

## استفاده از تجزیه همبستگی کانونی برای بهبود عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم از طریق گزینش غیر مستقیم تحت شرایط دیم

حسین نظری<sup>۱\*</sup>، صابر گلکاری<sup>۲</sup>، سید محمد علوی سینی<sup>۳</sup>، امین نامداری گشینگانی<sup>۴</sup>

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

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

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

۴- پردیس تحقیقات کشاورزی و سایت ملی دیم، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران

### چکیده

به منظور بررسی ارتباط بین خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم، پژوهشی با ۲۴ ژنوتیپ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ تحت شرایط دیم انجام شد. صفات سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای،  $CO_2$  زیر روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، روز تا سنبله دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در طول فصل رشد اندازه‌گیری شدند. تجزیه همبستگی ساده ارتباط معنی‌داری بین عملکرد و صفات فیزیولوژیک در طی دو سال آزمایش نشان داد. تجزیه همبستگی کانونی نیز بین متغیرهای صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی یک ضریب همبستگی کانونی معنی‌دار در سال اول ۰/۸۴ و سال دوم ۰/۹۰ نشان داد. همبستگی صفات با متغیرهای کانونی خود و متغیرهای کانونی مقابل در طی دو سال آزمایش نشان داد، تمامی صفات فیزیولوژیک رابطه مثبت و معنی‌داری با یکدیگر و متغیرهای کانونی مقابل‌شان دارند. رابطه روز تا سنبله‌دهی با صفات زراعی و فیزیولوژیک در هر دو سال آزمایش منفی و معنی‌دار بود ولی نتایج نشان‌دهنده رابطه مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با صفات زراعی و فیزیولوژیک طی دو سال آزمایش بود. در سال دوم آزمایش، صفت ارتفاع بوته با صفات زراعی و فیزیولوژیک مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین می‌توان ژنوتیپ‌هایی با دوره رشدی کوتاه‌تر که بتوانند از تنش‌های انتهایی فرار کنند برای حصول حداکثر عملکرد تحت شرایط دیم توصیه کرد.

**واژه‌های کلیدی:** سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز، گندم، وزن هزار دانه

\* نگارنده مسئول: nazary28@gmail.com تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۷

## مقدمه

خشکی به عنوان یکی از عمومی‌ترین و چالش برانگیزترین تنش‌های محیطی در کشاورزی تمام دنیا شناخته می‌شود (Lamaoui et al., 2018; Hu et al., 2020) و تولید گندم نان (*Triticum aestivum*, L) را ۲۱ درصد کاهش می‌دهد (Daryanto et al., 2016). تولید سالیانه ۱۳/۷ میلیون تن گندم از سطح زیر کشت ۵/۸ میلیون هکتار در ایران نشان‌دهنده اهمیت گندم است که از این سطح ۶۷ درصد مربوط به کشت دیم و مابقی آن به کشت آبی اختصاص دارد. همچنین بیش از ۵۰ درصد از سطح زیر کشت گندم دیم یعنی حدود ۲/۲ میلیون هکتار در مناطق سردسیر و معتدل کشور قرار دارد. متوسط عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط دیم ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است (Jalal Kamali et al., 2012). سطح زیر کشت، میزان تولید و متوسط عملکرد گندم دیم در استان زنجان به ترتیب مقدار ۲۸۹ هزار هکتار، ۳۵۷ هزار تن و ۱۲۳۰ کیلوگرم در هکتار است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۸). سطح کشت گندم در ایران در سال‌های اخیر عمدتاً بدلیل وقوع تنش شدید خشکی با کاهش مواجه گردیده است. تنش خشکی از طریق کاهش رشد و نمو دانه، عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Fahad et al., 2017). شدت تنش و طول دوره تنش خشکی از طریق کاهش طول دوره رشد (Mohammadi et al., 2020)، پر شدن دانه و کاهش اجزای عملکرد، تعیین کننده میزان کاهش عملکرد دانه می‌باشد (Alqudah et al., 2011).

تجزیه همبستگی کانونیک از روش‌های تجزیه آماری چند متغیره در بررسی تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات زراعی ارقام هستند (Raykov and Marcoulides, 2008). از آنجایی که همبستگی بالا می‌تواند نتیجه یک صفت سوم یا یک گروه از صفاتی باشد که این صفات را تحت تاثیر قرار می‌دهند، همبستگی کانونی می‌تواند این مشکل را برطرف نماید (Dunetman, 1984). این تکنیک همبستگی موجود بین دو مجموعه صفت را شناسایی و کمی می‌کند (Lorenzeti et al., 2006). تجزیه همبستگی کانونی یک تکنیک چند متغیره است که برخی از این محدودیت‌ها را می‌تواند برطرف کند. این تجزیه ارتباط بین دو گروه از متغیرها را از طریق برآورد همبستگی بین ترکیبات خطی یک گروه از متغیرها با ترکیبات خطی گروه دوم متغیرها برآورد می‌کند و این تجزیه می‌تواند به عنوان روشی به حساب آید که روابط چندگانه را در تعداد کمی رابطه معنی‌دار گردهم آورد (Johnson and Wichern, 2002). روش تجزیه همبستگی کانونی می‌تواند روابط پیچیده بین گروه بزرگی از متغیرها را توصیف کند با این وجود در تفسیر آن بایستی دقت شود. تجزیه همبستگی کانونی بیانگر روابط علی و معلولی نیست (Khattree and Naik, 2000) اما اگر جفت متغیرهای کانونی ساختار فضائی مشترک داشته باشند این مورد دلیلی بر ارتباط فضایی بین این گروه از متغیرها است (Johnson and Wichern, 2002; Wu et al., 2002). جفت متغیرهای کانونی که در تجزیه همبستگی کانونی معنی‌دار شده‌اند بزرگ‌ترین همبستگی را با دو

تحت شرایط تنش خشکی اشاره کردند و بیان داشتند که این مساله ممکن است بر این موضوع دلالت داشته باشد که کاهش غلظت کلروفیل عامل مهمی در کاهش هدایت مزوفیلی است. بنابراین گزینش در جهت ارقام دارای توانایی حفظ کلروفیل تحت شرایط کم آبی می تواند به رفع مانع غیرروزنه ای فتوسنتز کمک کند. سوء عمل فتوسیستم II که باعث کاهش کارایی انتقال الکترون برای واکنش فتوسنتزی می شود می تواند موجب تجمع مقدار زیاد انواع اکسیژن فعال باشد و از آنجایی که که کلروپلاست ها یکی از اصلی ترین مکان های تولید کننده انواع اکسیژن فعال در سلول های گیاهی است (Garczarska *et al.*, 2004)، تاثیر زیادی از این رادیکال ها خواهند پذیرفت. تجمع رادیکال های آزاد موجب کاهش بیش از حد مراکز واکنش در فتوسیستم II و متعاقبا محدود کردن فتوسنتز در گیاهان تحت تنش خشکی می گردد (Demmig and Adams, 1992). از اینرو به نظر می رسد اصلاح در جهت ارقام با هدایت مزوفیلی بالا در شرایط تنش خشکی موجب بهبود عملکرد کواتومی فتوسیستم II شده و در نهایت منجر به افزایش قابل توجه فتوسنتز شود. هدف از انجام این پژوهش، تعیین ارتباط صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک تحت شرایط دیم با استفاده از روش تجزیه همبستگی کانونی جهت استفاده در گزینش غیرمستقیم برای عملکرد دانه بود.

