نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۱(۵۳)، بهار ۱۳۹۹، صفحه ۶۲-۴۵

مقاله پژوهشی DOI:10.30495/jcep.2020.671640

ارزیابی تحمل به تنش خشکی در لاین‌های پیشرفته گندم دوروم با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

سحر تعدیلی[1*]، علی اصغری[2]، رحمت‌الله کریمی‌زاده[3]، امید سفالیان[4] و حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۲۸ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ۱۸ لاین پیشرفته گندم دوروم در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار تحت دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در ایستگاه گچساران بررسی شد. در این مطالعه صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، نمره زراعی، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، کاهش دمای کانوپی در دو مرحله سنبله‌دهی و پرشدن دانه، مقدار سبزینگی در دو مرحله سنبله‌دهی و پرشدن دانه اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین لاین‌های مورد مطالعه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی از نظر صفات روز تا سنبله‌دهی، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، نمره زراعی، تعداد دانه در سنبله، کاهش دمای کانوپی و مقدار سبزینگی در دو مرحله سنبله‌دهی و پرشدن دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین‌های ۴، ۹، ۱۳، ۱۵ ،۱۶ و ۱۷ در اکثر صفات از بقیه لاین‌ها بهتر بودند. ارزیابی لاین‌های حساس و متحمل با محاسبه شاخص تحمل (Ti) برای صفات اندازه‌گیری شد. لاین‌های ۱، ۲، ۴، ۶، ۹، ۱۵ و ۱۷ که در اکثر صفات شاخص Ti بالایی داشتند، لاین‌های متحمل‌تری بودند. انتخاب لاین‌های برتر براساس شاخص انتخاب ژنوتیپ برتر (SIIG) انجام شد. لاین‌های ۴، ۵، ۹ و ۱۵ با داشتن بالاترین مقدار این شاخص، جزو متحمل‌ترین لاین‌ها و مناسب برای کشت در شرایط دیم بودند. لاین‌های ۷، ۸، ۱۰ و ۱۴ با داشتن پایین‌ترین مقدار این شاخص جزو حساس‌ترین لاین‌ها بودند. نتایج حاصل از این رتبه‌بندی با نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای برمبنای شاخص‌های Ti مطابقت زیادی داشت.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، شاخص SIIG، شاخص Ti، گندم دوروم.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) sahartadili@gmail.com
۲- دانشیار گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران.
۴- استاد گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

مقدمه

گندم نان و گندم دوروم از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان بوده و غذای اصلی مردم را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند (Munns *et al*., 2006). گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) تنها گونه تتراپلوئید گندم با اهمیت تجاری است که امروزه به‌طور گسترده کشت می‌شود (Shewry, 2009). در سال ۲۰۱۸ تولید جهانی گندم از سال ۲۰۱۷ که ۷۵۸ میلیون تن بود، کمتر و به میزان ۷۱۶/۴ میلیون تن تخمین زده شد (Anonymous, 2018)، که این علاوه بر گندم نان شامل تولید تمام گونه‌های گندم ازجمله گندم دوروم می‌شود. تولید جهانی گندم دوروم تا سال ۲۰۱۶ میلادی ۳۹/۹۴۲ میلیون تن بود و این به‌طورمعمول پنج درصد کل تولید گندم را شامل می‌شود (Anonymous, 2017). گندم دوروم به دلیل ویژگی کیفی خاص به‌عنوان یک محصول غذایی با اهمیت در تولید محصولات پاستا، ماکارونی دولایه، تک‌لایه، بلغور و سایر محصولات خمیری استفاده می‌شود (Bonwell, 2008). در کشت دیم محصولات زراعی، گیاه در آخر فصل با تنش خشکی مواجه می‌شود و یک یا دو بار آبیاری در آخر فصل زراعی می‌تواند در کاهش اثر تنش خشکی و به‌دست آوردن عملکرد قابل قبول بسیار مؤثر باشد. افزایش سریع جمعیت و تغییرات شدید در آب و هوا، امنیت جهانی غذا را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Lesk *et al*., 2016). خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که به‌طور تقریبی موجب محدودیت تولید در ۲۵ درصد زمین‌های دنیا شده است بنابراین، توزیع و پراکنش گیاهان در سرتاسر دنیا تا حدود زیادی متأثر از میزان آب می‌باشد. از بین عوامل تنش‌زا، خشکی دومین عامل اصلی کاهش عملکرد بعد از عوامل بیماری‌زا می‌باشد (Biglouie *et al*., 2010). ارزیابی لاین‌های اصلاح شده در محیط‌های مختلف با سطوح تنش خشکی یکسان به اصلاح‌گر جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای نواحی مستعد کمک می‌کند (Raman *et al*., 2012). شاخص مقاومت به خشکی، مقیاسی از خشکی را فراهم می‌کند که از آن برای غربال ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی بر اساس میزان خسارت وارده به عملکرد تحت شرایط خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش استفاده می‌شود (Mitra, 2001). برای شناسایی و مقایسه ارقام گیاهان زراعی متحمل به تنش‌های محیطی شاخص‌های اندازه‌گیری متعددی بر اساس عملکرد دانه معرفی شده‌اند. برای انتخاب ژنوتیپ متحمل، به‌عنوان مثال شاخص تحمل Ti توسط مانس و جیمز (Munns and James, 2003) معرفی شد. شاخص Ti از نسبت مقدار صفت در سطح تنش بر مقدار صفت در شرایط بدون تنش به‌دست می‌آید. برای انتخاب ارقام مقاوم یا حساس به خشکی با کار بردن یک شاخص به‌تنهایی مطلوب نیست، بلکه بهتر است مقاومت ژنوتیپ‌ها با استفاده از چند شاخص ارزیابی گردد تا احتمال پیدا کردن ژنوتیپ‌های ایده‌آل افزایش یابد. به همین دلیل، در این مطالعه تکنیک جدیدی به نام تکنیک شاخص SIIG[1] که برگرفته از مدل TOPSIS[2] است و اولین بار توسط ونگ و یون (Hwang and Yoon, 1981) پیشنهاد گردیده است، استفاده شد. برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به خشکی با به‌کار بردن شاخص SIIG، سایر شاخص‌های تحمل به خشکی به صورت یک شاخص درآمده و به همین

۱- Selection index of ideal genotype
۲-Technique of order preference by similarity to ideal solution

