

## گزینش لاین‌های برتر گندم نان بر اساس صفات زراعی، فنولوژیک و مورفو- فیزیولوژیک با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) در شرایط دیم استان زنجان

حسین نظری<sup>۱</sup>، مرتضی اشراقی نژاد<sup>۲\*</sup>، مظفر روستایی<sup>۳</sup>، سید محمد علوی سینی<sup>۴</sup>

۱- بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

۲- بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.

۳- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

### چکیده مبسوط

**مقدمه:** خشکی به عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی، یک خطر جدی در تأمین امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود. تولید گندم در مناطق دیم نقش مهمی در اقتصاد ایران دارد. با توجه به گسترش کشت گندم نان در مناطق دیم، معرفی و توسعه ارقام جدید با ویژگی‌های پرمحصولی و مقاومت به تنش خشکی، اهمیت بالایی دارد. بررسی لاین‌های جدید با خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک و فنولوژیک مطلوب می‌تواند یکی از روش‌های مناسب برای این منظور باشد. استفاده از یک صفت به تنهایی ممکن است به نتایج مطلوبی منجر نشود، به همین دلیل در این تحقیق، برای ارزیابی بهتر لاین‌های گندم دیم و تنوع فنوتیپی آن‌ها و تعیین برترین لاین‌ها از لحاظ عملکرد و زودرسی با استفاده از روش گزینشی SIIG برای ادغام تعدادی از صفات مهم استفاده شد.

**روش‌شناسی پژوهش:** تعداد ۱۴۴ لاین گندم در شرایط دیم در ایستگاه تحقیقات دیم مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان در شهرستان خدابنده طی سال‌های (۱۳۹۸-۱۳۹۹) بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار ارزیابی شدند. در این آزمایش از ارقام گندم دیم شامل سرداری، آذر ۲، صدرا، هما، اوحدی، باران، رصد، واران و هشترود به عنوان شاهد استفاده شد. صفات ارتفاع بوته، زمان از کاشت تا ظهور سنبله، رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها همراه با زرد شدن پدانکل گیاهان، وزن هزار دانه، عملکرد دانه پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، دمای کانوپی، تعرق، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، شاخص کلروفیل و فتوسنتز اندازه‌گیری شد.

**یافته‌های پژوهش:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنوع کافی بین لاین‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه وجود دارد. از لحاظ میزان عملکرد دانه در هکتار، لاین‌های ۶۵ و ۲۲ به ترتیب دارای بیشترین (۲۶۲۵ کیلوگرم) و کمترین (۹۸۴ کیلوگرم) مقدار بودند. میانگین عملکرد لاین‌های گروه برتر در این آزمایش بین ۱۷۶۵ و ۱۹۱۱/۵ متغیر بود. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص SIIG نشان داد که هیچ لاینی در گروه یک، دو و هشت قرار نگرفت ولی در گروه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ به ترتیب ۲، ۷۱، ۱۵، ۵۴ و ۲ لاین قرار گرفتند. لاین‌های گروه‌های ۳، ۴ و ۵ را بعلت داشتن شاخص SIIG بالای ۰/۵ می‌توان بعنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب نمود. اما برترین ژنوتیپ‌ها بعلت دارا بودن سنبله‌دهی سریع‌تر، فتوسنتز بیشتر و در نهایت عملکرد دانه بالاتر در گروه ۳ قرار دارند. براساس شاخص SIIG،



\* نگارنده مسئول: [m.eshraghi@areeo.ac.ir](mailto:m.eshraghi@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲

ژنوتیپ‌های شماره ۴۲ و ۱۰۴ در گروه برتر شماره ۳ و همچنین ۱۵ ژنوتیپ دیگر در گروه شماره ۴ قرار گرفتند. ارقام شاهد مورد مطالعه در هیچ‌یک از این دو گروه برتر قرار نگرفتند و در گروه‌های ۵ و ۶ جای گرفتند. ژنوتیپ‌های گروه ۳ و ۴ به طور کلی دارای مقادیر میانگین بیشتر در صفاتی مانند هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، فتوسنتز و عملکرد بودند و از نظر تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی میانگین‌های کمتری در این ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. بنابراین، ضمن توصیه به گزینش لاین‌ها بر اساس روش SIIG، لاین‌های انتخاب شده با این شاخص به عنوان بهترین لاین‌ها برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی تحت شرایط دیم پیشنهاد می‌شوند.

## واژه‌های کلیدی: تعرق، دمای کانوپی، عملکرد، فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای

### مقدمه

اجزای عملکرد، میزان کاهش عملکرد دانه را تعیین می‌کنند (Alqudah *et al.*, 2011). تولید گندم با ظرفیت بالایی که در افزایش تولیدات کشاورزی دارد می‌تواند نقش مهمی در اقتصاد ایران ایفا نماید. از آنجایی که کشت گندم نان در مناطق دیم گسترش یافته و از طرفی شرایط خشکسالی چندساله در ایران به وقوع پیوسته است، معرفی و توسعه ارقام جدید گندم نان دیم که پتانسیل عملکرد و مقاومت به تنش‌های محیطی و غیرمحیطی بالایی داشته باشند از اهمیت بالایی برخوردار است. توسعه کشت ارقام زراعی متحمل به خشکی از مهم‌ترین راه‌کارهای مقابله با تنش کم‌آبی محسوب می‌شود. تنوع ژنتیکی در پیشبرد برنامه‌های بهبود عملکرد و اصلاح ژنتیکی در گندم اهمیت ویژه‌ای دارد. برای اصلاح و معرفی ارقام تجاری جدید می‌توان به بررسی لاین‌های جدید با خصوصیات مورفولوژیک مطلوب پرداخت. این ویژگی‌ها منجر به دستیابی به معیارهای انتخاب در جهت بهبود عملکرد می‌شوند. این روش می‌تواند به افزایش تولید گندم از طریق دستیابی به لاین‌های با ویژگی‌های تحمل به شرایط محیطی سخت‌تر، مقاومت به بیماری‌ها و آفات، و عملکرد بالاتر کمک کند. به علاوه، استفاده از لاین‌های پیشرفته نیز می‌تواند بهبود عملکرد و افزایش تولید گندم را در مقیاس بزرگ‌تری امکان‌پذیر سازد. گزینش ژنوتیپ‌های گندم با سازگاری بالاتر به تنش خشکی عملکرد گندم در شرایط دیم را بهبود می‌بخشد (Alavi-Siney and Saba, 2015). اگرچه تنش

گندم در ایران از اهمیت بالایی در تغذیه مردم برخوردار است. سطح زیر کشت گندم در ایران حدود ۶/۲ میلیون هکتار و میزان تولید حدوداً ۱۱/۱ میلیون تن گزارش شده است. سطح زیر کشت و میزان تولید گندم دیم در ایران به ترتیب برابر با ۴/۱ میلیون هکتار و ۳/۴ میلیون تن می‌باشد. عملکرد متوسط گندم دیم در ایران حدود ۱/۴ تن در هکتار گزارش شده است و در استان زنجان عملکرد دانه حدود ۱۲۳۰ کیلوگرم در هکتار و سطح زیرکشت آن ۲۸۹ هزار هکتار است (MAJ, 2021). گزارش شده است که علت کاهش تولید گندم در سال‌های اخیر، تنش‌های خشکی، گرما و سرما است (Rahmati *et al.*, 2022).

خشکی به عنوان یک خطر جدی در تأمین امنیت غذایی جهان، یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تعیین‌کننده‌ی توزیع پوشش گیاهی و محدودیت تولید در بخش کشاورزی است (Yari *et al.*, 2016). خشکی از جمله تنش‌های محیطی رایج در کشاورزی سراسر جهان باعث کاهش ۲۱ درصدی تولید گندم می‌شود (Lamaoui *et al.*, 2018; Hu *et al.*, 2020). تنش خشکی باعث کاهش رشد و نمو دانه و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Fahad *et al.*, 2017). شدت و مدت تنش خشکی با کاهش طول دوره رشد (Mohammadi-*et al.*, 2020)، پر شدن دانه و

فاصله بین ژنوتیپ‌ها را نیز مشخص کند. در این روش، قابلیت شناسایی ژنوتیپ‌های با ویژگی‌های مطلوب وجود دارد (Zali et al., 2015; Zali et al., 2017). در روش SIIG، برای شناسایی ژنوتیپ‌های با خصوصیات خاص، نیازی به محاسبه وراثت‌پذیری و ارزش فنوتیپی و اقتصادی نیست. با استفاده از این روش، می‌توان ژنوتیپ‌هایی با خصوصیات خاص مانند ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه و وزن هزار دانه بالا، ارتفاع بوته کم و زودرس را شناسایی و انتخاب کرد (Zali and Barati, 2020). روش SIIG می‌تواند برای رتبه‌بندی و مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف و گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها و تعیین فاصله بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها مفید باشد. این روش از صفات مختلف (صفات مورفولوژیک، صفات فیزیولوژیک و غیره) برای محاسبه شاخص استفاده می‌کند و کارآمدی گزینش را افزایش می‌دهد. ممکن است هر ژنوتیپی در یک شاخص یا صفت برتر باشد، اما با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، گزینش ژنوتیپ‌های مناسب سخت می‌شود. در روش SIIG، تمام شاخص‌ها و صفات به صورت یک شاخص واحد درآمد و رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر آسان می‌شود. به عبارت دیگر، با استفاده از روش SIIG می‌توان ویژگی‌های مختلف را به صورت یک شاخص واحد محاسبه کرد و گزینش ژنوتیپ‌های برتر را مطمئن‌تر و دقیق‌تر انجام داد (Zali et al., 2017; Zali et al., 2020; Najafi Mirak et al., 2018; Abdollahi Hesar et al., 2020). یکی از مزیت‌های این روش این است که معیارها یا شاخص‌های استفاده شده برای مقایسه، می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی باشند و حتی طبیعت منفی و مثبت داشته باشند (Zali et al., 2015; Zali et al., 2017; Tahmasebi et al., 2018). در واقع با استفاده از این شاخص می‌توان صفات دارای واحدهای متفاوت را ادغام نمود (Tahmasebi et al., 2018). شاخص SIIG، برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از ترکیب پارامترهای تجزیه پایداری (Najafi Mirak et al., 2018)، ترکیب صفات مختلف مورفو-