### مواد و روش ها

در این بررسی، تعداد ۲۱ لاین و رقم از ژنوتیپ های گندم نان (۱۹ لاین داخلی به همراه دو لاین

گروه متغیر بوجود می آورند. تجزیه همبستگی کانونی متغیرهای جدیدی از ترکیب خطی یک سری متغیر اصلی حاصل می کند و معیار مطلوب- سازی این تجزیه به حداکثر رساندن ارتباط بین دو گروه متغیر می باشد، به جای این که مقدار تنوع توضیح داده شده توسط متغیرهای جدید را به حداکثر برساند. علاوه بر این تجزیه همبستگی کانونی می تواند واکنش یک گروه از متغیرها را که در زمان های مختلف یک فصل جمع آوری شده اند کمی کند (Nicolas *et al.*, 2005).

ارزیابی متغیرهای کانونی برای عملکرد و صفات مورفولوژیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل نشان داد که افزایش زیست توده و کاهش دمای کانونی، تعداد سنبله در بوته و وزن هزار دانه را افزایش می دهد و به این ترتیب منجر به افزایش عملکرد گیاه می شود (Saba *et al.*, 2018). کوروبوف و رایلین (Korobov and Railyan, 1993) از تجزیه همبستگی کانونی برای یافتن ارتباط بین خصوصیات گندم و انعکاس باندهای طیفی مختلف که از راه دور کنترل می شود استفاده کردند.

در رابطه با تاثیر تنش خشکی بر افت فتوسنتز افزون بر اثر این تنش بر فعالیت های روزنه ای، عوامل دیگری نیز ذکر شده اند که از مهمترین آنها تاثیر تنش بر محتوای کلروفیل گیاه و نیز اثرات مخرب آن بر سیستم انتقال الکترون در فرایند فتوسنتز می باشد. در این رابطه، سی و سه مرده و همکاران (۱۳۸۳) به همبستگی مثبت و معنی دار بین هدایت مزوفیلی و غلظت کلروفیل در ژنوتیپ های گندم

خارجی) به همراه ارقام شاهد باران، صدرا و هشترو (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات دیم خدابنده مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان با طول جغرافیایی ۴۸°۴۹'، عرض جغرافیایی ۱۳۰° ۳۶ و ارتفاع ۱۸۷۵ متر از سطح دریا به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸) انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی شامل شش خط به طول هفت متر و با فاصله ۱۷ سانتیمتر بود. میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۳۸۰ دانه در مترمربع بود که با توجه به وزن هزاردانه هر رقم محاسبه و بذرها روی ردیف‌ها در عمق ۵ سانتی‌متری کشت شدند. قطعه زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل به صورت آیش بوده و عملیات تهیه بستر مطابق دستورالعمل فنی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور انجام گرفت. نیتروژن مورد نیاز در قطعه زمین آزمایش بر اساس نتایج بر اساس آزمون خاک به میزان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره با نسبت ۷۰ و ۳۰ درصد به ترتیب در پاییز و بهار (سرک) مصرف شد. براساس نتایج آزمون خاک نیازی به مصرف کود فسفره نبود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه بعد از نمونه برداری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری تعیین گردید (جدول ۲).

در این آزمایش ۵ صفت زراعی و ۵ صفت فیزیولوژیک به صورت زیر اندازه‌گیری گردید. صفات ارتفاع بوته (PLH)، زمان از اول ژانویه تا ۵۰ درصد ظهور سنبله (DHE)، رسیدن فیزیولوژیکی دانه‌ها (DMA) مصادف با زرد شدن پدانکل گیاهان، وزن هزار دانه و عملکرد دانه

(GY) بعد از رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد.

برای تعیین وزن هزاردانه ۱۰ ساقه اصلی از هر کرت انتخاب و دانه‌ها پس از جدا شدن با ترازوی دقیق توزین شدند و وزن هزاردانه محاسبه گردید. عملکرد نهایی دانه با لحاظ نمودن اثر حاشیه در پایان آزمایش و پس از رسیدگی فیزیولوژیک از سطح برداشت ۶ متر مربع اندازه‌گیری گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرومول CO<sub>2</sub> در مترمربع در ثانیه)، میزان تعرق (میلی مول H<sub>2</sub>O در مترمربع در ثانیه)، هدایت روزنه‌ای (میلی مول در مترمربع در ثانیه) و غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه‌ای (میکرومول بر مول) از دستگاه تحلیل گر گاز مادون‌قرمز (IRGA, model: LCA4, ADC Bioscientific Ltd. Hoddeston, UK) استفاده شد. از تقسیم سرعت فتوسنتز به غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه ای (C<sub>i</sub>) هدایت مزوفیلی محاسبه شد.

تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۲-۱۰ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه انجام شد (Yang et al., 2002; Ahmad al., 1995). قبل از شروع اندازه‌گیری دستگاه به مدت ۱۰ دقیقه روشن شد تا اصطلاحاً گرم شود. برای اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به تبادلات گازی دو هفته بعد از زمان گرده افشانی (Pask et al., 2011)، سه برگ پرچم به‌طور تصادفی از هر کرت آزمایشی در اتاقک شیشه‌ای انبر دستگاه قرار داده شد و پس از ۳۰ ثانیه که شرایط درونی اتاقک به حالت ثبات رسید، داده‌های مربوطه ثبت شد.

