت مختلف آبیاری یکی در شرایط ۶۰ و دیگری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A در مزرعه کشت شدند. هر کرت شامل چهار خط ۲ متری با فاصله ردیف ۲۵ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۱۰ سانتی‌متر بود. جهت ممانعت از نشت آب آبیاری، فاصله دو آزمایش از هم ۱۰ متر در نظر گرفته شد.

بعد از آماده‌سازی زمین در آخر اسفند، بذور هر رقم پس از ضد عفونی با قارچ‌کش به صورت دستی کاشته شدند. در طول کاشت دو بار وجین دستی انجام گرفت. زمانی که برگ‌های پایینی در بیشتر از نیمی از کل مزرعه شروع به زردشدن نمود، آبیاری مزرعه‌ها قطع شد. ثبت داده‌ها در هر کرت پس از حذف ردیف‌های کناری و گیاهان ابتدا و انتهای هر ردیف به عنوان حاشیه، از بوته‌های دیگر انجام گرفت. برای یادداشت برداری از هر کرت ۶ بوته به تصادف انتخاب شد.

پس از جمع‌آوری داده‌های خام، به منظور بررسی وجود اختلاف عملکرد و دیگر صفات اندازه‌گیری شده بین دو محیط تنش و فاقد

1- FLIP: Food legume international program

2- ILC: International legume chickpea

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

تنش، از آزمون t استفاده شد. اختلاف بین لاین‌ها و تنوع در ارقام تحت مطالعه، با تجزیه واریانس برای تمام ژنوتیپ‌ها با توجه به صفات در هر دو شرایط مشخص شد.

جدول ۱- مشخصات لاین های مورد بررسی

| شماره | نام لاین | شماره | نام لاین | شماره | نام لاین | شماره | نام لاین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | Flip 00-17C | ۱۴ | Flip 97-102C | ۲۷ | Flip 98-16C | ۴۰ | Flip 99-45C |
| ۲ | Flip 00-18C | ۱۵ | Flip 97-111C | ۲۸ | Flip 98-38C | ۴۱ | Flip 99-46C |
| ۳ | Flip 00-20C | ۱۶ | Flip 97-121C | ۲۹ | Flip 98-53C | ۴۲ | Sel93TH24477 |
| ۴ | Flip 00-34C | ۱۷ | Flip 97-131C | ۳۰ | Flip 98-55C | ۴۳ | Flip 99-4C |
| ۵ | Flip 00-47C | ۱۸ | Flip 97-185C | ۳۱ | Flip 98-74C | ۴۴ | Flip 99-51C |
| ۶ | Flip 01-49C | ۱۹ | Flip 97-220C | ۳۲ | Flip 98-79C | ۴۵ | Flip 99-58C |
| ۷ | Flip 01-56C | ۲۰ | Flip 97-74C | ۳۳ | Flip 99-13C | ۴۶ | Flip 99-66C |
| ۸ | Flip 01-63C | ۲۱ | Sel93TH24469 | ۳۴ | Sel93TH24460 | ۴۷ | Flip 99-8C |
| ۹ | Flip 01-64C | ۲۲ | Flip 98-108C | ۳۵ | Flip 99-22C | ۴۸ | ILC 482 |
| ۱۰ | Flip 82-150C | ۲۳ | Flip 98-113C | ۳۶ | Flip 99-25C | ۴۹ | ILC 8262 |
| ۱۱ | Flip 88-85C | ۲۴ | Flip 98-128C | ۳۷ | Flip 99-26C | | |
| ۱۲ | Flip 93-255C | ۲۵ | Flip 98-129C | ۳۸ | Flip 99-30C | | |
| ۱۳ | Sel95TH1716 | ۲۶ | Flip 98-131C | ۳۹ | Flip 99-33C | | |

به منظور بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت خشکی برای ارقام تحت بررسی تعیین و لاین‌ها بر اساس حساسیت و مقاومت به خشکی توسط هر یک از این شاخص‌ها گروه‌بندی شدند. برای تعیین معیارهایی که همبستگی بالایی با هم دارند، همبستگی بین شاخص‌ها محاسبه گردید. از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز به منظور خلاصه نمودن داده‌ها و ترسیم نمودار بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول و شناخت شاخص‌های مطلوب استفاده شد. در نهایت تجزیه کلاستر به منظور گروه‌بندی لاین‌ها براساس معیارهای تحمل به خشکی انجام گرفت. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای EXCEL (ترسیم جداول و تنظیم داده‌ها)، SPSS (محاسبه همبستگی شاخص‌ها و تجزیه کلاستر)، MINITAB (تجزیه به مؤلفه‌های اصلی)، MSTATC (آزمون t و تجزیه واریانس)، STATGRAPHICS (ترسیم نمودار بای‌پلات) استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج آزمون t نشان داد که از نظر عملکرد و دیگر صفات اندازه‌گیری شده بین دو محیط اختلافات معنی‌داری وجود داشته و لذا امکان

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

برآورد شاخص‌های تحمل به خشکی وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر t برای صفات مختلف در هر دو شرایط آبیاری

| صفت | مقدار t | صفت | مقدار t | صفت | مقدار t |
|---|---|---|---|---|---|
| تعداد روز تا سبز شدن | -۱۱/۲۴* | ارتفاع گیاه (سانتی متر) | ۳/۷۷* | تعداد دانه در غلاف | ۲/۲۵* |
| درصد سبز شدن | ۷/۶۶* | تعداد روز تا شروع گلدهی | -۷/۶* | تعداد روز تا رسیدگی | -۱۴/۶۸* |
| اندازه سطح برگ | ۹/۸۳* | تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی | -۵/۱۵* | وزن صد دانه(گرم) | ۷۵/۳۵* |
| تعداد شاخه اولیه | ۱/۸ns | مجموع تعداد گل و غلاف | ۱۶/۶۷* | عملکرد زیستی | ۲۱/۱۶* |
| تعداد شاخه ثانویه | ۴/۴۶* | تعداد غلاف | ۱۴/۳۸* | عملکرد اقتصادی (گرم) | ۱۶/۲۷* |
| عرض کانوپی (سانتی‌متر) | ۷/۱۳* | اندازه غلاف (میلی متر) | ۹/۰۶* | شاخص برداشت | ۱۲/۳* |

ns و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪

تجزیه واریانس در دو شرایط مختلف آبیاری بر مبنای طرح لاتیس ساده صورت گرفت و برای صفات روز تا سبز شدن، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در وضعیت بدون تنش و صفات درصد سبز شدن، تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه ثانویه، مجموع تعداد گل و غلاف، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در شرایط محدود آبیاری مزیت چندانی نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی مشاهده نگردید. بنابراین صفات فوق بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی و بقیه صفات بر مبنای طرح لاتیس دوگانه تجزیه واریانس شدند.