خشکی در تمام مراحل رشد گیاه تأثیرگذار است، اما دوره پر شدن دانه حساس‌ترین مرحله به تنش و وزن هزار دانه صفتی است که بیشترین تأثیر را از تنش می‌پذیرد (Pradhan et al., 2012). صفت زودرسی یکی از مهم‌ترین عوامل در گزینش ژنوتیپ‌ها برای شرایط دیم است. چراکه ژنوتیپ‌های سازگار در شرایط دیم می‌توانند با به پایان‌رساندن زودتر دوره رشد، از تنش کمبود آب در پایان فصل فرار کرده و عملکرد آن‌ها کمتر تحت تأثیر قرار گیرد. لاین‌هایی که دوره رشد کوتاه‌تر و دوره پر شدن بلندتر دارند، فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی از ساقه‌ها به دانه‌ها پیدا می‌کنند، بدون اینکه طول دوره رسیدگی در آن‌ها زیاد شود (Blum, 1998; Saba et al., 2018). ژنوتیپ‌هایی با وزن هزار دانه بالا در شرایط دیم، واجد توان بالای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در طول دوره پر شدن دانه هستند که این موضوع با دو روش فتوسنتز جاری و توانایی انتقال مجدد بالا همبسته است. از آن‌جا که وزن هزار دانه آخرین جزء است که بعد از عملکرد شکل می‌گیرد، تنش خشکی انتهای دوره رشد بیشترین تأثیر را بر این جزء از عملکرد دانه دارد و انتظار می‌رود گزینش برای وزن هزار دانه زیاد به عملکرد دانه بالاتر منجر شود (Saba et al., 2018).

پژوهش‌های زیادی در رابطه با بررسی صفات زراعی و تعیین ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه گندم با استفاده از روش‌های چندمتغیره صورت گرفته است (Alavi-Siney and Saba, 2015; Saba et al., 2018). در بیشتر این پژوهش‌ها، رابطه بین صفات و عملکرد دانه مورد بحث قرار گرفته اما بحثی در مورد گزینش ژنوتیپ‌های برتر با استفاده از یک شاخص (براساس تمام صفات مورد مطالعه) انجام نشده است. برای گزینش ایده‌آل‌ترین ارقام و لاین‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از شاخص SIIG به عنوان یک مدل گزینش‌گر استفاده شده است. استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل SIIG که توسط زالی و همکاران (Zali et al., 2015) ارائه و استفاده شده است، می‌تواند به علاوه‌ی انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل،

دیم شامل سرداری (۱)، آذر ۲ (۲۰)، صدرا (۳۱)، هما (۴۴)، اوحدی (۶۵)، باران (۸۶)، رصد (۱۰۸)، واران (۱۱۷) و هشترود (۱۲۹) به عنوان شاهد استفاده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پس از نمونه برداری از عمق ۳۰-۱ سانتی متر تعیین شد (جدول ۱).

لاین‌ها و ارقام گندم از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور تامین شدند. مشخصات لاین‌های تحت بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. هر لاین در یک کرت آزمایشی با شش خط به طول شش متر و با فاصله ردیف ۱۷ سانتی متر و در عمق ۵ سانتی متر به صورت دستی در مهرماه کشت گردید. تراکم بذر مناسب شرایط دیم ۳۸۰ دانه در مترمربع بود. قبل از کاشت و به منظور کنترل سیاهک پنهان و آشکار، بذرها با سم کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. نیتروژن مورد نیاز خاک به مقدار ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره با نسبت ۷۰ و ۳۰ درصد به ترتیب در پاییز و بهار (سرک) در صورت رطوبت موثر استفاده شد (Nazari et al., 2023). براساس آزمون خاک، با توجه به حد بحرانی فسفات در شرایط دیم (۹ قسمت در میلیون و میزان فسفر قابل جذب در خاک) نیاز به کود فسفاته نبود. به منظور کنترل علف‌های هرز در مرحله تکمیل پنجه زنی و قبل از ساقه روی گندم، علفکش توفوردی به مقدار دو لیتر در هکتار استفاده شد. نسبت به مبارزه با حشره کامل سن گندم از سم فنیتروتیون به مقدار یک لیتر در هکتار استفاده شد. اطلاعات آب و هوایی ایستگاه دیم در سال اجرای آزمایش (تغییرات ماهانه دمای هوا نسبت به تغییرات ماهانه بارندگی در طول سال) در جدول ۱ آمده است.

در این آزمایش صفات زراعی ارتفاع بوته (PLH)، تعداد روز تا ظهور سنبله (DHE) در ۷۰-۵۰ درصد کرت، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها (DMA) با ۷۰-۵۰ درصد زرد شدن پدانکل گیاهان، وزن هزار دانه (TKW)، عملکرد دانه (YLD) پس از رسیدگی فیزیولوژیک، دمای کانوپی (Temp)، تعرق

فنولوژیک (Abdollahi Hesar, 2020; Zali and Barati, 2020) و شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (Zali et al., 2018) استفاده شده است. در مطالعات برای بررسی تحمل تنش اسمزی در لاین‌های پیشرفته گندم دوروم، امامی و همکاران (Emami et al., 2019) نیز از شاخص SIIG استفاده کردند و نتایج آن با نتایج تجزیه خوشه‌ای انطباق بالا و همخوانی داشت. از آنجایی که عملکرد گیاهان تحت تأثیر شرایط محیطی و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد؛ بنابراین، برای صفاتی مانند عملکرد، انتخاب غیرمستقیم از طریق صفات دیگری که با عملکرد همبستگی بالایی دارند، می‌تواند کارایی انتخاب بیشتری داشته باشد (Rabiei et al., 2004). در یک تحقیق دیگر، یاقوتی‌پور و همکاران (Yaghooti Poor et al., 2017) از شاخص SIIG برای ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در گندم نان استفاده کردند و بیان کردند که شاخص SIIG یک روش ترکیبی جدید و کارآمد در انتخاب موثرتر ژنوتیپ‌های مطلوب است. استفاده از یک صفت به تنهایی ممکن است به نتایج مطلوبی منجر نشود، به همین دلیل در این تحقیق، برای ارزیابی بهتر لاین‌های گندم دیم و تنوع فنوتیپی آن‌ها و تعیین برترین لاین‌ها از لحاظ عملکرد و زودرسی با استفاده از روش گزینشی SIIG برای ادغام تعدادی از صفات مهم مورفو-فنوفیزیولوژیک، استفاده شد.

## مواد و روش‌ها

در بررسی حاضر، تعداد ۱۴۴ لاین گندم در شرایط دیم در ایستگاه تحقیقات دیم خدابنده متعلق به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان با طول جغرافیایی ۴۹°۴۸' عرض جغرافیایی ۱۳°۳۶'، ارتفاع ۱۸۷۵ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۳۵۰ میلی متر طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ بر اساس لاتیس ساده با دو تکرار اجرا شد؛ اما به دلیل کمتر بودن خطای بلوک ناقص از خطای کل، داده‌ها بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی ارزیابی شدند. در این آزمایش از ارقام گندم

قرمز (IRGA, model: LCA4, ADC Bioscientific) از تقسیم سرعت فتوسنتز به غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزه‌ای (Ci) هدایت مزوفیلی محاسبه شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰-۱۲ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد (Ahmad *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 2002). ده دقیقه قبل از شروع اندازه‌گیری دستگاه به منظور گرم شدن روشن شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به تبدلات گازی دو هفته بعد از زمان گرده‌افشانی (Pask *et al.*, 2011)، سه برگ پرچم به طور تصادفی از هر کرت آزمایشی در اتاقک شیشه‌ای انبر دستگاه قرار داده شد و پس از ۳۰ ثانیه که شرایط درونی اتاقک به حالت ثابت رسید، داده‌های مربوطه ثبت شد.

