

بررسی روابط بین صفات در ارقام زراعی یولاف در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی

محمد رضا جزائری نوش آبادی و عبدالمجید رضائی^۱

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی روابط بین صفات فنولوژیک، مرفلولوژیک و فیزیولوژیک و تأثیر آنها بر عملکرد دانه ۲۰ ژنتیپ یولاف، تحت دو تیمار آبیاری بر مبنای 130 ± 3 و 70 ± 3 میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال زراعی ۱۳۸۱-۸۲ انجام شد. در هر دو رژیم رطوبتی عملکرد دانه با شاخص برداشت و میزان آب نسبی برگ (RWC) همبستگی مثبت و معنی دار و با تعداد روز تا خوشیده هم بستگی منفی و معنی داری داشت. ضمن این که همبستگی آن با ارتفاع بوته در مرحله رسیدگی در شرایط بدون تنش رطوبتی مثبت و معنی دار شد. تجزیه به عامل ها در هر دو محیط سه عامل را معرفی نمود که عامل های عملکرد، فنولوژیک و مخزن نام گذاری شدند. تجزیه رگرسیون مرحله ای برای عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی شاخص برداشت را به عنوان اولین متغیر شناسایی کرد. در مرحله دوم در محیط بدون تنش ارتفاع بوته و در شرایط تنش میزان آب نسبی برگ وارد مدل شدند و به همراه شاخص برداشت جمعاً ۶۴٪ و ۶۶٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر بر اساس ضرایب همبستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت و اجزای عملکرد (تعداد خوشیده در متر مربع، تعداد دانه در خوشیده و وزن دانه) نشان داد که در هر دو رژیم رطوبتی شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت. بالاترین اثر غیر مستقیم منفی در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی به ترتیب مربوط به تعداد خوشیده در واحد سطح و شاخص برداشت از طریق تعداد دانه در خوشیده بود.

واژه های کلیدی: اجزای عملکرد، تجزیه به عامل ها، تجزیه ضرایب مسیر، تنش رطوبتی، همبستگی های فنوتیپی و ژنتیکی، یولاف

مقدمه

موقعیت جغرافیایی خاص دارای اقلیم خشک (۶۵٪) تا نیمه خشک (۲۵٪) است (۷) و کاهش بارندگی در برخی سال ها در اکثر مناطق منجر به بروز تنش خشکی به خصوص در مراحل انتهایی رشد اکثر گیاهان می گردد. در چنین شرایطی عملکرد دانه گیاهان زراعی به شدت تحت تأثیر قرار می گیرد و

یولاف (*Avena sativa* L.) به خاطر درصد بالای پروتئین دانه و کاه و نیز کیفیت مطلوب پروتئین از جمله غلات مهم در مناطق معتدلبه به شمار می آید و براساس نتایج تحقیقات انجام شده در اصفهان (۱، ۸ و ۹) نیز ظرفیت تولید مناسبی دارد. ایران به دلیل

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

به ترتیب دارای بیشترین اثر مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد بودند. هم‌چنین تجزیه علیت بر مبنای صفات وارد شده در مدل رگرسیون نشان داد که وزن دانه و تعداد خوش بارور دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد هستند. بنابراین جهت اصلاح عملکرد می‌توان گرینش را بر مبنای وزن دانه و تعداد پنجه بارور انجام داد. هم‌چنین تجزیه به عامل‌ها^۶ عامل پنهانی را معرفی نمود که جمعاً ۶۸/۵۹ درصد از کل تنوع موجود را توجیه نمودند و به ترتیب عامل‌های درجه اول و دوم عملکرد، عامل فنولوژیک، عامل پتانسیل تولید پنجه و عامل اجزایی عملکرد نامیده شدند. محمدی نژاد با اندازه‌گیری^۶ صفت در ارقام یولاف نتیجه گرفت که بالاترین همبستگی بین طول و عرض برگ پرچم و پس از آن بین تیپ رشد و روز تا خوش‌دهی وجود دارد (۸). ارتفاع بوته با طول برگ پرچم، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تیپ رشد همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد.