جهت، رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر بسیار راحت‌تر می‌شود. شاخص SIIG روشی برای انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از روش‌های پارامتری و نا پارامتری به‌طور هم‌زمان می‌باشد. در این روش دو فرضیه وجود دارد: ژنوتیپ ایده‌آل مثبت دارای حداکثر پایداری و حداقل ناپایداری نسبت به بقیه ارقام است. ژنوتیپ ایده‌آل منفی نیز حداکثر ناپایداری و حداقل ثبات نسبت به بقیه ارقام را دارد (Ramzi *et al.*, 2018). زالی و همکاران (Zali *et al.*, 2015) برای اولین بار از شاخص SIIG برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های کلزا استفاده کردند. و برای آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری، شاخص SIIG را محاسبه کردند و بر مبنای آن ژنوتیپ پایدار مشخص شد. مقدسی و همکاران (Moghadasi *et al.*, 2009) به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیک لاین‌های گندم دوروم در شرایط تنش کمبود آب از ۱۲ لاین در دو شرایط تنش و بدون تنش استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش کلیه صفات مورد ارزیابی مخصوصاً عملکرد دانه، تعداد سنبله در هر بوته و شاخص برداشت می‌گردد. نجفی و همکاران (Najafi *et al.*, 2017) به‌منظور دست‌یابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار گندم دوروم برای مناطق گرم و خشک کشور، ۱۸ لاین امیدبخش گندم دوروم را به همراه دو رقم شاهد (رقم‌های بهرنگ و چمران) در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب، اهواز، خرم‌آباد و دزفول به مدت دو سال ارزیابی کردند. عملکرد دانه و صفات زراعی لاین‌ها اندازه‌گیری شدند و با توجه به آماره شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) شش لاین با بیشترین مقدار این شاخص جزو پایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند. همچنین، این لاین‌ها کمترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+) و بیشترین فاصله را از ژنوتیپ غیرایده‌آل(d^-) داشتند. تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که برای تعیین تنوع بین جوامع مختلف گیاهی و جانوری و دسته‌بندی آنها به گروه‌های مختلف براساس فاصله ژنتیکی و یا تشابه ژنتیکی به کار گرفته می‌شود (Romesburg, 2004). مطالعات زیادی در مورد تنوع ژنتیکی در گیاهان مختلف انجام شده است. از آن جمله سلیمانی‌فرد و ناصری (Soleimani fard and Naseri, 2013) به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی در ۱۶ رقم گندم دوروم از روش تجزیه خوشه‌ای استفاده کرد که بر این اساس ارقام در ۳ گروه مجزا تقسیم‌بندی شدند. که گروه دوم مشتمل بر دو ژنوتیپ Omrabi3 و Zardak بودند. با داشتن بالاترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه، مناسب کشت در مناطق دیم بودند. غربی و همکاران (Gharbi *et al.*, 2014) از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ۷ لاین گندم دوروم نسبت به تنش شوری و خشکی استفاده کردند، لاین‌ها به دو خوشه تقسیم و خوشه دوم که شامل لاین‌های آرامیدیس و یازلیق بودند از نظر اکثر صفات مورد مطالعه ارزش بیشتری نسبت به میانگین کل داشتند به‌عنوان ارقام مطلوب در شرایط تنش شوری و خشکی معرفی شدند. بررسی تحمل ارقام معرفی شده جدید به تنش خشکی از دیدگاه به‌نژادی همواره مورد توجه بوده است. با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک کشور و محدودیت آب، تهیه ژنوتیپ و لاین‌هایی که در شرایط تنش آبی بتوانند عملکرد قابل قبول و پایداری داشته باشند، ضرورت دارد. لذا، این تحقیق به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی

آخر فصل، در تعدادی از لاین‌های امیدبخش گندم دوروم انجام شد تا لاین‌های متحمل و حساس به تنش خشکی شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۱۷ لاین امید بخش گندم دوروم به همراه شاهد دهدشت (جدول ۱) از نظر تحمل به تنش خشکی آخر فصل مورد مطالعه قرار گرفت. این بررسی طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران واقع در جنوب‌غرب ایران، بین ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۷۱۰ متر از سطح دریا در شرق شهرستان گچساران اجرا گردید. در این مطالعه برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک شامل روز تا سنبله‌دهی (تعداد روز از مرحله کاشت تا مرحله ۵۰ درصد سنبله‌دهی)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه (اندازه‌گیری عملکرد در واحد کرت بعد از حذف اثر حاشیه و تبدیل آن به عملکرد در هکتار)، نمره زراعی (بر اساس ارزیابی زارعین محلی از یک تا پنج امتیازدهی شد)، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، کاهش دمای کانوپی در دو مرحله سنبله‌دهی و پرشدن دانه، مقدار سبزینگی در دو مرحله سنبله‌دهی و پرشدن دانه اندازه‌گیری شد (با دستگاه SPAD). اندازه‌گیری کاهش دمای کانوپی CTD (Canopy Temperatur Depression) بین اواخر صبح تا اوایل ظهر (ساعت ۱۴-۱۰) توسط دماسنج مادون قرمز مدل (Model 8866, JQA Instrument, Inc., Tokyo, Japan) و دمای محیط با دماسنج دیجیتال دستی اندازه‌گیری شد. از تفاضل بین شاخص دمای هوا (Ta) و دمای سایه‌انداز گیاهی (Tc)، شاخص افت دمای سایه‌انداز، کاهش دمای کانوپی گیاهی به‌دست آمد. منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تامین شود (Stone and Schlegel, 2006; Oweis, 1997). ارزیابی لاین‌های متحمل و حساس به تنش خشکی با استفاده از شاخص Ti (مقدار صفت در سطح تنش تقسیم بر مقدار صفت در سطح بدون تنش) برای صفات مورد مطالعه و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) انجام شد (Zali *et al.*, 2015; Zali *et al.*, 2016). بعد از به دست آوردن شاخص Ti برای هر صفت (جدول ۶) از آنها برای پیدا کردن فاصله هر ژنوتیپ (لاین) از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+) و فاصله هر ژنوتیپ (لاین) از ژنوتیپ ایده‌آل منفی (d^-) استفاده شد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (Ti_{ij} - Ti_j^+)2} \quad i= 1, n$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j}^{n} (Ti_{ij} - Ti_j^-)2} \quad i= 1, n$$

که در آن Ti^+ بیشترین مقدار شاخص در صفت j در بین تمام ژنوتیپ‌ها و Ti^- کمترین مقدار شاخص در صفت j در بین تمام ژنوتیپ‌ها است. نهایتاً شاخص SIIG براساس فرمول زیر محاسبه شد (Reynolds *et al.*, 2007).

$$SIIG = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)}$$

$$0 \leq SIIG \leq 1$$

علاوه بر استفاده از شاخص SIIG در این تجزیه، گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد با به‌کار بردن میانگین لاین‌ها برای شاخص Ti انجام شد تا نتایج حاصل از تجزیه

خوشه‌ای با نتایج حاصل از شاخص SIIG مقایسه شود. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه به‌صورت مرکب و شاخص Ti به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16، رسم نمودارها با استفاده از برنامه Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر اکثر صفات داشت (جدول ۲) و اثر شرایط کشت بر روی همه صفات به‌جز کاهش دمای کانوپی در مرحله سنبله‌دهی، نمره زراعی و عملکرد دانه معنی‌دار بود. لاین‌های مورد مطالعه در اکثر صفات به‌جز تعداد روز تا رسیدگی، تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی‌دار داشتند. اثر متقابل لاین× شرایط کشت نیز بر روی اکثر صفات به‌جز تعداد روز تا رسیدگی، طول سنبله، طول پدانکل و عملکرد دانه معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل حاکی از این است که رفتار لاین‌ها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی متفاوت بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی شده است. شریفی الحسینی و احمدی (Sharifi Al Husseini and Azat Ahmadi, 2012) ۱۷ لاین پیشرفته گندم دوروم را به همراه سه رقم شاهد گندم دوروم آریا، گندم نان چمران و مرودشت در دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری بعد از ظهور سنبله بررسی و نشان دادند که اثر متقابل لاین × شرایط کشت بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بود. تعداد دانه در سنبله نیز تحت تنش خشکی کاهش معنی‌داری داشت. بی‌همتا و همکاران (Bihamta *et al.*, 2018) نشان دادند که تنش خشکی تعداد دانه در سنبله را در کلیه ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر قرار داد. حساسیت این صفت به خشکی در گندم نان با تحقیقات دستفال و همکاران (Dastfal *et al.*, 2012) هم مطابقت دارد.