(T)، دی‌اکسیدکربن زیر روزه (Ci)، هدایت روزه‌ای (SC)، هدایت مزوفیلی (MC)، شاخص کلروفیل (SPAD) و فتوسنتز (A) اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن هزار دانه ۱۰ ساقه اصلی از هر کرت انتخاب و دانه‌ها پس از جداسازی با ترازوی دقیق وزن شدند و وزن هزار دانه محاسبه شد. برای تعیین عملکرد نهایی دانه پس از حذف اثر حاشیه، مساحت شش مترمربع پس از رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت و عملکرد براساس واحد سطح محاسبه و به هکتار تبدیل شد. به منظور اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرومول CO<sub>2</sub> در متر مربع در ثانیه)، میزان تعرق (میلی مول H<sub>2</sub>O در متر مربع در ثانیه)، هدایت روزه‌ای (میلی مول در متر مربع در ثانیه) و غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزه‌ای (میکرومول بر مول) از دستگاه تحلیل‌گر گاز مادون

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش و میانگین دما و بارندگی فصل زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم خدابنده

Table 1. Results of physical and chemical analysis for used soil and averages of temperature and rainfall in in 2017-2018 crop season at Khodabandeh rainfed station

اطلاعات هواشناسی محل آزمایش Meteorological information of the study site			اطلاعات خاک‌شناسی مزرعه Farm soil information	
میانگین بارندگی (mm) Mean rainfall (mm)	میانگین دما (°C) Mean temperature (°C)	ماه Month	مقدار Value	خصوصیات خاک Soil characteristics
7.0	14.6	مهر Sept-Oct	لومی‌رسی‌سیلتی	بافت خاک Soil texture
48.7	11.0	آبان Oct-Nov	0-30	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
14.0	1.6	آذر Nov-Dec	0.692	هدایت الکتریکی ds/m EC (ds/m)
15.0	3.1	دی Dec-Jan	5.4	درصد مواد خنثی شونده % P.N.V. (%)
110.3	0.1	بهمن Jan-Feb	0.69	کربن آلی % O.C (%)
49.3	6.4	اسفند Feb-Mar	453	پتاسیم ppm K (ppm)
17.1	10.8	فروردین Mar-Apr	18.60	فسفر ppm P (ppm)
76.4	11.4	اردیبهشت Apr-May	18	شن % Sand (%)
52.2	18.6	خرداد May-Jun	42	سیلت % Silt (%)
0.0	26.7	تیر Jun-Jul	40	رس % Clay (%)
0.1	26.9	مرداد Jul-Aug		
0.3	22.7	شهریور Aug-Sep		

تقسیم شد. بنابراین پس از نرمال کردن داده‌های اولیه (ماتریس D)، ماتریس R با رابطه ۳ تعریف می‌شود:

رابطه (۳)

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & & r_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

۴- در مرحله دوم، برای هر ژنوتیپ، فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (+di) و ژنوتیپ‌های ضعیف (-di) (با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شد. برای تعیین فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (+di)، با توجه به رابطه ۴، ابتدا مقادیر تمام صفات (نرمال شده) در یک ژنوتیپ از مقادیر ایده‌آل برای هر صفت (که در مرحله قبل تعیین شده است) کم کرده و به توان ۲ برده و سپس آن‌ها را جمع و جذر آن گرفته شد. همین کار برای تعیین فاصله از ژنوتیپ‌های ضعیف (-di) برای هر ژنوتیپ انجام شد (رابطه ۵).

رابطه

(۴)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n$$

رابطه (۵)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n$$

در روابط بالا rij مقدار نرمال شده شاخص (صفت) jام (j = 1, 2, ... m) برای ژنوتیپ iam (i = 1, 2, ... n) است. rj+ و rj- به ترتیب مقادیر نرمال شده ژنوتیپ های ایده‌آل و ژنوتیپ‌های ضعیف برای هر شاخص (صفت) jام (j = 1, 2, ... m) است.

۵- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG): در مرحله نهایی برای تعیین شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل برای هر لاین یا ژنوتیپ از رابطه ۶ استفاده شد:

رابطه (۶)

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad 0 \leq SIIG_i \leq 1$$

تجزیه داده‌ها بر اساس طرح لاتیس ساده انجام شد. بخاطر کوچک‌تر بودن خطای بلوک‌های تصحیح شده نسبت به خطای داخل بلوک‌ها، تجزیه‌ها بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسات میانگین با آزمون حداقل اختلاف معنی دار محافظت شده (FLSD<sup>1</sup>) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه واریانس، مقایسه میانگین صفات با روش LSD و ماتریس ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SAS (۹,۴) صورت گرفت. به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و ادغام صفات مورفو-فیزیولوژیک از روش SIIG استفاده شد که نحوه محاسبه این شاخص به صورت زیر تعریف شده است (Zali et al., 2015):

۱- ساخت ماتریس داده‌ها: با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و صفات مختلف مورد مطالعه، ماتریس داده‌ها با رابطه ۱ ساخته شد (ماتریس D).

رابطه (۱)

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & & x_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

در این ماتریس xij مقدار صفت jام (j = 1, 2, ... m) برای ژنوتیپ iam (i = 1, 2, ... n) بود. به عبارت دیگر ردیف‌ها و ستون‌ها به ترتیب نمایانگر ژنوتیپ‌ها و صفات بودند.

۲- تبدیل ماتریس داده‌های اولیه (ماتریس D) به یک ماتریس نرمال (ماتریس R): به منظور نرمال کردن داده‌ها (بدون واحد کردن داده‌ها) از رابطه زیر استفاده شد.

رابطه (۲)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

در رابطه ۲، به منظور نرمال کردن داده‌ها، مقدار صفات در همه ژنوتیپ‌ها برای هر صفت را به توان ۲ برده و سپس جمع کرده و جذر آن گرفته شد (مخرج کسر) و در نهایت هر ژنوتیپ به مخرج کسر

<sup>1</sup> Fisher's protected least significant difference

عملکرد بهتری نیز دارند. کمترین دمای کانوپی مربوط به لاین‌های ۱۱۴ و ۶۸ بود (به ترتیب برابر با ۲۴/۹۴ و ۲۴/۹۸ درجه سانتی‌گراد) که با رقم شاهد درصد اختلاف آماری معنی‌داری نداشت و تقریباً یک درجه سانتی‌گراد کمتر بود؛ و بیشترین دمای کانوپی در لاین ۱۱ (۳۴/۲۸ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد که با رقم شاهد صدرا در یک سطح آماری قرار گرفتند. بیشترین و کمترین فتوسنتز محاسبه شده بر حسب میکرومول دی‌اکسیدکربن بر متر مربع بر ثانیه به ترتیب مربوط به لاین‌های ۱۳۲ (۱۲/۸۹) و ۴۵ (۳/۹) بود. میزان فتوسنتز ژنوتیپ شماره ۱۳۲ با رقم شاهد واران و میزان فتوسنتز ژنوتیپ شماره ۴۵ با ارقام شاهد هشتگرد و صدرا در یک سطح آماری قرار گرفتند. لاین‌های ۱۳۶ و ۴۵ دارای بیشترین و کمترین تعرق ثبت شده بودند (به ترتیب برابر با ۹/۲۹ و ۲/۷۷ میکرومول آب بر متر مربع بر ثانیه). میزان تعرق لاین ۴۵ با ارقام شاهد واران، هشتگرد، صدرا و آذر ۲ اختلاف آماری معنی‌دار نداشت. میزان تعرق لاین ۱۳۶ با ارقام شاهد، سرداری و باران اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. کمترین و بیشترین غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه مربوط به لاین‌های ۶۳ (بدون اختلاف آماری معنی‌دار با ارقام شاهد واران، هشتگرد و باران) و ۴۰ (بدون اختلاف آماری با ارقام شاهد، هما، آذر ۲، رصد و سرداری) به ترتیب برابر با ۹۶ و ۲۴۷/۵ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه بود. لاین‌های ۱۳۱ (۰/۰۶) و ۶۴ (۰/۲۱) کمترین و بیشترین هدایت روزنه‌ای را بر حسب میکرومول دی‌اکسیدکربن بر متر مربع بر ثانیه داشتند. میانگین به دست آمده از لاین‌های ۱۳۱ و ۶۴ به ترتیب با ارقام شاهد رصد و آذر ۲ اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. کمترین و بیشترین هدایت مزوفیلی اندازه‌گیری شده میکرومول دی‌اکسیدکربن بر متر مربع بر ثانیه از لاین‌های ۵۱ (۰/۰۲) هشتگرد، صدرا و واران و ۸۰ (۰/۱۲) به دست آمد. لاین‌های ۴۵ (که با ارقام هشتگرد و

مقدار SIIGi از صفر تا یک متغیر است و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار SIIGi آن به یک نزدیکتر خواهد شد. بر اساس این روش، برترین ژنوتیپ، کمترین فاصله را از ژنوتیپ‌های ایده‌آل و بیشترین فاصله را از ژنوتیپ‌های ضعیف دارد (Zali et al., 2015).

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ برای دمای کانوپی، فتوسنتز، تعرق، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه، هدایت مزوفیلی، شاخص کلروفیل، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد و برای هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). این موضوع نشان می‌دهد تنوع کافی بین لاین‌ها از لحاظ تمامی صفات به جز وزن هزاردانه برای گزینش وجود دارد (شکل ۱).

