دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

# ارزیابی لاین‌های گندم دوروم با استفاده از شاخص‌های تنش خشکی

**شیوا محمدنیا[۱]، علی اصغری[۲]، امید سفالیان[۳]، حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد[۳]، رحمت‌الله کریمی‌زاده[۴] و علی اکبر شکوهیان[۵]**

۱، ۳ و ۵- دانش‌آموخته کارشناس ارشد، دانشیار و استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار، دانشگاه محقق اردبیلی، (نویسنده مسوول: ali_asgharii@yahoo.com)
۴- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۵

**چکیده**

**به منظور بررسی تحمل لاین‌های گندم دوروم (*Triticum turgidum L.* var durum) به تنش خشکی و نیز ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با ۲۰ لاین گندم دوروم در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه گچساران اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه نشان داد که بین لاین‌ها و اثر متقابل لاین و محیط در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. شاخص‌های مبتنی بر عملکرد لاین‌ها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی محاسبه شد. با در نظر گرفتن همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه در شرایط دیم (YS) با شاخص‌های میانگین هندسی عملکرد (GMP)، میانگین حسابی (MP)، شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص پاسخ به خشکی (DRI)، شاخص مقاومت به خشکی (DI)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل به تنش اصلاح شده ($K_1$STI)، این شاخص‌ها معیارهای مناسب برای شناسایی لاین‌های متحمل به خشکی بودند. هم‌چنین، شاخص تحمل (TOL)، شاخص ثبات عملکرد (YSI)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص خشکی نسبی (RDI)، شاخص تحمل تنش‌های غیر زنده (ATI)، شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) و شاخص میزان محصول محیط غیرتنش و تنش (SNPI) در تمایز لاین‌ها نقش زیادی نداشتند. گروه‌بندی لاین‌ها با روش تجزیه خوشه‌ای نشان داد که که لاین‌های شماره ۳ و ۱۳ پرمحصول و متحمل به شرایط دیم بوده و لاین‌های ۷ و ۱۸ حساس‌ترین لاین‌ها نسبت به شرایط دیم بودند. از گروه‌بندی لاین‌ها با استفاده از نمودار سه بعدی براساس عملکرد در شرایط دیم، آبیاری تکمیلی و شاخص STI نتایج مشابه با تجزیه خوشه‌ای بدست آمد.**

**واژه‌های کلیدی: دیم، آبیاری تکمیلی، تحمل، حساسیت، گندم دوروم**

## مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) از لحاظ اقتصادی و تغذیه انسان، بعد از گندم نان از مهم‌ترین غلات است (۴۳) که به علت خصوصیات آرد حاصل از آن، ایده‌آل برای تهیه ماکارونی و اسپاگتی می‌باشد (۱). بیشترین مناطق کشت و کار گندم دوروم ایران در مناطق گرمسیر و معتدل قرار دارد و در مناطق سردسیر نیز به صورت محدود کشت می‌شود (۳۸). از سوی دیگر ایران با متوسط بارندگی سالانه ۲۴۰ میلی‌لیتر جزو مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود (۳۳). بررسی‌ها نشان داده‌اند که بین تنش‌های غیر زنده، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است (۴). تنش خشکی بسته به زمان وقوع تنش و مرحله رشد گیاه با تأثیر بر اجزای عملکرد موجب کاهش عملکرد می‌شود (۴۱). تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که تنش رطوبتی در مراحل مختلف نمو گندم باعث کاهش عملکرد کل ماده خشک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اجزای عملکرد دانه گندم شده است (۱۷، ۲۱،۲۶،۳۴، ۴۵). درک پاسخ گیاهان به خشکی در اصلاح و تولید گیاهان مقاوم به خشکی ضروری است (۲۹). تاکنون تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش جهت کشت در فرناندز (۱۴) با بررسی عملکرد گیاه لوبیا در دو محیط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را از نظر واکنش به دو محیط در چهار گروه A (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط عملکرد بالایی دارند)، B (ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط بدون تنش عملکرد خوبی دارند)، C (ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد نسبی بالاتری دارند) و D (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط عملکرد پایینی دارند) طبقه‌بندی کرد. وی استفاده از شاخص تحمل به تنش (STI)[۱] و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)[۲] را برای ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی پیشنهاد نمود. شاخص STI قادر به شناسایی ارقامی با عملکرد بالقوه بالا در دو شرایط تنش و بدون تنش بوده و مقادیر بالای آن بیانگر ثبات عملکرد بیشتر ژنوتیپ در شرایط خشکی است. فیشر و مورر (۱۵) استفاده از شاخص حساسیت به تنش (SSI)[۳] را برای ارزیابی ارقام متحمل پیشنهاد کردند که مقادیر کوچک‌تر SSI نشان‌دهنده مقاومت بیشتر به خشکی است، اما این شاخص قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروه C نیست. روزیله و هامبلین (۳۷) شاخص تحمل (TOL)[۴] و شاخص بهره‌وری (MP)[۵] را معرفی نمودند. به عقیده آن‌ها انتخاب بر مبنای مقادیر کمتر TOL به گزینش ژنوتیپ‌هایی منجر می‌شود که عملکرد آن‌ها در محیط تنش‌دار نسبت به محیط بدون تنش کاهش کمتری داشته و ثبات عملکرد دارند، اما انتخاب بر مبنای شاخص MP به

1- Stress Tolerance Index
2- Geometric Mean Productivity Index
3- Stress Susceptibility Index
4- Tolerance Index
5- Mean Productivity

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

محیط تنش و بدون تنش افزایش می‌دهد (۱۴). شاخص میانگین هارمونی (HM)[1] شاخص دیگری است که توسط برخی از محققین مورد استفاده قرار گرفته است (۳۹).

شاخص پاسخ به خشکی (DRI)[2] توسط بیدینگر و همکاران (۵) ارایه شد. ماکارا و همکاران (۲۸) برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در برنج از شاخص پاسخ به خشکی استفاده نمودند. آن‌ها بیان نمودند که این شاخص با سطوح آب نسبی در زمان گلدهی همبستگی ندارد. از این‌رو، شاخص پاسخ به خشکی تحت شرایط تنش خشکی موجب می‌شود که به‌نژادگران لاین‌های بخشنده تحمل به خشکی را بعنوان یک مؤلفه مهم جهت اصلاح واریته‌های با سازگاری بالا در مزارع آبی تشخیص دهند. لن (۲۷) شاخص جدید مقاومت به خشکی (DI)[3] را پیشنهاد داد که معمولاً برای شناسایی ارقامی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد مطلوب دارند، کاربرد دارد. شاخص ثبات عملکرد (YSI)[4] که از نسبت عملکرد در شرایط تنش به شرایط بدون تنش محاسبه می‌شود، توسط بوسلاما و شاپاگ (۶) پیشنهاد شد. در واقع شاخص YSI نشان‌دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش خشکی است. مقادیر عددی بیشتر از واحد در شاخص ثبات عملکرد نشان‌دهنده حساسیت ژنوتیپ و ضعف پایداری عملکرد در شرایط تنش می‌باشد (۹).

فیشر و وود (۱۶) شاخص خشکی نسبی (RDI)[5] را اریه دادند. گرندو و سکارلی (۲۲) بیان کردند که اگر مقدار این شاخص برای یک ژنوتیپ بزرگ‌تر از یک باشد، ژنوتیپ تحمل نسبتاً خوبی به خشکی دارد، ولی اگر میزان عددی این شاخص کوچکتر از یک باشد، در این صورت این ژنوتیپ حساس است. شاخص عملکرد (YI)[6] توسط گاوازی و همکاران (۱۸) مطرح شد. بر اساس نظر آن‌ها شاخص YI در گزینش ارقام گروه A بازده ندارد. با توجه به این‌که شاخص عملکرد از نسبت عملکرد رقم در شرایط تنش به میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط تنش محاسبه می‌گردد، بنابراین موجب رتبه‌بندی ارقام برحسب میزان عملکرد تولیدی آن‌ها در محیط تنش می‌گردد (۴۲). فرشادفر و سوتکا (۱۳) جهت بهبود بهره‌وری از شاخص STI، شاخص تحمل به تنش بهبود یافته (MSTI)[7] را معرفی کردند. آن‌ها با ضرب شاخص تصحیح $K_i$ به شاخص تحمل به تنش، شاخص‌های $K_1STI$ و $K_2STI$ را که شاخص انتخاب بهینه برای شرایط تنش و بدون تنش است را به دست آوردند.

در سال ۲۰۰۸ موسوی و همکاران (۳۱) از اصطلاح "تحمل و مقاومت نسبی" به جای اصطلاح "تحمل و مقاومت" استفاده کردند و اظهار داشتند که عبارت "تحمل و مقاومت "مفهوم تحمل و مقاومت کامل را دارد و در عمل چنین تحمل و مقاومتی وجود ندارد. بلکه، تحمل و مقاومت همواره به صورت نسبی است و در این تحقیق آن‌ها سه شاخص تحمل تنش‌های غیر زنده (ATI)[8]، درصد حساسیت به تنش (SSPI)[9] و میزان محصول محیط غیرتنش و تنش (SNPI)[10] را معرفی کردند.