مقایسه میانگین صفات لاین‌ها برای اثر متقابل لاین×شرایط آزمایش نشان داد که از لحاظ تعداد سنبله در مترمربع لاین‌های ۲، ۴، ۵، ۹، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ در شرایط دیم و در شرایط آبیاری تکمیلی لاین‌های ۳ و ۷ بیشترین تعداد را داشتند. از لحاظ تعداد روز تا سنبله‌دهی لاین ۲ در شرایط دیم و لاین ۱۷ در شرایط آبیاری کمترین تعداد روز تا سنبله‌دهی را داشت. از لحاظ صفت وزن هزار دانه در شرایط دیم لاین ۱۶ و در شرایط آبیاری تکمیلی لاین ۷ و از نظر دوره پر شدن دانه لاین ۱۳ تحت شرایط دیم و لاین ۱۰، ۱۲ و ۴ بیشترین مقدار را در شرایط آبیاری تکمیلی داشتند. بیشترین ارتفاع گیاه در شرایط دیم مربوط به لاین ۱۷ و در شرایط آبیاری تکمیلی مربوط به لاین‌های ۱۰ و ۱۱ بود. همچنین، برترین ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم، از نظر نمره زراعی لاین‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ و در شرایط آبیاری تکمیلی لاین ۱۸ بود. بدترین لاین از نظر این صفت در هر دو شرایط لاین ۳ بود. در شرایط دیم بالاترین میزان دانه در سنبله مربوط به لاین‌های ۴، ۱۳ و ۱۵ و در شرایط آبیاری مربوط به لاین ۳ بود. دمای کانوپی، یک مکانیسم اجتناب از خشکی را نشان می‌دهد که در سرتاسر چرخه رشد به‌طور وسیعی بیان شده و می‌تواند به‌عنوان معیار گزینش برای شناسایی لاین‌های گندم با عملکرد بالا یا به‌عنوان پیشگوی مهم راندمان عملکرد تحت شرایط خشکی به‌کار گرفته شود (Olivares-Villegas *et al.*, 2007). بیشترین

مقدار کاهش دمای کانوپی در مرحله سنبله‌دهی و در شرایط دیم مربوط به لاین‌های ۴، ۹ و ۱۷ در شرایط آبیاری ۱۶، ۱۷ و ۱۸ بیشترین مقدار را داشتند. بالوتا و همکاران (Balota *et al.*, 2007) گزارش نمودند که در اثر تنش خشکی دمای سایه‌انداز گیاهی افزایش می‌یابد. CTD پایین را به‌عنوان ابزاری برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی پیشنهاد کردند. از لحاظ صفت سبزینگی در هر دو مرحله اندازه‌گیری لاین‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۹ و ۱۸ بیشترین مقدار را در شرایط دیم و لاین‌های ۱۲ و ۱۵ در شرایط آبیاری داشتند. در مجموع با توجه به میانگین عملکرد دانه که اثر متقابل شرایط×لاین در آن غیرمعنی‌دار بود لاین‌های ۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ بالاترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). با توجه به صفات مورد مطالعه با اثر متقابل معنی‌دار لاین‌های ۴، ۹، ۱۳، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در اکثر صفات از بقیه لاین‌ها بهتر بودند (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس بر اساس شاخص Ti صفات نشان داد که بین لاین‌ها از نظر صفات وزن هزار دانه، کاهش دمای کانوپی در مرحله پرشدن دانه، عملکرد دانه، دوره پرشدن دانه، سبزینگی در هر دو مرحله سنبله‌دهی و پرشدن دانه، تعداد روز تا رسیدن و تعداد روز تا خوشه‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین لاین‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص Ti نشان داد (جدول ۵) که از نظر صفت دوره پرشدن دانه لاین ۱، ۲، ۱۲ و ۴ پایین‌ترین و لاین ۸ بالاترین مقدار شاخص Ti را داشت. مقدار بالای شاخص Ti بر اساس صفت وزن هزار دانه مربوط به لاین‌های ۴، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ بود. بالاترین مقدار این شاخص برای صفت تعداد روز تا سنبله‌دهی مربوط به لاین‌های ۹ و ۱۲ و پایین‌ترین مقدار آن را لاین ۱۵ به خود اختصاص داد. از نظر تعداد روز تا رسیدگی لاین‌های ۱۲ و ۱۸ بیشترین مقدار شاخص Ti و لاین ۳ کمترین مقدار این شاخص را داشت. بیشترین مقدار شاخص Ti بر اساس عملکرد دانه به لاین‌های ۴ و ۱۵ اختصاص داشت. شاخص Ti لاین‌های ۱، ۲ و ۵ در صفت مقدار سبزینگی در هر دو مرحله سنبله‌دهی و پرشدن دانه بیشتر از بقیه لاین‌ها بود. بیشترین مقدار این شاخص از نظر صفت کاهش دمای کانوپی در مرحله سنبله‌دهی مربوط به لاین ۳ بود. بنابراین، لاین‌های ۱، ۲، ۴، ۶، ۹، ۱۵ و ۱۷ که در اکثر صفات شاخص Ti بالایی داشتند، لاین‌های متحمل‌تری بودند. برای به‌دست آوردن مقدار شاخص SIIG برای هر لاین، بعد از محاسبه شاخص Ti برای هر صفت، حداقل و حداکثر مقدار این شاخص برای صفات انتخاب شد و از آنها برای محاسبه فاصله هر لاین از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+) و منفی (d^-) استفاده شد (جدول ۶). با توجه به این‌که مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بین صفر و یک است، ژنوتیپ‌هایی که مقدار شاخص آنها نزدیک به یک باشد، ژنوتیپ‌های برتر و ژنوتیپ‌هایی که مقدار شاخص آنها نزدیک به صفر باشد، ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته می‌شوند (Yaghooti Poor *et al.*, 2017). زالی و همکاران (Zali *et al.*, 2015) از شاخص SIIG برای ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های کلزا استفاده کردند و برای آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری شاخص SIIG را محاسبه کردند و بر مبنای آن ژنوتیپ پایدار مشخص گردید.

یاقوتی‌پور و همکاران (Yaghooti Poor *et al.*, 2017) از این شاخص برای ارزیابی لاین‌های گندم نان برای تحمل به خشکی استفاده کردند و

لاین ایده‌آل و متحمل و لاین حساس به خشکی را از بین لاین‌های مورد مطالعه معرفی کردند. رمزی و همکاران (Ramzi *et al*., 2018) از این شاخص برای بررسی تحمل لاین‌های پیشرفته گندم دوروم تحت شرایط تنش آلومینیوم استفاده کردند و از بین ۱۰۰ لاین مورد مطالعه، ۲۰ لاین با بالاترین رتبه و ۲۰ لاین با کمترین رتبه را شناسایی کردند. همان‌طورکه در جدول ۵ مشاهده می‌شود، لاین ۴ با کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل مثبت (d^+=۰/۲۵) و با بیشترین فاصله از ژنوتیپ غیرایده‌آل (d^-=۰/۶۹) و همچنین با داشتن شاخص SIIG=۰/۷۳ متحمل‌ترین لاین بود. لاین‌های ۴، ۵، ۹ و ۱۵ با داشتن بالاترین مقدار این شاخص جزو متحمل‌ترین لاین‌ها و مناسب برای کشت در شرایط دیم بودند. لاین‌های ۷، ۱۰ و ۱۴ با داشتن پایین‌ترین مقدار بعد از لاین ۸ جزو حساس‌ترین لاین‌ها بودند. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها بر اساس شاخص Ti نشان داد که لاین‌های حساس و لاین‌های متحمل در گروه‌های مجزا قرار داشتند که با نتایج حاصل از رتبه‌بندی انطباق زیادی داشت (شکل ۱). گروه‌بندی لاین‌های مورد مطالعه با استفاده از روش حداقل واریانس وارد با به‌کار بردن میانگین شاخص Ti صفات، لاین‌ها را به دو گروه مجزا تقسیم کرد. این دو گروه در تجزیه واریانس چندمتغیره در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. میانگین گروه اول (۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸) بیشتر از میانگین کل و گروه دوم در اکثر صفات بود (جدول ۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که لاین‌های مورد مطالعه از نظر اکثر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشتند. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که لاین‌های ۴، ۹، ۱۳، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در اکثر صفات از بقیه لاین‌ها بهتر بودند. مقایسه میانگین لاین‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نشان داد لاین‌های ۴، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ بیشترین عملکرد دانه را داشتند. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی لاین‌های حساس و متحمل با محاسبه شاخص تحمل (Ti) و انتخاب لاین‌های برتر براساس شاخص انتخاب ژنوتیپ برتر (SIIG)، لاین شماره ۸ حساس‌ترین و لاین شماره ۴ متحمل‌ترین لاین شناخته شدند. لاین‌های ۵، ۹ و ۱۵ بعد از لاین ۴ با داشتن بالاترین مقدار این شاخص جزو متحمل‌ترین لاین‌ها و مناسب برای کشت در شرایط دیم بودند. لاین‌های ۷، ۱۰ و ۱۴ بعد از لاین ۸ با داشتن پایین‌ترین مقدار این شاخص جزو حساس‌ترین لاین‌ها بودند. نتایج حاصل از رتبه‌بندی با نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای برمبنای شاخص Ti مطابقت زیادی داشت.