مقایسه میانگین مشاهدات نشان داد کمترین تعداد روز تا سنبله‌دهی به ژنوتیپ شماره ۶۸ با میانگین ۱۴۷ روز اختصاص داشت و بیشترین مقدار آن مربوط به ژنوتیپ شماره ۵ با میانگین ۱۶۱/۵ روز بود (جدول ۴). ارقام شاهد هما، آذر ۲ و صدرا اختلاف کمتر از سه روز با ژنوتیپ شماره ۶۸ داشتند و رقم سرداری با ژنوتیپ شماره ۵ اختلافی به اندازه چهار روز داشت که از نظر آماری معنی‌دار نبود. در شرایط دیم، کمبود رطوبت در انتهای فصل باعث کاهش شدید عملکرد می‌شود. بنابراین، ژنوتیپ‌هایی که در زمانی که تنش کمبود رطوبت در انتهای فصل وجود دارد، سنبله‌دهی زودتری انجام می‌دهند، دوره پر شدن دانه آن‌ها کمتر تحت تأثیر این تنش قرار می‌گیرد. نوسانات بارش و دما در طول دوره پر شدن دانه نیز این نتیجه را تأیید می‌کنند (جدول ۱). در یک تحقیق انجام شده توسط صبا و همکاران (Saba et al., 2018) نشان داده شده است که ژنوتیپ‌هایی که زودتر به سنبله بروند، اجزای

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ۱۴۴ ژنوتیپ گندم

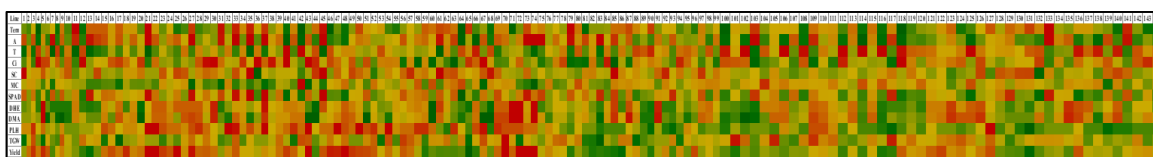
Table 3. Variance analysis of studied traits for 144 wheat genotypes

S.O.V	منابع تغییر	df	TEMP	A	T	Ci	SC	MC
Rep	بلوک	1	9.42 <sup>ns</sup>	27.16 <sup>**</sup>	150.48 <sup>**</sup>	19850.28 <sup>**</sup>	0.02 <sup>**</sup>	0.004 <sup>**</sup>
Line	لاین	143	5.15 <sup>**</sup>	7.2 <sup>**</sup>	5.59 <sup>**</sup>	2560.36 <sup>**</sup>	0.002 <sup>*</sup>	0.0003 <sup>**</sup>
Error	خطا	143	3.82	3.51	2.75	39.55	0.001	0.0002
CV (%)	ضریب تغییرات	-	6.4	21.9	25.1	21.7	27.7	27.1
S.O.V	منابع تغییر	df	SPAD	DHE	DMA	PLH	TKW	YLD
Rep	بلوک	1	37.02 <sup>ns</sup>	74.01 <sup>**</sup>	13.78 <sup>*</sup>	122.72 <sup>*</sup>	27.74 <sup>*</sup>	5504285.5 <sup>**</sup>
Line	لاین	143	58.02 <sup>**</sup>	19.38 <sup>**</sup>	10.32 <sup>**</sup>	116.01 <sup>**</sup>	6.29 <sup>ns</sup>	227000.39 <sup>**</sup>
Error	خطا	143	32.39	1.68	1.48	30.75	9.71	77498.79
CV (%)	ضریب تغییرات	-	14.8	1.1	2.2	7.9	9.6	18.8

<sup>ns</sup>، \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

<sup>ns</sup>، \* and \*\*: non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

TEMP: دمای کانوپی، A: فتوسنتز؛ T: تعرق؛ Ci: غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه؛ SC: هدایت روزنه‌ای؛ MC: هدایت مزوفیلی؛ SPAD: شاخص کلروفیل؛ DHE: تعداد روز تا ظهور سنبله؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزار دانه؛ YLD: عملکرد دانه  
TEMP: canopy temperature; A: photosynthesis; T: transpiration; Ci: concentration of carbon dioxide under stomata; SC: stomatal conductance; MC: mesophyll conductance; SPAD: chlorophyll index; DHE: number of days until spike emergence; DMA: number of days until handling; PLH: plant height; TKW: thousand kernel weight; YLD: grain yield



شکل ۱- نمایش گرافیکی تنوع فنوتیپی در صفات مورد مطالعه ۱۴۴ ژنوتیپ مختلف.

TEMP: دمای کانوپی، A: فتوسنتز؛ T: تعرق؛ Ci: غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه؛ SC: هدایت روزنه‌ای؛ MC: هدایت مزوفیلی؛ SPAD: شاخص کلروفیل؛ DHE: تعداد روز تا ظهور سنبله؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزار دانه؛ YLD: عملکرد دانه در این شکل، مقادیر عددی صفات مختلف هر لاین و ارقام شاهد به صورت رنگی (از مطلوب‌ترین به رنگ سبز تا کمترین مطلوبیت به رنگ قرمز) نشان داده شده است. با یک نگاه کلی به هر کدام از صفات، می‌توان تنوع فنوتیپی موجود را مشاهده کرد.

Figure 1. Graphical representation of phenotypic variation in studied traits of 144 different genotypes  
TEMP: canopy temperature; A: photosynthesis; T: transpiration; Ci: concentration of carbon dioxide under stomata; SC: stomatal conductance; MC: mesophyll conductance; SPAD: chlorophyll index; DHE: number of days until spike emergence; DMA: number of days until handling; PLH: plant height; TKW: thousand grain weight; YLD: Seed yield In this figure, the numerical values of different traits of each line and control cultivars are shown in colour. With a general look at each of the traits, it is possible to see the existing phenotypic diversity

واران، اوحدی و رصد) با مقادیر ۵۴ و ۸۷/۵ سانتی متر محاسبه گردید.

از لحاظ میزان عملکرد دانه، لاین‌های ۶۵ و ۲۲ به ترتیب دارای بیشترین (۲۶۲۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۹۸۴ کیلوگرم در هکتار) مقدار بودند (جدول ۴). بیشترین عملکرد به دست آمده از لاین ۶۵ با ارقام شاهد رصد، صدرا، آذر ۲ و واران اختلاف

واران و اوحدی در یک سطح آماری قرار گرفتند) و ۱۳۲ (در سطح آماری مشترک با ارقام شاهد سرداری و باران) به ترتیب با مقادیر SPAD ۲۵ و ۵۰/۱۰ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند؛ ایضاً کمترین و بیشترین مقدار ارتفاع بوته برای لاین‌های ۵۰ و ۱۳۱ (در سطح آماری مشترک با



صفت عملکرد، گزینش ژنوتیپ ایده‌آل با استفاده از روش‌های تک متغیره امکان پذیر نیست. بنابراین، برای گزینش بهترین ژنوتیپ‌ها، بایستی همه صفات به صورت همزمان مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند (Alavi Siney *et al.*, 2013).

آماری معنی‌داری داشت. با توجه به پیچیدگی صفت عملکرد و تأثیر بسیار زیاد محیط، میزان بارندگی و دما در جدول ۱ نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط متغیر دما و رطوبت، به ویژه در انتهای فصل رشد، عملکرد پایداری داشته باشند، پتانسیل بالایی برای گزینش دارند. با توجه به پیچیدگی

جدول ۴- مقایسه میانگین ۱۴۴ ژنوتیپ استفاده شده برای صفات مورد مطالعه در شرایط دیم.

Table 4. Comparison of the average 144 used genotypes for the studied traits in rainfed condition.

Line	Temp	A	T	Ci	SC	MC	SPAD	DHE	DMA	PLH	TKW	Yield
1	27.5	7.8	4.3	133.0	0.10	0.06	33.5	155.0	184.5	70.0	35.7	1919.0
2	26.9	9.5	7.0	171.5	0.07	0.06	38.9	155.0	184.5	69.0	31.9	1517.5
3	28.9	9.2	5.2	134.5	0.19	0.09	36.9	155.0	185.0	61.5	30.4	1327.0
4	26.0	11.3	8.4	235.0	0.10	0.05	42.9	149.0	184.5	71.5	33.5	1586.5
5	28.6	9.9	6.5	206.0	0.11	0.05	39.2	161.5	192.0	66.5	35.6	1273.0
6	27.1	9.9	7.4	207.0	0.13	0.05	42.0	151.0	182.5	75.0	32.3	1449.5
7	29.3	7.6	3.8	170.0	0.16	0.04	35.0	153.5	184.5	72.5	33.8	2195.0
8	25.8	9.1	7.3	198.0	0.17	0.05	37.9	153.5	182.5	77.5	34.4	1748.0
9	29.8	8.0	4.3	139.5	0.18	0.06	32.8	152.5	182.0	69.0	30.5	1608.0
10	26.4	8.6	6.6	199.5	0.10	0.04	36.2	148.5	183.0	77.5	32.5	1836.0
11	34.3	10.3	5.1	127.0	0.16	0.10	41.5	157.0	186.5	76.5	34.7	1985.0
12	27.4	12.3	8.9	230.5	0.12	0.06	46.3	152.0	185.0	74.0	30.7	2268.5
13	30.1	5.6	3.1	148.5	0.18	0.04	27.5	150.0	184.0	75.0	32.1	2412.5
14	31.8	9.8	5.6	171.5	0.12	0.06	42.2	150.5	184.0	72.0	31.8	2061.5
15	31.3	9.1	5.5	170.0	0.13	0.05	36.4	155.5	186.5	64.0	35.3	1573.5
16	28.5	7.8	5.6	201.5	0.14	0.04	34.2	155.0	184.0	66.5	32.1	1443.5
17	32.4	11.4	6.7	209.5	0.16	0.06	43.3	158.5	188.0	71.5	36.2	1536.0
18	28.7	9.1	6.5	192.0	0.21	0.05	37.8	152.5	186.0	69.0	33.3	1303.0
19	29.7	9.2	5.7	173.5	0.13	0.05	39.8	156.0	186.5	69.0	33.0	1619.5
20	26.6	7.4	5.5	210.5	0.17	0.03	36.6	149.0	182.0	71.5	31.8	1532.5
21	32.9	5.9	3.1	128.5	0.13	0.05	27.4	149.5	185.5	57.5	33.1	1063.0
22	30.0	9.7	6.1	164.0	0.14	0.06	37.6	153.5	187.5	57.5	33.1	984.0
23	29.0	12.5	8.2	151.0	0.16	0.09	44.9	152.5	187.5	65.0	34.9	1322.5
24	29.1	9.3	6.0	162.5	0.14	0.06	40.4	151.5	186.5	66.5	33.0	1417.0
25	26.4	6.8	4.5	140.0	0.15	0.05	35.9	155.5	184.5	68.0	34.1	1089.0
26	27.8	10.6	8.5	164.5	0.11	0.08	42.7	158.0	188.0	69.0	31.8	1648.0
27	31.8	5.2	4.5	151.5	0.17	0.04	29.5	156.5	188.5	64.0	30.6	1223.0
28	26.5	8.8	6.9	195.0	0.18	0.05	35.7	157.5	188.0	61.0	32.3	1499.5
29	27.3	8.8	5.8	228.5	0.13	0.04	33.3	156.0	185.0	66.5	31.4	1474.5
30	26.7	7.5	5.8	232.0	0.13	0.03	37.4	154.5	189.5	71.5	32.1	1550.5
31	32.1	5.7	5.1	193.0	0.16	0.03	32.3	149.5	184.0	75.5	35.0	1953.0
32	27.0	7.7	6.6	166.0	0.17	0.07	34.9	154.5	183.0	55.0	33.9	1632.5
33	32.7	6.4	5.0	164.0	0.12	0.06	29.1	157.0	187.5	59.0	30.3	1494.5
34	28.1	8.0	6.2	214.0	0.19	0.04	35.0	155.0	186.0	69.0	34.3	1772.5
35	32.3	6.0	3.7	136.5	0.09	0.06	26.8	154.5	183.0	64.0	32.1	1725.0
36	29.1	11.9	8.2	231.0	0.21	0.05	45.7	154.0	184.5	69.0	33.1	1846.0
37	31.4	5.8	4.1	196.0	0.12	0.04	26.2	155.0	189.0	55.0	33.3	1675.5
38	27.8	8.7	6.5	224.0	0.11	0.04	39.7	156.5	185.0	71.5	33.1	1728.0
39	28.4	7.3	5.5	187.5	0.14	0.05	32.7	157.0	186.0	64.5	30.6	1571.5
40	26.2	10.8	8.6	247.5	0.13	0.04	43.9	157.0	186.0	66.5	33.0	1361.0
41	30.7	10.0	6.1	164.0	0.11	0.07	41.3	156.5	187.0	61.5	35.4	1488.5
42	25.3	9.8	8.1	124.0	0.17	0.10	41.0	155.5	187.0	66.5	29.9	1756.0
43	27.8	7.5	6.5	233.5	0.13	0.03	32.7	148.0	182.0	54.0	30.1	1115.0