هدف از تحقیق حاضر ارزیابی لاین‌های امیدبخش گندم دوروم از نظر تحمل به تنش خشکی آخر فصل و شناسایی ارقام حساس و متحمل به تنش بود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور ارزیابی تحمل ۲۰ لاین امیدبخش گندم دوروم (جدول ۱) از نظر تحمل تنش خشکی آخر فصل طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران اجرا شد. این ایستگاه در ارتفاع ۷۱۰ متر بالاتر از سطح دریا، با طول و عرض جغرافیایی '۵۰ °۵۰ شرقی و '۲۰ °۳۰ شمالی در جنوب غربی ایران واقع شده است. متوسط بارندگی ۲۰ ساله ۴۳۱ میلی‌متر می‌باشد. بافت خاک محل آزمایش سیلتی لوم رسی است. متوسط دما و بارش ماهیانه در سال زراعی اجرای آزمایش و نیز متوسط ۲۰ ساله در منطقه در جدول ۲ نشان داده شده است.

پژوهش حاضر به صورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط آبیاری تکمیلی و شرایط دیم انجام شد. در شرایط آبیاری تکمیلی، دو بار آبیاری در ۱۱ اسفند ۱۳۹۰ و ۱۵ فروردین ۱۳۹۱ انجام شد. تراکم بذر تمام لاین‌ها ۳۰۰ بذر در هر مترمربع در نظر گرفته شد و با ماشین بذرکار آزمایشات غلات در پلات‌هایی با شش ردیف به طول ۷/۰۳ متر و با فاصله ۱۷/۵ سانتی‌متری کاشته شد. ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر در زمان کاشت استفاده شد. هم‌چنین، ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت نیترات آمونیوم، در دو نوبت به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله پنجه زنی و متورم شدن دانه اعمال گردید. هیچ بیماری در طول دوره رشد مشاهده نشد و علف‌های هرز توسط علف‌کش‌های تاپیک وگرنستار (۱/۷ لیتر در هکتار) کنترل شد. گیاهان پس از بلوغ فیزیولوژیک، توسط دستگاه آزمایشات غلات برداشت شدند و عملکرد دانه لاین‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش یادداشت برداری شد. برای ارزیابی لاین‌ها از نظر تحمل به خشکی، شاخص‌های جدول ۳ با استفاده از عملکرد لاین‌ها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی محاسبه شدند. در معادلات $Y_S$ و $Y_P$ به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش برای هر ژنوتیپ و $\bar{Y}_S$ و $\bar{Y}_P$ میانگین عملکرد کلیه لاین‌ها در شرایط تنش و غیرتنش است. در رابطه ۹، $Y_A$ عملکرد واقعی در شرایط تنش خشکی، $Y_{ES}$ عملکرد پیش بینی شده در شرایط تنش خشکی و $S_{ES}$ اشتباه استاندارد عملکرد پیش بینی شده در شرایط تنش خشکی است.

1- Harmonic Mean
2- Drought Response Index
3- Drought Resistance Index
4- Yield Stability Index
5- Relative Drought Index
6- Yield Index
7- Modified Stress Tolerance Index
8- Abiotic Tolerance Index
9- Stress Susceptibility Percentage Index
10- Stress Non-stress Production Index

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۱- شجره لاین‌های گندم دوروم مورد استفاده در ارزیابی تنش خشکی در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 1. Pedigree of durum wheat lines used in assessing the drought stress in rainfed and supplementary irrigation condition

| شماره لاین | شجره |
|---|---|
| ۱ | STOT//ALTAR 84/ |
| ۲ | CBC 509 CHILE/SOMAT_3.1//WODUCK/ CHAM_3 |
| ۳ | BCRIS/BICUM//LLARETA INIA/3/DUKEM_12/2*RASCON _21 |
| ۴ | ALTAR 84/BINTEPE 85/3/ALTAR 84/STINT// SILVER_45 /4/ LHNKE/RASCON//CONA-D |
| ۵ | TRN//21563/AA/3/BD2080/4/BD2339/5/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/6/AUK/GUIL//GREEN |
| ۶ | GREEN_2/HIMAN_12//SHIP_1/7/ECO/CMH76A.722//YAV/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/ KJOVE_1/6/MALM UK _1/ SERRATOR_1 |
| ۷ | HYDRANASSA30/SILVER_5//LYMNO_8/3/PATKA_7/YAZI_1/4/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN |
| ۸ | RISSA/GAN//POHO_1/3/PLATA_3//CREX/ALLA/4/STOT//ALTAR 84/ALD/5/ARMENT //SRN _3/ NIGRIS_4/ 3/ CANELO_9.1 |
| ۹ | STR/4/JO69/3/JO69/CRA//CIT71/5/ALTAR 84/AOS/ 6/ ENT E/MEXI_ 2//HUI/3/YAV_1/ GEDIZ/7/SOMAT_4/INTER _8/8/ INTER_8/ SILVER_2 CDSS02Y01292T-0TOPB-0Y-0M-8Y-0Y |
| ۱۰ | ALTAR 84/STINT//SILVER_45/3/LLARETA INIA |
| ۱۱ | AINZEN-1/3/MINIMUS_6/PLATA_16//IMMER |
| ۱۲ | TRN//21563/AA/3/BD2080/4/BD2339/5/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/6/AUK/GUIL//GREEN |
| ۱۳ | TRN//21563/AA/3/BD2080/4/BD2339/5/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/6/AUK/GUIL//GREEN |
| ۱۴ | KUCUK_2/PATA_2/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1 |
| ۱۵ | GODRIN/GUTROS//DUKEM/3/DF900.83/2*RASCON_37/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1 |
| ۱۶ | Mra-1/4/Aus1/3/Scar/GdoVZ579//BitI |
| ۱۷ | Icajihan2I |
| ۱۸ | Stk/Hau//Heca-1/3/1536-OGDOI |
| ۱۹ | Mrf1/Stj2/3/1718/BT24//KarimI |
| ۲۰ | Dehdasht |

جدول ۲- متوسط بارندگی و دما در طی فصل زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و میانگین دراز مدت آن در ماه‌های مختلف در ایستگاه گچساران

Table 2- The average rain and temperature during growth seasons of 2011 to 2012 and long time averages in different months of Gachsaran station

| ماه | بارندگی (میلی‌متر) | | دما (درجه سانتی‌گراد) | |
|---|---|---|---|---|
| | ۹۱-۱۳۹۰ | متوسط ۲۰ ساله | ۹۱-۱۳۹۰ | متوسط ۲۰ ساله |
| مهر | ۰/۰ | ۳/۰ | ۲۵/۳ | ۲۴/۹ |
| آبان | ۹۲/۱ | ۳۲/۵ | ۱۸/۶ | ۱۸/۶ |
| آذر | ۶۱/۱ | ۹۲/۱ | ۱۲/۲ | ۱۳/۲ |
| دی | ۴۲/۴ | ۱۱۴/۵ | ۱۱/۹ | ۱۰/۷ |
| بهمن | ۱۲۰/۷ | ۷۷/۱ | ۱۰/۷ | ۱۱/۳ |
| اسفند | ۴۷/۵ | ۵۳/۲ | ۱۲/۱ | ۱۴/۷ |
| فروردین | ۴۴/۸ | ۴۴/۳ | ۱۷/۹ | ۱۸/۶ |
| اردیبهشت | ۰/۱ | ۱۳/۷ | ۲۶/۲ | ۲۵/۴ |
| خرداد | ۰/۰ | ۰/۷ | ۳۰/۹ | ۳۰/۴ |
| کل | ۴۱۷/۱ | ۴۳۱/۰ | – | – |

تجزیه واریانس داده‌های عملکرد به صورت مرکب و شاخص‌های تنش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. هم‌چنین برای تبدیل داده‌های شاخص‌های TOL، SSI، ATI، SSPI، SNPI و DRI از تبدیل لگاریتمی استفاده شد. تست یکنواختی واریانس خطای دو آزمایش با استفاده از روش $F_{max}$ هارتلی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

برای گروه‌بندی لاین‌ها و بررسی رابطه بین شاخص‌های مورد مطالعه از روش‌های تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد با استفاده از معیار فاصله اقلیدسی براساس میانگین استاندارد شده و تجزیه به عامل‌ها با چرخش واریماکس استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و SAS انجام شدند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۳- ارزیابی شاخص‌های مبتنی بر عملکرد دانه در لاین‌های گندم دوروم تحت تنش خشکی

Table 3. Evaluating yield - based Indices in durum wheat lines under drought stress

| | |
|---|---|
| $SI=1-\frac{Y_S}{Y_P}$ $SSI=\frac{1-(Y_S/Y_P)}{SI}$ | فرمول ۱- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (۱۵) |
| $RDI=(Y_S/Y_P)/(Y_S/Y_P)$ | فرمول ۲- شاخص خشکی نسبی (RDI) (۱۶) |
| $TOL=Y_P-Y_S$ | فرمول ۳- شاخص تحمل (TOL) (۳۷) |
| $MP=(Y_P+Y_S)/2$ | فرمول ۴- شاخص بهره‌وری (MP) (۳۷) |
| $STI=(Y_s\times Y_P)/(\overline{Y_P})^2$ | فرمول ۵- شاخص تحمل به تنش (STI) (۱۴) |
| $GMP=\sqrt[2]{Y_P\times Y_s}$ | فرمول ۶- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (۱۴) |
| $YI=Y_S/\overline{Y_S}$ | فرمول ۷- شاخص عملکرد (YI) (۱۸) |
| $YSI=Y_S/Y_P$ | فرمول ۸- شاخص ثبات عملکرد (YSI) (۶) |
| $DRI=(Y_A-Y_{ES})/S_{ES}$ | فرمول ۹- شاخص پاسخ به خشکی (DRI) (۵) |
| $DI=Y_S(Y_S/Y_P)/\overline{Y_S}$ | فرمول ۱۰- شاخص جدید مقاومت به خشکی (DI) (۲۷) |
| $MSTI=K_i\times STI$ $K_1=\overline{Y_P^2}/\overline{Y_P}^2$ $K_2=\overline{Y_S^2}/\overline{Y_S}^2$ | فرمول ۱۱- شاخص تحمل به تنش بهبود یافته (MSTI) (۳۱) |
| $ATI=[(Y_P-Y_S)/(\overline{Y_P}/\overline{Y_S})]\times[\sqrt[2]{Y_P\times Y_S}]$ | فرمول ۱۲- شاخص تحمل تنش‌های غیر زنده (ATI) (۳۱) |
| $SSPI=[(Y_P-Y_S)/2(\overline{Y_P})]\times 100$ | فرمول ۱۳- شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) (۳۱) |
| $SNPI=\left[\sqrt[3]{(Y_P+Y_S)/(Y_P-Y_S)}\right]\times\left[\sqrt[3]{Y_P\times Y_S\times Y_S}\right]$ | فرمول ۱۴- شاخص میزان محصول محیط غیرتنش و تنش (SNPI) (۳۱) |
| $HARM=[2(Y_S)(Y_P)]/(Y_S+Y_P)$ | فرمول ۱۵- شاخص میانگین هارمونیک (HARM) (۳۹) |

ns، ★★ و ★: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب عملکرد لاین‌های گندم دوروم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 4. Combined analysis of variance durum lines for grain yield in rainfed and supplementary irrigation conditions