جدول ۱- مشخصات تعداد ۲۴ رقم و لاین گندم نان دیم مورد مطالعه در این تحقیق

ژنوتیپ	شجره، تاریخچه گزینش	منشا
G1	Baran (PTZ NISKA/UT1556-170//UNKNOWN TCI97AP 037-0AP-0MA- 1MA-0MA)	Iran
G2	Sadra (Azadi/Azar//Sardari IRW2000-1030-0MA-0MA-0SN-0SN-1SN) Hashtrood	Iran
G3	(M374/Sx//2897/Porsuk/3/Plk70/Lira/5/Jup/4/Cllf/3/Ii14.53/Odin//Ci1/6/Lov26//Lfn/Sdy (Es84-24)/3/Seri/4/Seri IRW2000-01-096-0MAR-0MAR-0MAR-8MAR-0MAR)	Iran
G4	RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/SXL/VEE/5/1D13.1/MLT//TRK13/3/PKL70/ LIRA/6/5299 IRW08-540-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-2Mar-0Mar	Iran
G5	37025 Turkey/Sabalan//AKSEL IRW08-291-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-4Mar-0Mar	Iran
G6	RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/SXL/VEE/5/1D13.1/MLT//TRK13/3/PKL70/ LIRA/6/5299 IRW08-540-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-4Mar-0Mar	Iran
G7	Altay/3/PTZ NISKA/UT1556-170//UNKNOWN T IRW08-076-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar- 3Mar-0Mar	Iran
G8	Sabalan//Fenkang/Sefid IRW08-102-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-5Mar-0Mar	Iran
G9	Fgs/KATIA1 IRW08-222-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-1Mar-0Mar	Iran
G10	Fgs/Azar-2 IRW08-220-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-1Mar-0Mar	Iran
G11	VORONA/HD24-12//GUN/3/Tam 200/Kauz IRW08-598-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar- 5Mar-0Mar	Iran
G12	Dari-4/5/Cbc//No/Inia/3/Lfd/4/.../6/ERYT5678-F134.71/NAC//ZOMBOR IRW08- 643-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-3Mar-0Mar	Iran
G13	Fenkang/Sefid/6/RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/SXL/VEE/5/1D13.1/MLT//T RK13/3/PKL70/LIRA IRW08-250-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-4Mar-0Mar	Iran
G14	Fenkang/Sefid/6/RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/SXL/VEE/5/1D13.1/MLT//T RK13/3/PKL70/LIRA IRW08-250-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-2Mar-0Mar	Iran
G15	WESTON/VEE/6/RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/SXL/VEE/5/1D13.1/MLT// TRK13/3/PKL70/LIRA IRW08-323-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-4Mar-0Mar	Iran
G16	ICAMOR-TA04-68//SHARK/F4105W2.1 IRW08-353-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-3Mar- 0Mar	Iran
G17	RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/SXL/VEE/5/1D13.1/MLT//TRK13/3/PKL70/ LIRA/6/Bayrak tar IRW08-538-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-5Mar-0Mar	Iran
G18	PAVON DWARF/Azar-2 IRW08-151-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-1Mar-0Mar	Iran
G19	Sardari/Azar-2 IRW08-133-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-3Mar-0Mar	Iran
G20	100ZHONG257//CNO79/PRL/3/OK82282//BOW/NKTT/6/RAN/NE701136//CI13449/C TK/3/CUPE/4/SXL/VEE/5/1D13.1/MLT//TRK13/3/PKL70/LIRA IRW08-335-0Mar- 0Mar-0Mar-0Mar-5Mar-0Mar	Iran
G21	Trakia/Maga"s"74/Mon"s"3/Shahi/4/91-142 a 61/3/F35.70/MO73//1D13.1/MLT IRW08-232-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-5Mar-0Mar	Iran
G22	Bayrak tar/4/DONSKAYA POLUKARLIKOVAYA/OLVIA /3/2*AGRI/BJY//VEE IRW08-126-0Mar-0Mar-0Mar-0Mar-3Mar-0Mar	Iran
G23	Gene Bank Collection-198	Iran
G24	Gene Bank Collection-264	Iran

خطی از متغیرهای وابسته می‌باشد بصورت ترکیب

خطی ذیل (Johnson and Wichern., 2002).

$$V = a'x = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p \quad (1)$$

$$W = b'y = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_qy_q \quad (2)$$

در معادلات فوق  $V$  (ترکیب خطی مربوط به

صفات فیزیولوژیک)،  $W$  (ترکیب خطی مربوط به

صفات زراعی)،  $x$  (صفات فیزیولوژیک)،  $y$

(صفات زراعی) و اندیس‌های  $p$  و  $q$  به ترتیب

بیانگر تعداد صفات فیزیولوژیک و زراعی هستند.

برای تعیین ارتباط بین دو دسته صفات شامل

صفات زراعی و فیزیولوژیک از تجزیه همبستگی

کانونی استفاده شد. همبستگی کانونی از طریق

ایجاد  $V$  بعنوان بردار  $p$  بعدی متغیرهای مستقل و

$W$  بعنوان بردار  $q$  بعدی متغیرهای وابسته حاصل

می‌شود. هدف حصول یک ترکیب خطی از

متغیرهای مستقل با حداکثر همبستگی با ترکیب

در نهایت تجزیه همبستگی‌های ساده و همبستگی کانونی بین صفات زراعی و فیزیولوژیک با استفاده از نرم افزار SAS (9.4) انجام شد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه طی دو سال آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر سال تنها برای صفات سرعت تعرق، روز تا سنبله دهی، روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته معنی‌دار بود و بین دو سال آزمایش از لحاظ سایر صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل ژنوتیپ در سال برای صفات روز تا سنبله دهی، روز تا رسیدگی و وزن هزار دانه معنی‌دار بود و سایر صفات اختلاف معنی‌داری نداشتند. در طی دو سال آزمایش بین ژنوتیپ‌های مختلف از لحاظ اکثر صفات بجز روز تا رسیدگی و وزن هزاردانه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳)، این موضوع بیانگر وجود تنوع کافی بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی می‌باشد. با توجه به اینکه وجود تنوع، پایه و اساس انجام گزینش ارقام برتر و مطلوب می‌باشد، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌توانند تنوع مورد نظر را برای انتخاب فراهم نمایند (علوی‌سینی و همکاران، ۱۳۸۹).

میانگین، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات ابزار مفیدی در گزینش فنوتیپی برای اهداف اصلاحی هستند (بیات و همکاران، ۲۰۱۸؛ علوی و صبا، ۲۰۲۱). سرعت تعرق و سرعت فتوسنتز در طی دو سال آزمایش بالاترین میزان ضریب تغییرات را داشتند. از بین صفات زراعی بیش‌ترین ضریب تغییرات فنوتیپی به عملکرد دانه در طی دو سال اختصاص داشت (جدول ۴). این نشان می‌دهد که

صفات فوق نقش تعیین کننده‌ای در تنوع فنوتیپی دارند. کمترین ضریب تغییرات در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب به غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه‌ای (۱۰/۴۶ درصد) و هدایت مزوفیلی (۸/۸۰ درصد) اختصاص داشت. نتایج نشان‌دهنده تنوع کافی میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه هم از لحاظ صفات زراعی و هم صفات فیزیولوژیک می‌باشد. بنابراین استفاده از این صفات می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد دانه تحت شرایط دیم ایفا کند. سلیمانی-فرد و ناصری (۱۳۹۹) نیز بیش‌ترین تنوع فنوتیپی را برای صفت عملکرد دانه و میزان کلروفیل گزارش کردند.

**ضرایب همبستگی ساده بین صفات:** یکی از موثرترین رویکردها برای اصلاح نباتات گزینش غیرمستقیم عملکرد دانه از طریق سایر صفات می‌باشد (Saba et al., 2018). درک روابط پیچیده بین عملکرد و اجزای عملکرد و سایر صفات برای موفقیت در اصلاح و بهبود عملکرد دانه ضروری می‌باشد. تجزیه همبستگی ساده در سال اول آزمایش نشان داد که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین صفات فیزیولوژیک (سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی) وجود دارد. در سال دوم آزمایش نیز رابطه تمامی صفات فیزیولوژیک بجز هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی مثبت و معنی‌دار شد (جدول ۵). رابطه مثبت بین این صفات نشان‌دهنده توانایی گیاه برای فتوسنتز در شرایط دیم می‌باشد که پتانسیل بالای این ژنوتیپ‌ها را تحت این شرایط نشان می‌دهد.