شاخص برداشت یکی از ویژگی‌های مهم و مؤثر در عملکرد دانه غلات است و بر اساس گزارش محققین^(۴) و^(۲۸) به عنوان معیار بسیار مهمی در تولید ارقام جدید غلات به کار می‌رود. به اعتقاد دونالد و همبلین با انتخاب بر اساس شاخص برداشت می‌توان عملکرد دانه غلات را تا ۴۰ درصد افزایش داد. بهبود عملکرد در ارقام جدید یولاف در استرالیا نتیجه افزایش شاخص برداشت بدون تغییر معنی‌دار در عملکرد بیولوژیک بوده است (۱۴ و ۲۰). مرادی با بررسی^{۱۷} صفت کمی در ۱۲ رقم یولاف زراعی در منطقه اصفهان بالاترین همبستگی عملکرد دانه را با شاخص برداشت و پس از آن با تعداد پنجه بارور اعلام نمود (۹). وی مشاهده کرد که بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد مربوط به تعداد پنجه بارور و بعد از آن متعلق به تعداد دانه در خوش است. اثر غیر مستقیم این دو صفت بر عملکرد ناچیز بود، بنابراین از این صفات می‌توان در انتخاب ارقام پر محصول استفاده کرد. اسلاف و آندراد نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه گندم و شاخص برداشت گزارش کردند (۲۸).

به علت ایجاد نوسان عملکرد در سال‌های مختلف، افزایش آن از طریق برنامه‌های بهترادی و تولید ارقام سازگار و متحمل به خشکی دچار اختلال می‌شود، زیرا عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر فرایندهای فیزیولوژیک، شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و اثر متقابل ژنتیک و محیط است. به اعتقاد محققین بهترادی و فیزیولوژیکی‌ای با استفاده از صفات مرفوولوژیک و فیزیولوژیک مناسب و اجزای عملکرد به عنوان معیارهای غیر مستقیم انتخاب برای عملکرد دانه می‌توان سرعت پیشرفت برنامه‌های اصلاحی را خصوصاً در اصلاح برای مقاومت یا تحمل به تنش‌های محیطی بهبود بخشید و در وقت و هزینه، صرفه‌جویی نمود (۱۲، ۱۴ و ۱۷).

جزیه و تحلیل ضرایب همبستگی بین صفات فنولوژیک، مرفوولوژیک و فیزیولوژیک با عملکرد دانه و تجزیه ضرایب مسیر از روش‌های مهم شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه است. عملکرد دانه متأثر از اجزای عملکرد شامل تعداد خوش در واحد سطح، تعداد دانه در خوش و وزن هزار دانه می‌باشد. این اجزا تحت تأثیر ژنتیک و محیط کشت قرار می‌گیرند و غالباً می‌توانند به عنوان توجیهی برای افزایش یا کاهش عملکرد به کار روند. اجزایی عملکرد از یکدیگر مستقل نیستند و برای رسیدن به عملکرد بهینه، تناسب بین آنها مهم است. تنش‌های رطوبتی به عنوان یک عامل محیطی در مراحل اولیه رشد باعث کاهش تعداد پنجه و در نتیجه کاهش تعداد خوش بارور می‌گردند. هم‌چنین کمبود آب در زمان گردهافشانی باعث نمو غیر طبیعی کیسه‌جنینی و عقیمی دانه گرده و در پی آن کاهش تعداد دانه در خوش می‌گردد. در چنین شرایطی بررسی روابط بین این اجزا و عملکرد باعث شناسایی ارقام دارای اجزای عملکرد مناسب می‌شود.

انگجی (۱) با مطالعه تنوع ژنتیکی در ۸۱ رقم زراعی یولاف همبستگی عملکرد دانه با طول خوش، تعداد پنجه بارور، تعداد سنبلچه در خوش و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب ۴۶٪، ۶۷٪، ۴۵٪ و ۴۲٪ گزارش نمود. تجزیه ضرایب همبستگی بر اساس اجزایی عملکرد نشان داد که وزن هزار دانه و تعداد گلچه زایا

جدول ۱. ژنوتیپ‌های یولاف مورد ارزیابی

ردیف	نام	منشا	ردیف	نام	منشا
۱	سیمکو	کانادا	۱۱	Derby	دریبای
۲	آژاکس	کانادا	۱۲	Donald	دونالد
۳	آلasca	کانادا	۱۳	Rigodon	ریگودون
۴	بیکن	کانادا	۱۴	Paisley	پیسلی
۵	ایگل	کانادا	۱۵	Pacer	پیسر
۶	گلن	کانادا	۱۶	Boyer	بویر
۷	راندوم	ترکیه	۱۷	BL2	لاین شماره ۲
۸	آکسفورد	ترکیه	۱۸	BL28	لاین شماره ۲۸
۹	سایوکس	ترکیه	۱۹	BL32	لاین شماره ۳۲
۱۰	کالیبر	ترکیه	۲۰	BL36	لاین شماره ۳۶

طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۳۰ متر از سطح دریا انجام شد. بر پایه طبقه بندی کوپن منطقه آزمایش دارای اقلیم خشک، بسیار گرم و تابستان‌های گرم و خشک است (۶). ژنوتیپ‌های یولاف مورد بررسی (جدول ۱)، شامل ۱۴ رقم معروفی شده طی سال‌های ۱۹۴۱ تا ۱۹۹۷ در کانادا و یک رقم معروفی شده در آمریکا (سال ۱۹۲۳) و یک رقم معروفی شده در سوئیس (سال ۱۹۳۷) و ۴ لاین اصلاح شده ترکیه‌ای بودند که به طور جداگانه در دو رژیم رطوبتی مختلف شامل آبیاری بر اساس 3 ± 3 و 70 ± 30 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بعد از آماده‌سازی زمین به منظور تأمین ازت و فسفر مورد نیاز گیاه معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم قبل از کاشت به خاک اضافه شد. قبل از کاشت، بذرها با قارچ‌کش مانکوزب به میزان ۳ در هزار ضد عفنونی گردیدند. کاشت در تاریخ ۱۵ آبان ماه انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول ۳ متر با تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. بلافضله بعد از کاشت آبیاری اول انجام گرفت. جهت تأمین ازت مورد نیاز گیاه ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره نیز در زمان به ساقه رفتن بوته‌ها به صورت سرک مورد استفاده قرار

پانتوان و همکاران با مطالعه ۱۲۸ ژنوتیپ برنج در شرایط خشکی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه، همبستگی بین درصد خوش بارور با درصد دانه پر و عملکرد دانه با شاخص برداشت را مثبت و بسیار معنی دار و همبستگی بین روز تا گل‌دهی با عملکرد دانه و تعداد دانه پر در خوش باره را منفی و بسیار معنی دار گزارش کردند (۲۵). در ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ارقام زراعی و بومی گندم نان نیز همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد دانه با شاخص برداشت گزارش شده است (۳). در این مطالعه بر مبنای رگرسیون مرحله‌ای صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع بخش عمده‌ای از تغییرات عملکرد را تبیین نمودند.

این مطالعه با هدف بررسی ارتباط بین صفات خصوصاً صفات مؤثر بر عملکرد دانه یولاف در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۱-۸۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد با عرض جغرافیایی ۲۳ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و

کمک نرمافزار 2 Path ماتریس 20×10 (۲۰ ژنوتیپ و ۱۰ صفت) در هر دو محیط رطوبتی با استفاده از دستور Proc Factor در نرمافزار آماری SAS انجام شد و بای پلات ژنوتیپ‌ها بر اساس امتیاز عامل‌های اول و دوم در هر دو محیط به کمک نرمافزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

هم‌بستگی بین صفات

هم‌بستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات در شرایط بدون تنفس و تنفس رطوبتی به ترتیب در جداول ۲ و ۳ آورده شده‌اند. هم‌بستگی‌های ژنتیکی، فنوتیپی برای تمام صفات بسیار نزدیک به یکدیگر بودند که دلالت بر تأثیر کم عوامل محیطی بر هم‌بستگی‌های فنوتیپی دارد. بدین لحاظ بحث پرامون هم‌بستگی‌های فنوتیپی پرداخته می‌شود. نتایج نشان داد که هم‌بستگی فنوتیپی تعداد روز تا ۵۰٪ خوش‌دهی با تعداد روز تا رسیدگی در شرایط عادی رطوبتی مثبت و بسیار معنی‌دار و در شرایط تنفس رطوبتی مثبت اما غیر معنی‌دار است. هم‌بستگی فنوتیپی بین تعداد روز تا خوش‌دهی با عملکرد دانه در واحد سطح در محیط بدون تنفس منفی و معنی‌دار و در شرایط تنفس رطوبتی منفی و بسیار معنی‌دار بود. با افزایش طول دوره رویشی، طول دوره زایشی کمتر می‌شود و مقدار زیادی از مواد فتوستنتزی صرف توسعه اندام‌های رویشی می‌گردد و عملکرد کاهش می‌یابد. هم‌چنین احتمال دارد که گیاهان دیررس در معرض شرایط محیطی نامناسب قرار گیرند. بنابراین هم‌بستگی منفی بین دو صفت مذکور دور از انتظار نیست. ریگس و همکاران (۲۷) در جو، پانتوان و همکاران (۲۵) و مهتر و همکاران (۲۳) نیز در برنج هم‌بستگی منفی بسیار معنی‌داری بین تعداد روز تا خوش‌دهی و عملکرد دانه را گزارش نمودند. مرادی با مطالعه ژنوتیپ‌های یولاف در اصفهان به نتیجه مشابهی رسید^(۹).