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| محیط | ۱ | ۷۶۲۳۵۹۱۲/۹۷** |
| تکرار درون محیط | ۶ | ۴۹۸۷۶۷/۲۹** |
| لاین | ۱۹ | ۱۰۱۸۳۸۹/۸۳** |
| لاین × محیط | ۱۹ | ۵۴۴۶۹۷/۷۶** |
| خطای آزمایش | ۱۱۴ | ۱۱۳۹۵۳/۷۳ |
| ضریب تغییرات٪ | | ۶/۷۰ |

## نتایج و بحث

تجزیه مرکب عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی تحت دو شرایط دیم وآبیاری تکمیلی نشان داد که بین لاین‌ها و اثر متقابل لاین در محیط تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت که بیانگر تاثیر متفاوت محیط روی لاین‌ها از نظر این صفت می‌باشد (جدول ۴). تجزیه واریانس شاخص‌های مورد مطالعه به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی نشان داد که بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر شاخص‌های MP، GMP، STI، $K_1$STI و HM اختلاف معنی‌دار وجود داشت که نشان‌دهنده تنوع بین لاین‌ها از نظر این شاخص‌ها بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین لاین‌ها برای عملکرد دانه، نشان داد که بیشترین عملکرد در هکتار در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به تر تیب مربوط به لاین‌های شماره ۱۳ و ۱۵ بود. در شرایط دیم لاین شماره ۱۸ و درشرایط آبیاری تکمیلی لاین‌های ۷ و ۱۸ کمترین مقدار عملکرد را داشتند (جدول ۶).

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی در گندم دوروم

Table 5. Analysis of variance for drought tolerance and susceptibility indices in durum wheat

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TOL | MP | GMP | STI | YI | YSI | SSI | DI | $k_1$STI | $K_2$STI | RDI | ATI | SSPI | HARM | SNPI | DRI |
| تکرار | ۳ | ۰/۲۱$^{ns}$ | ۵۳۰۱۵۲/۸۱$^{ns}$ | ۴۷۴۵۸۶/۶۴$^{ns}$ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۰/۰۳$^{ns}$ | ۰/۰۳$^{ns}$ | ۰/۰۱۹$^{ns}$ | ۰/۱۰$^{ns}$ | ۰/۲۷$^{*}$ | ۰/۳۴$^{ns}$ | ۰/۰۵$^{ns}$ | ۰/۰۱۱$^{*}$ | ۰/۰۸$^{ns}$ | ۴۵۰۷۸۲/۳۶$^{ns}$ | ۰/۲۹$^{ns}$ | ۰/۰۱۴$^{ns}$ |
| لاین | ۱۹ | ۰/۲۲$^{ns}$ | ۵۰۸۹۶۸/۰۴$^{**}$ | ۴۸۳۲۰۷/۱۳$^{**}$ | ۰/۰۳$^{*}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | ۰/۰۵$^{ns}$ | ۰/۱۷$^{*}$ | ۰/۱۸$^{ns}$ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۶$^{ns}$ | ۰/۰۹$^{ns}$ | ۴۶۷۶۸۶/۸۵$^{*}$ | ۰/۲۵$^{ns}$ | ۰/۰۴۱$^{ns}$ |
| خطا | ۵۷ | ۰/۲۰ | ۲۲۵۰۲۳/۰۱ | ۲۳۱۹۱۲/۱۸ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۴ | ۰/۰۹ | ۰/۱۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۵۹ | ۲۴۷۶۰۲/۱۵ | ۰/۲۹ | ۰/۶۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۱۴/۳۰ | ۹/۰۰ | ۹/۲۶ | ۱۸/۴۹ | ۱۳/۶۲ | ۱۷/۲۴ | ۳۱/۵۹ | ۲۷/۸۰ | ۳۷/۵۴ | ۴۴/۰۱ | ۱۷/۲۳ | ۰/۸۵ | ۲۰/۶۹ | ۹/۶۹ | ۱۱/۹۸ | ۲۰/۳۸ |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶- مقایسه عملکرد لاین‌های مورد مطالعه گندم دوروم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بر حسب کیلوگرم در هکتار و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی

Table 6. Comparison of durum wheat lines yield in kilograms per hectare and tolerance and susceptibility indices in rainfed and supplementary irrigation conditions