جدول ۴- ادامه.

Table 4. Continued.

44	28.1	7.2	6.2	217.0	0.14	0.03	36.9	148.5	182.0	71.5	34.0	2205.0
45	31.6	3.9	2.8	171.0	0.09	0.03	25.0	156.5	185.0	65.0	32.6	1426.0
46	25.3	9.3	7.3	205.5	0.15	0.04	39.4	152.5	185.5	67.0	31.3	1245.0
47	26.8	9.8	6.6	190.0	0.13	0.06	40.9	153.0	186.5	55.0	32.1	1243.5
48	26.1	11.1	7.6	168.0	0.09	0.07	44.5	153.0	188.0	64.0	31.2	1081.5
49	27.1	8.5	7.4	207.0	0.15	0.04	35.8	152.5	187.5	67.5	33.7	1286.0
50	31.8	9.7	6.9	142.0	0.10	0.07	40.0	156.5	186.0	54.0	33.7	1371.5
51	27.3	5.5	4.6	201.0	0.13	0.03	27.1	148.5	182.0	62.5	31.4	1413.0
52	29.6	12.1	7.6	136.0	0.14	0.08	46.5	151.5	185.5	60.5	30.4	1449.0
53	28.9	9.7	8.1	220.5	0.14	0.05	39.7	151.5	184.5	69.0	35.5	1758.5
54	26.7	8.5	6.8	187.5	0.18	0.05	36.2	151.0	183.0	57.5	29.9	1560.5
55	26.5	8.1	5.7	186.5	0.10	0.04	34.5	155.5	185.5	70.5	34.4	1795.5
56	27.4	6.9	6.1	113.5	0.13	0.06	30.8	155.5	185.0	66.5	30.0	1464.5
57	27.3	7.0	5.6	182.5	0.08	0.04	32.7	155.5	185.5	66.5	30.3	1565.0
58	27.6	7.5	5.5	100.0	0.14	0.08	35.6	158.0	186.0	67.5	31.3	1892.0
59	30.3	7.6	5.9	183.0	0.09	0.04	32.7	156.5	186.5	62.5	34.8	2310.0
60	31.3	11.7	8.1	104.0	0.13	0.10	46.3	150.0	182.0	65.5	31.8	2110.0
61	32.4	9.1	4.6	164.0	0.13	0.07	37.2	159.0	187.5	76.5	32.1	2150.5
62	31.3	10.0	8.1	129.0	0.15	0.07	40.0	157.0	185.0	81.5	30.8	2146.5
63	30.2	7.9	5.5	96.0	0.16	0.10	33.9	153.0	184.0	61.5	33.5	2191.0
64	26.3	12.1	8.1	148.0	0.21	0.08	47.6	153.0	183.0	71.5	31.3	2141.0
65	32.8	10.5	6.7	213.5	0.15	0.05	42.4	156.5	184.0	80.0	35.7	2625.0
66	26.0	9.3	7.4	197.5	0.14	0.05	40.7	157.5	187.0	64.0	32.3	2299.5
67	28.6	8.7	6.1	230.5	0.09	0.04	36.1	155.5	182.0	60.0	29.9	1622.0
68	25.0	7.5	6.3	179.0	0.11	0.04	36.3	147.0	182.0	81.5	32.1	2083.5
69	28.7	6.7	4.0	138.0	0.17	0.05	33.9	153.5	188.5	62.5	31.4	1486.5
70	29.6	8.6	6.3	172.0	0.14	0.06	37.5	151.5	188.5	65.0	26.7	1026.0
71	26.3	9.6	6.7	173.5	0.15	0.06	40.0	161.0	192.0	65.0	31.8	1498.0
72	26.8	9.8	8.3	195.0	0.12	0.05	40.2	160.0	192.0	64.0	35.6	1030.0
73	30.3	5.4	4.8	145.0	0.14	0.04	28.2	152.0	186.0	66.0	32.0	1040.0
74	28.7	4.3	5.1	158.0	0.16	0.03	29.0	156.0	192.0	66.5	32.8	996.0
75	31.1	8.6	6.1	116.0	0.11	0.08	35.6	154.5	186.0	74.0	33.4	1844.5
76	28.0	10.3	7.5	139.0	0.16	0.07	41.7	158.0	183.5	70.0	31.9	1703.0
77	29.5	10.2	7.4	187.5	0.16	0.05	40.8	155.5	185.0	72.5	31.2	1763.0
78	28.5	10.3	8.0	205.0	0.14	0.05	41.3	152.5	185.0	75.5	31.2	1772.5
79	33.9	8.2	5.3	107.0	0.16	0.08	35.7	151.0	184.0	80.0	32.0	2292.0
80	30.4	9.4	8.1	115.0	0.17	0.12	38.1	155.0	185.5	71.5	31.0	1937.5
81	27.5	8.6	5.8	109.5	0.15	0.08	36.1	157.5	186.0	76.5	35.1	2193.5
82	28.6	10.0	7.6	190.5	0.17	0.05	40.5	152.0	184.5	78.5	35.5	2376.0
83	28.8	7.5	4.7	117.0	0.21	0.06	32.1	151.5	182.5	81.5	36.8	2250.0
84	29.1	11.5	8.6	222.5	0.14	0.05	45.2	154.0	186.0	77.0	32.9	2327.5
85	29.9	6.5	4.7	96.5	0.09	0.07	29.8	157.0	189.0	79.0	33.7	2390.0
86	30.3	9.5	7.5	163.5	0.17	0.06	41.5	151.5	185.5	77.5	31.4	2425.0
87	31.2	8.5	6.4	117.0	0.10	0.08	35.2	158.0	190.0	71.5	31.0	1795.0
88	29.2	10.4	8.1	185.0	0.15	0.06	43.4	156.5	186.5	74.0	35.9	1706.0
89	28.8	10.6	8.4	175.0	0.10	0.06	42.2	154.5	183.0	79.0	34.4	2050.0
90	27.5	9.0	7.5	188.0	0.15	0.05	39.0	148.0	183.0	84.0	33.6	2293.5
91	28.3	8.9	7.4	216.0	0.13	0.05	36.9	159.0	190.0	75.0	33.1	1870.5
92	26.6	6.9	6.0	154.0	0.09	0.05	31.4	150.0	184.0	83.0	33.1	1575.5
93	27.1	4.8	3.6	132.0	0.16	0.04	30.0	155.0	183.5	84.5	31.7	2259.0
94	26.9	8.6	7.1	215.5	0.10	0.04	36.8	154.0	184.5	79.5	35.4	1662.5
95	28.0	10.5	8.2	194.0	0.17	0.06	41.7	157.0	183.0	69.0	32.1	2102.5
96	26.1	8.1	6.9	168.0	0.11	0.05	34.9	152.5	184.0	71.5	32.8	1422.0
97	27.8	5.7	4.4	127.5	0.10	0.04	31.3	157.5	187.5	80.0	32.2	1995.5
98	27.1	10.3	8.1	159.5	0.11	0.07	41.6	157.5	187.0	77.5	31.9	1750.0
99	28.5	8.5	5.9	122.5	0.15	0.07	35.8	153.5	185.0	75.0	32.7	1955.0
100	25.2	9.7	8.0	200.0	0.18	0.05	40.5	152.0	183.0	83.5	32.1	2000.0

جدول ۴- ادامه.

Table 4. Continued.