جدول ۱- شجره لاین‌های مورد مطالعه گندم دوروم

Table 1- Pedigeree of the studied durum wheat lines

لاین Lines	شجره Pedigree
1	Dehdasht (control)
2	SORA/2*PLATA_12/3/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3/4/AJAIA_13/ YAZI//DIPPER_2/BUSHEN_3CDSS02B00849T-0TOPB-0Y-0M-7Y-2M-04Y-0B
3	NUS/SULA//5*NUS/4/SULA/RBCE_2/3/HUI//CIT71/CII*2/5/ARMENT//SRN_3 /NIGRIS_4/3/CANELO_9.1CDSS04Y00888T-0TOPB-26Y-0M-06Y-2M-1Y-0B
4	Arislahn-8//Bidra1/MikiICD03-0318-TA-3AP-0AP-4AP-0AP-3AP-0AP
5	Quarmal/Gbch-2//Terbol97-4ICD04-1055-TA-4AP-0AP-1AP-0AP
6	CM829/Cando cross-H25ICD02-0977-T-2AP-0TR-1AP-0AP-5AP-0AP-3AP-0AP
7	WID22248/10/LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/7/ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3 /LD357E/2*TC60//JO69/8/SOMBRA_20/9/JUPARE C 2001/11/PORTO_6/GREEN_38/3/SOMAT _3/PHAX_1// TILO_1/LOTUS_4CDSS06Y00652T-0TOPB-27Y-0M-2Y-4M-0Y
8	1A.1D5+106/3*MOJO//RCOL/3/SNITAN/SOMAT_3//FULVOUS_1/MFOWL_13/10/AVILLO_1/3/ CANELO_8//SORA/2*PLATA_12/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/ YAV_1/6/ ARDENTE /7/HUI/YAV79/8/POD_9CDSS06Y00568S13Y-0M-1Y-2M-0Y
9	BICHENA/AKAKI_7/4/LIS_8/FILLO_6/3/FUUT//HORA/JOR/5/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/ GUIL//GREEN/6/MUSK_1//ACO89/FNFOOT_2/4/MUSK_4/3/PLATA_3//CREX/ALLA/5 /OLUS*2/ILBOR//PATKA_7/YAZI_1CDSS06Y00389S-0Y-0M-4Y-2M-0Y
10	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/GUANAY/4/SOMAT_3/PHAX_1/ /TILO_1/LOTUS_4/5/CAMON_5// HUI/YAV79CDSS05B00579T-0TOPY-22Y-0M-1Y-4M-0Y
11	GUAYACAN INIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRON _4/3/ SNITAN CDSS02B00562S-0Y-0M-2Y-1M-04Y-0B
12	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_ 2/ 5/KJOVE_1/7/AJAIA _12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)// PLATA _13 /8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 CDSS02B00 596S-0Y-0M-5Y-1M-04Y-0B
13	MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/3/CANELO_9/9/USDA595/3/ D67.3/ RABI// CRA/4/ ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/ YAV79/ 8/POD_9 /10/ TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/ YAZI/3/SOMAT_4/ INTER _8/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4 /3/CANELO_9.1 CDSS06Y00416S-10Y-0M-1Y-3M-0Y
14	TRIDENT/3*KUCUKCDIB02Y00011T-B-4B-3Y-3B-3Y-2B-1Y-5B-1Y-1B-0Y
15	AVTA/YAZI_1//GREEN/SOMO/6/AJAIA_1/EUDO//PLATA_6/4/BUTO//SCOT/MEXI _1/3/PLATA_8/5/ISLACDSS05B00584T-0TOPY-26Y-0M-2Y-4M-0Y
16	Icarhani ICD01-0946-C-7AP-TR-4AP-0TR-1AP-0AP-4AP-0AP-3AP-0AP
17	Secondroue ICD06-1287-0AP-0AP-6AP-0AP-4AP-0THTD
18	Icambel ICD06-0279-0AP-2AP-0AP-1AP-0THTD

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات موردبررسی در لاین‌های گندم دوروم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 2- Analysis of variance for studied traits in durum wheat lines under rainfed and complementary irrigation conditions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	طول سنبله Spike length	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز تا سنبله‌دهی Days to spike	دانه در سنبله Grain in spike	نمره زراعی Agronomic score	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	سبزینگی در مرحله پر شدن دانه Greenery in grain filling stage
شرایط کشت Conditions	1	66.28**	4818.67**	1116.67**	212.6*	0.34^{ns}	1410.62**	12858840**	1549.07**
تکرار (شرایط) Rep (Conditions)	6	0.09^{ns}	4.10^{ns}	1.53^{ns}	16.89*	1.37**	29.81**	575826**	6.22^{ns}
لاین line	17	1.01**	17.22**	17.38**	19.38**	1.54**	22.71**	397567**	12.60**
لاین×شرایط ×line Conditions	17	0/07^{ns}	6.92**	2.46^{ns}	26.21**	0.66*	13.89**	133147.24^{s}	14.29**
خطا Error	102	0.07	2.34	1.31	7.54	0.36	4/52	112965.46	3.50
ضریب تغییرات % C.V.		3.76	7.86	1.18	13.76	15.46	6.18	12.10	3.27

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۲

Table 2- Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد سنبله در مترمربع Spike per m^2	طول پدانکل Peduncle length	دمای کانوپی در مرحله سنبله‌دهی Canopy temperature depression in spike stage	ارتفاع گیاه Plant height	سبزینگی در مرحله سنبله‌دهی Greenery in spike stage	کاهش دمای کانوپی در مرحله پر شدن دانه Canopy temperature depression in grain filling stage	دوره پر شدن دانه Grain filling period
شرایط کشت Conditions	1	42230.25**	2184.00**	44.66**	482.90*	1385.08**	0.96ns	1045.44**
تکرار (شرایط) (Conditions) Rep	6	102.45*	0.81 ns	1.01**	41.67**	3.83 ns	1.01**	13.53 ns
لاین Line	17	64.11 ns	22.03**	3.93**	55.08**	16.24**	2.07**	21.72*
لاین×شرایط Conditions×Line	17	232.82**	1.07 ns	1.41**	49.02**	22.20**	1.55**	26.01**
خطا Error	102	38.81	2.13	0/19	9.04	5.47	0.16	10.35
ضریب تغییرات % C.V.		3.04	8.51	6.18	4.09	3.65	7.54	8.22

ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین لاین‌های گندم دوروم در متوسط دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 3- Mean comparison of durum wheat lines under average of rain fed and complementary irrigation conditions

لاین‌ها Lines	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	طول سنبله Spike length (cm)	طول پدانکل Peduncle length (cm)
1	2729.12 a-d	7.25 a-d	17.32 bcd
2	2951.12 ab	7.10 bcd	18.17 bc
3	2390.37 e	6.25 c	15.26 ef
4	3018.25 a	7.45 a	16.71 b-e
5	2891.88 abc	7.21 a-d	17.16 bcd
6	2546.50 cde	7.02 bcd	16.58 cde
7	2455.38 de	6.25 c	14.03 f
8	2578.75 b-e	7.28abc	17.26 bcd
9	2821.88 a-d	7.21 a-d	17.56 bcd
10	2587.50 b-e	6.25 c	13.88f
11	2740.12 a-d	7.31 ab	16.25 de
12	2913.62 abc	6.92 d	17.36 bcd
13	2564.62 b-e	6.98 bcd	16.90 bcd
14	2938.62 abc	7.11 bcd	17.07 bcd
15	2833.38 a-d	7.27abc	20.43 a
16	3025.12 a	7.27abc	18.35 b
17	3067.62 a	7.16 a-d	19.96 a
18	2995.88 a	6.97 cd	18.06 bc

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

جدول ۴- مقایسات میانگین صفات مورد مطالعه در لاین‌های گندم دوروم به ترتیب در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 4 - Comparison of mean traits in durum wheat lines in rainfed and supplementary irrigation conditions, respectively

	لاین‌ها Lines	سبزینگی در مرحله پر شدن دانه Greenery content in grain filling stage	سبزینگی در مرحله سنبله‌دهی Greenery content in spike stage	کاهش دمای کانوپی در مرحله پر شدن Canopy temperature depression in grain filling stage	کاهش دمای کانوپی در مرحله سنبله‌دهی Canopy temperature depression in spike stage	دانه در سنبله Grain in spike
دیم Rainfed	1	54.32 klm	62.92 f-k	5.20 d-g	7.50 def	16.25 fgh
	2	57.62 f-j	64.84 d-i	5.57 cde	8.10 a-d	18.25 d-h
	3	51.02 no	57.02 n	4.45 hi	6.32 g-j	18.00 d-h
	4	54.72 jkl	62.65 g-k	6.30 ab	8.45 ab	19. 50 b-g
	5	54.82 jkl	61.92 h-l	5.72 b-e	7.72 bcd	20.50 b-f
	6	55.57 i-l	58.33 lmn	5.75 bcd	7.95 a-d	17.25 e-h
	7	53.87 m-qr	58.02 mn	4.25 i	6.57 ghi	15.25 gh
	8	51.22 mno	58.02 mn	4.17 i	6.62 ghi	17.00 e-h
	9	54.20 klm	62.72 g-k	5.62 b-d	8.60 a	20.75 b-f
	10	52.45 l-o	56.57 n	4.57 ghi	6.82 fgh	18.75 d-h
	11	54.52 jkl	62.15 g-k	5.35 def	7.75 bcd	18.25 d-h
	12	54.17 klm	60.22 j-n	5.40 c-f	7.87 a-d	19.25 c-g
	13	49.97 o	60.75 j-m	4.17 i	6.67 ghi	21.25 b-e
	14	53.25 k-n	59.05 k-n	5.10 d-h	7.92 a-d	19.25 c-g
	15	54.67 jkl	62.22 g-k	5.65 b-e	8.15 a-d	21.25 b-e
	16	53.77 k-n	61.35 j-m	5.45 c-f	7.95 a-d	16.75 e-h
	17	54.27 klm	61.07 j-m	5.77 bcd	8.32 abc	20.25 b-f
	18	54.57 jkl	62.35 g-k	5.45 c-f	7.65 cde	19.50 b-g
آبیاری تکمیلی Irrigation condition supplementary	1	56.22 h-k	62.47 g-k	4.17 i	5.37 kl	21.50 b-e
	2	59.87 b-g	66.52 a-f	4.55 ghi	5.75 jk	23.75 abc
	3	59.70 c-g	67.05 a-e	4.60 ghi	4.85 l	27.00 a
	4	60.75 a-f	66.90 a-e	4.72 fi	5.97 ijk	18.50 d-h
	5	57.50 g-j	63.90 e-j	4.97 e-h	6.27 g-j	21.25 b-e
	6	60.65 a-g	67.40 a-e	5.27 d-g	6.57 ghi	17.75 d-h
	7	60.15 a-g	68.85 abc	5.40 c-f	5.72 jk	24.25 ab
	8	59.95 b-g	65.92 b-g	5.15 d-h	6.45 g-j	23.75 abc
	9	58.82 d-h	65.37 c-h	5.10 d-h	6.40 g-j	19.50 b-g
	10	58.30 e-i	64.77 d-i	5.05 d-h	5.95 ijk	24.00 abc
	11	61.47 a-e	68.30 a-d	5.35 def	6.65 ghi	22.50 bcd
	12	63.27 a	70.30 a	5.52 cde	6.27 g-j	19.25 c-g
	13	62.00 a-d	68.90 abc	5.47 cde	6.10 h-k	21.00 b-f
	14	62.40 abc	69.35 ab	5.72 b-e	6.95 efg	22.25 bcd
	15	63.10 ab	70.12 a	6.10 abc	7.50 def	20.50 b-f
	16	60.77 a-f	67.52 a-e	6.57 a	8.05 a-d	14.50 h
	17	62.22 abc	68.12 a-d	6.62 a	8.10 a-d	20.00 b-g
	18	59.97 b-g	66.65 a-f	6.55 a	7.97 a-d-	19.75 b-g