| رقم | Ys | Yp | $k_1$STI | MP | GMP | STI | HM | TOL | YI | YSI | SSI | DI | ATI | RDI | $K_2$STI | SSPI | SNPI | DRI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۶۵۲۵/۰ | ۴۴۶۷/۹ | ۱/۰۳ | ۵۴۹۶/۵ | ۵۳۸۷/۸ | ۰/۸۲۱ | ۵۲۸۲/۲ | ۲۰۵۷/۱ | ۰/۹۷ | ۰/۶۹ | ۱/۳۲ | ۰/۶۷۹ | ۸۷۰۵۳۰۱ | ۰/۹۰۳ | ۰/۷۸ | ۱۷/۲۷ | ۹۱۰۰ | −۱/۶۱۷ |
| ۲ | ۶۳۱۲/۹ | ۴۶۴۸/۷ | ۰/۹۵ | ۵۴۸۰/۸ | ۵۳۸۳/۴ | ۰/۸۱۸ | ۵۲۸۶/۴ | ۱۶۶۴/۲ | ۱/۰۱ | ۰/۷۶ | ۱/۰۱۷ | ۰/۷۹۲ | ۷۰۹۸۸۳۸ | ۰/۹۹۴ | ۰/۸۳ | ۱۳/۹۷ | ۲۹۹۶ | ۰/۰۲۶ |
| ۳ | ۶۳۸۹/۶ | ۵۱۰۱/۷ | ۱/۱۰ | ۵۷۴۵/۶ | ۵۷۰۸/۴ | ۰/۹۲۷ | ۵۶۷۱/۴ | ۱۲۸۷/۹ | ۱/۱۱ | ۰/۷۹ | ۰/۸۷۷ | ۰/۸۹۱ | ۵۶۴۴۱۴۴ | ۱/۰۳ | ۱/۲۰ | ۱۰/۸۱ | ۱۱۴۸۲ | ۴/۵۹۸ |
| ۴ | ۵۵۰۲/۵ | ۴۸۶۰/۰ | ۰/۶۶ | ۵۱۸۱/۲ | ۵۱۵۳/۱ | ۰/۷۵۴ | ۵۱۲۵/۶ | ۶۴۲/۵ | ۱/۰۶ | ۰/۸۹ | ۰/۴۶۷ | ۰/۹۶۲ | ۲۴۶۴۶۳۸ | ۱/۱۶ | ۰/۹۰ | ۵/۳۹ | ۵۱۳۳ | ۴/۰۷۱ |
| ۵ | ۵۴۱۲/۵ | ۴۸۱۰/۴ | ۰/۶۱ | ۵۱۱۱/۵ | ۵۰۸۹/۲ | ۰/۷۳۵ | ۵۰۶۷/۳ | ۶۰۲/۱ | ۱/۰۵ | ۰/۸۹ | ۰/۴۷۲ | ۰/۹۵۲ | ۲۲۰۶۸۲۴ | ۱/۱۵ | ۰/۸۶ | ۰/۰۵ | ۳۴۰۳ | ۳/۵۷۳ |
| ۶ | ۶۲۴۷/۱ | ۴۲۲۳/۸ | ۰/۸۵ | ۵۲۳۵/۴ | ۵۱۲۰/۱ | ۰/۷۴۴ | ۵۰۰۸/۴ | ۲۰۲۳/۳ | ۰/۹۲ | ۰/۶۸ | ۱/۳۵ | ۰/۶۴۱ | ۸۰۳۶۴۰۴ | ۰/۸۹۲ | ۰/۶۵ | ۱۶/۹۹ | ۸۸۵۴ | −۰/۵۶۶ |
| ۷ | ۴۴۵۷/۹ | ۴۳۳۲/۱ | ۰/۳۱ | ۴۳۹۵/۰ | ۴۳۸۵/۹ | ۰/۵۴۶ | ۴۳۷۶/۸ | ۱۲۵/۸ | ۰/۹۴ | ۰/۹۷ | ۰/۰۷۳ | ۰/۹۳۳ | ۴۷۳۳۸۲ | ۱/۲۷ | ۰/۵۰ | ۱/۰۵ | ۷۰۴ | −۴/۷۰۰ |
| ۸ | ۵۹۵۲/۱ | ۴۴۸۰/۸ | ۰/۷۷ | ۵۲۱۶/۵ | ۵۱۴۸/۴ | ۰/۷۴۹ | ۵۰۸۲/۰ | ۱۴۷۱/۳ | ۰/۹۷ | ۰/۷۶ | ۱/۰۱۲ | ۰/۷۵۴ | ۵۹۴۱۸۸۵ | ۰/۹۹۶ | ۰/۷۲ | ۱۲/۳۵ | ۱۰۲۴۲ | −۰/۷۰۹ |
| ۹ | ۵۸۳۵/۰ | ۴۶۱۹/۲ | ۰/۷۵ | ۵۲۲۷/۱ | ۵۱۸۲/۳ | ۰/۷۶۲ | ۵۱۳۸/۱ | ۱۲۱۵/۸ | ۱/۰۰ | ۰/۷۹ | ۰/۸۸ | ۰/۸۱۱ | ۴۸۵۸۵۵۴ | ۱/۰۳ | ۰/۸۰ | ۱۰/۲۱ | ۱۲۲۵۶ | ۰/۳۱۶ |
| ۱۰ | ۶۱۷۲/۹ | ۴۶۸۹/۶ | ۰/۸۸ | ۵۴۳۱/۳ | ۵۳۶۵/۸ | ۰/۸۱۳ | ۵۳۰۱/۵ | ۱۴۸۳/۳ | ۱/۰۲ | ۰/۷۶ | ۱/۰۰۳ | ۰/۷۹۶ | ۶۱۱۶۵۸۳ | ۰/۹۹۹ | ۰/۸۶ | ۱۲/۴۵ | ۱۲۰۳۳ | ۱/۰۱۶ |
| ۱۱ | ۶۱۲۲/۵ | ۴۹۲۰/۰ | ۰/۹۰ | ۵۵۲۱/۳ | ۵۴۸۰/۵ | ۰/۸۵۱ | ۵۴۴۰/۲ | ۱۲۰۲/۵ | ۱/۰۷ | ۰/۸۰ | ۰/۸۵۳ | ۰/۸۷۳ | ۴۹۲۵۲۱۵ | ۱/۰۴ | ۱/۰۳ | ۱۰/۰۹ | ۱۱۹۶۴ | ۴/۱۶۸ |
| ۱۲ | ۶۲۵۱/۷ | ۴۵۳۱/۳ | ۰/۸۶ | ۵۳۹۱/۵ | ۵۲۸۰/۸ | ۰/۷۹۳ | ۵۱۷۶/۶ | ۱۷۲۰/۴ | ۰/۹۹ | ۰/۷۳ | ۰/۷۵۷ | ۰/۸۵ | ۶۶۰۹۴۴۵ | ۰/۹۵ | ۰/۸۵ | ۱۴/۴۴ | ۱۰۴۹۷ | ۰/۱۶۰ |
| ۱۳ | ۶۲۱۴/۲ | ۵۲۲۴/۲ | ۱/۰۷ | ۵۷۱۹/۲ | ۵۶۷۳/۳ | ۰/۹۲۰ | ۵۶۲۸/۶ | ۹۹۰/۰ | ۱/۱۴ | ۰/۸۵ | ۰/۶۲۷ | ۰/۹۹۰ | ۴۳۵۱۰۳۷ | ۱/۱۱ | ۱/۳۰ | ۸/۳۱ | ۱۷۳۶۱ | ۶/۰۳۶ |
| ۱۴ | ۵۵۵۹/۶ | ۴۳۵۲/۱ | ۰/۶۰ | ۴۹۵۵/۸ | ۴۹۱۳/۱ | ۰/۶۸۳ | ۴۸۷۱/۱ | ۱۲۰۷/۵ | ۰/۹۵ | ۰/۷۸ | ۰/۹۲۹ | ۰/۷۵۱ | ۴۵۳۶۶۹۳ | ۱/۰۲ | ۰/۶۳ | ۱۰/۱۴ | ۹۸۲۲ | ۲/۰۴۹ |
| ۱۵ | ۶۵۲۶/۷ | ۴۴۲۵/۰ | ۱۵/۰۳ | ۵۴۸۰/۸ | ۵۳۵۳/۲ | ۰/۸۱۵ | ۵۲۳۱/۲ | ۲۰۹۱/۷ | ۰/۹۶ | ۰/۶۹ | ۱/۳۱ | ۰/۶۸۳ | ۸۷۴۷۴۳۸ | ۰/۹۰۶ | ۰/۷۹ | ۱۷/۵۶ | ۹۳۱۶ | −۱/۳۱۲ |
| ۱۶ | ۶۳۰۵/۴ | ۴۴۹۲/۹ | ۰/۹۰ | ۵۲۹۹/۲ | ۵۲۰۶/۸ | ۰/۷۹۹ | ۵۲۱۶/۹ | ۱۸۱۲/۵ | ۰/۹۸ | ۰/۷۱ | ۱/۲۳ | ۰/۷۱۶ | ۷۲۶۰۰۷۰ | ۰/۹۳ | ۰/۸۱ | ۱۵/۲۲ | ۹۶۱۳ | −۱/۴۹۶ |
| ۱۷ | ۵۷۵۷/۱ | ۴۷۲۵/۰ | ۰/۷۴ | ۵۲۴۱/۰ | ۵۲۰۲/۶ | ۰/۷۶۸ | ۵۱۶۴/۹ | ۱۰۳۲/۱ | ۱/۰۳ | ۰/۷۸ | ۰/۸۲ | ۰/۷۳۹ | ۴۱۴۸۸۳۹ | ۱/۰۷ | ۰/۸۴ | ۸/۶۶ | ۱۲۴۴۹ | ۱/۵۲۰ |
| ۱۸ | ۵۱۵۹/۲ | ۳۶۰۱/۷ | ۰/۴۱ | ۴۳۸۰/۴ | ۴۳۰۲/۶ | ۰/۵۲۵ | ۴۲۲۶/۶ | ۱۵۵۷/۵ | ۰/۷۰ | ۰/۷۸ | ۱/۲۷ | ۰/۵۵۷ | ۵۲۱۰۰۱۵ | ۰/۹۱۶ | ۰/۳۳ | ۱۳/۰۸ | ۷۴۳۴ | −۸/۳۴۶ |
| ۱۹ | ۵۹۵۲/۱ | ۴۵۲۷/۱ | ۰/۷۹ | ۵۳۳۹/۶ | ۵۱۸۱/۳ | ۰/۷۶۵ | ۵۱۲۴/۱ | ۱۴۲۵/۰ | ۰/۹۸ | ۰/۷۶ | ۱/۰۳ | ۰/۷۶۳ | ۵۵۹۴۹۶۸ | ۰/۹۸۹ | ۰/۸۰ | ۱۱/۹۶ | ۱۰۱۲۳ | −۱/۰۲۸ |
| ۲۰ | ۶۴۱۳/۳ | ۴۴۹۰/۰ | ۰/۹۹ | ۵۴۵۱/۷ | ۵۳۴۸/۷ | ۰/۸۱۹ | ۵۲۴۸/۵ | ۱۹۲۳/۳ | ۰/۹۸ | ۰/۷۰ | ۱/۲۸ | ۰/۷۰۶ | ۷۸۰۶۳۳۸ | ۰/۹۱۳ | ۰/۸۶ | ۱۶/۱۵ | ۹۷۷۷ | −۰/۷۹۴ |
| LSD1% | ۱۲۸۳/۹ | ۱۱۷۶/۶ | ۰/۵۷۶۹ | ۸۹۳/۸۷ | ۹۰۷/۴۵ | ۰/۲۶۸ | ۹۳/۶۴ | ۱۶۹/۶ | ۰/۲۶۶۷ | ۰/۲۵۳ | ۱/۰۹۷ | ۰/۴۱۵۹ | ۷۶۷۰۰۰ | ۰/۳۳ | ۰/۶۸۱۶ | ۱۴/۲۱۵ | ۱۶۳۷ | ۸/۱۶ |

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین‌های ۳ و ۱۳ از نظر شاخص‌های $K_1STI$، STI، MP، GMP و HM و عملکرد در شرایط دیم بیشترین و لاین‌های ۷ و ۱۸ کمترین مقدار را داشتند (جدول ۶). هرچند که، لاین‌های ۳ و ۱۳ با برخی دیگر از لاین‌ها اختلاف معنی‌داری نداشتند. در این تحقیق، شاخص‌های دیگر استفاده شده در تجزیه‌های تک متغیره، قادر به تمایز لاین‌های گندم دوروم نبودند. احمدی و سی‌وسه مرده (۴۲) در تحقیقی بر روی هشت رقم گندم دریافتند که از شاخص‌های مورد مطالعه، دو شاخص تحمل به تنش (STI) و متوسط تولید (MP) در جداسازی ارقام گروه A موثرتر بودند. کریمی‌زاده و همکاران (۲۵) در تحقیقی دو ساله به منظور بررسی خشکی انتهای فصل در شش ژنوتیپ امیدبخش گندم دوروم از شاخص‌های پنج‌گانه تحمل به خشکی استفاده کردند و بیان داشتند که شاخص‌های STI، MP و GMP برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط مختلف کم‌آبی مناسب هستند. احمدی‌زاده و همکاران (۳)در گندم دوروم و سیدی و همکاران (۴۰)در نخود زراعی شاخص‌های STI، MP، GMP و HM را به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول در شرایط تنش و غیرتنش معرفی کردند.