101	28.5	8.8	6.7	201.0	0.15	0.04	37.2	155.5	183.5	74.0	28.8	2335.0
102	27.0	8.8	8.4	196.0	0.12	0.05	37.2	151.5	182.0	80.0	30.5	2010.0
103	31.8	6.7	4.1	102.5	0.10	0.07	30.4	147.5	182.5	76.5	34.6	2156.0
104	25.7	7.0	6.3	133.0	0.20	0.07	35.1	157.0	184.0	77.5	32.1	1911.5
105	27.6	7.1	5.7	145.0	0.15	0.05	33.0	159.5	187.5	79.0	29.2	2071.0
106	27.4	9.3	8.3	169.5	0.14	0.06	38.5	157.0	187.5	69.0	33.9	2168.5
107	28.8	7.9	5.5	129.0	0.15	0.06	34.1	153.0	184.5	74.0	34.6	1986.5
108	26.0	10.1	8.5	201.5	0.12	0.05	41.4	151.5	185.0	79.0	31.6	2046.0
109	29.7	6.2	4.5	114.5	0.14	0.05	28.7	158.0	188.5	64.0	29.1	1763.5
110	28.0	7.9	6.6	170.0	0.20	0.05	34.0	158.0	187.5	64.0	31.8	1679.0
111	29.5	9.5	6.8	121.5	0.16	0.08	38.7	156.5	186.0	69.0	30.6	1856.0
112	26.5	9.7	8.4	220.5	0.13	0.04	40.2	160.0	185.5	79.0	33.6	2293.0
113	31.3	10.7	7.1	160.5	0.17	0.07	43.1	157.5	187.5	71.5	34.1	1772.0
114	24.9	8.8	8.4	168.0	0.17	0.05	39.2	152.0	183.5	80.5	33.0	2155.0
115	30.1	8.8	6.6	156.0	0.15	0.06	36.7	155.0	187.5	78.5	31.3	1755.5
116	26.4	8.8	7.9	157.5	0.17	0.06	37.4	155.0	183.0	81.5	32.7	2405.0
117	29.0	5.8	4.4	107.5	0.13	0.05	27.7	151.0	184.5	85.5	28.7	2319.0
118	25.4	10.4	8.5	235.0	0.15	0.04	42.6	149.5	184.0	78.5	31.9	1463.5
119	27.1	10.5	8.1	188.5	0.17	0.06	43.0	156.5	184.5	74.0	30.9	1880.0
120	27.4	10.4	7.9	144.0	0.20	0.08	41.9	153.5	184.0	80.5	31.9	1703.0
121	26.0	6.5	5.8	179.5	0.15	0.04	34.0	157.0	186.5	72.5	32.3	1539.5
122	28.4	8.6	6.6	171.5	0.12	0.05	36.5	157.0	187.0	76.5	31.2	1375.5
123	29.9	8.2	6.9	189.0	0.16	0.04	36.0	158.0	189.0	76.5	30.8	1670.5
124	27.2	10.4	7.6	196.0	0.15	0.05	42.4	155.5	188.0	79.5	30.2	1654.5
125	27.1	11.2	9.1	152.0	0.12	0.08	44.4	157.5	188.0	76.5	31.3	1770.5
126	27.4	8.7	7.0	205.5	0.13	0.04	37.0	158.0	189.0	71.5	32.5	1583.5
127	29.8	8.5	7.0	164.5	0.18	0.05	36.2	155.0	185.0	56.5	30.4	1408.0
128	27.3	7.1	6.2	147.0	0.12	0.05	31.5	158.0	184.5	80.0	32.6	2072.0
129	28.2	4.3	5.1	158.0	0.17	0.03	27.0	156.0	184.0	74.0	35.0	2181.0
130	27.9	9.2	6.9	173.0	0.12	0.06	38.6	156.5	184.0	81.5	33.6	2221.5
131	30.5	9.3	7.3	167.5	0.07	0.06	38.3	152.5	184.0	87.5	32.0	2494.5
132	30.6	12.9	9.3	209.0	0.19	0.06	50.1	154.0	187.0	79.0	31.9	2164.5
133	33.5	5.0	4.3	127.0	0.13	0.05	28.2	151.5	184.0	77.5	31.6	1962.0
134	28.3	8.8	5.9	179.0	0.14	0.05	37.8	156.5	186.0	76.0	32.6	1896.0
135	28.8	9.6	6.8	135.5	0.17	0.10	39.8	157.5	189.5	76.5	32.4	2185.0
136	29.2	11.9	9.3	192.5	0.16	0.06	46.7	156.5	188.5	71.5	31.8	1454.0
137	29.5	11.4	8.4	168.5	0.15	0.07	44.0	157.5	186.5	79.0	34.1	1822.5
138	27.6	10.9	8.4	182.0	0.16	0.06	42.1	151.5	183.0	79.0	32.3	1858.0
139	28.5	8.9	6.6	197.0	0.13	0.05	36.7	155.5	186.5	85.5	33.6	1827.5
140	27.0	11.0	9.0	166.5	0.13	0.07	42.5	156.5	188.5	82.5	33.1	2061.0
141	31.8	6.8	5.0	133.0	0.14	0.06	32.7	149.0	184.0	82.5	33.1	1849.0
142	27.9	11.4	8.4	197.5	0.15	0.06	43.1	155.5	185.0	80.5	31.2	1710.0
143	26.9	9.6	6.8	217.0	0.16	0.04	36.4	155.5	186.5	81.0	34.0	1649.5
144	27.2	11.9	8.4	187.0	0.13	0.06	46.9	149.5	185.0	79.5	33.0	1922.0
Mean	28.6	8.8	6.5	171.0	0.1	0.1	37.4	154.5	185.6	71.8	32.5	1776.9
Min	24.9	3.9	2.8	96.0	0.10	0.00	25.0	147.0	182.0	54.0	26.7	984.0
Max	34.3	12.9	9.3	247.5	0.20	0.10	50.1	161.5	192.0	87.5	36.8	2625.0
LSD	3.63	3.7	3.28	78.18	0.08	0.03	11.25	3.33	2.92	10.96	6.12	550.25

TEMP: دمای کانوپی (°C); A: فتوسنتز ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); T: تعرق ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); Ci: غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); SC: هدایت روزنه‌ای ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); MC: هدایت مزوفیلی ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); SPAD: شاخص کلروفیل؛ DHE: تعداد روز تا ظهور سنبله؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته (cm); TKW: وزن هزار دانه (g) و YLD: عملکرد دانه (kg). در هر ستون بیشترین میانگین با دو زیر خط و میانگین‌هایی که با آن اختلاف معنی‌دار ندارند با یک زیر خط مشخص شده است.

TEMP: canopy temperature (°C); A: photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); T: transpiration ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); Ci: concentration of carbon dioxide under stomata ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); SC: stomatal conductance ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); MC: mesophyll conductance ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); SPAD: chlorophyll index; DHE: number of days until spike emergence; DMA: number of days until handling; PLH: plant height (cm); TKW: thousand grain weight (g); YLD: and grain yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). In each column, the highest average was doubled underlined and the averages that do not have a significant difference with it were underlined.

یک ژنوتیپ به صفر نزدیک تر باشد، از نظر صفات مورد بررسی از مطلوبیت کمتری برخوردار خواهد بود (Zali et al., 2017). گروه بندی ژنوتیپها براساس شاخص SIIG نشان داد که هیچ یک از لاینها در گروه های یک، دو و هشت قرار نگرفتند، ولی در گروه های ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ به ترتیب ۲، ۱۵، ۷۱، ۵۴ و ۲ لاین قرار گرفتند (جدول ۶). لاین های گروه های ۳، ۴ و ۵ را بعلت داشتن شاخص SIIG بالای ۰/۵ می توان بعنوان ژنوتیپ های برتر انتخاب نمود. اما برترین ژنوتیپها بعلت دارا بودن تعداد روز تا سنبله دهی کمتر، فتوسنتز بیشتر و در نهایت عملکرد دانه بالاتر در گروه ۳ قرار دارند. ژنوتیپ های ۴۲ و ۱۰۴ بخاطر شاخص بالای SIIG (مقدار شاخص بین ۰/۶ تا ۰/۷) در گروه ۳ قرار گرفتند، در این گروه هیچ رقم شاهدی قرار نگرفت. لاین های ۱۱۴، ۸۰، ۵۲، ۶۰، ۶۴، ۱۳۲، ۱۲۵، ۱۱۶، ۱۳۸، ۱۰۷، ۱۱۱، ۱۱، ۳۶، ۵۸ و ۱۰۶ در گروه ۴ قرار گرفتند که در این گروه نیز هیچ رقم شاهدی قرار نگرفت. ژنوتیپ های گروه ۳ و ۴ به طور کلی دارای مقادیر میانگین بیشتر در صفاتی مانند هدایت روزنه ای، هدایت مزوفیلی، فتوسنتز و عملکرد بودند و از نظر تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی میانگین های کمتری در این ژنوتیپها مشاهده شد. گروه ۵ شامل ارقام شاهد باران، رصد، وارن، اوحدی و سرداری بود. رقم هما، هشترود، صدرا و آذر ۲ در گروه ۶ از نظر شاخص SIIG قرار گرفت. نتایج شاخص SIIG نشان داد که لاین های ۴۳ و ۶۷ با کمترین مقدار شاخص (به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۲۹) در گروه ۷ قرار گرفتند و از نظر اکثر صفات مورد ارزیابی جزو ضعیف ترین لاینها بودند. میانگین عملکرد این گروه برابر با ۱۱۰۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین کم ژنوتیپها در صفات روز تا سنبله دهی و روز تا رسیدگی مطلوب هستند. این برتری در تجزیه های چندمتغیره، مانند تجزیه خوشه ای، مد نظر قرار نمی گیرد. بنابراین، ژنوتیپ هایی که از طریق شاخص SIIG انتخاب شده اند، به عنوان ژنوتیپ های برتر برای استفاده در