نتایج تجزیه واریانس در هر دو شرایط آبیاری در جداول ۳ الی ۶ آمده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، در مورد بسیاری از صفات اختلاف معنی‌دار بین لاین‌ها در هر دو محیط نمایانگر تفاوت‌های آشکار در بین ارقام و امکان گزینش آن‌ها با توجه به صفات مورد نظر می‌باشد. با استفاده از عملکرد دانه در دو محیط، شاخص‌های تحمل به خشکی برای هر ژنوتیپ محاسبه گردید (جدول ۷). سپس ژنوتیپ‌های برتر و ضعیف‌تر با ارزیابی شاخص‌های مختلف و عملکرد در هر دو وضعیت مشخص شدند. طبق جدول ۷، در شرایط نرمال بیشترین عملکرد دانه را ارقام ۴، ۱۰، ۱۱ و ۲۰ و کم‌ترین عملکرد را ارقام ۱۴، ۴۵ و ۴۹ داشته‌اند. در وضعیت تنش خشکی، ارقام ۹، ۱۰، ۲۰ و ۲۸ بیشترین عملکردها و ژنوتیپ‌های ۱۴، ۳۷ و ۴۴ نیز کم‌ترین عملکردها را داشته‌اند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات در شرایط آبیاری نرمال بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد روز تا سبز شدن | تعداد شاخه اولیه | تعداد شاخه ثانویه | تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی | تعداد دانه در غلاف | وزن صد دانه |
| تکرار | ۱ | ۱۴/۷۳$^{**}$ | ۰/۸۳$^{ns}$ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۱۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۷$^{ns}$ | ۸۹/۷$^{**}$ |
| تیمار | ۴۸ | ۶/۲۱$^{**}$ | ۰/۳۱$^{ns}$ | ۱/۰۶$^{ns}$ | ۵۷/۶۷$^{**}$ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۲۶/۸$^{**}$ |
| خطا | ۴۸ | ۲/۵۹ | ۰/۲۶ | ۰/۸۱ | ۱۸/۲۱ | ۰/۰۴ | ۹/۵۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۸/۵۷ | ۲۳/۲۱ | ۲۲/۵۲ | ۵/۸۹ | ۱۶/۷۸ | ۱۱/۰۱ |

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات در شرایط آبیاری محدود بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد سبز شدن | تعداد شاخه اولیه | تعداد شاخه ثانویه | مجموع تعداد گل و غلاف | تعداد غلاف | تعداد دانه در غلاف | وزن صد دانه (گرم) |
| تکرار | ۱ | ۰/۰۰۳$^{ns}$ | ۰/۰۱$^{ns}$ | ۰/۵$^{ns}$ | ۰/۱۶$^{ns}$ | ۰/۶۵$^{ns}$ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۶۲/۳۴$^{**}$ |
| تیمار | ۴۸ | ۰/۰۱۵$^{**}$ | ۰/۷۱$^{**}$ | ۱/۴۵$^{**}$ | ۱۵/۳۱$^{**}$ | ۱۰/۴۴$^{**}$ | ۰/۳۱$^{**}$ | ۱۸/۶$^{**}$ |
| خطا | ۴۸ | ۰/۰۰۳ | ۰/۲۲ | ۰/۲۳ | ۱/۳۱ | ۱/۶۱ | ۰/۰۸ | ۶/۶۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۷/۹۸ | ۲۲/۷۹ | ۱۴/۴۴ | ۱۳/۱۹ | ۲۴/۸۱ | ۲۲/۷ | ۱۱/۴ |

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات در شرایط آبیاری نرمال بر اساس طرح لاتیس ساده