محاسبه و بررسی روابط همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که بین عملکرد دانه در شرایط تنش با شاخص‌های MP، HM، GMP، STI، DI، $K_1STI$، $K_2STI$، YI و DRI همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۷). فرشادفر و همکاران (۱۱) اعلام کردند که شاخص‌های MP، GMP، STI، DI، MSTI، YI و DRI همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش داشتند و از این‌رو می‌توانند معیارهای مناسبی برای انتخاب لاین‌های در محیط تنش باشند. شاخص‌های STI، GMP، MP، HM، YI، SNPI، $K_1STI$ و $K_2STI$ همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر نیز داشتند. نادری و همکاران (۳۲) نشان دادند که بین شاخص‌های STI، GMP، MP، HM، YI، $K_1STI$ و $K_2STI$ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، $K_1STI$ و $K_2STI$ با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و غیرتنش همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند که می‌توان آن‌ها را به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی نمود (جدول ۷).

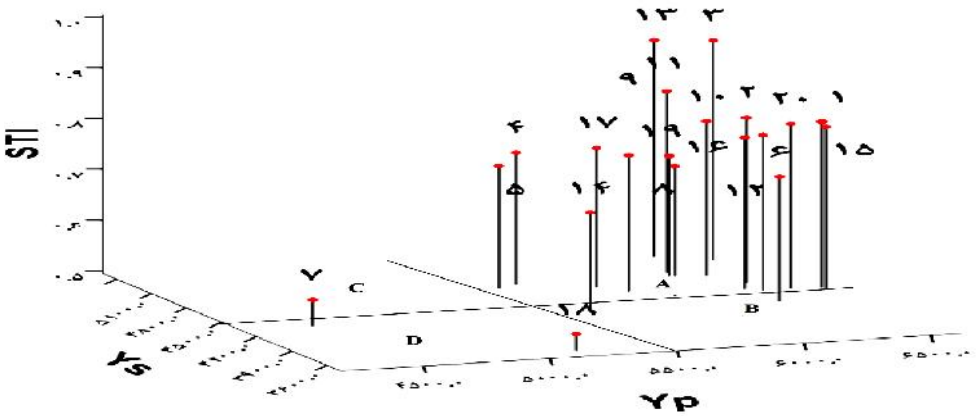
وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌های مذکور نشان دهنده همسویی نتایج آن‌ها بود. درگاهی و همکاران (۷) گزارش کردند شاخص‌های STI، MP، GMP و HM همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر و با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارند. هم‌چنین، ده‌بالایی و همکاران (۸) نشان دادند که شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، $K_1STI$، YI، $K_2STI$ و SNPI همبستگی مثبت و معنی‌دار با یکدیگر در هر دو محیط تنش و غیرتنش دارند. گل‌آبادی و همکاران (۲۰) بیان کردند که شاخص‌های GMP و STI در گندم نان و شاخص‌های STI، MP، GMP در گندم دوروم مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام متحمل می‌باشد. شاخص TOL همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های SSI، SSPI، ATI و $K_1STI$ و همبستگی منفی و معنی‌دار با شاخص‌های RDI، DI، YSI و DRI داشت (جدول ۷). فرشادفر و همکاران (۱۲) نیز نشان دادند که بین شاخص‌های TOL، SSI، SSPI، ATI و $K_1STI$ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. ماهیت شاخص‌های SSPI و ATI بر اساس مکانیسم بقای یک ژنوتیپ در شرایط تنش می‌باشد. خواه این ژنوتیپ عملکرد زیاد و یا کم در دو شرایط تنش و غیرتنش داشته باشد (۱۱). بر این اساس، می‌توان گفت این شاخص شبیه دو شاخص SSI و TOL است. اگرچه SSPI و ATI همبستگی بالا و معنی‌دار باهم دارند، اما شاخص ATI نسبت به شاخص‌های SSI، TOL و SSPI همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط بدون تنش دارد (۳۱). رحمانی و همکاران (۳۶) و جلالی‌فر و همکاران (۲۴) بیان کردند که بین عملکرد در شرایط تنش و شاخص‌های TOL، SSI و SSPI همبستگی منفی وجود دارد. هم‌چنین، فرشادفر و الیاسی (۱۰) نشان دادند که همبستگی بین شاخص‌های TOL، SSI، SSPI و RDI و عملکرد در شرایط تنش منفی است. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌های YSI، RDI و DI و همبستگی منفی و معنی‌دار این سه شاخص با شاخص‌های SSI، SSPI، ATI و TOL نشان دهنده ماهیت مشابه این شاخص‌ها می‌باشد و می‌توان لاین‌هایی که حساسیت کمتری نسبت به تنش خشکی دارند را با این شاخص‌ها متمایز کرد. هرچند که این لاین‌ها ممکن است در شرایط بدون تنش خشکی الزاماً دارای عملکرد بالایی نباشند. جباری و همکاران (۲۳) بیان کردند که مبنای گزینش شاخص YSI نیز همانند شاخص TOL بر پایه میزان تغییر عملکرد در دو محیط بدون تنش و تنش می‌باشد و بنابراین شاخص YSI نیز فاقد توانایی لازم برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشد. انتظار بر این است که ارقام با YSI بالا عملکرد بیشتری در شرایط تنش داشته باشد (۳۰). شاخص‌های YI و DRI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش داشتند. گراوندی و همکاران (۱۹) و رحمانی و همکاران (۳۶) با مطالعه بر روی گندم نان نشان دادند بین شاخص YI و عملکرد در شرایط تنش همبستگی ۱۰۰ درصد وجود دارد. فرشادفر و همکاران (۱۱) نیز نشان دادند که شاخص‌های YI و DRI همبستگی ۱۰۰ درصد با عملکرد در شرایط تنش دارد. در پژوهش حاضر نیز این دو شاخص با شاخص‌های STI، GMP، MP، HM، DI و $K_2STI$ همبستگی مثبت و معنی‌دار و با شاخص‌های TOL، SSI، SSPI و ATI همبستگی منفی داشتند که با نتایج فرشادفر و همکاران (۱۱) مطابقت دارد.

فرناندز (۱۴) بیان کرد شاخص تحمل به تنش (STI) به عنوان یک ابزار مفید برای جداسازی ارقام گروه A از گروه‌های B, C و D است. پیراواتلو و همکاران (۳۵) نیز شاخص STI را معیاری قابل اعتماد برای انتخاب ارقام پرمحصول در شرایط تنش و غیرتنش معرفی کردند. از نمودار سه بعدی $Y_P$، $Y_S$ و STI برای تشخیص ارقام گروه A از سایر گروه‌ها در لوبیا (۱۴دوروم (۳) و کنجد (۷)، گندم نان

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

(۱۲)، استفاده و کارآیی آن‌ها مورد تایید قرار گرفته است از این رو و با توجه به نتایج حاصل در این مطالعه نیز از نمودار سه بعدی $Y_P$، $Y_S$ و STI برای گروه‌بندی و تمایز لاین‌های متحمل و حساس به تنش خشکی استفاده شد (شکل ۱).

در این گروه‌بندی اکثر لاین‌های مورد مطالعه در ناحیه A قرار گرفتند، ولی لاین‌های ۳ و ۱۳ دارای بیشترین مقدار STI و عملکرد در شرایط دیم وآبیاری تکمیلی بودند و ضمن اینکه در شرایط بدون تنش عملکرد خوبی دارند، در شرایط دیم نیز عملکرد بالایی را تولید می‌کنند. لاین‌های ۷ و ۱۸ در ناحیه C قرار گرفتند و در هر دو شرایط عملکرد کم و STI پایینی داشتند




شکل ۱- گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه گندم دوروم براساس عملکرد در شرایط دیم، آبیاری تکمیلی و شاخص STI

Figure 1. Grouping of durum wheat lines based on yield in rainfed, supplementary irrigation and STI index

تجزیه به عامل‌ها به منظور دسته‌بندی شاخص‌ها، تعیین ترتیب اهمیت شاخص‌ها و ارتباط هر یک از آن‌ها در ا یجاد تغییرات کل انجام شد (جدول ۸). در تجزیه به عامل‌ها از روش مولفه‌های اصلی و چرخش وریماکس استفاده گردید. معنی‌دار بودن آزمون بارتلت و آماره KMO1[1] نشان‌دهنده همبستگی کافی بین صفات و مطلوب بودن تجزیه به عامل‌ها بود. نتایج حاصل نشان داد که ۹۵/۵۸ درصد از تغییرات کل بین شاخص‌ها را دو عامل اول توجیه کرد. به‌طوری‌که، عامل اول به تنهایی ۵۰/۰۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای شاخص‌های MP، HM، GMP، STI، $K_2$STI، $K_1$STI، YI، DRI و SNPI بود. با توجه به این‌که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند، در صورت گزینش بر اساس عامل اول، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای تحمل بیشتر به شرایط تنش هستند. بنابراین، عامل اول را می‌توان عامل تحمل تنش نامگذاری کرد. عامل دوم ۴۴/۵۶ درصد از تغییرات کل شاخص‌ها را تبیین کرد و دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای شاخص‌های TOL، SSI، SSPI و ATI و ضرایب عاملی منفی و بزرگ برای شاخص‌های RDI، YSI و DI بود. این عامل، عامل حساسیت به تنش نام‌گذاری شد. گروه‌بندی شاخص‌های مورد مطالعه بر اساس دو عامل اول و دوم انجام شد (شکل ۳). شاخص‌های TOL، SSI، SSPI و ATI با داشتن بیشترین مقدار برای عامل دوم در یک گروه قرار گرفتند. هم‌چنین شاخص‌های MP، HM، GMP، STI، $K_2$STI، $K_1$STI و YI نیز با داشتن بیشترین مقدار برای عامل اول در یک گروه قرار گرفتند. ملاحظه شد که شاخص‌های DI، YSI و RDI با داشتن مقادیر منفی در عامل دوم در جهت عکس شاخص‌های TOL، SSI، SSPI و ATI قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از تجزیه به عامل با نتایج همبستگی مطابقت داشت.