وجود عدم تعادل لینکاژی، پلیوتروپی و اپیستازی باعث همبستگی بین صفات مختلف می شود و محیط نیز در این همبستگی نقش مهمی دارد، به عبارت دیگر، برآورد همبستگی بین عملکرد و سایر صفات بسیار مهم است تا استراتژی گزینش مناسبی انتخاب شود (Falconer, 1985). ماتریس ضرایب همبستگی نشان داد که ارتفاع بوته با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری دارد ( $r=0.6^{**}$ ) ولی روز تا سنبله دهی و رسیدگی با عملکرد رابطه منفی و معنی داری دارد. همچنین، ارتباط شاخص SIIG با صفات مورفوفیزیولوژیک نشان داد که بیشترین رابطه همبستگی مثبت و معنی دار این صفت با هدایت مزوفیلی ( $r=0.8^{**}$ ) بود، همچنین هدایت روزنه ای، عملکرد دانه، شاخص کلروفیل و ارتفاع بوته نیز همبستگی مثبت و معنی داری با شاخص SIIG داشتند. بین شاخص SIIG و تعداد روز تا سنبله دهی و غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه رابطه منفی و معنی دار بالایی مشاهده شد (جدول ۵).

همبستگی مثبت بین ارتفاع و عملکرد دانه بیانگر این است که رسیدن به تولید بالا در شرایط دیم باید همراه با رشد رویشی مناسب در راستای افزایش تولید ماده خشک باشد. رابطه مثبت بسیار معنی دار بین روز تا سنبله دهی و روز تا رسیدگی ( $r=0.9^{**}$ ) نشان می دهد که ژنوتیپ هایی که دیرتر سنبله می دهند در نهایت دیررس تر هم هستند که در نهایت منجر به عملکرد کمتر در شرایط دیم می شود که با رابطه منفی بین عملکرد دانه و روز تا سنبله دهی و رسیدن این امر قابل مشاهده است. این نتایج با یافته های (Rahmati et al., 2020 and 2022) مطابقت دارد.

در این تحقیق برای انتخاب بهترین ژنوتیپها از نظر همه صفات مورد مطالعه به طور همزمان، از شاخص SIIG (Zali et al., 2015) استفاده شده است. این شاخص بین صفر تا یک متغیر است و هر چه مقدار SIIG برای یک ژنوتیپ به یک نزدیک تر باشد، آن ژنوتیپ از مطلوبیت بالاتری از لحاظ صفات مورد مطالعه، برخوردار است و هر چه مقدار SIIG برای

کلزا را براساس صفات وزن هزار دانه، ارتفاع و عملکرد دانه، گزینش نمودند. برای انتخاب بهترین ژنوتیپ های کلزا در پژوهش دیگری ( Abdollahi Hesar et al., 2020)، از شاخص SIIG برای تبدیل ۱۳ صفت مورفولوژیک به یک شاخص واحد استفاده شد.

در نهایت این تحقیق نشان داد اولاً می توان در برنامه های اصلاحی برای گزینش ارقام استفاده از روش SIIG را پیشنهاد نمود، ثانیاً از صفاتی مانند هدایت روزنه ای، هدایت مزوفیلی، فتوسنتز و عملکرد می توان در گزینش ارقام برای کاشت در مناطق دیم استفاده نمود و ثالثاً ژنوتیپ های گروه های برتر ۳ و ۴ شامل لاین های ۴۲، ۱۰۴، ۱۱۴، ۸۰، ۵۲، ۶۰، ۶۴، ۱۳۲، ۱۲۵، ۱۱۶، ۱۳۸، ۱۰۷، ۱۱۱، ۱۱، ۳۶، ۵۸ و ۱۰۶ قابلیت استفاده در برنامه های اصلاحی دیم را دارند.

برنامه های اصلاحی تحت شرایط دیم، توصیه می شوند.

از شاخص SIIG در گزینش لاین های برتر در محصولات مختلف به صورت موفقیت آمیز استفاده شده است. در یک پژوهش (Ramzi et al., 2018)، برای بررسی تحمل لاین های پیشرفته گندم دوروم تحت شرایط تنش آلومینیوم، از شاخص SIIG استفاده شد که از بین ۱۰۰ لاین مورد مطالعه، ۲۰ لاین با بالاترین و کمترین رتبه معرفی شدند. زالی و همکاران (Zali et al., 2021) ۱۰۷ لاین خالص جو را با استفاده از شاخص SIIG بر اساس دو صفت عملکرد دانه و وزن هزاردانه به ۴ دسته گروه بندی نمودند. یاقوتی پور و همکاران (Yaghooti Poot et al., 2017) از این شاخص برای ارزیابی، گزینش و در نهایت معرفی لاین های گندم نان برای تحمل به خشکی استفاده کردند. در پژوهش دیگری، زالی و همکاران (Zali et al., 2021) سه گروه برتر ژنوتیپ

جدول ۵- ماتریس همبستگی و سطوح معنی داری بین صفات مورد مطالعه و شاخص SIIG تحت شرایط دیم

Table 5. Correlation matrix and significant levels between studied traits and SIIG index in rainfed condition

	Temp	A	T	Ci	SC	MC	SPAD	DHE	DMA	PLH	TKW	Yield
A	-0.7**											
T	-0.6**	0.9**										
Ci	-0.4**	0.5**	0.5**									
SC	-0.1 <sup>ns</sup>	0.2*	0.2**	0.1 <sup>ns</sup>								
MC	-0.3**	0.5**	0.5**	-0.5**	0.1							
SPAD	-0.6**	0.9**	0.8**	0.4**	0.3**	0.5**						
DHE	0.0 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>					
DMA	0.0 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>ns</sup>	0.9**				
PLH	-0.1 <sup>ns</sup>	0.2**	0.3**	0.0 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>ns</sup>	0.2 <sup>ns</sup>	0.2*	-0.3**	-0.2*			
TKW	0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	-0.1 <sup>ns</sup>	-0.2*	0.0 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>		
Yield	0.1 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	0.1 <sup>ns</sup>	-0.2*	0.0 <sup>ns</sup>	0.2*	0.1 <sup>ns</sup>	-0.4**	-0.3**	0.6**	0.1 <sup>ns</sup>	
SIIG	-0.1 <sup>ns</sup>	0.3**	0.3**	-0.5**	0.5**	0.8**	0.4**	-0.2*	-0.1	0.4**	-0.1 <sup>ns</sup>	0.5**

TEMP: دمای کانوپی (°C)؛ A: فتوسنتز ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ T: تعرق ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ Ci: غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ SC: هدایت روزنه ای ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ MC: هدایت مزوفیلی ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ SPAD: شاخص کلروفیل؛ DHE: تعداد روز تا ظهور سنبله؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته (cm)؛ TKW: وزن هزار دانه (g) و عملکرد دانه (kg)؛ YLD: عملکرد دانه (kg)؛ TEM: canopy temperature (°C)؛ A: photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ T: transpiration ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ Ci: concentration of carbon dioxide under stomata ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ SC: stomatal conductance ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ MC: mesophyll conductance ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )؛ SPAD: chlorophyll index؛ DHE: number of days until spike emergence؛ DMA: number of days until handling؛ PLH: plant height (cm)؛ TKW: thousand grain weight (g)؛ YLD: and grain yield (kg)

جدول ۶- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم براساس شاخص SIIG و میانگین صفات مختلف مورفولوژیک در هر گروه

Table 6. Grouping of wheat genotypes based on SIIG index and mean of morpho-phenological different traits in each group

SIIG	گروه‌ها Groups	تعداد لاین‌ها Lines numbers	میانگین گروه‌ها Average of groups												
			Temp	A	T	Ci	SC	MC	SPAD	DHE	DMA	PLH	TKW	YLD	SIIG
0.8≤SIIG>0.9	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.7≤SIIG>0.8	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.6≤SIIG>0.7	3	2	27.25	11.1	8.67	148	0.2	0.1	42.74	155.25	183.5	70	30.23	1550	0.63
0.5≤SIIG>0.6	4	15	28.67	9.68	7.58	161.17	0.18	0.06	42.28	152.8	183.03	70.83	31.66	1668.33	0.53
0.4≤SIIG>0.5	5	71	28.85	8.69	6.7	172.94	0.14	0.05	38.63	152.9	183.46	72.45	31.74	1587.25	0.44
0.3≤SIIG>0.4	6	54	28.99	8.02	6.19	200.2	0.12	0.04	36.61	154.29	184.05	66.99	32.32	1296.29	0.36
0.2≤SIIG>0.3	7	2	28.00	7.12	6.08	244.75	0.13	0.03	34.33	150.5	180	55	29.505	1106.25	0.28
0.1≤SIIG>0.2	8		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TEMP: دمای کانوپی (°C); A: فتوسنتز (μmol CO2 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); T: تعرق (μmol H2O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); Ci: غلظت دی‌اکسیدکربن زیر روزنه (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); SC: هدایت روزنه‌ای (μmol CO2 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); MC: هدایت مزوفیلی

(μmol CO2 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); SPAD: شاخص کلروفیل؛ DHE: تعداد روز تا ظهور سنبله؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته (cm); TKW: وزن هزار دانه (g) و YLD: عملکرد دانه (kg)