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد سبز شدن | سطح برگ (میلی‌متر مربع) | عرض کانوپی (سانتی‌متر) | ارتفاع گیاه (سانتی متر) | تعداد روز تا شروع گلدهی | تعداد گل و غلاف | تعداد غلاف | اندازه غلاف (میلی متر) | تعداد روز تا رسیدگی | عملکرد اقتصادی | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت |
| تکرار تیمار | ۱ | ۰/۴۶۵$^{**}$ | ۱۲۹۹۸۲/۹۷$^{**}$ | ۹۵/۰۲$^{*}$ | ۱۱۱/۴۳$^{**}$ | ۸۸/۱۵۱$^{**}$ | ۷/۴۴$^{ns}$ | ۶/۸۹$^{**}$ | ۸/۵۸$^{**}$ | ۰/۱۶$^{**}$ | ۶۵/۶۳$^{**}$ | ۴۶۹/۴۶۳۵$^{**}$ | ۰/۱۴$^{**}$ |
| تصحیح نشده | ۴۸ | ۰/۰۱۲$^{**}$ | ۳۲۱۴۰/۲۹$^{**}$ | ۲۸/۶۸$^{ns}$ | ۲۸/۲۸$^{ns}$ | ۳۲/۳۶$^{*}$ | ۴۱/۹۶$^{**}$ | ۳۲/۲۲$^{**}$ | ۱۳/۷۵$^{**}$ | ۱۷/۴۶$^{ns}$ | ۱۴/۲۲$^{*}$ | ۲۳۱۱۴/۷۶$^{**}$ | ۰/۰۳$^{ns}$ |
| تصحیح شده | ۴۸ | ۰/۰۱۱$^{**}$ | ۳۲۰۲۳/۶۲$^{**}$ | ۲۷/۷۴$^{ns}$ | ۲۵/۰۲$^{ns}$ | ۹۹/۴۱$^{**}$ | ۴۲/۰۹$^{**}$ | ۳۳/۴۸$^{**}$ | ۱۳/۴۳$^{**}$ | ۲۰/۳۹$^{ns}$ | ۱۳/۸۵$^{*}$ | ۲۱۰۳۲/۳۱$^{**}$ | ۰/۱۳$^{*}$ |
| بلوک در تکرار | ۱۲ | ۰/۰۰۵ | ۵۵۳۳/۱۴ | ۴۸/۶۶ | ۳۰/۳۱ | ۴۱۳۵۸ | ۱۹۲۶۸ | ۳۳۸۱۷ | ۴۱۵۸۲ | ۱۹/۳۳ | ۱۳/۴۸ | ۱۶۷۲۵/۰۷ | ۰/۰۲ |
| خطا | | | | | | | | | | | | | |
| مؤثر | ۳۶ | ۰/۰۰۱ | ۴۲۶۷/۰۶ | ۱۶/۳۳ | ۱۵/۹۹ | ۱۷/۲۵ | ۴۱۳۶۸ | ۴۱۳۴۷ | ۴۱۳۳۵ | ۱۳/۲۶ | ۳۵۲۱۷ | ۵۶۲۴/۱۷ | ۰/۰۲ |
| طرح بلوک | ۴۸ | ۰/۰۰۲ | ۴۳۷۴/۸۳ | ۲۲/۵۵ | ۱۸/۱۵ | ۴۱۵۹۶ | ۱۷۶۵۴ | ۴۱۳۸۷ | ۲۰۴۸۶ | ۱۳/۹۳ | ۳۵۲۴۷ | ۷۷۵۹/۹۷ | ۰/۰۲ |
| بین بلوک ها | ۳۶ | ۰/۰۰۱ | ۳۹۸۸/۷۳ | ۱۳/۸۵ | ۴۱۲۸۸ | ۱۵/۷۹ | ۴۱۴۸۹ | ۲۴۱۳۹ | ۴۱۳۹۶ | ۴۱۶۲۱ | ۴۱۶۱۴ | ۴۷۷۱/۶ | ۰/۰۲ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۲۷۸۵۱ | ۱۴۵۸۰ | ۱۸/۸۸ | ۱۵/۹۷ | ۲۰۹۷۲ | ۲۰۰۵۹ | ۱۵/۹۲ | ۱۳۳۳۲ | ۲۱/۵۵ | ۲۴/۶۸ | ۲۳/۵۹ | ۲۴/۷۲ |
| کارایی | | ۱۴۷/۶۹ | ۱۰۲/۵۳ | ۱۳۸/۱۳ | ۱۱۳/۵۵ | ۱۰۴/۹۴ | ۱۲۴/۳۶ | ۱۳۴/۹۶ | ۱۱۱/۲۲ | ۱۰۵/۰۵ | ۱۱۴/۴ | ۱۳۷/۹۸ | ۱۰۲/۹۸ |

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱٪.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات در شرایط آبیاری محدود بر اساس طرح لاتیس ساده

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد روز تا سبز شدن | اندازه سطح برگ (میلی‌متر مربع) | عرض کانوپی (سانتیمتر) | ارتفاع (سانتیمتر) | تعداد روز تا شروع گلدهی | تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی | اندازه غلاف (میلی‌متر) | تعداد روز تا سیدگی | عملکرد اقتصادی (گرم) | عملکرد بیولوژیک (گرم) | شاخص برداشت |
| تکرار تیمار | ۱ | ۱۴۶/۹۴$^{**}$ | ۳۱۲۵۳/۲۱$^{**}$ | ۵/۱۶$^{ns}$ | ۸/۶۵$^{ns}$ | ۲۴/۵$^{ns}$ | ۵۰$^{ns}$ | ۱۵/۹۲$^{**}$ | ۰/۸۳$^{ns}$ | ۲/۹۳$^{**}$ | ۶۳۰/۳۱$^{ns}$ | ۰/۰۱۳$^{ns}$ |
| تصحیح نشده | ۴۸ | ۱۰/۵۶$^{**}$ | ۲۳۰۷۲/۷۷$^{**}$ | ۲۹/۳۴$^{**}$ | ۳۲/۹۳$^{**}$ | ۷۱/۶۷$^{**}$ | ۸۹/۹۵$^{**}$ | ۹/۸۸$^{**}$ | ۱۴/۹۴$^{ns}$ | ۱/۵۷$^{**}$ | ۵۳۵۰/۴۵$^{**}$ | ۰/۰۰۶$^{**}$ |
| تصحیح شده | ۴۸ | ۱۰/۵۲$^{**}$ | ۲۲۸۳۱/۲۴$^{**}$ | ۲۸/۹$^{**}$ | ۳۴/۱۶$^{**}$ | ۷۴/۱۵$^{**}$ | ۹۲/۹۲$^{**}$ | ۱۰/۵۴$^{**}$ | ۱۵/۴۸$^{ns}$ | ۱/۳۹$^{**}$ | ۴۸۴۱/۱۴$^{**}$ | ۰/۰۰۵$^{**}$ |
| بلوک در تکرار | ۱۲ | ۰/۲۵ | ۴۱۴۶/۹۷ | ۱۵۴۶۲ | ۴۱۴۱۳ | ۲۴/۳۵ | ۴۱۳۳۲ | ۳۲۱۷۴ | ۲۵/۲۷ | ۰/۵۵۳ | ۳۴۱۲/۹۸ | ۰/۰۰۲ |
| خطا | | | | | | | | | | | | |
| مؤثر | ۳۶ | ۰/۱۳ | ۲۷۷۴/۴۵ | ۳۵۴۹۰ | ۴۱۲۷۷ | ۴۱۶۲۴ | ۲۰/۶۳ | ۱۹۷۲۵ | ۲۲۵۵۵ | ۰/۲۸۸ | ۱۲۰۸/۴۶ | ۰/۰۰۱ |
| طرح بلوک | ۴۸ | ۰/۱۵ | ۲۹۳۲/۵۲ | ۴۱۵۸۲ | ۱۳۹۴۰ | ۴۱۵۰۳ | ۲۱/۱۸ | ۲۷۰۳۰ | ۱۳/۱۸ | ۰/۳۲۸ | ۱۶۲۴/۸۴ | ۰/۰۰۱ |
| بین بلوک ها | ۳۶ | ۰/۱۱ | ۲۵۲۷/۷۱ | ۲۴۵۳۲ | ۲۸۵۲۲ | ۱۴/۶۶ | ۱۹/۲۴ | ۱۳۱۵۰ | ۴۱۵۳۲ | ۰/۲۵۴ | ۱۰۲۸/۷۹ | ۰/۰۰۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۱۹۷۲۵ | ۱۵/۷۵ | ۴۱۴۹۸ | ۲۶۸۴۶ | ۴۱۵۲۲ | ۴۱۳۱۱ | ۴۱۴۶۱ | ۱۶۷۷۲ | ۲۳/۸۸ | ۲۲/۱۴ | ۲۰/۵۸ |
| کارایی | | ۱۱۴/۲۳ | ۱۰۵/۷ | ۱۰۳/۵۷ | ۱۰۹/۰۵ | ۱۰۵/۹۹ | ۱۰۲/۷۲ | ۱۱۳ | ۱۲۴/۲۲ | ۱۱۴/۰۹ | ۱۳۴/۴۶ | ۱۰۲/۹۴ |