جدول ۲- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

عمق (سانتی متر)	درصد اشباع	هدایت الکتریکی ds/m	واکنش گل اشباع	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی %	پتاسیم ppm	فسفر ppm	شن %	سیلت %	رس %	بافت خاک
۰-۳۰	۴۴	۰/۶۹۲	۷/۷۳	۵/۴	۰/۶۹	۴۵۳	۱۸/۶	۱۸	۴۲	۴۰	لومی - رسی - سیلتی

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی و فیزیولوژیک مورد مطالعه در طی دو سال آزمایش

میانگین مربعات (MS)

منبع تغییرات	درجه آزادی	سرعت فتوسنتز	سرعت تعرق	هدایت روزنه ای	غلظت CO <sub>2</sub> زیر روزنه ای	هدایت مزوفیلی	روز تا سنبله دهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۱۹/۵۳ <sup>ns</sup>	۵۶/۱۰ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۱۵۵۵۲/۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱۷۲۲/۰۱ <sup>**</sup>	۲۰۲۸/۰۰ <sup>**</sup>	۶۱۹/۹۲ <sup>*</sup>	۱۰/۸۱ <sup>ns</sup>	۶۸۳۰۶۴/۰۸ <sup>ns</sup>
خطای ۱	۶	۹/۲۶	۲/۹۲	۰/۰۰۱	۱۷۷۲۴/۳۳	۰/۰۰۲	۸/۲۸	۴/۳۱	۶۲/۶۳	۷۷/۳۸	۱۳۸۵۴۸/۷۵
ژنوتیپ	۲۳	۳۵/۳۴ <sup>**</sup>	۲۳/۳۴ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>**</sup>	۵۱۶۲/۵۶ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۴ <sup>**</sup>	۲۵/۰۱ <sup>**</sup>	۱۱/۰۷ <sup>ns</sup>	۵۰/۳۱ <sup>*</sup>	۲۲/۷۴ <sup>ns</sup>	۲۱۰۷۴۹/۹۹ <sup>**</sup>
ژنوتیپ در سال	۲۳	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۵۳۳/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱۲/۳۸ <sup>**</sup>	۹/۸۶ <sup>**</sup>	۲۵/۳۶ <sup>ns</sup>	۱۷/۱۱ <sup>**</sup>	۴۰۹۹۰/۶۹ <sup>ns</sup>
خطای ۲	۱۳۸	۰/۹۱	۰/۴۲	۰/۰۰۲	۱۲۶۳/۵۶	۰/۰۰۰۲	۲/۸۴	۲/۸۳	۳۰/۳۸	۰/۰۱	۴۰۱۰۴/۹۸
ضرب تغییرات	-	۱۱/۳۹	۱۰/۶۱	۲۹/۶۰	۱۹/۱۳	۲۷/۰۸	۱/۱۱	۴/۹۲	۷/۳۸	۳/۴۸	۱۱/۹۴

\*\*، \* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و غیر معنی دار

جدول ۴- آماره‌های توصیفی متغیرهای زراعی و فیزیولوژیک استفاده شده در تجزیه همبستگی کانونی در طی دو سال

ضریب تغییرات فنوتیپی (%)		دامنه		میانگین		صفات فیزیولوژیک
۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۳۹۸-۱۳۹۷	۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۳۹۸-۱۳۹۷	۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۳۹۸-۱۳۹۷	
۲۳/۹۷	۲۶/۴۶	۱۱-۷۷	۱۱-۳۱	۸/۶۷	۸/۴	سرعت فتوسنتز (میکرو مول CO <sub>2</sub> در متر مربع در ثانیه)
۲۵/۹۲	۳۰/۹۷	۴/۹-۱۹/۲۵	۲/۸-۶۰/۲۳	۶/۶۵	۵/۵۷	سرعت تعرق (میلی مول H <sub>2</sub> O در متر مربع در ثانیه)
۲۰/۵۴	۲۳/۲۹	۰/۰-۰۹/۲۱	۰/۰-۰۷/۲۰	۰/۱۴	۰/۱۲	هدایت روزنه ای (میلی مول در متر مربع در ثانیه)
۱۸/۲۱	۱۰/۴۶	۲۳۱-۱۲۴	۲۳۳-۱۵۸	۱۷۵/۷	۱۹۳/۷	غلظت CO <sub>2</sub> زیر روزنه ای (میکرو مول بر مول)
۸/۸۰	۲۰/۹۴	۰/۰-۰۴/۰۶	۰/۰-۰۳/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	هدایت مزوفیلی (میکرو مول CO <sub>2</sub> در متر مربع در ثانیه)
صفات زراعی						
۱۱/۶۰	۱۱/۲۱	۱۵۹-۳	۱۵۱-۵	۱۵۴/۵۲	۱۴۸/۵۳	روز تا سنبله دهی
۱۰/۷۵	۱۱/۰۲	۱۵۰/۸	۱۴۶/۲۵	۱۸۵/۱۹	۱۷۸/۶۹	روز تا رسیدگی
۱۳/۸۰	۱۳/۷۶	۶۷/۷۷-۵/۵	۸۱-۲۵	۷۲/۸۶	۷۶/۴۶	ارتفاع بوته (سانتی متر)
۱۵/۸۶	۱۷/۱۸	۳۶-۲۰	۳۶-۷۲	۳۳/۳۴	۳۲/۹۰	وزن هزار دانه (گرم)
۲۰/۲۵	۱۹/۹۵	۲۸/۱۶	۲۸/۲۲	۱۶۱۷/۰	۱۷۳۶/۲۹	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

بررسی ارتباط صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک نشان داد که ارتباط تمامی صفات فیزیولوژیک بجز هدایت مزوفیلی با صفت روز تا سنبله دهی منفی و معنی‌دار بود، اما ارتباط این صفات با عملکرد دانه در سال اول آزمایش مثبت و معنی‌دار بود. همچنین در سال اول آزمایش مشخص شد که وزن هزار دانه با سرعت تعرق رابطه مثبت و معنی‌داری دارد و ارتباط سایر صفات با یکدیگر در سال اول معنی‌دار نبود (جدول ۵). بررسی ماتریس ضرایب همبستگی در سال دوم نیز

بررسی ضرایب همبستگی برای صفات زراعی در سال اول آزمایش نشان داد که همبستگی بین صفت روز تا سنبله دهی با صفات وزن هزار دانه (-۰/۴۶) و عملکرد دانه (-۰/۶۲) منفی و با صفت روز تا رسیدگی (۰/۶۱) مثبت می‌باشد. ارتباط وزن هزار دانه و عملکرد دانه نیز مثبت بود (۰/۴۵). در سال دوم آزمایش نیز ارتباط صفات روز تا سنبله دهی با صفات روز تا رسیدگی (۰/۶۹) و عملکرد دانه (-۰/۴۲) معنی‌دار بود (جدول ۵).



فصل رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که زودتر به سنبله رفته، دوره پر شدن دانه در این ژنوتیپ‌ها کمتر تحت تاثیر تنش انتهای فصل قرار گرفته و می‌توانند عملکرد بالاتری داشته باشند.