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

ادامه جدول ۴

Table 4 - Continued

	لاین‌ها Lines	نمره زراعی Agronomic score	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن هزار دانه Thousand kernel weight (g)	دوره پر کردن دانه Grain filling Period (day)	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity (day)	سنبله در مترمربع Spike per m^2
دیم Rainfed	1	4.25 abc	77.75 a-e	31.37 g-j	35.75 e	130.00 fgh	184.75 h-k
	2	4.00 a-d	74.00 b-a	31.45 g-j	34.25 ef	128.75 h	193.00 h
	3	2.75 e	73.75 b-i	28.15 jk	36.50 de	129.75 fgh	178.25 ijk
	4	4.25 abc	70.25 g-k	30.70 g-j	36.50 de	128.50 h	192.50h
	5	4.25 abc	75.25 b-j	29.45 ijk	37.25 cde	129.75 fgh	191.75 h
	6	4.25 abc	70.25 g-k	31.20 g-j	37.00 cde	129.75 fgh	187.50hi
	7	4.25 abc	94.25 m-r	20.55 h-k	37.75 b-e	132.25 ef	177.25 jk
	8	3.00 de	73.25 b-i	28.70 jk	35.75 b-e	132.25 ef	177.25jk
	9	4.00a-d	69.25 h-k	28.60 jk	35.25 e	129.25 gh	191.50 h
	10	3.25 cde	74.00 b-h	26.85 k	37.00 cde	131.75 efg	176.25 k
	11	3.75 a-e	70.75f-k	31.45 g-j	35.25 e	128.75 h	189.50 h
	12	3.75 a-e	68.50ijk	29.25 ijk	35.00 e	128.50 h	186.75 hij
	13	3.25 cde	67.00jk	27.80 jk	38.50 a-e	132.75 e	188.00 hi
	14	4.25 abc	69.00 h-k	31.15 g-j	35.50 e	128.75 h	189.50 h
	15	4.75 a	66.00 kl	29.60 ijk	34.75 e	128.50 h	193.50 h
	16	4.75 a	61.75 l	35.15 def	36.75 d-e	129.75 fgh	192.50 h
	17	4.75 a	81.00 a	30.55 hk	37.25 cde	128.75 h	192.50 h
	18	4.25 abc	69.00 h-k	31.35 g-j	37.25 cde	130.00 fgh	192.75 h
آبیاری تکمیلی Irrigation condition supplementary	1	4.25 abc	75.10 b-g	39.05 abc	42.50 abc	142.25 bc	219.75 b-f
	2	3.75 a-e	73.37 b-i	37.25 b-e	42.50 abc	141.00 cd	226.00 a-d
	3	3.25 cde	75.15 b-g	35.90 c-f	43.25 ab	146.25 a	232.25 a
	4	3.50 b-e	73.82b-i	33.70 e-h	44.00 a	140.75 cd	214.50 efg
	5	3.75 abc	75. 30 b-g	35.95 c-f	41.50 a-d	139.50 cd	218.50 c-g
	6	3.25 a-e	71.25 e-j	33.70 e-h	42.25abc	139.50 cd	213.50 fg
	7	3.50b-e	75.60 b-g	40.90 a	43.25 ab	143.75 bc	229.50 ab
	8	4.25 abc	75.90 a-f	40.20 ab	29.75 f	139.75 cd	227.00 abc
	9	3.75 a-e	77.30 a-d	35.25 def	42.50 abc	141.50 cde	215.75 d-g
	10	3.50 b-e	78.20 abc	34.45 d-g	43.50 a	144.75ab	222.50 a-d
	11	4.00 a-d	78.70 ab	39.50 abc	41.25 a-d	141.25 cd	226.25 abc
	12	3.75 a-e	72.50 di	33.95 e-h	44.00a	140.50cd	220.25 b-f
	13	3.50 b-e	75.65 b-g	36.65 b-f	43.00 ab	143.75 bc	221.50 b-f
	14	3.75 a-e	76.50 a-e	35.85 c-f	41.75 a-d	141.00 cd	226.75 abc
	15	3.75 a-e	76.52 a-e	35.75 c-f	39.00 a-e	140.00 cd	224.25a-e
	16	4.50 ab	72.70 c-i	38.00 a-d	43.00 ab	140.75cd	209.25 g
	17	4.25 abc	74.20 b-h	32.80 f-i	43.75 a	139.75cd	222.25 a-f
	18	4.75 a	76.40 a-e	37.15b-e	41.50 a-d	139.50 cd	218.75 c-g

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

جدول۵ - تجزیه واریانس شاخص Ti حاصل از صفات موردمطالعه در گندم دوروم

Table 5- Analysis of variance for Ti indices of the studied traits in durum wheat

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات شاخص Ti صفات / Ti Index Mean Squares: سنبله در مترمربع Spike per m^2	طول سنبله Spike length	طول پدانکل Peduncle length	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز تا سنبله‌دهی Days to spike stage	دوره پر شدن دانه Grain filling period
تکرار Replication	3	0.002 ns	0.174**	3.96**	1.11**	0.065**	0.01*	5.09 ns	**0.025
لاین Line	17	0/002 ns	0.002ns	0.044ns	0.073**	0.017**	0.001**	0.0001**	**0.002
خطا Erorr	51	0.003	0.003	0.032	0.028	0.003	0.0001	0.0001	0.001
ضریب تغییرات % C.V.		6.60	8.09	5.41	4.61	5.70	1.07	1.06	3.50

ns، * و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۵

Table 5 - Continued

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	میانگین مربعات شاخص Ti صفات / Mean SquaresTi Index: دانه در سنبله Grain in spike	نمره زراعی Agronomic score	ارتفاع گیاه Plant height	سبزینگی در مرحله پر شدن دانه Greenery content in grain filling stage	سبزینگی در مرحله سنبله‌دهی Greenery content in spike stage	کاهش دمای کانوپی در مرحله سنبله‌دهی Canopy temperature depression in spike stage
Replication	تکرار	3	0.019 ns	0.018 ns	0.069**	0.005*	0.00 ns	1.95**
Line	لاین	17	0.042 ns	0.034 ns	0.010 ns	0.007**	0.009**	0.012 ns
Erorr	خطا	51	0/024	0.024	0.008	0.002	0.003	0.015
ضریب تغییرات % C.V.			17.88	16.00	10.52	12.52	6.13	17.90

ns، * و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص Ti صفات مورد مطالعه در لاین‌های گندم دوروم و رتبه بندی لاین‌ها براساس شاخص SSIG

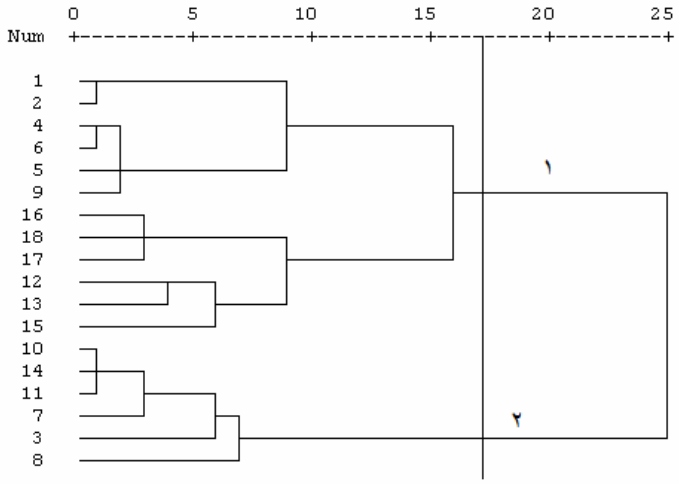
Table 6- Comparison of mean for Ti indices of studied trait in durum wheat lines and ranking of lines based on SSIG