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱٪.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

جدول ۷- برآورد میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها بوسیله شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی

| تیمار | Yp | Ys | STI | GMP | SDI | HARM | MP | SSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۵۷/۶۲ | ۲/۶۵ | ۰/۰۲ | ۱۲/۳۵ | ۰/۹۵ | ۵/۰۶ | ۳۰/۱۳ | ۱/۰۲ |
| ۲ | ۴۸/۸۴ | ۳/۱۳ | ۰/۰۲ | ۱۲/۳۷ | ۰/۹۴ | ۵/۸۹ | ۲۵/۹۹ | ۱/۰۰ |
| ۳ | ۱۵۶/۱۰ | ۷/۳۴ | ۰/۱۲ | ۳۳/۸۴ | ۰/۹۵ | ۱۴/۰۱ | ۸۱/۷۲ | ۱/۰۲ |
| ۴ | ۱۸۳/۴۰ | ۸/۱۰ | ۰/۱۶ | ۳۸/۵۵ | ۰/۹۶ | ۱۵/۵۲ | ۹۵/۷۵ | ۱/۰۲ |
| ۵ | ۱۶۹/۱۰ | ۷/۹۰ | ۰/۱۴ | ۳۶/۵۵ | ۰/۹۵ | ۱۵/۰۹ | ۸۸/۵۰ | ۱/۰۲ |
| ۶ | ۱۴۴/۴۰ | ۶/۷۲ | ۰/۱۱ | ۳۱/۱۴ | ۰/۹۵ | ۱۲/۸۳ | ۷۵/۵۶ | ۱/۰۲ |
| ۷ | ۷۵/۸۴ | ۳/۶۴ | ۰/۰۳ | ۱۶/۶۲ | ۰/۹۵ | ۶/۹۵ | ۳۹/۷۴ | ۱/۰۲ |
| ۸ | ۷۶/۳۴ | ۳/۴۹ | ۰/۰۳ | ۱۶/۳۳ | ۰/۹۵ | ۶/۶۸ | ۳۹/۹۲ | ۱/۰۲ |
| ۹ | ۹۹/۳۴ | ۱۹/۲۳ | ۰/۲۱ | ۴۳/۷۱ | ۰/۸۱ | ۳۲/۲۲ | ۵۹/۲۹ | ۰/۸۶ |
| ۱۰ | ۲۰۵/۴۰ | ۱۷/۰۷ | ۰/۳۸ | ۵۹/۲۱ | ۰/۹۲ | ۳۱/۵۲ | ۱۱۱/۲۴ | ۰/۹۸ |
| ۱۱ | ۱۸۹/۶۰ | ۸/۸۶ | ۰/۱۸ | ۴۰/۹۸ | ۰/۹۵ | ۱۶/۹۳ | ۹۹/۲۳ | ۱/۰۲ |
| ۱۲ | ۵۷/۸۷ | ۲/۱۲ | ۰/۰۱ | ۱۱/۰۹ | ۰/۹۶ | ۴/۱۰ | ۳۰/۰۰ | ۱/۰۳ |
| ۱۳ | ۱۵۱/۷۰ | ۷/۰۲ | ۰/۱۲ | ۳۲/۶۲ | ۰/۹۵ | ۱۳/۴۱ | ۷۹/۳۶ | ۱/۰۲ |
| ۱۴ | ۱۷/۰۷ | ۰/۸۰ | ۰/۰۱ | ۳/۶۹ | ۰/۹۵ | ۱/۵۲ | ۸/۹۳ | ۱/۰۲ |
| ۱۵ | ۷۲/۰۲ | ۳/۵۴ | ۰/۰۳ | ۱۵/۹۷ | ۰/۹۵ | ۶/۷۵ | ۳۷/۷۸ | ۱/۰۱ |
| ۱۶ | ۱۰۶/۵۰ | ۵/۲۳ | ۰/۰۶ | ۲۳/۶۱ | ۰/۹۵ | ۹/۹۸ | ۵۵/۸۷ | ۱/۰۱ |
| ۱۷ | ۸۸/۵۳ | ۴/۳۳ | ۰/۰۴ | ۱۹/۵۷ | ۰/۹۵ | ۸/۲۵ | ۴۶/۴۳ | ۱/۰۱ |
| ۱۸ | ۱۳۲/۳۰ | ۶/۳۸ | ۰/۰۹ | ۲۹/۰۵ | ۰/۹۵ | ۱۲/۱۷ | ۶۹/۳۴ | ۱/۰۲ |
| ۱۹ | ۱۱۱/۱۰ | ۵/۳۴ | ۰/۰۶ | ۲۴/۳۶ | ۰/۹۵ | ۱۰/۲۰ | ۵۸/۲۲ | ۱/۰۲ |
| ۲۰ | ۱۸۰/۹۰ | ۱۸/۱۲ | ۰/۳۵ | ۵۷/۲۵ | ۰/۹۰ | ۳۲/۹۴ | ۹۹/۵۱ | ۰/۹۶ |
| ۲۱ | ۷۹/۲۵ | ۲۴/۰۶ | ۰/۲۱ | ۴۳/۶۷ | ۰/۷۰ | ۳۶/۹۱ | ۵۱/۶۶ | ۰/۷۴ |
| ۲۲ | ۹۵/۹۷ | ۴/۴۹ | ۰/۰۵ | ۲۰/۷۷ | ۰/۹۵ | ۸/۵۹ | ۵۰/۲۳ | ۱/۰۲ |