نشان داد که ارتباط بین تمامی صفات فیزیولوژیک بجز هدایت مزوفیلی با صفت روز تا سنبله دهی منفی بود. این موضوع بیانگر این است که ژنوتیپ‌هایی که زودتر به سنبله رفته‌اند ویژگی‌های فتوسنتزی بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارند. با توجه به اینکه در شرایط دیم تنش بیشتر در انتهای

جدول ۵- ماتریس همبستگی بین صفات مطالعه شده، سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ (بالای قطر) و سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ (پائین قطر)

	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱	۰/۷۷**	۰/۳۲	-۰/۰۵	۰/۰۸	-۰/۵۰**	۰/۸۸**	۰/۸۷**	۰/۷۱**	۰/۹۵**	۱
۲	۰/۷۴**	۰/۴۰*	-۰/۰۶	۰/۰۷	-۰/۴۶*	۰/۸۱**	۰/۸۱**	۰/۷۸**	۱	۰/۹۹**
۳	۰/۶۸**	۰/۳۲	۰/۰۸	-۰/۰۵	-۰/۳۸*	۰/۵۵**	۰/۶۵**	۱	۰/۷۴**	۰/۷۰**
۴	۰/۷۰**	۰/۲۷	۰/۰۳	-۰/۱۴	-۰/۶۵**	۰/۵۹**	۱	۰/۷۸**	۰/۹۸**	۰/۹۶**
۵	۰/۶۴**	۰/۱۹	-۰/۱۱	۰/۳۲	-۰/۲۲	۱	۰/۴۰*	۰/۱۴	۰/۵۵**	۰/۶۴**
۶	-۰/۶۲*	-۰/۴۶*	-۰/۰۲	۰/۶۱**	۱	-۰/۵۳**	-۰/۵۷**	-۰/۲۳	-۰/۶۱**	-۰/۶۴**
۷	-۰/۱۰	-۰/۱۲	۰/۰۷	۱	۰/۶۹**	-۰/۱۴	-۰/۲۱	۰/۰۴	-۰/۲۰	-۰/۲۲
۸	۰/۱۷	۰/۰۸	۱	-۰/۰۵	-۰/۱۳	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۹*	۰/۳۹*
۹	۰/۴۵*	۱	-۰/۰۷	-۰/۱۸	-۰/۲۲	-۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۱۲
۱۰	۱	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۰۶	-۰/۴۲*	۰/۳۳	۰/۷۹**	۰/۶۳**	۰/۸۰**	۰/۷۵**

۱-سرعت فتوسنتز ۲-سرعت تعرق ۳-هدایت روزنه ای ۴-غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه ای ۵-هدایت مزوفیلی ۶-روز تا سنبله دهی ۷-روز تا رسیدگی ۸-ارتفاع بوته ۹-وزن هزار دانه ۱۰-عملکرد دانه  
\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵

ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهند. کاهش رشد گندم در شرایط تنش خشکی به واسطه محدود شدن فتوسنتز صورت می‌گیرد که به نوبه خود این عوامل محدود کننده فتوسنتز به دو دسته عوامل روزنه‌ای که منجر به کاهش انتشار دی اکسید کربن به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شوند و عوامل غیر روزنه‌ای که فتوسنتز را از طریق اثر مستقیم کمبود آب بر فرایندهای بیوشیمیایی فرآوری کربن محدود می‌کنند، تقسیم می‌شوند (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). بنابراین ژنوتیپ‌هایی که

همبستگی ارتفاع گیاه با صفات سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق در سال دوم آزمایش مثبت و معنی‌دار بود. این موضوع نشان می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که ارتفاع بلندتری داشته‌اند از ویژگی‌های فیزیولوژیکی بالاتری برخوردار بوده‌اند. همچنین معنی‌دار بودن و ارتباط مثبت تمامی صفات فیزیولوژیک بجز هدایت مزوفیلی با عملکرد دانه در سال دوم (جدول ۵) تایید می‌کند ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در شرایط دیم ویژگی‌های فتوسنتزی خود را حفظ کنند برتری خود را نسبت به سایر

که می‌تواند ارتباط بین دو گروه متغیر را کمی کند تجزیه همبستگی کانونی است. این روش همبستگی بین ترکیبات خطی یک گروه متغیر را با ترکیبات خطی گروه متغیر دیگری مورد ارزیابی قرار می‌دهد (Johnson and Wichern., 2002). بعلاوه تجزیه همبستگی کانونی می‌تواند واکنش یک گروه متغیر را که در مراحل زمانی مختلف در یک فصل جمع‌آوری شده اند را نیز کمی کند (Nicolas *et al.*, 2005).

تجزیه همبستگی کانونی بین متغیرهای صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی یک همبستگی کانونی معنی‌دار در طی سال اول  $r=0/84$  و سال دوم  $r=0/90$  آزمایش ایجاد کرد. متغیر کانونی معنی‌دار در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۶۸٪ و ۷۵٪ واریانس کل را توضیح داد (جدول ۶).

تحت شرایط دیم فتوستتر بالاتری دارند تحمل بیشتری در برابر عوامل محدود کننده روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای فتوستتر دارند.

**ضرایب همبستگی کانونی:** نتایج تجزیه همبستگی ساده نشان داد که تعداد همبستگی‌های معنی‌دار بین صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی در طی دو سال آزمایش، شامل ۲۰ رابطه معنی‌دار می‌باشد. تفسیر و کمی‌سازی این همبستگی‌ها در استراتژی‌های گزینشی می‌تواند منجر به خطا شود بخاطر اینکه همبستگی بین صفات می‌تواند نتیجه یک صفت سوم یا یک گروه از صفات که این صفات را تحت تاثیر قرار می‌دهند باشد (Lorenzeti *et al.*, 2006). تجزیه‌های چندمتغیره می‌تواند برای مطالعه ارتباط بین صفات در گیاهان مختلف بکار گرفته شود. یک تکنیک چند متغیره

جدول ۶- تجزیه همبستگی کانونی در طی دو سال آزمایش

نسبت	ریشه مشخصه		همبستگی کانونی		متغیر کانونی	
	۱۳۹۸-۱۳۹۷	۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۳۹۸-۱۳۹۷	۱۳۹۹-۱۳۹۸		
۰/۷۵۳	۰/۶۸۱	۴/۰۵۸	۲/۴۷۷	۰/۹۰**	۰/۸۴*	۱
۰/۱۷۲	۰/۱۸۴	۰/۹۲۵	۰/۶۷۱	۰/۶۹ <sup>ns</sup>	۰/۶۳ <sup>ns</sup>	۲
۰/۰۶۷	۰/۰۸۸	۰/۳۶۱	۰/۳۱۹	۰/۵۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۹ <sup>ns</sup>	۳
۰/۰۰۷	۰/۰۴۷	۰/۰۳۷	۰/۱۷۳	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۸ <sup>ns</sup>	۴
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۵

\*\*\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار

در یک ترکیب خطی خلاصه می‌شود. از این رو می‌توان عنوان کرد که در طی دو سال آزمایش ارتباط بالایی بین صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی برقرار است. علوی سینی و صبا (۱۳۹۳) و