لاین‌ها Lines	طول پدانکل Peduncle length	سبزینگی دردوره پرشدن دانه Greenery content in crain filling stage	سبزینگی در مرحله سنبله دهی Greenery content in heading stage	ارتفاع گیاه Plant height	دانه در سنبله Grain in spike	طول سنبله Spike length	سنبله در متر مربع Spike per m^2	کاهش دمای کانوپی در پرشدن دانه Canopy temperature in grain filling stage	کاهش دمای در سنبله دهی Canopy temperature in spike stage	عملکرد دانه Grain yield
1	0.73^{abc}	0.96^{a}	1.00^{a}	0.82^{ab}	0.83^{b}	0.68	0.81	1.18^{a}	0.72^{ab}	0.69^{b-e}
2	0.76^{abc}	0.96^{a}	0.97^{ab}	0.82^{ab}	0.85^{b}	0.71	0.82	1.17^{ab}	0.71^{ab}	0.66^{de}
3	0.64^{bc}	0.85^{def}	0.85^{de}	0.82^{ab}	0.71^{b}	0.69	0.80	0.93^{cde}	0.80^{a}	0.68^{cde}
4	0.87^{abc}	0.90^{a-e}	0.93^{a-d}	0.82^{ab}	0.92^{b}	0.66	0.87	1.23^{a}	0.74^{ab}	0.95^{abc}
5	0.75^{abc}	0.95^{abc}	0.98^{ab}	0.82^{ab}	0.90^{b}	0.66	0.86	1.05^{abc}	0.67^{ab}	0.84^{a-e}
6	0.95^{a}	0.91^{a-e}	0.92^{b-c}	0.94^{a}	0.91^{b}	0.65	0.84	1.00^{bcd}	0.73^{ab}	0.87^{a-e}
7	0.70^{abc}	0.89^{cde}	0.85^{e}	0.82^{ab}	0.74^{b}	0.66	0.87	0.80^{e}	0.67^{ab}	0.57^{e}
8	0.57^{c}	0.85^{def}	0.88^{cde}	0.87^{b}	0.76^{b}	0.66	0.80	0.82^{de}	0.60^{ab}	0.64^{de}
9	0.94^{ab}	0.92^{a-d}	0.95^{abc}	0.82^{ab}	0.92^{b}	0.66	0.83	1.05^{abc}	0.68^{ab}	0.94^{abc}
10	0.73^{abc}	0.89^{b-e}	0.87^{cde}	0.81^{ab}	0.79^{b}	0.69	0.81	0.85^{de}	0.63^{ab}	0.67^{cde}
11	0.74^{abc}	0.88^{cde}	0.88^{c}	0.80^{ab}	0.88^{b}	0.65	0.84	0.96^{cde}	0.69^{ab}	0.72^{a-e}
12	0.78^{abc}	0.85^{def}	0.85^{de}	0.85^{ab}	0.85^{b}	0.66	0.81	0.89^{cde}	0.67^{ab}	0.96^{ab}
13	0.72^{abc}	0.80^{f}	0.88^{cde}	0.77^{ab}	0.86^{b}	0.67	0.83	0.80^{e}	0.74^{ab}	0.98^{a}
14	0.81^{abc}	0.85^{ef}	0.85^{de}	0.86^{ab}	0.81^{b}	0.67	0.81	0.82^{de}	0.66^{ab}	0.79^{a-e}
15	0.94^{ab}	0.87^{de}	0.89^{cde}	0.83^{ab}	0.94^{b}	0.72	0.83	0.91^{cde}	0.71^{ab}	0.99^{a}
16	0.76^{abc}	0.88^{cde}	0.90^{b-e}	0.87^{ab}	1.17^{a}	0.68	0.85	0.80^{e}	0.63^{ab}	0.87^{a-d}
17	0.72^{abc}	0.87^{de}	0.89^{b-e}	0.94^{a}	0.96^{ab}	0.71	0.84	0.86^{de}	0.64^{ab}	0.89^{a-d}
18	0.65^{bc}	0.91^{a-e}	0.93^{a-e}	0.88^{ab}	0.95^{ab}	0.70	0.83	0.85^{de}	0.57^{b}	0.79^{a-e}
T^{+}	0.95	0.96	1.00	0.77	1.17	0.72	0.87	1.23	0.80	0.99
T^{-}	0.57	0.80	0.85	0.94	0.71	0.65	0.80	0.80	0.57	0.57

ادامه جدول ۶

Table 6 – Continued

لاین‌ها Lines	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	تعداد روزتا رسیدگی Days to maturity	تعداد روزتا سنبله‌دهی Days to spike stage	دوره پرشدن دانه Grain filling period	نمره زراعی Agronomic score	d^{+}	d^{-}	SIIG	رتبه بندی Ranking
1	0.90^{c-f}	0.93^{b}	0.94^{abc}	0.89^{bc}	1.02^{abc}	0.42	0.53	0.55	5
2	0.89^{def}	0.94^{b}	0.95^{ab}	0.88^{c}	1.02^{abc}	0.44	0.51	0.53	6
3	0.89^{def}	0.90^{b}	0.93^{bc}	$0/89^{bc}$	0.91^{abc}	0.56	0.35	0.38	11
4	1.03^{ab}	0.94^{b}	0.95^{ab}	0.90^{bc}	1.05^{abc}	0.25	0.69	0.73	1
5	0.97^{a-d}	0.94^{b}	0.94^{ab}	0.92^{abc}	1.07^{ab}	0.32	0.54	0.62	2
6	1.01^{ab}	0.94^{b}	0.95^{ab}	0.91^{bc}	1.08^{ab}	0.35	0.53	0.60	4
7	0.85^{f}	0.92^{b}	0.93^{bc}	0.90^{bc}	1.01^{abc}	0.67	0.30	0.31	14
8	0.85^{f}	0.95^{a}	0.93^{bc}	0.96^{a}	0.92^{abc}	0.68	0.25	0.26	16
9	1.00^{ab}	0.94^{b}	0.95^{ab}	0.88^{c}	0.91^{abc}	0.34	0.54	0.61	3
10	0.86^{ef}	0.92^{b}	0.93^{bc}	0.89^{bc}	0.91^{abc}	0.62	0.25	0.29	15
11	0.95^{b-e}	0.92^{b}	0.93^{bc}	0.89^{bc}	0.87^{abc}	0.52	0.33	0.39	10
12	1.00^{ab}	0.95^{a}	0.96^{a}	0.90^{bc}	0.89^{abc}	0.49	0.46	0.48	7
13	0.99^{abc}	0.92^{b}	0.93^{bc}	0.88^{c}	0.80^{c}	0.58	0.51	0.46	8
14	0.97^{a-d}	0.92^{b}	0.94^{abc}	0.89^{bc}	0.95^{abc}	0.55	0.32	0.37	12
15	1.00^{ab}	0.92^{b}	0.91^{c}	0.90^{bc}	1.06^{abc}	0.36	0.58	0.62	2
16	1.06^{a}	0.94^{b}	0.95^{ab}	0.94^{ab}	0.91^{abc}	0.53	0.41	0.43	9
17	1.01^{ab}	0.95^{a}	0.95^{ab}	0.88^{c}	1.14^{a}	0.46	0.52	0.53	6
18	0.96^{a-d}	0.95^{a}	0.95^{ab}	0.89^{bc}	0.89^{abc}	0.57	0.33	0.36	13
T^{+}	1.06	1.06	0.91	0.87	1.14				
T^{-}	0.85	0.85	0.96	0.94	0.80				



شکل ۱- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس شاخص‌های Ti صفات

Figure 1- Dendrogram of cluster analysis based on traits Ti indices

جدول ۷- میانگین شاخص Ti صفات برای گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای با روش وارد

Table 7- Ti indices Means of studied traits for groups obtained from cluster analysis based on Ward method

گروه Group	لاین Lines	سبزینگی در مرحله پرشدن دانه Greenery content in grain filling stage	سبزینگی در مرحله سنبله‌دهی دانه Greenery content in heading stage	تعداد روز تا سنبله‌دهی Days to spike stage	ارتفاع گیاه Plant height	نمره زراعی Agronomic score	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	دوره پرشدن دانه Grain filling period
گروه ۱ Group1	1,2,4,5,6,9,12, 13,15,16,17,18	0.90	0.93	0.80	0.99	0.87	0.99	0.90
گروه ۲ Group2	3,7,8,10,11,14	0.88	0.87	0.70	0.93	0.81	0.90	0.91
average	میانگین کل	0.89	0.91	0.77	0.97	0.85	0.96	0.90

ادامه جدول ۷

Table 7 – Continued

گروه Group	لاین Lines	کاهش دمای کانوپی در مرحله پرشدن دانه Canopy temperature depression in grain filling stage	کاهش دمای کانوپی در مرحله سنبله‌دهی Canopy temperature depression in spike stage	عملکرد دانه Grain yield	دانه در سنبله Grain in spike	سنبله در متر مربع Spike per m^2	طول سنبله Spike length	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity
گروه ۱ Group1	1,2,4,5,6,9,12, 13,15,16,17,18	0.99	0.69	0.88	0.92	0.84	0.68	0.94
گروه ۲ Group2	3,7,8,10,11,14	0.87	0.68	0.68	0.77	0.82	0.67	0.93
average	میانگین کل	0.95	0.81	0.81	0.87	0.83	0.68	0.94