| ۲۳ | ۱۷۱/۹۰ | ۸/۱۶ | ۰/۱۵ | ۳۷/۴۵ | ۰/۹۵ | ۱۵/۵۸ | ۹۰/۰۳ | ۱/۰۲ |
| ۲۴ | ۹۴/۹۶ | ۴/۴۵ | ۰/۰۵ | ۲۰/۵۵ | ۰/۹۵ | ۸/۴۹ | ۴۹/۷۰ | ۱/۰۲ |
| ۲۵ | ۱۲۶/۸۰ | ۵/۹۳ | ۰/۰۸ | ۲۷/۴۲ | ۰/۹۵ | ۱۱/۳۳ | ۶۶/۳۶ | ۱/۰۲ |
| ۲۶ | ۱۰۷/۰۰ | ۴/۹۶ | ۰/۰۶ | ۲۳/۰۴ | ۰/۹۵ | ۹/۴۸ | ۵۵/۹۸ | ۱/۰۲ |
| ۲۷ | ۱۶۱/۳۰ | ۷/۵۴ | ۰/۱۳ | ۳۴/۸۶ | ۰/۹۵ | ۱۴/۴۰ | ۸۴/۴۲ | ۱/۰۲ |
| ۲۸ | ۱۴۹/۷۰ | ۱۹/۳۹ | ۰/۳۱ | ۵۳/۸۸ | ۰/۸۷ | ۳۴/۳۳ | ۸۴/۵۵ | ۰/۹۳ |
| ۲۹ | ۱۰۴/۷۰ | ۵/۵۴ | ۰/۰۶ | ۲۴/۰۹ | ۰/۹۵ | ۱۰/۵۳ | ۵۵/۱۲ | ۱/۰۱ |
| ۳۰ | ۶۵/۱۱ | ۳/۲۰ | ۰/۰۲ | ۱۴/۴۴ | ۰/۹۵ | ۶/۱۱ | ۳۴/۱۶ | ۱/۰۱ |
| ۳۱ | ۸۱/۲۳ | ۳/۹۳ | ۰/۰۳ | ۱۷/۸۶ | ۰/۹۵ | ۷/۴۹ | ۴۲/۵۸ | ۱/۰۱ |
| ۳۲ | ۱۲۳/۹۰ | ۵/۹۳ | ۰/۰۸ | ۲۷/۱۰ | ۰/۹۵ | ۱۱/۳۱ | ۶۴/۹۱ | ۱/۰۲ |
| ۳۳ | ۷۱/۱۴ | ۳/۳۸ | ۰/۰۳ | ۱۵/۵۱ | ۰/۹۵ | ۶/۴۶ | ۳۷/۲۶ | ۱/۰۲ |
| ۳۴ | ۱۳۲/۰۰ | ۶/۲۸ | ۰/۰۹ | ۲۸/۷۸ | ۰/۹۵ | ۱۱/۹۸ | ۶۹/۱۴ | ۱/۰۲ |
| ۳۵ | ۷۱/۸۶ | ۳/۶۱ | ۰/۰۳ | ۱۶/۱۰ | ۰/۹۵ | ۶/۸۷ | ۳۷/۷۳ | ۱/۰۱ |
| ۳۶ | ۹۷/۳۷ | ۴/۶۶ | ۰/۰۵ | ۲۱/۳۱ | ۰/۹۵ | ۸/۹۰ | ۵۱/۰۲ | ۱/۰۲ |
| ۳۷ | ۳۶/۶۳ | ۱/۸۲ | ۰/۰۱ | ۸/۱۶ | ۰/۹۵ | ۳/۴۷ | ۱۹/۲۲ | ۱/۰۱ |
| ۳۸ | ۷۷/۲۲ | ۴/۴۴ | ۰/۰۴ | ۱۸/۵۲ | ۰/۹۴ | ۸/۴۰ | ۴۰/۸۳ | ۱/۰۱ |
| ۳۹ | ۸۹/۹۹ | ۴/۲۸ | ۰/۰۴ | ۱۹/۶۲ | ۰/۹۵ | ۸/۱۷ | ۴۷/۱۳ | ۱/۰۲ |
| ۴۰ | ۶۷/۷۰ | ۳/۱۹ | ۰/۰۲ | ۱۴/۶۹ | ۰/۹۵ | ۶/۰۹ | ۳۵/۴۴ | ۱/۰۲ |
| ۴۱ | ۸۳/۰۳ | ۳/۴۱ | ۰/۰۳ | ۱۶/۸۳ | ۰/۹۶ | ۶/۵۵ | ۴۳/۲۲ | ۱/۰۲ |
| ۴۲ | ۷۹/۹۲ | ۳/۹۶ | ۰/۰۳ | ۱۷/۷۸ | ۰/۹۵ | ۷/۵۴ | ۴۱/۹۴ | ۱/۰۱ |
| ۴۳ | ۳۷/۳۶ | ۲/۷۱ | ۰/۰۱ | ۱۰/۰۷ | ۰/۹۳ | ۵/۰۶ | ۲۰/۰۴ | ۰/۹۹ |
| ۴۴ | ۲۹/۴۱ | ۱/۴۵ | ۰/۰۱ | ۶/۵۳ | ۰/۹۵ | ۲/۷۶ | ۱۵/۴۳ | ۱/۰۱ |
| ۴۵ | ۲۸/۴۹ | ۲/۴۲ | ۰/۰۱ | ۸/۳۰ | ۰/۹۲ | ۴/۴۶ | ۱۵/۴۶ | ۰/۹۸ |
| ۴۶ | ۳۵/۱۳ | ۲/۹۰ | ۰/۰۱ | ۱۰/۰۹ | ۰/۹۲ | ۵/۳۵ | ۱۹/۰۱ | ۰/۹۸ |
| ۴۷ | ۳۰/۸۷ | ۲/۴۶ | ۰/۰۱ | ۸/۷۱ | ۰/۹۲ | ۴/۵۶ | ۱۶/۶۶ | ۰/۹۸ |
| ۴۸ | ۵۰/۶۳ | ۲/۴۵ | ۰/۰۱ | ۱۱/۱۴ | ۰/۹۵ | ۴/۶۷ | ۲۶/۵۴ | ۱/۰۱ |
| ۴۹ | ۸/۱۸ | ۲/۲۳ | ۰/۰۲ | ۴/۲۷ | ۰/۷۳ | ۳/۵۰ | ۵/۲۰ | ۰/۷۸ |