همانگونه که در جدول ۶ مشخص است یک همبستگی کانونی در توصیف ارتباطات بین دو دسته متغیر در هر دو سال آزمایش معنی‌دار شده است، بنابراین همبستگی بین دو دسته متغیر X و Y

سرعت فتوسنتز (۰/۷۷)، سرعت تعرق (۰/۲۸-)، هدایت مزوفیلی (۰/۲۵)، عملکرد دانه (۰/۸۳)، روز تا رسیدگی (۰/۴۳) و روز تا سنبله دهی (۰/۴۰-) بودند در سال دوم آزمایش صفات سرعت فتوسنتز (۰/۱۵-)، سرعت تعرق (۳/۴۲)، غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه ای (۲/۱۲)، هدایت مزوفیلی (۱/۰۲)، عملکرد دانه (۰/۹۱)، روز تا رسیدگی (۰/۱۹-) و ارتفاع (۰/۱۶) بیشترین نقش را در ارتباط بین دو دسته متغیر ایفا کردند. مقدار ضرایب کانونی استاندارد شده بیانگر سهم نسبی آنها در هر متغیر کانونی می باشد. یعنی ضرایب نشان دهنده صفات فیزیولوژیک موثر بر صفات زراعی در ژنوتیپ های گندم می باشد. بنابراین صفات اشاره شده فوق در این ارتباط مهم هستند.

غفاری و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تجزیه همبستگی کانونی ارتباط معنی داری بین دو دسته صفات فیزیولوژیک و زراعی به ترتیب در گیاه گندم و کلزا گزارش کردند. صبا و همکاران (2018) نیز از این تکنیک برای بررسی ارتباط بین صفات زراعی و فنولوژیک گیاه گندم بهره بردند. **ارتباط بین متغیرهای کانونی با متغیرهای اصلی:** ارتباط بین متغیرهای کانونی و متغیرهای اصلی با ضرایب همبستگی بین آنها ارزیابی می شود که عموماً ضرائب ساختاری نامیده می شوند (Johnson and Wichern, 2002). برای بررسی این ارتباط، ضرایب استاندارد شده در جدول ۷ آمده است. متغیرهایی که در سال اول آزمایش بیشترین تاثیر را در ارتباط بین دو دسته متغیر داشتند

جدول ۷- ضرایب کانونی استاندارد شده برای متغیرهای کانونی معنی دار در طی دو سال آزمایش

W <sub>i</sub>		مجموع متغیرهای Y	V <sub>i</sub>		مجموع متغیرهای X
۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۳۹۸-۱۳۹۷		۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۳۹۸-۱۳۹۷	
-۰/۰۵	-۰/۴۰	روز تا سنبله دهی	-۵/۱۵	۰/۷۷	سرعت فتوسنتز
۰/۱۹	۰/۴۳	روز تا رسیدگی	۳/۴۲	-۰/۲۸	سرعت تعرق
۰/۱۶	-۰/۲۰	ارتفاع بوته	-۰/۰۱	۰/۱۷	هدایت روزنه ای
-۰/۰۸	-۰/۱۷	وزن هزار دانه	۲/۱۲	۰/۱۷	غلظت CO <sub>2</sub> زیر روزنه ای
۰/۹۱	۰/۸۳	عملکرد دانه	۱/۰۲	۰/۲۵	هدایت مزوفیلی

فیزیولوژیک همبستگی مثبت و معنی دار نشان داد. بزرگترین همبستگی در سال اول و دوم به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۵ بودند که به صفات سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق اختصاص داشت. علوی سینی و صبا (۱۳۹۳) نیز همبستگی صفات سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق و غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه ای را با متغیر

همبستگی بین متغیرهای کانونی در تجزیه اولین جفت متغیر کانونی، بیشترین ارتباط بین صفات فیزیولوژیک و زراعی را ایجاد کرد. متغیر کانونی V1 در طی سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۷۵ و ۸۷ درصد از تغییرات متغیرهای اصلی فیزیولوژیک را توضیح داد (جدول ۸). این متغیر کانونی در سال اول و دوم با تمامی صفات

کانونی مثبت و معنی دار ولی ارتباط هدایت روزنه- ای را منفی گزارش کردند. مقایسه این نتایج با نتایج تجزیه همبستگی ساده نشان می‌دهد که تجزیه همبستگی کانونی با در نظر گرفتن رابطه همه صفات بطور همزمان نتایج تجزیه همبستگی ساده را تایید می‌کند. این نتایج در توافق با نتایج برخی محققین می‌باشد (علوی‌سینی و صبا، ۱۳۹۳؛ Nicolas *et al.*, 2005; Lorenzeti *et al.*, 2006). بنابراین می‌توان با اطمینان بیشتر در مورد ارتباط این صفات تحت شرایط دیم نظر داد. بطوریکه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش توانسته‌اند تحت شرایط دیم علی‌رغم محدودیت رطوبت، روزنه‌های خود را باز نگه‌داشته و با عوامل محدود کننده فتوسنتز (روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای) مقابله کرده‌اند تا بتوانند به فتوسنتز تحت این شرایط ادامه دهند. یکی از مکانیسم‌های مقابله با تنش خشکی در غلات تنظیم اسمزی و داشتن سیستم ریشه‌ای قوی و عمیق می‌باشد که از طریق افزایش جذب و بازده مصرف آب سبب افزایش تحمل خشکی در غلات می‌شود (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۳).

متغیر کانونی  $W_1$  در طی سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۸۵ و ۹۱ درصد از تغییرات متغیرهای اصلی زراعی را توضیح داد (جدول ۸). این متغیر کانونی در سال اول با صفت عملکرد دانه همبستگی مثبت و با صفت روز تا سنبله‌دهی رابطه منفی و در سال دوم با صفات ارتفاع و عملکرد دانه رابطه مثبت و با صفت روز تا سنبله‌دهی همبستگی منفی نشان داد. بزرگترین همبستگی در سال اول و دوم به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۹۶ بودند که به صفت عملکرد اختصاص داشت. مقایسه رابطه بین صفات

فیزیولوژیک در سال اول آزمایش از طریق روش ماتریس ضرایب همبستگی ساده و همبستگی کانونی نشان داد که نتایج یکسان است. در سال دوم آزمایش همبستگی ساده هدایت روزنه‌ای با هدایت مزوفیلی غیر معنی‌دار (جدول ۵) ولی همبستگی کانونی این رابطه را معنی‌دار نشان داد (جدول ۸). مقایسه رابطه بین صفات زراعی از طریق دو روش در سال اول آزمایش نشان داد، همبستگی ساده صفت وزن هزار دانه با روز تا سنبله‌دهی منفی و معنی‌دار بود (جدول ۵) ولی در همبستگی کانونی وزن هزار دانه رابطه معنی‌داری با آن نداشت (جدول ۸). همبستگی ساده ارتفاع با هیچ کدام از صفات زراعی در سال دوم آزمایش معنی‌دار نبود (جدول ۵) ولی در متغیر کانونی همبستگی مثبت با عملکرد و منفی با روز تا سنبله‌دهی داشت (جدول ۸). همبستگی ساده این صفت با صفات فیزیولوژیک تنها با صفات سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق معنی‌دار بود (جدول ۵) ولی در متغیر کانونی همبستگی این صفت با تمامی صفات فیزیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۸). در سال اول صفت روز تا سنبله‌دهی تنها با هدایت مزوفیلی و در سال دوم با صفت هدایت روزنه‌ای رابطه معنی‌دار داشت (جدول ۵) ولی در متغیر کانونی با همه صفات فیزیولوژیک همبستگی معنی‌دار داشت (جدول ۸).