برای گروه‌بندی لاین‌ها بر مبنای عملکرد آن‌ها و شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد استفاده شد (شکل ۲). برای تعیین تعداد مطلوب گروه‌ها، تجزیه واریانس چندمتغیره برپایه تجزیه واریانس یک‌طرفه نامتعادل انجام شد. نتایج تجزیه واریانس چندمتغیره نشان داد که با سه نوع آزمون آماری پیلای تریس، ویلکس لامبدا و بزرگترین ریشه روی، گروه‌های حاصل از برش در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. لذا، لاین‌ها به سه گروه تقسیم شدند. لاین‌های ۴، ۵، ۷ و ۱۸ در گروه سوم قرار گرفتند. این لاین‌ها دارای کمترین مقادیر برای اکثر شاخص‌ها و عملکرد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بودند (جدول ۹). لاین‌های ۳، ۱۳ و ۱۱ در گروه دوم قرار گرفتند که میانگین اکثر شاخص‌ها و عملکرد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی لاین‌های این گروه بیشتر از میانگین کل بود. میانگین شاخص‌های SSI، TOL، SSPI و ATI در لاین‌های این گروه کمتر از میانگین میانگین کل بود که پایین بودن این شاخص‌ها خود معیاری برای تحمل بیشتر لاین‌ها به تنش می‌باشد (جدول ۹). با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای و میانگین گروه‌های حاصل می‌توان نتیجه گرفت که لاین‌های گروه دو متحمل و لاین‌های گروه سه حساس به تنش خشکی هستند. بقیه لاین‌ها در گروه یک قرار گرفتند که تقریباً حدواسط دو گروه دیگر بودند.

1- Kaiser-Meyer-Olkin of sampling Adequancy

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده میانگین عملکرد دانه گندم دوروم در شرایط دیم، آبیاری تکمیلی و شاخص‌های تحمل به تنش

Table 7. Simple correlation coefficient of average yield of durum wheat in rainfed and supplementary irrigation conditions and tolerance indices

| | Ys | Yp | TOL | Mp | HARM | GMP | SSI | STI | RDI | DI | YSI | SNPI | SSPI | ATI | $K_1$STI | $K_2$STI | YI | DRI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ys | ۱ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Yp | ۰/۳۲ | ۱ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOL | −۰/۳۲ | ۰/۷۸** | ۱ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mp | ۰/۷۲** | ۰/۸۹** | ۰/۴۱ | ۱ | | | | | | | | | | | | | | |
| HARM | ۰/۸۳** | ۰/۷۹** | ۰/۲۴ | ۰/۹۸** | ۱ | | | | | | | | | | | | | |
| GMP | ۰/۷۸** | ۰/۸۴** | ۰/۳۳ | ۰/۹۹** | ۰/۹۹** | ۱ | | | | | | | | | | | | |
| SSI | −۰/۴۳ | −۰/۶۹** | ۰/۹۷** | ۰/۲۹ | ۰/۱۳ | ۰/۲۱ | ۱ | | | | | | | | | | | |
| STI | ۰/۷۸** | ۰/۸۳** | ۰/۳۲ | ۰/۹۹** | ۰/۹۹** | ۰/۹۹** | ۰/۲۰ | ۱ | | | | | | | | | | |
| RDI | ۰/۳۴ | −۰/۶۹** | −۰/۹۷** | −۰/۳۰ | −۰/۱۳ | −۰/۲۱ | −۱/۰** | −۰/۲۰ | ۱ | | | | | | | | | |
| DI | ۰/۸۰** | −۰/۲۸ | −۰/۸۱** | ۰/۱۸ | ۰/۳۴ | ۰/۲۶ | −۰/۸۷** | ۰/۲۷ | ۰/۸۷** | ۱ | | | | | | | | |
| YSI | ۰/۴۳ | −۰/۶۹** | ۰/۹۷** | −۰/۲۹ | −۰/۱۳ | −۰/۲۱ | −۱/۰** | −۰/۲۰ | ۱/۰** | ۰/۸۷** | ۱ | | | | | | | |
| SNPI | ۰/۳۵ | ۰/۵۴* | ۰/۳۰ | ۰/۵۶** | ۰/۵۷** | ۰/۵۷** | ۰/۳۲ | ۰/۵۸** | ۰/۳۲ | −۰/۰۲ | ۰/۳۲ | ۱ | | | | | | |
| SSPI | −۰/۳۲ | ۰/۷۸** | ۱/۰** | ۰/۴۱ | ۰/۲۴ | ۰/۳۳ | ۰/۹۷** | ۰/۳۲ | −۰/۷۸** | −۰/۸۱** | −۰/۹۷** | ۰/۳۰ | ۱ | | | | | |
| ATI | −۰/۲۰ | ۰/۸۵** | ۰/۹۸** | ۰/۵۲* | ۰/۳۶ | ۰/۴۴* | ۰/۹۳** | ۰/۴۳ | −۰/۹۳** | −۰/۷۲** | −۰/۹۳** | ۰/۳۳ | ۰/۹۸** | ۱ | | | | |
| $K_1$STI | ۰/۵۳* | ۰/۹۵** | ۰/۶۰** | ۰/۹۵** | ۰/۸۹** | ۰/۹۳** | ۰/۴۸* | ۰/۹۳** | −۰/۴۸* | −۰/۰۴ | −۰/۴۸* | ۰/۵۶** | ۰/۶۰** | ۰/۷۰** | ۱ | | | |
| $K_2$STI | ۰/۹۳** | ۰/۵۵* | −۰/۰۶ | ۰/۸۵** | ۰/۹۲** | ۰/۸۹** | −۰/۱۶ | ۰/۹۱** | ۰/۱۵ | ۰/۶۰** | ۰/۱۶ | ۰/۵۴* | −۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۷۳** | ۱ | | |
| YI | ۱/۰** | ۰/۳۲ | −۰/۳۲ | ۰/۷۲** | ۰/۸۳** | ۰/۷۸** | −۰/۴۳ | ۰/۷۸** | ۰/۴۳ | ۰/۸۰** | ۰/۴۳ | ۰/۳۵ | −۰/۳۲ | −۰/۲۰ | ۰/۵۳* | ۰/۹۳** | ۱ | |
| DRI | ۰/۹۷** | ۰/۱۴ | −۰/۴۹* | ۰/۵۷** | ۰/۷۰** | ۰/۶۴** | −۰/۵۸** | ۰/۶۴** | ۰/۵۸** | ۰/۸۹** | ۰/۵۸** | ۰/۲۴ | −۰/۴۹* | −۰/۳۸ | ۰/۳۶ | ۰/۸۶** | ۰/۹۷** | ۱ |

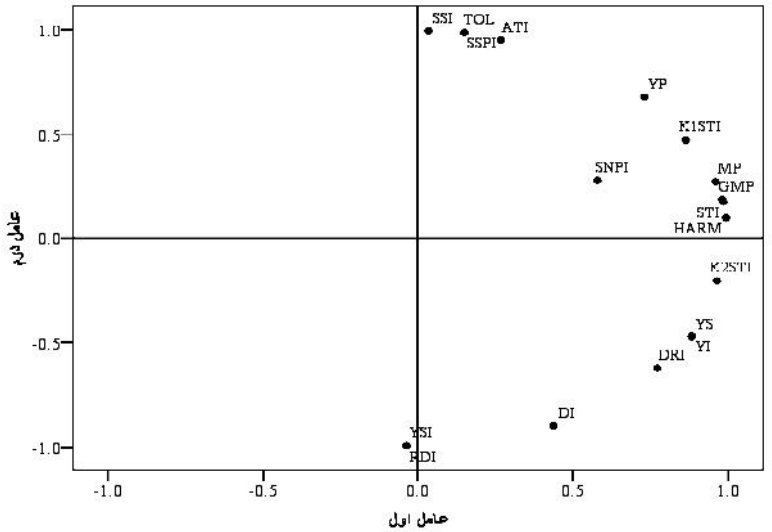
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۸- ضرایب عامل‌ها، مقادیر ویژه، درصد واریانس، درصد واریانس تجمعی توجیه شده توسط عامل‌ها بعد از چرخش واریماکس برای ۲۰ لاین گندم دوروم