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

همبستگی بین شاخص‌ها با همدیگر و نیز با عملکرد در دو شرایط در جدول ۸ ارائه شده است. بر اساس این جدول بسیاری از این شاخص‌ها همبستگی‌های بسیار بالایی با هم دارند که نشان می‌دهد استفاده همزمان آنها در برنامه‌های گزینشی سودی در بر نخواهد داشت. برای مثال، همبستگی بین SSI و SDI برابر ۰/۹۹۷ و بین GMP و STI برابر ۰/۹۶۴ بوده است و در نتیجه اطلاعات حاصله از آنها معادل یکدیگر می‌باشد. از طرف دیگر، شاخصی که بالاترین همبستگی را با عملکرد داشته باشد، شاخص مناسبی به شمار می‌رود. بررسی همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب نشان داد که عملکرد با شاخص‌های میانگین یا MP (r=۰/۹۹۷)، میانگین هندسی یا GMP (r=۰/۸۸۷)، فرناندز (r=۰/۷۸۱) و شاخص هارمونیک یا HARM (r=۰/۶۵۲) در سطح ۱٪ ارتباط مثبت و معنی‌دار داشته است. در شرایط تنش چنین ارتباطی بین عملکرد و همه شاخص‌ها وجود داشته است، منتهی شاخص‌های SSI و SDI همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱٪ داشته‌اند. لذا همان طور که دیده می‌شود، شاخص‌های STI، GMP، HARM و MP همبستگی بالایی را با عملکرد در هر دو شرایط داشته و از این شاخص‌ها می‌توان جهت گزینش ژنوتیپ‌های برتر استفاده کرد.

جدول ۸- همبستگی شاخص های تحمل به خشکی

| | Yp | Ys | STI | GMP | SDI | HARM | MP | SSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yp | ۱ | ۰/۵۸۳** | ۰/۷۸۱** | ۰/۸۸۷** | ۰/۱۵۷ | ۰/۶۵۲** | ۰/۹۹۷** | ۰/۱۷۷ |
| Ys | | ۱ | ۰/۹۰۷** | ۰/۸۸۷** | -۰/۵۷۱** | ۰/۹۹۴** | ۰/۶۴۴** | -۰/۵۶۷** |
| STI | | | ۱ | ۰/۹۶۴** | -۰/۳۰۷* | ۰/۹۴۲** | ۰/۸۲۲** | -۰/۲۹۹** |
| GMP | | | | ۱ | -۰/۲۱۸ | ۰/۹۲۷** | ۰/۹۲** | -۰/۲۰۶ |
| SDI | | | | | ۱ | -۰/۵۰۳** | ۰/۰۹۳ | ۰/۹۹۷** |
| HARM | | | | | | ۱ | ۰/۷۰۹** | -۰/۴۹۷** |
| MP | | | | | | | ۱ | ۰/۱۱۳ |
| SSI | | | | | | | | ۱ |

** و*: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪.

در عین حال، با توجه به جدول شاخص‌های برآورد شده (جدول ۷)، می توان ارقام ۹، ۱۰، ۱۱، ۲۰، ۲۱ و ۲۸ را با اطمینان زیاد به عنوان ارقام متحمل به خشکی معرفی کرد، چرا که توسط تعداد بیشتری از شاخص‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل تعیین شده‌اند. به همین نحو، ارقام ۱۲، ۱۴، ۴۴، ۴۵ و ۴۹ به عنوان حساس‌ترین ارقام می‌توانند مد نظر قرار گیرند.

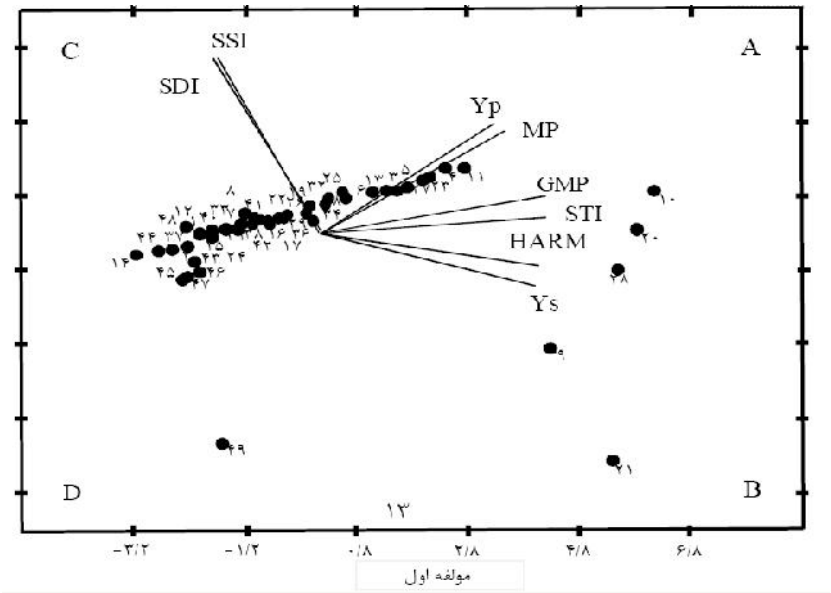
در روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی با استفاده از داده‌های شاخص‌ها برای عملکرد پلات، دو مؤلفه اول ۹۶/۸۵ درصد از تغییرات بین داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۹). ترسیم بای‌پلات

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

بر اساس دو مؤلفه اول انجام گرفت. با توجه به آن‌که دو مولفه اول تقریباً تمامی اطلاعات موجود در داده‌های اصلی را در خود خلاصه کرده‌اند، گروه‌بندی حاصل از بای‌پلات نتایج دقیقی را ارائه خواهد داد. نمودار مذکور برای عملکرد دانه نشان داد که بهترین شاخص‌ها برای گزینش بر اساس عملکرد STI، GMP، HARM و MP هستند (شکل ۱).