اختلاف نتایج بین تجزیه همبستگی‌های ساده و کانونی بخاطر بررسی ارتباط همه صفات بطور همزمان در تجزیه همبستگی کانونی می‌باشد (علوی‌سینی و صبا، ۱۳۹۳) که موید برتری تجزیه همبستگی کانونی برای بررسی ارتباط بین صفات

و دوم آزمایش به ترتیب ۵۳ و ۷۰ درصد از واریانس کل صفات زراعی را توجیه کردند بطوریکه طی دو سال آزمایش تمامی صفات فیزیولوژیک ارتباط مثبت و معنی داری با صفات زراعی نشان دادند (جدول ۸).

متغیر کانونی  $W_1V_1$  در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۶۱ و ۷۳ درصد از واریانس کل صفات فیزیولوژیک را توضیح داد بطوریکه در سال اول آزمایش صفات روز تا سنبله‌دهی رابطه منفی و معنی دار و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی دار با دسته صفات فیزیولوژیک نشان دادند اما در سال دوم صفت روز تا سنبله‌دهی رابطه منفی و معنی دار و صفات ارتفاع و عملکرد رابطه مثبت و معنی داری با دسته صفات فیزیولوژیک از خود نشان دادند (جدول ۸).

می‌باشد. همبستگی منفی بین صفات روز تا سنبله‌دهی و عملکرد دانه نشان می‌دهد تحت شرایط دیم ژنوتیپ‌هایی که روز تا سنبله‌دهی کمتری داشته باشند، بعبارت دیگر زودتر وارد مرحله پر شدن دانه شوند، عملکرد بالاتری خواهند داشت یعنی در این ژنوتیپ‌ها، دوره پر شدن دانه طولانی‌تر بوده و در زمانی که رطوبت کافی در اختیار گیاه است می‌توانند دانه‌های خود را پر کرده و از تنش‌های انتهایی فصل که باعث کاهش وزن دانه‌ها می‌شود اجتناب کنند. یکی دیگر از اثرات سنبله‌دهی دیرتر کاهش طول سنبله است و باعث کاهش عملکرد می‌شود (بهلکه و همکاران، ۱۳۹۷).

### ارتباط بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونی مقابل: متغیر کانونی $V_1W_1$ در سال اول

جدول ۸- همبستگی بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونی معنی دار مربوط ( $W_1$  و  $V_1$ ) و متغیرهای کانونی مقابل ( $V_1W_1$ )

$(W_1V_1)$				$(V_1W_1)$			
$W_1V_1$		$W_1$		$V_1W_1$		$V_1$	
۱۳۹۹-	۱۳۹۸-	۱۳۹۹-	۱۳۹۸-	۱۳۹۹-	۱۳۹۸-	۱۳۹۹-	۱۳۹۸-
۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷
دسته صفات زراعی Y-variable set				دسته صفات فیزیولوژیک X-variable set			
-۰/۵۲**	-۰/۴۹*	-۰/۵۸**	-۰/۵۸**	۰/۸۲**	۰/۸۴**	۰/۹۱**	۰/۹۹**
-۰/۱۵	۰/۰۹	-۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۸۵**	۰/۷۸**	۰/۹۵**	۰/۹۲**
۰/۴۳*	-۰/۰۳	۰/۴۹*	-۰/۰۴	۰/۶۳**	۰/۶۳**	۰/۷۰**	۰/۷۵**
۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۸۴**	۰/۷۳**	۰/۹۳**	۰/۸۶**
۰/۸۶**	۰/۷۸**	۰/۹۶**	۰/۹۳**	۰/۴۲*	۰/۷۵**	۰/۴۷*	۰/۸۹**
۰/۷۳	۰/۶۱	۰/۹۱	۰/۸۵	۰/۷۰	۰/۵۳	۰/۸۷	۰/۷۵

\*\* و \* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیر معنی دار

روز تا سنبله‌دهی کمتری داشته و عملکرد بالاتری خواهند داشت. بررسی ارتباط بین دسته صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی در سال دوم نشان داد ویژگی فیزیولوژیک برتر از قبیل سرعت فتوسنتز،

با توجه به نتایج جدول ۸ می‌توان عنوان نمود که در سال اول آزمایش ژنوتیپ‌هایی که سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی بالاتری داشته باشند، ژنوتیپ‌هایی هستند که تعداد

می‌گردد (Saba et al., 2018). بطور کلی، برای اصلاح عملکرد دانه در شرایط دیم در گیاه گندم، گزینش برای صفات فیزیولوژیک برتر از قبیل سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی بالا منجر به گزینش ژنوتیپ‌های با ارتفاع بالا، روز تا سنبله‌دهی پایین و در نهایت عملکرد بالاتر می‌شود. بنابراین ژنوتیپ‌های با دوره رشدی کوتاه‌تر که بتوانند از تنش‌های انتهایی فرار کنند برای حصول عملکرد بالا تحت شرایط دیم مناسب می‌باشند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله مربوط به پروژه مصوب موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به شماره ۹۶۱۶۰۷-۱۳۳-۰-۱۵-۱۵ بوده و لازم است از این موسسه از جهت تامین اعتبارات پژوهشی برای اجرای این پژوهش و از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان به جهت فراهم کردن دستگاه‌های سنجش صفات تشکر نمایم.

سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی و غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه‌ای با تعداد روز تا سنبله‌دهی کمتر، ارتفاع و عملکرد بالا در ارتباط می‌باشد. با توجه به نتایج در طی دو سال آزمایش مشخص می‌گردد ژنوتیپ‌هایی که ویژگی‌های فیزیولوژیک بهتر از قبیل سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی بالا داشته باشند با توجه به مکانیسم‌هایی که دارند می‌توانند روزنه‌های خود را باز نگه دارند تا زودتر به سنبله رفته و با افزایش طول دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بالاتری تولید می‌کنند. ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی خصوصیات فیزیولوژیکی ویژه‌ای دارند که آنها را قادر می‌سازد تا آب بیشتری در بافت‌هایشان تحت شرایط کمبود آب ذخیره کنند (Liu et al., 2003) و با به تاخیر انداختن بسته‌شدن روزنه‌ها، مدت زمان فتوسنتز را طولانی‌تر می‌کنند و با تولید مواد فتوسنتزی، دوره پرشدن دانه موفق‌تری خواهند داشت که باعث افزایش عملکرد دانه

### منابع

- آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۸. محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. موجود در سایت: [http://amar.maj.ir/index\\_](http://amar.maj.ir/index_)
- احمدی علی، بیکر داووز. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱ (۴): ۸۲۵-۸۱۳.
- بهلکه محمد، گلدی بیابانی عباس، صبوری حسین، فلاحی حسین علی. ۱۳۹۷. تعیین رقم و تاریخ کشت ایده آل گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) منطقه گنبد کاووس با استفاده از تکنیک GGE بای پلات. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۸ (۲): ۳۱-۱۵.
- سلیمانی فرد عباس، ناصری رحیم. ۱۳۹۹. بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات آگروفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۳ (۳): ۷۰۱-۷۱۴.