References منابع مورد استفاده

- Anonymous. 2017. World grain statistics. International Grains Council. [on-line] Available at https:// www.igc.int/en/subscriptions/subscription.aspx.
- Anonymous. 2018. Grain market report. International Grains Council. GMR483-23. November 2017. [on-lin] Available at https://www.igc.int/downloads/gmrsummary /gmrsumme.
- Balota, M., W.A. Payne, S.R. Evett, and M.D. Lazar. 2007. Canopy temperature depression sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Science*. 47: 1518–1529.
- Biglouie, M.H., M.H. Assimi, and A. Akbarzadeh. 2010. Effect of water stress at different stages on quantity and quality traits of Virginia (flue cured) tobacco type. *Plant Soil Environment*. 2: 67-75.
- Bihamta, M.R., M. Shirkavand, J. Hasanpour, and A. Afzalifar. 2018. Evaluation of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress condition. *Jornal of Crop Breeding.* 9: 119-136. (In Persian).
- Bonwell, E.S. 2008. Determination of endosperm protein secondary structure in hard wheat breeding lines using synchrotron infrared microspectroscopy and revelation of secondary structure changes in protein films with thermal processing. MS.c. Thesis, Dpartment of Grain Science and Industry, College of Agriculture, Kansas Stat University. USA.
- Dastfal, M., V. Barati, Y. Emam, H. Haghighatnia, and M. RamezanPour. 2012. Evaluation of grain yield and yield component in wheat genotypes under late drought stress in Darab zone. *Seed and Plant Production Journal*. 27: 195-217. (In Persian).
- Gharbi, A., V. Rashidi, A.R. Tarinejad, and S. Chalabi Yani. 2014. Evaluation of durum wheat lines tolerance to salinity and drought stress under greenhouse conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*. 7(4): 393-410.
- Hwang, C.L., and K.P. Yoon. 1981. Multiple attribute decision making methods and applications. Springer, New York, 350 pp.
- Lesk, C., P. Rowhani, and N. Ramankutty. 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature.* 529: 84–87.
- Mitra, J. 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science.* 80: 758-763.
- Moghadasi, L., V. Rashidi, and A. Razban. 2009. Effect of drought stress on grain yield and some morphological traits in durum wheat inbred lines. *Journal of Science and Technology in Agricultural Sciences*. 12: 41-53. (In Persian).
- Munns, R., and R.A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*. 253: 201-218.
- Munns, R., R.A. James, and A. Lauchli. 2006. Approaches increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*. 57: 1025-1043.
- Najafi, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari, and H. Zali. 2017. Stability analysis of grain yield of durum heat romising lines in warm and dry

areas using parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Production and Processing.* 8: 79-96.

- Olivares-Villegas, J.J., M.P. Reynolds, and G.K. McDonald. 2007. Drought-adaptive attributes in the Seri/Babax hexaploid wheat population. *Functional Plant Biology*. 34: 189–203.
- Oweis, T. 1997. Supplemental irrigation. A highly efficient water-use practice. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. 16pp.
- Raman, A., S. Verulkar, N. Mandal, M. Variar, V. Shukla, J. Dwivedi, B. Singh, O. Singh, P. Swain, A. Mall, S. Robin, R. Chandrababu, A. Jain, T. Ram, S. Hittalmani, S. Haefele, H. Piepho, and A. Kumar. 2012. Drought yield index to select high yielding rice lines under different drought stress severities. *Rice*. 5: 1-12.
- Ramzi, E., A. Asghari, S. Khomari, and H. Mohammad doust Chamanabad. 2018. Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum L. subsp. durum Desf*) lines for tolerance to aluminum stress condition. *Journal of Crop Breeding.* 10: 63-72. (In Persian).
- Reynolds, M., F. Dreccer, and R. Trethowan. 2007. Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany.* 58: 177–186.
- Romesburg, C. 2004. Cluster analysis for researchers. Lulu.com, USA. 340 pp.
- Sharifi Al-Husseini, M., and M. Azat Ahmadi. 2012. Evaluation of the end drought tolerance of the season of durum wheat genotypes using drought index. *Iranian Journal of Field Crop Research*. 10: 361-367. (In Persian).
- Shewry, P. 2009. Inceasing the health benefits of wheat. *FEBS Journal*. 276: 71-71.
- Soleimani fard, A., and N. Naseri. 2013. Genetic diversity of durum wheat Lines from agronomic traits under dryland conditions. *Jornal of Crop Ecophysiology*. 28: 469-478. (In Persian).
- Stone, L.R., and A.J. Schlegel. 2006. Yield water supply relationships of grain sorghum and winter wheat. *Agronomy Journal.* 98: 1359-1366.
- Yaghooti Poor, A., E. Farshadfar, and M. Saeedi. 2017. Evaluation of bread wheat papillomavirus genotypes for drought tolerance using suitable combination method. *Jornal Environmental Stresses in Crop Sciences*. 10: 247-256. (In Persian).
- Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari, and M. Zeinalabedini. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*. 20: 77- 90. (In Persian).
- Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari, and S.M. Hoseini. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique, Introduction of new method. *Biological Forum*. 7: 703-711. (In Persian).

Evaluation of Drought Stress Tolerance in Advanced Lines Durum Wheat Using the Selection Index of Ideal Genotype (SIIG)

Sahar Tadili[1*], Ali Asghari[2], Rahmatollah Karimizadeh[3], Omid Sofalian[4], and Hamidreza Mohammaddoust Chamanabad[4]

Received: October 2019 , Revised: 21 December 2019, Accepted: 27 January 2020

Abstract

Drought tolerance of 18 advanced lines durum wheat were evaluated in a randomized complete block design with four replications under dryland and complementary irrigation conditions in Gachsaran Agricultural Research Center at 2016-2017. In this study, traits like days to spike formation, days to maturity, plant height, peduncle length, spike length, 1000 seed weight, seed yield, spike number, spike number per m^2, canopy temperature reduction of two stages of spike and seed filling, rate of greenness at two stages of spike and grain filling, were measured. Analysis of variance showed that there were significant differences among lines under study for days to spike formation, plant height, peduncle length, spike length, 1000 seed weight, seed yield, crop score, number of seeds per spike, temperature reductions of canopy at two spike stages seed and greenery content in two stages of spike and grain filling were significantly different. Mean comparisons showed that lines 4, 9, 13, 15, 16 and 17 were better than other lines in most traits. Evaluation of sensitive and tolerant lines according to tolerance index (Ti) showed that lines 1, 2, 4, 6, 9, 15 and 17, had high Ti index in most traits, were tolerant. Selection for superior lines, based on SIIG and selection of ideal genotype (SIIG) index, were performed. The results of variance analysis of traits based on Ti index showed that difference among lines in terms of 1000 seed weight, reduction of canopy temperature at grain filling stage, seed yield, grain filling period, chlorophyll content at both clustering and grain filling stage, days to reach and number of days to clustering were significant at 1% probability level. Lines 4, 5, 9 and 15 were the highest values of this index and were suitable for growing under dryland conditions. Lines 7, 8, 10 and 14 having lowest value of the SIIG index were sensitive to rainfed condition. The results of this ranking are similar to the results of cluster decomposition based on Ti index.

Key words: Drought, Durum wheat, SIIG index, Ti index, Tolerant line.

1- MS.c. Student, Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3- Assistant Professors, Dryland Agricultural Research Institute,Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ghachsaran, Iran.

4- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

**Corresponding Author: sahartadili@gmail.com*