جدول ۹- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای عملکرد دانه بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی

| شاخص ها | عامل‌های مهم | |
|---|---|---|
| | ۱ | ۲ |
| GMP | ۰/۴۲۳ | ۰/۱۱۷ |
| HARM | ۰/۴۱۷ | -۰/۱۰۹ |
| MP | ۰/۳۶۳ | ۰/۳۲۶ |
| SDI | -۰/۱۶۷ | ۰/۵۹۱ |
| SI | -۰/۱۶۲ | ۰/۵۹۷ |
| STI | ۰/۴۱۸ | ۰/۰۳۸ |
| Yp | ۰/۳۴۵ | ۰/۳۶۴ |
| YS | ۰/۴۰۷ | -۰/۱۶۶ |
| مقدار ویژه | ۵/۴ | ۲/۳۵ |



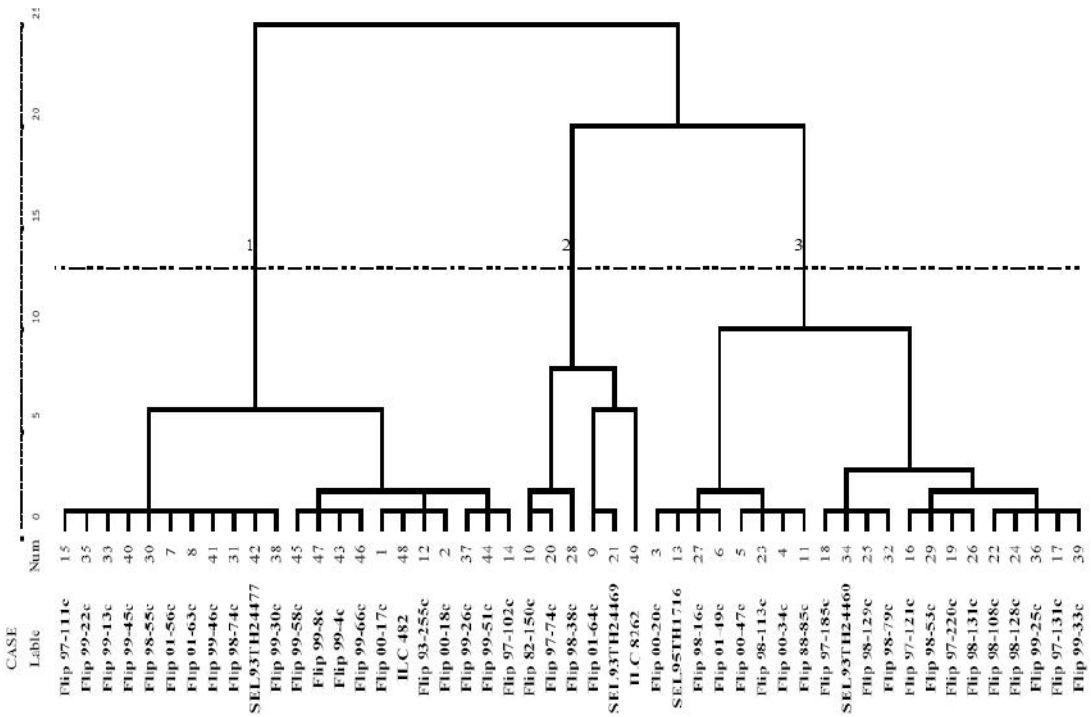

شکل ۱- تجزیه بای‌پلات با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی برای صفت عملکرد.

محمدعلی پوریامچی و همکاران (۱۱) در بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های نخود کابلی این شاخص‌ها را برای غربال ژنوتیپ های متحمل معرفی کردند. یاهوییان و همکاران (۱۹) در ارزیابی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش خشکی، شاخص‌های MP، STI، GMP و

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

HARM را با کمک روش بای‌پلات برای انتخاب بر مبنای عملکرد در پلات توصیه کردند.

از نمودار بای‌پلات (شکل ۱) می‌توان در شناسایی ارقام متحمل و حساس به خشکی استفاده کرد. بر اساس شکل ۱، لاین‌های ۹، ۲۱ و ۲۸ را که در منطقه B قرار دارند، می‌توان ارقام متحمل به خشکی و ژنوتیپ‌هایی مثل ۷، ۸، ۱۲، ۳۳ و ۴۰ را که در ناحیه C واقعند، ارقام حساس به خشکی دانست. نتایج تجزیه کلاستر که در آن فاصله اقلیدسی افراد تعیین شد و گروه‌بندی نیز به روش Ward انجام گرفت، در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به این نمودار دیده می‌شود که تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را در ۳ گروه کلّی قرار داده است. ژنوتیپ‌های گروه اول دارای میانگین عملکرد دانه ۵۶/۸۷ گرم در شرایط مطلوب و ۲/۹۴ گرم در وضعیت محدود آبیاری است. ارقام این دسته معمولاً متحمل نیستند که از آن جمله می‌توان به ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۴، ۴۴ و ۴۵ اشاره داشت که با توجه به مقدار شاخص‌های تحمل به تنش ارقام حساسی می‌باشند.




شکل ۲- تجزیه کلاستر ارقام با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی.

گروه دوم که دربردارنده ارقام ۹، ۱۰، ۲۰، ۲۱، ۲۸ و ۴۹ است، دارای میانگین عملکرد دانه ۱۲۰/۴۶ گرم در شرایط آبیاری نرمال و ۱۶/۶۸ گرم در کرت در وضعیت محدود آبیاری می‌باشد.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

میانگین عملکرد این ژنوتیپ‌ها در وضعیت آبیاری مطلوب در رده دوم و در شرایط محدود بیشترین مقدار را دارا است. این گروه عموماً تحمل مطلوبی به خشکی داشته و در آن همه ارقام به استثنای ژنوتیپ ۴۹ توسط شاخص‌های برآورد شده، گیاهان متحمل شناخته شده‌اند.

گروه سوم نیز با میانگین عملکرد دانه ۱۳۰/۴۶ و ۶/۱۶ گرم در کرت به ترتیب در شرایط نرمال و محدود آبیاری دربردارنده ارقامی است که تحمل چندانی نسبت به خشکی ندارند. محمدعلی پوریامچی و همکاران (۱۱) در ارزیابی مشابهی، ۶۲ ژنوتیپ نخود و ۲ رقم کوروش و جم را بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در چهار گروه قرار دادند.