TEM: canopy temperature (°C); A: photosynthesis (μmol CO2 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); T: transpiration (μmol H2O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); Ci: concentration of carbon dioxide under stomata (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); SC: stomatal conductance (μmol CO2 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); MC: mesophyll conductance (μmol CO2 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); SPAD: chlorophyll index; DHE: number of days until spike emergence; DMA: number of days until handling; PLH: plant height (cm); TKW: thousand grain weight (g); YLD: and grain yield (kg)

منابع

- Ahmad A, Haque I, Aziz O. 1995. Physiomorphological changes in triticale improved by pyridoxine applied through grain soaking. *Acta Agronomica Hungarica* 43:211–221
- Abdollahi Hesar A, Sofalian O, Alizadeh B, Asghari A, Zali H. 2020. Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. *Journal of Crop Breeding* 12: 93-104 (In Persian)
- Alavi Siney SM, Saba J. 2015. Analysis of yield and yield components traits in twenty bread wheat genotypes under dryland conditions. *Philippine journal of crop science* 40: 78-87
- Alavi Siney SM, Saba J, Nasiri J. 2013. Evaluation of some Physiological Traits in Drought Tolerant Lines of Bread Wheat in Rainfed Conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*. 29: 637-657 (In Persian)
- Alqudah AM, Samarah NH, Mullen RE. 2011. Drought stress effect on crop pollination, seed set, yield and quality. In: Lichtfouse, E. (Ed.), *Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilisation*. Springer Press, Dordrecht, pp. 193–213
- Blum A. 1998. Improving Wheat Grain Filling under Stress by Stem Reserve Mobilisation. *Euphytica* 100: 77-83
- Emami S, Asghari A, Mohammaddoust Chamanabad H, Rasoulzadeh A, Ramzi E. 2019. Evaluation of osmotic stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* L.) advanced lines. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 12: 697-707. (In Persian)
- Fahad S, Bajwa AA, Nazir U, Anjum SA, Farooq A, Zohaib A, Sadia S, Nasim W, Adkins S, Saud S. 2017. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science* 8: 1-16
- Falconer DS. 1985. *Introductions to Quantitative Genetics*. Longman, London
- Hu T, Renzullo LJ, van Dijk AI, He J, Tian S, Xu Z, Zhou J, Liu T, Liu Q. 2020. Monitoring agricultural drought in Australia using MTSAT-2 land surface temperature retrievals. *Remote Sensing of Environment* 236: 1-13
- Lamaoui M, Jemo M, Datla R, Bekkaoui F. 2018. Heat and drought stresses in crops and approaches for their mitigation. *Frontiers in Chemistry* 6: 1-14
- Ministry of Agriculture Jihad (MAJ) 2020. Communications and information technology center. Available at Web site (in Persian)
- Mohammadi-Ahmadmahmoudi E, Deihimfard R, Noori O. 2020. Yield gap analysis simulated for sugar beet-growing areas in water-limited environments. *European Journal of Agronomy* 113: 125988
- Najafi Mirak T, Dastfal M, Andarzian, B, Farzadi H, Bahari M, Zali H. 2018. Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Production and Processing* 8: 79-96. (In Persian)
- Nazari H, Rostaii M, Alavi-Siney SM. 2023. Selection of superior bread wheat lines under rainfed condition of Zanzan based on moroho-phenological traits. *Environmental Stresses in Crop Science*. 16: 547-560
- Pradhan GP, Prasad PV, Fritz AK, Kirkham MB, Gill BS. 2012. Effects of Drought and High Temperature Stress on Synthetic Hexaploid Wheat. *Functional Plant Biology* 39: 190-198.
- Pask A, Piertragalla J, Mullan D, Reynolds M. 2011. *Physiological Breeding II: A field guide to Wheat phenotyping*, The International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), 64 pp
- Rabiei B, Valizdah M, Ghareyazie B, Moghaddam M. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research* 89: 359-367
- Rahmati M, Hosseinpour T, Ahmadi A. 2020. Assessment of interrelationship between agronomic traits of wheat genotypes under rain-fed conditions using double and triple biplots of genotype, trait and yield. *Iranian Journal of Dryland Agriculture* 9: 1-20 (In Persian)
- Rahmati M, Ahmadi A, Minapoor A, Hamidiyan K. 2022. Grain yield potential of wheat genotypes on farmers' fields under rainfed conditions. *Crop Science Research in Arid Regions* 4: 263-275
- Ramzi E, Asghari A, Khomari S, Chamanabad HM. 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)

- Saba J, Tavana Sh, Qorbanian Z, Shadan E, Shekari F, Jabbari F. 2018. Canonical Correlation Analysis to Determine the Best Traits for Indirect Improvement of Wheat Grain Yield under Terminal Drought Stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 20: 1037-1048
- Tahmasebi S, Dastfal M, Zali H, Rajaei M. 2018. Drought tolerance evaluation of bread wheat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. *Cereal Research* 8: 209-225. (In Persian)
- YaghootiPoor A, Farshadfar E, Saeedi M. 2017. Evaluation of bread wheat papillomavirus genotypes for drought tolerance using suitable combination method. *Journal Environmental Stresses in Crop Sciences* 10 247-256. (In Persian)
- Yang JC, Zhang, Wang ZQ, Zhu QS, Liu LJ. 2002. Abscisic acid and cytokinins in the root exudates and leaves and their relationship to senescence and remobilization of carbon reserves in rice subjected to water stress during grain. *Ling. Planta* 215: 645-652
- Yari P, Keshtkar AH, Mazahery Laghab H. 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)
- Zali H, Barati A, Jabari M. 2022. Using selection index of ideal genotype (SIIG) in a selection of barley promising lines. *Journal of agricultural science and sustainable production* 32: 293-308. (In Persian)
- Zali H, Barati A, Marzoqian A, Koohkan S, Gholipour A. 2021. Selection of barley pure lines with high yield and desirable agronomic characteristics in warm areas of Iran. *Journal of Crop Production* 14: 199-218
- Zali H, Barati A. 2020. Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *Journal of Crop Breeding* 12: 93-104 (In Persian)
- Zali H, Sofalian O, Hasanloo T, Asghari A, Zeinalabedini M. 2017. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding* 78: 77-90. (In Persian)
- Zali H, Sofalian O, Hasanloo T, Asghari A, Hoseini SM. 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 - An International Journal* 7: 703-711



## Selection of superior bread wheat lines based on agronomic, phenological and morpho-physiological traits using the ideal genotype selection index (SIIG) under dryland conditions of Zanjan province

Hossein Nazari<sup>1</sup>, Morteza Eshraghi-Nejad<sup>2\*</sup>, Mozaffar Rostaii<sup>3</sup>, Seid Mohammad Alavi-Siney<sup>2</sup>

1- Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran.

2- Crop and Horticultural Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran.

3- Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.

### EXTENDED ABSTRACT

**Introduction:** Drought, as one of the most important environmental stresses, is considered a serious risk in providing world food security. Wheat production in dry areas plays an important role in Iran's economy. Considering the expansion of bread wheat cultivation in dry areas, introducing and developing new bread wheat varieties with high yield and drought tolerance characteristics is very important. Studying the morphophysiological characteristics of new lines can be one of the suitable methods for this purpose. Using a single trait may not lead to desirable results, so in this study, to better evaluate dryland wheat lines and their phenotypic diversity and determine the best lines in terms of performance and earliness, using the SIIG selection method to integrate some of the important morpho-pheno-physiological traits was used.

**Methodology:** 144 wheat lines were evaluated under dryland conditions at the Dryland Research Station of Zanjan Agricultural Research Center in Khodabandeh city during the years (2020-2021) based on a randomized complete block design with two replications. In this experiment, rainfed wheat cultivars including Sardari, Azar2, Sadra, Homa, Ohadi, Baran, Rasd, Varan and Hashtroud were used as controls. Plant height (PLH), time from planting to spike emergence (DHE), physiological maturity of grains (DMA) along with yellowing of peduncle plants, thousand-grain weight (TGW), grain yield (YLD) after physiological maturity, canopy temperature (Tem), transpiration (T), sub-stomatal carbon dioxide (Ci), stomatal conductance (SC), mesophyll conductance (MC), chlorophyll index (SPAD) and photosynthesis (A) were measured.

**Research findings:** Analysis of variance showed there was a difference between lines and there was also enough diversity among them in terms of traits studied. In terms of grain yield, lines 65 and 22 were respectively the highest (2625 kg) and lowest (984 kg). The average yield of the top group lines in this experiment varied between 1765 and 1911.5. Genotype grouping based on the SIIG index showed that no line was placed in groups 1, 2 and 8, but in groups 3, 4, 5, 6 and 7 respectively, 2, 15, 71, 54 and 2 lines were placed. Lines of groups 3, 4 and 5 can be selected as superior genotypes due to having an SIIG index above 0.5. But the best genotypes are due to having faster spike emergence, higher photosynthesis and ultimately higher grain yield in group 3. Based on the SIIG index, 2 genotypes (42 and 104) were placed in the top group (number 3) and also 15 other genotypes were placed in group number 4. The studied control cultivars were not included in any of these two top groups and were placed in the 5th and 6th groups. Genotypes of these top groups generally had higher mean values in traits such as stomatal conductance, mesophyll conductance, photosynthesis and yield, and in terms of the number of days until spike emergence and maturity, lower average values were observed in these genotypes. Therefore, while recommending line selection based on the SIIG method, selected lines with this index are suggested as the best lines for use in breeding programs under dryland conditions.

**Key words:** Canopy temperature, photosynthesis, stomatal conductance, Transpiration, yield.

\* Corresponding author: [m.eshraghi@areeo.ac.ir](mailto:m.eshraghi@areeo.ac.ir)

Submit date: 2023/03/11 Accept date: 2024/12/22