سی و سه مرده عادل، احمدی علی، پوستینی کاظم، ابراهیم زاده حسن. ۱۳۸۳. عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای کنترل کننده فتوستتزر و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵:۹۳-۱۰۶.

علوی سینی سیدمحمد، صبا جلال. ۱۳۹۳. بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط دیم با استفاده از تجزیه همبستگی کانونی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. (۱)۷: ۱۳-۲۱.

علوی سینی، سید محمد، صبا جلال، جباری فرهاد، سلیمانی کاظم. ۱۳۸۹. مطالعه الگوی تخصیص مواد فتوستتزی به اندام‌های هوایی گندم نان در شرایط دیم و ارتباط این صفات با عملکرد. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. (۲)۴۱: ۲۸۹-۲۸۱.

کشاورز نیا رضا، شهبازی مریم، محمدی ولی اله، حسینی سالکده قاسم، احمدی علی، محسنی فرد احسان. ۱۳۹۳. نقش ساختار ریشه و صفات فیزیولوژیک جو در پاسخ به تنش خشکی. علوم گیاهان زراعی ایران. (۴)۴۵: ۵۵۳-۵۶۳.

Ahmad A, Haque I, Aziz O. 1995. Physiomorphological changes in triticale improved by pyridoxine applied through grain soaking. *Acta Agron. Hung* 43:211-221.

Alavi-Siney SM, Saba J. 2021. Investigation of the relationship between SSR markers and agronomic traits in saffron (*Crocus sativus* L.). *J. hortic. postharvest res* 4: 79-88.

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.

Bayat M, Amirnia R, Özkan H, Gedik A, Ate D, Rahimi M, Tanyulac B. 2018. Identification of markers associated with traits for use in marker-assisted selection in saffron. *Genetika* 50(3): 971-982.

Daryanto S, Wang L, Jacinthe PA. 2016. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PLoS ONE*. 11(5): 0156362.

DemmigAdams B, Adams WW. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43:599-626.

Dunetman GH. 1984. *Introduction to Multivariate Analysis*. Sage Publication, Beverly Hills, USA. 237p.

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 .

Ghaffari G, Toorchi M, Aharizad S, Shakiba M. 2011. Evaluation of Traits Related to Water Deficit Stress in Winter Rapeseed Cultivars. *Universal Journal of Environmental Research and Technology* 1(3): 338-350.

Garczarska M, Bednarski W, Morkunas I. 2004. Re-aeration-induced oxidative stress and antioxidative defenses in hypoxically pretreated lupine roots. *Journal of Plant Physiology* 161: 415- 422.

- 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.
- Johnson RM, Downer RG, Bradow JM, Bauer PJ, Sadler EJ. 2002. Variability in cotton fiber yield, fiber quality, and soil properties in a southeastern coastal plain. *Agronomy Journal* 94: 1305–1316.
- Johnson RA, Wichern DW. 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Jalal Kamali MR, NajafiMirak T, Asadi H. (2012). *Wheat research and development strategies in Iran*. Tehran: Agricultural Research, Education and Extension Organization .
- Khattree R, Naik DN. 2000. *Multivariate Data Reduction and Discrimination with SAS Software*. SAS Institute, Cary, NC.
- Korobov RM, Railyan VY. 1993. Canonical correlation relationships among spectral and phytometric variables for 20 winter-wheat fields. *Remote Sensing of Environment* 43: 1–10.
- Lamaoui M, Jemo M, Datla R, Bekkaoui F. 2018. Heat and drought stresses in crops and approaches for their mitigation. *Frontiers in Chemistry* 6(26): 1-14 .
- Liu F, Jensen CR, Andersen MN. 2003. Hydraulic and Chemical Signals in the Control of Leaf Expansion and Stomatal Conductance in Soybean Exposed to Drought Stress. *Funct. Plant Biol* 30: 65-73.
- Lorenceti C, Felix de Carvalho FI, de Oliveira AC, Valerio IP, Hartwig I, Benin G, Schmidt DAM. 2006. Applicability of phenotypic and path coefficient in the selection of oat genotypes. *Scientia Agricola* 63 (1): 11-19.
- Mohammadi-Ahmadm Mahmoudi 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.
- Nicolas FM, Bollero G, Bullock DG. 2005. Associations between field characteristics and soybean plant performance using canonical correlation analysis. *Plant and Soil* 273: 39–55.
- 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.
- Raykov T, Marcoulides GA. 2008. *An introduction to applied multivariate analysis*. Routledge/Psychpress, 498P.
- Saba J, Tavana S, 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 Technology* 20: 1037-1048 .
- Wu J, Norvell WA, Hopkins DG, Welch RM. 2002. Spatial variability of grain cadmium and soil characteristics in a durum wheat field. *Soil Science Society of America Journal* 66: 268–275.
- 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.



DOI: 10.22092/idaj.2022.355798.349

## Use of canonical correlation analysis to improve grain yield of wheat genotypes through indirect selection under rainfed conditions

Hossein Nazari<sup>\*1</sup>, Saber Golkari<sup>2</sup>, Seid Mohammad Alavi-Siney<sup>3</sup>,  
Amin Namdari Geshnigani<sup>4</sup>

- 1- *Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran.*
- 2- *Dry Land Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Maragheh, Iran*
- 3- *Crop and Horticultural Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran*
- 4- *Dry Land Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Gachsaran, Iran*

### Abstract

In order to investigate the relationship between agronomic and physiological characteristics of wheat genotypes, a research was conducted with 24 wheat genotypes based on randomized complete blocks design with four replications under dryland conditions in the 2018-19 and 2019-20 crop seasons. Photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration, mesophyll conductance, days to heading, days to physiological maturity, plant height, 1000-kernel weight and grain yield were measured during the growing season. Simple correlation analysis showed significant relationship between yield and physiological traits across two years of study. Also, canonical correlation analysis between physiological traits and agronomic traits showed a significant canonical correlation in the first year ( $r = 0.84$ ) and the second year ( $r = 0.90$ ). Correlation of traits with their canonical variables and the opposite canonical variables during two years of the experiment showed that all physiological traits have a positive and significant relationship with each other and their canonical variables. The relationship between days to heading with agronomic and physiological traits was negative and significant over the two years of the experiment, but the results showed a positive and significant relationship between grain yield with agronomic and physiological traits during the two years of the experiment. Also, in the second year of the experiment, a positive and significant relationship between plant height and the agronomic and physiological traits was observed. Therefore, genotypes with a shorter growth period that can escape terminal stresses were recommended for obtaining maximum grain yield under rainfed conditions.

**Keywords:** Transpiration rate, Photosynthesis rate, Wheat, 1000 kernel weight

---

\* Corresponding author: nazary28@gmail.com Submit date: 2021/09/03 Accept date: 2022/03/18