محمدی و همکاران (۱۲) در گندم نان با انجام تجزیه کلاستر بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی، ۲۱ رقم را در چهار گروه مجزا دسته‌بندی کردند. همچنین یاهوییان و همکاران (۱۹) ۴۹ ژنوتیپ سویا را بر اساس میزان شباهت شاخص‌های تحمل به خشکی در شش گروه مختلف تفکیک نمودند.

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان شاخص‌های STI، GMP، HARM و MP را برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در بین ارقام نخود سفید پیشنهاد کرد. همچنین، در این تحقیق چند رقم متحمل به خشکی شناخته شده‌اند که می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی بعدی برای جستجوی منابع تحمل به خشکی استفاده کرد. برای اثبات تحمل ژنوتیپ‌های پیشنهادی و نیز تعیین آستانه تحمل ژنوتیپ‌های مختلف نخود انجام آزمایشات بیشتر با سطوح مختلف تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسد.

## تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر عباسعلی زالی و آقای دکتر بهرام علیزاده و آقایان مهندسین مسعود اسکندری تربقان و علی اکبر محمودی قدردانی می‌شود.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

## منابع


1. Abdmishani, C. and A.A. Shahnejat-Bushehri. 1997. Advanced plant breeding (Vol. 1). Tehran University Publication. 320 pp. ( In Persian)
2. Bagheri, A., A. Nezami and M. Soltani. 2000. Breeding for tolerance in cool season food legumes. Agricultural Education Press. 445 pp. ( In Persian)
3. Bagheri, A., E. Zand and M. Parsa. 1997. Grain legume, limitations and strategies. Mashhad Jahade Daneshgahi Press. 386 pp. ( In Persian)
4. Farshadfar, E. and J. Javadinia. 2011. Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. Iranian Journal of Seed and Plant Breeding, 27 ( 4): 517-537. ( In Persian)
5. Fereres, E., C. Gimenez, J. Brenngena, J. Fernandez and J. Domiguez. 1983. Genetic variability of sunflower cultivar in response to drought. Helia, 6: 17-21.
6. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress". Taiwan. 13-16 Aug. 257-270 pp.
7. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-917.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Final 2009 data for chickpea. Available at web site http://www.faostat.fao.org (Updated 17 May 2011).
9. Jahangiri, A. and S.S. Poordad. 2002. Assessment of yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines at autumn planting in rain fed condition. Proceeding of the 7th Iranian Crop Sciences Congress. Seed and Plant Improvement Institute. 559 pp. ( In Persian)
10. Jehade Keshavarzi Ministry. 2011. Statistics and informational technology office. Final 2009-2010 Data for Chickpea (Amarnameh Vol. 1). Available at Web Site http://www.maj.ir.
11. Mohammad Ali Pooryamchi, H., M.R. Bihamta, S.A. Peyghambari and M.R. Naghavi. 2011. Evaluation of drought tolerance in Kabuli type Chickpea genotypes. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 27- 1: No 3: 393- 409. ( In Persian)
12. Mohammadi, A., J. Ahmadi and D. Habibi. 2005. Selection indices for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum*). Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 1: 47-62. ( In Persian)
13. Nasir, U.D., B.F. Carver and A.C. Clutter. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought–stressed and irrigated environments. Euphytica, 62: 89-96.
14. Nazarian, F., S. Heydari and B. Bajelan. 2000. Study on correlation for some of traits and yield in soybean. Proceeding of the 6th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Babolsar, Mazandaran University, 44 pp. ( In Persian)
15. Noormand Moayyed, F. 1997. Study of quantitative characters variation and their relation to the yield of Bread Wheat in dry and irrigated conditions and determine the best of drought stress indicator. MSc Thesis. Tehran University. 150 pp. ( In Persian)
16. Pezeshkpoor, P., S. Nazari, F. Mohammadi, L. Sepahvand, Z. Farahshahi, M. Rooein, O. Dehghannezhad, O. and S. Mardani. 2006. Assessment of some quantitative traits in chickpea genotypes in terminal drought in the Khorramabad. Proceeding of the 9th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. Tehran University. 244 pp. (In Persian)


[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

17. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21: 943-946.
18. Simane, B., P.C. Struik, M.M. Nachit and J.M. Peacock. 1993. Ontogenic analysis of field components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. Euphytica, 71: 211-219.
19. Yahooeian, S.H., M.R. Bihamta, H.R. Babaei and D. Habibi. 2005. Evaluation to drought stress in soybean genotype. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 2(2): 72-75. ( In Persian)
20. Yusuf Ali, M., L. Krishnamurthy, N.P. Saxena, O.P. Rupela, J. Kumar and C. Johansen. 2002. Scope for genetic manipulation of mineral acquisition in chickpea. Plant and Soil, 245: 123-134.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]

# Defining Selection Indices for Drought Tolerance in Chickpea Under Terminal Drought Stresses

**Seyed Javad Seyedi[1], Ali Reza Nabipour[2] and Saeed Vazan[3]**

1- MSc of Islamic Azad University, Karadj Branch (Corresponding author: atrakjs@gmail.com)
2- Assistant Professor, Rice Research Institute, Amol
3- Assistant Professor, Islamic Azad University, Karadj
Received: January 31, 2012 Accepted: June 30, 2012

## Abstract

In order to assess the drought stress indices in chickpea elite lines, forty-nine genotypes were evaluated using an incomplete block arrangement in two well watered and deficit irrigation conditions including 60 and 120 mm evaporation based on class A pan at the Northern Khorasan Rain- Fed Research Station. Different phonological and morphological traits, as well as yield and its components were recorded. Analysis of variance indicated significant differences among the genotypes. The results of drought stress indices and biplot analysis suggested that genotypes SEL93TH24469, FLIP 01-64C and FLIP 98-38C were the most tolerant lines and FLIP 93-255C was the most susceptible one. Biplot analysis also showed that HARM, GMP, STI and MP selection indices were the best to identify drought tolerant genotypes. Cluster analysis separated the genotypes into three groups. Genotypes in cluster II had highest tolerance to drought stress.

**Keywords**: Chickpea (*Cicer arietinum* L.), Drought tolerance, Tolerance indices, Biplot, Yield

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13 ]