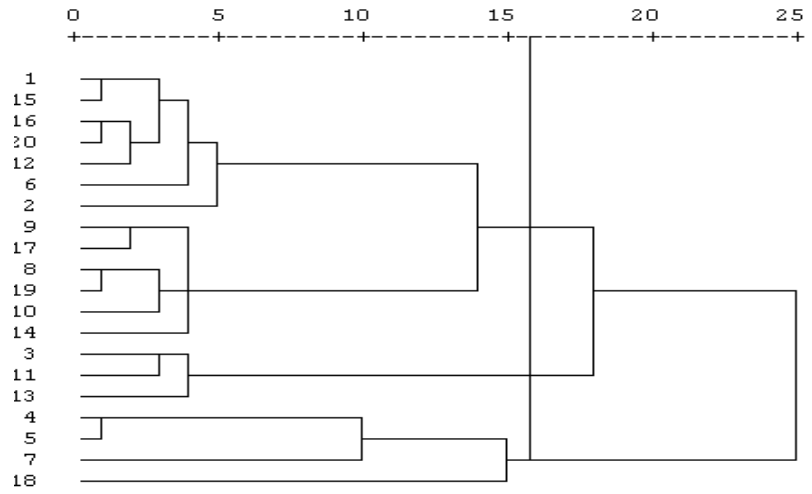
Table 8. Factor loadings, Eigen values, present of variance and cumulative present of variance after varimax rotation for 20 durum wheat lines

| مولفه | مقادیر ویژه | درصد واریانس | درصد واریانس تجمعی | Ys | Yp | HM | STI | GMP | $K_2$STI | Mp | YI | $K_1$STI | DRI | SNPI | RDI | TOL | YSI | SSI | SSPI | ATI | DI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۹/۱۸ | ۵۱/۰۲ | ۵۱/۰۲ | ۰/۸۸ | ۰/۷۲ | ۰/۹۹ | ۰/۹۸ | ۰/۹۷ | ۰/۹۶ | ۰/۹۵ | ۰/۸۸ | ۰/۸۶ | ۰/۷۷ | ۰/۵۷ | -۰/۰۳۵ | ۰/۳۵ | -۰/۰۳۶ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۲۶ | ۰/۴۳ |
| ۲ | ۸/۰۲ | ۴۴/۵۶ | ۹۵/۵۸۵ | -۰/۴۶ | ۰/۶۷ | ۰/۰۹ | ۰/۱۷ | ۰/۱۸ | -۰/۲۰ | ۰/۲۷ | -۰/۴۶ | ۰/۴۷ | -۰/۶۲ | ۰/۲۷ | -۰/۹۹ | ۰/۹۹ | -۰/۹۹ | ۰/۹۸ | ۰/۹۸ | ۰/۹۵ | -۰/۸۹ |




شکل ۲- نمودار دو بعدی شاخص‌های مبتنی بر عملکرد گندم دوروم بر اساس عامل اول و دوم حاصل از تجزیه به عامل‌ها با چرخش واریماکس

Figure 2. Two-dimensional graph for yield indices in durum wheat based on the first and second factor obtained from factor analysis with varimax rotation




شکل ۳- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد برای ۲۰ لاین گندم دوروم بر اساس شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Figure 3. Dendrogram obtained from cluster analysis by ward method for 20 durum wheat line based on tolerance indices and yields in rainfed and supplementary irrigation conditions

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

جدول ۹- میانگین، انحراف از میانگین کل و انحراف استاندارد میانگین در سه خوشه حاصل از تحلیل خوشه‌ای برای اساس شاخص‌های مبتنی بر عملکرد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 9. Mean, deviation from total Mean, Standard error of mean in three groups obtained from cluster analysis for indices based on yield in rainfed and supplementary irrigation

| گروه | لاین | | Ys | Yp | TOL | Mp | HM | GMP | SSI | STI | RDI | DI | YSI | SNPI | SSPI | ATI | K1STI | K2STI | YI | DRI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۴، ۱۰، ۱۹، ۸، ۱۷، ۲، ۶ ۱۲، ۲۰، ۱۶، ۱۵ و ۱ | میانگین | ۴۵۱۴/۱۰ | ۶۱۳۹/۲۹ | ۱۶۲۵/۱۹ | ۵۳۲۶/۶۹ | ۵۱۳۶/۹۸ | ۵۲۴۴/۱۰ | ۱/۰۹ | ۰/۷۸ | ۰/۹۷ | ۰/۷۴ | ۰/۷۴ | ۹۷۷۵/۲۲ | ۱۳/۶۴ | ۶۵۷۳۹۵۰/۴ | ۰/۸۶ | ۰/۷۹ | ۰/۹۸ | -۰/۸۲ |
| | | انحراف از میانگین کل | -۶۲/۵۶ | ۱۸۵/۸۳ | ۲۴۸/۴۰ | ۶۱/۶۳ | ۳۰/۵۶ | ۴۵/۷۸ | ۰/۱۵ | ۰/۰۱ | -۰/۰۴ | -۰/۰۴ | -۰/۰۳ | ۵۴۷/۳۰ | ۲/۰۸ | ۱۰۳۷۱۱۹/۹۰ | ۰/۰۴ | -۰/۰۳ | -۰/۰۱ | -۰/۹۶ |
| | | خطای معیار | ۳۸/۰۶ | ۸۴/۰۴ | ۹۷/۲۳ | ۴۳/۵۰ | ۳۴/۱۰ | ۳۸/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۱۲ | ۶۵۴/۱۹ | ۰/۸۱ | ۴۲۵۲۶۸/۰۱ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۰۸ | ۰/۴۳ |
| ۲ | ۱۳، ۱۱ و ۳ | میانگین | ۵۰۸۱/۹۴ | ۶۲۴۲/۰۸ | ۱۱۶۰/۱۳ | ۵۶۶۲/۰۱ | ۵۵۸۰/۰۶ | ۵۶۲۰/۷۲ | ۰/۷۸ | ۰/۸۹ | ۱/۰۶ | ۰/۹۱ | ۰/۸۱ | ۱۳۶۰۱/۹۷ | ۹/۷۴ | ۴۹۷۳۴۶۵/۵ | ۱/۰۲ | ۱/۱۸ | ۱/۱۱ | ۴/۹۳ |
| | | انحراف از میانگین کل | ۵۰۵/۲۷ | ۲۸۸/۶۲ | -۲۱۶/۶۵ | ۳۹۶/۹۵ | ۴۴۶/۶۵ | ۴۲۲/۴۰ | -۰/۱۶ | ۰/۱۲۹ | ۰/۰۵ | ۰/۱۲ | ۰/۰۳ | ۴۳۷۴/۰۶ | -۱/۸۲ | -۵۶۳۳۶۵/۰۲ | ۰/۲۱ | ۰/۳۶ | ۰/۱۱ | ۴/۷۹ |
| | | خطای معیار | ۸۸/۳۵ | ۷۸/۳۵ | ۸۸/۵۷ | ۷۰/۷۹ | ۷۰/۹۹ | ۷۰/۸۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲۴ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۱۸ | ۱۸۸۴/۵۱ | ۰/۷۴ | ۳۷۴۰۶۶/۶۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۱۹ | ۰/۵۶ |
| ۳ | ۱۸، ۷، ۵ و ۴ | میانگین | ۴۴۰۱/۰۴ | ۵۱۳۳/۰۲ | ۷۳۱/۹۷ | ۴۷۶۷/۰۳ | ۴۶۹۹/۰۷ | ۴۷۳۲/۶۹ | ۰/۵۷ | ۰/۶۴ | ۱/۱۲ | ۰/۸۵ | ۰/۸۶ | ۴۱۶۸/۶۱ | ۶/۱۴ | ۲۵۸۸۷۱۴/۶ | ۰/۵۰ | ۰/۶۵ | ۰/۹۶ | -۰/۳۱ |
| | | انحراف از میانگین کل | -۱۷۵/۶۲ | -۸۲۰/۴۳ | -۶۴۴/۸۱ | -۴۹۸/۰۳ | -۴۳۴/۳۴ | -۴۶۵/۶۱ | -۰/۳۷ | -۰/۱۳ | ۰/۱۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | -۵۰۵۹/۳۰ | -۵/۴۲ | -۲۹۴۸۱۱۵/۹۴ | -۰/۳۱ | -۰/۱۷ | -۰/۰۴ | -۰/۴۵ |
| | | خطای معیار | ۲۹۱/۸۳ | ۲۳۶/۴۷ | ۲۹۹/۱۳ | ۲۱۹/۴۸ | ۲۳۱/۷۵ | ۲۲۵/۳۰ | ۰/۲۵ | ۰/۰۶۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۰/۰۵ | ۱۴۱۹/۶۹ | ۲/۵۱ | ۹۷۹۲۴۶/۴۱ | ۰/۰۸۲ | ۰/۱۳ | ۰/۰۶۳ | ۲/۸۷ |
| | | میانگین کل | ۴۵۷۶/۶۶ | ۵۹۵۳/۴۵ | ۱۳۷۶/۷۹ | ۵۲۶۵/۰۶ | ۵۱۳۳/۴۱ | ۵۱۹۸/۳۱ | ۰/۹۴ | ۰/۷۷ | ۱/۰۱ | ۰/۷۹ | ۰/۷۸ | ۹۲۲۷/۹۱ | ۱۱/۵۶ | ۵۵۳۶۸۳۰/۵ | ۰/۸۱ | ۰/۸۲ | ۰/۹۹ | ۰/۱۴ |

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

بطور کلی، نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی لاین‌ها نشان داد که لاین‌های ۳، ۱۳ و ۱۱ به عنوان بهترین لاین‌ها از نظر عملکرد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی و شاخص‌های تحمل به تنش بودند. لاین‌های ۷ و ۱۸ نیز دارای کمترین عملکرد در هر دو شرایط و مقادیر پایین از نظر شاخص‌های تحمل و مقادیر بالا برای شاخص‌های حساسیت به تنش بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و $K_1$STI همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر و با عملکرد در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی داشتند و می‌توان از آن‌ها برای شناسایی ارقام متحمل به تنش استفاده نمود. این شاخص‌ها مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی لاین‌های با عملکرد بالا و مقاوم به خشکی درگندم دوروم بودند. مقدار این شاخص‌ها در لاین ۳، ۱۱ و ۱۳ نسبت به بقیه لاین‌ها بالاتر بود.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و ایستگاه گچساران به دلیل فراهم نمودن لاین‌ها و امکانات اجرای طرح تقدیر می‌شود.

## منابع


1. Aghaee-Sarbarzeh, M., M. Dstfal, H. Farzadi, B. Andrzyan, A. Shahbaz Purshhbazi, M. Bahari and H. Rostami. 2012. Evaluation of Durum Wheat Genotypes for Yield and Yield Stability in Warm and Dry Areas of Iran. Seed and plant improvement journal, 28: 315-325 (In Persian).
2. Ahmadi, A. and A. Sio-Se-Mardeh. 2003. Relationships among growth indices, drought resistance and yield in wheat cultivars of different climates of Iran under stress and non-stress conditions. Iranian journal of Agriculture Science, 34: 667-679 (In Persian).
3. Ahmadizadeh, M., M. Valizadeh, H. Shahbazi and A. Nori. 2012. Behavior of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions in the greenhouse. African Journal of Biotechnology, 11: 1912-1923.
4. Almoslmani, M., F. Abdullah, F. Hareri, M. Naaesan, M.A. Ammar, O.Z. Anbar and A. Saud. 2011. Effect of drought on different physiological characters and yield component in different Syrian durum wheat varieties. Journal of Agricultural Science, 3: 127-133.
5. Bidinger, F.R., V. Mahalakshmi and G.D.P. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet, factors affecting yields under stress. Australian Journal of Agricultural Research, 38: 37-48.
6. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24: 933-937.
7. Dargahi, Y., A. Asghari, M. Shokrpour, A. Rasulzadeh, A. Garib Eshgi and M.R. Shiri. 2011. Evaluation of water stress tolerance in sesame varieties based on tolerance indices. Sustainable Agriculture and Production Science, 21: 119-133 (In Persian).
8. Dehbalaei, S., E. Farshadfar and M. Farshadfar. 2013. Assessment of drought tolerance in bread wheat genotypes based on resistance and tolerance indices. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5: 2352-2358.
9. Eberhart, S.A. and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
10. Farshadfar, E. and P. Elyasi. 2012. Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. European Journal of Experimental Biology, 2: 577-584.
11. Farshadfar, E., B. Jamshidi and M. Aghaee. 2012 (a). Biplot analysis of drought tolerance indicators in bread wheat landraces of Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 226-233.
12. Farshadfar, E., M.M. Poursiahbidi and A.R. Pour Abooghadareh. 2012 (b). Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4-13: 891-903.
13. Farshadfar, E. and J. Sutka. 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agronomuca Hungarica, 50: 411-416.
14. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan, pp: 257-279.
15. Fischer, R. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
16. Fischer, R.A. and J.T. Wood. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. Yield association with morpho-physiological traits. Australian Journal of Agricultural Research, 30: 1001-1020.
17. Garcia del Moral, L.F., Y. Rharrabt, D. Villegas and C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediteranean condition. Agronomy Journal, 95: 266-274.
18. Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R.G. Campaline, G.L. Ricciardi and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science, 77: 523-531.
19. Geravandi, M., E. Farshadfar and D. Kahrizi. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 26: 233-252 (In Persian).
20. Golabadi, M., A. Arzani and S.A.M. Mirmohammadi Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. African Journal of Agricultural Research, 1: 162-171.
21. Gooding, M.J., R.H. Ellis, P.R. Shewry and J.D. Schofield. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. Journal of Cereal Science, 37: 295-309.


[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

22. Grando, S. and S. Ceccarelli. 1995. Seminal root morphology and coleoptile length in wild (Hordeum vulgare ssp. Spontaneum) and cultivated (Hordeum vulgare ssp. Vulgare) barley. Euphytica, 86: 73-80.
23. Jabbari, H., G.A. Akbari, J. Daneshian, I. Alahadi and N. shahbazian. 2009. Utilization ability of drought resistance indices in sunflower (*Heliantus annus* L.) hybrids. Electronic Journal of Crop Production, 1: 1-17 (In Persian).
24. Jalalifar, S., S.S. Moosavi, M.R. Abdollahi, M. Chaichi and H. Mazaherylaghab. 2012. Evaluation of tolerance to drought stress in some bread wheat cultivars using old and new Indices. Plant Production Technology, 12: 15-26 (In Persian).
25. Karimizadeh, R., M. Mohammadi, S. Ghaffaripour, F. Karimpour and M.K. Shefazadeh. 2011. Evaluation of physiological screening techniques for drought-resistant breeding of durum wheat genotypes in Iran. African Journal of Biotechnology, 10: 12107-12117.
26. Komeyli, H., M.H. Rashed Mohasel, M. GHodsi and A. Zare Feyzambadi. 2006. Evaluation of drought tolerance of new wheat genotypes under water stress conditions. Journal of Iranian Field Crop Research, 2: 795-805 (In Persian).
27. Lan, J. 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 7: 85-87.
28. Makara, O.U.K., J. Basnayake, M. Tsubo, S. Fukai, K.S. Fisher, M. Cooper and H. Nesbitt. 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice. Field Crops Research, 1: 48-58.
29. Mohammadi, M., R. Karimizadeh and M. Abdipour. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland and supplemental irrigation conditions. Australian Journal of Crop Science, 5: 487-493.
30. Mohammadi, R., M. Armion, D. Kahrizi and A. Amri. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. International Journal of Plant Production, 4: 1735-8043.
31. Moosavi, S.S., B. Yazdi Samadi, M.R. Naghavi, A.A. Zali, H. Dashti and A. Pourshahbazi. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert, 12: 165-178.
32. Naderi, A., H. Akbari Moghaddam and K.H. Mahmoudi. 2013. Evaluation of bread wheat genotypes for terminal drought stress tolerance in south-warm regions of Iran. Seed and Plant production Journal, 29: 601-616 (In Persian).
33. Omidi, H., Z. Tahmasebi, H.A. Naghdi Bsdi, H. Torabi and M. Miransari. 2010. Fatty acid composition of canola (Brassica napus L.), as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. Comptes Rrendus Biologies, 333: 248-254.
34. Paknejad, F., M. Nasri and D. habibi. 2007. Comparison indices of tolerant stress for investigation wheat cultivars response to water limitation in the late season. Journal of Agricultural Science, 4:167-184 (In Persian).
35. Pireivatlou, A.S., B.D. Masjedlou and R.T. Aliyev. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. African Journal of Agricultural Research, 5: 2829-2836.
36. Rahmani, S.H., E. Farshadfar and M. Mahdi Jowkar. 2013. Locating QTLs controlling yield based indicators of drought tolerance in Agropyron using wheat agropyron disomic addition lines. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5: 1028-1033.
37. Rosielle, A.I. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 943-946.
38. Sadegh-Zadeh-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 8: 30-45 (In Persian).
39. Sami Zade Lahighi, H. 1996. Study of phenotype and genotype variety of quality and quantity parameters and their condition with white chickpea yield. Ph.D. Dissertation, University of Azad Eslamic University, Karaj.
40. Seyedi, S.J., A.R. Nabipour and S. Vazan. 2013. Defining Selection Indices for Drought Tolerance in Chickpea Under Terminal Drought Stresses. Journal of Crop Breeding, 5: 98-114 (In Persian).
41. Shahryari, R., E. Gurbanov, A. Gadimov and D. Hassanpanah. 2008. Tolerance of 42 bread wheat genotypes to drought stress after anthesis. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11: 1330-1335.
42. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research, 98: 222-229.
43. Talebi, R., F. Fayaz and A.M. Naji. 2010. Genetic variation and interrelationships of agronomic characteristics in durum wheat under tow constructing water regimes. Brazilian Archives of Biology and Technology, 53: 785-791.
44. Yari, P., A. H. Keshtkar and H. Mazahery Laghab. 2016. Evaluation of Water Stress in Spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars using Tolerance Indices in Hamadan Region. Journal of Crop Breeding, 8: 88-96 (In Persian).
45. Zaharieva, M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo and P. Monneveux. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative Aegilops Roth. Crop Science, 14: 1321-1329.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]

# Evaluation of Durum Wheat Lines using Drought Stress Indices

**Shiva Mohammadnia[1], Ali Asghari[2], Omid Sofalian[3], Hamidreza Mohammaddoust ChamanAbad[3], Rahmatollah Karimizadeh[4] and Ali Akbar Shokouhian[5]**

1, 3 and 5- Gradated M.Sc., Associate Professor and Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabil
2- Associate Professor of University of Mohaghegh Ardabil
(Corresponding Author: ali_asgharii@yahoo.com)
4- Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
Received: March 9, 2015 Accepted: April 25, 2015

**Abstract**

In order to study tolerance of durum wheat (Triticum durum) lines to drought stress and evaluation of stress tolerance indices, two separate experiments based on randomized complete block design with four replications were conducted under two rain fed and supplementary irrigation conditions at Gachsaran station during 2011-2012 cropping season using 20 durum wheat lines. Results of combined analysis of variance for seed yield showed significant differences ($p \leq 0.01$) between lines and interaction between lines and environment. The yield based indices were calculated in rain fed and supplementary irrigation conditions. With considering of significant positive correlation between grain yield in the rain fed condition (YS) with geometric mean productivity index (GMP), mean productivity index (MP), stress tolerance index (STI), yield index (YI), drought response index (DRI), drought resistance index (DI), harmonic mean (HM) and modified stress tolerance index (K1STI), these indices were suitable criteria for identification of drought tolerant lines. Also, tolerance index (TOL), yield stability index (YSI), stress susceptibility index (SSI), relative drought index (RDI), abiotic tolerance index (ATI), stress susceptibility percentage index (SSPI) and stress non-stress production index (SNPI) didn't have important role in the differentiation of lines. Grouping of lines using cluster analysis method showed that the lines 3 and 13 had high yield and were tolerant rain fed condition and the lines 7 and 18 were sensitive to rain fed condition. The results from grouping of lines using three dimensional graphs based on yield in rain fed and supplementary irrigated condition and STI index were same as cluster analysis.

**Keywords**: Complimentary irrigation, Durum wheat Tolerance, Rain fed condition, Susceptibility

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03 ]