هم‌بستگی‌های فنوتیپی تعداد روز تا ۵۰٪ خوش‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی با شاخص برداشت در محیط‌های

گرفت. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طور کامل و به صورت دستی انجام گردید. آبیاری بر مبنای رسانیدن رطوبت خاک تا عمق توسعه رشد به حد ظرفیت مزرعه و براساس محاسبه مقدار آب لازم و دبی سرریز مستطیلی انجام شد (۲).

صفات مورد بررسی بر مبنای کرت یا متوسط ۲۰ بوته عبارت بودند از تعداد روز تا ظهرور کامل خوش‌دها و رسیدگی در ۵۰ درصد از بوته‌ها، ارتفاع در زمان رسیدگی، تعداد خوش‌ده بارور در متر مربع، تعداد سنبلاچه در خوش‌ده، تعداد دانه در خوش‌ده، وزن هزار دانه، عملکرد دانه (بر اساس برداشت ۱/۵ متر مربع از ردیف‌های میانی)، شاخص برداشت و میزان آب نسبی برگ همکاران (۲۱) طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RWC = \frac{FW - DW}{TWT - DW} \times 100$$

در این فرمول FW (Fresh Weight) وزن برگ در مزرعه، DW (Dry Weight) وزن برگ خشک شده به مدت ۷۲ ساعت در ۷۰ درجه سانتی‌گراد و TWT (Turgid Weight) وزن برگ پس از ۱۲ تا ۱۸ ساعت خیساندن در آب مقطر می‌باشد. این خصوصیت برای ۱۰ برگ پرچم که به طور تصادفی از بوته‌های یک کرت در ساعت ۱۱ صبح جمع‌آوری شده بودند، تعیین شد.

ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی بین صفات با استفاده از نرم افزار SAS محاسبه شد. به منظور محاسبه هم‌بستگی‌های ژنتیکی، ابتدا ماتریس‌های واریانس-کوواریانس ژنوتیپ‌ها و خطای آزمایشی به دست آمدند و سپس با توجه به فرمول زیر هم‌بستگی ژنتیکی بین صفات محاسبه گردید:

$$r_g = \frac{\text{cov}_{gx_i x_j}}{\sqrt{\sigma_{gx_i}^2 \cdot \sigma_{gx_j}^2}}$$

از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای با استفاده از نرم افزار SAS نیز به منظور تعیین صفاتی که بیشترین نقش را در توجیه تنوع عملکرد دانه داشتند، استفاده شد. سپس برای تعیین اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه، تجزیه ضرایب مسیر به

جدول ۲. ضرایب همبستگی فنوتیپی (زیر قطر) و ژنتیکی (بالای قطر) بین صفات مختلف در شرایط بدون تنش رطوبتی

(۱۰)	(۹)	(۸)	(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	صفت
-۰/۱۴	۰/۲۵	-۰/۲۷	-۰/۳۵	-۰/۴۵	-۰/۶۴	-۰/۵۳	-۰/۲۵	۰/۷۵	۱	۱- روز تا خوشه دهی
-۰/۱۰	۰/۴۱	-۰/۳۴	-۰/۵۰	-۰/۲۶	-۰/۵۹	-۰/۶۱	-۰/۴۱	۱	۰/۷۴	۲- روز تا رسیدگی
۰/۲۴	-۰/۸۰	۰/۹۲	۰/۸۴	-۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۹۵	۱	-۰/۲۸	-۰/۱۱	۳- ارتفاع در مرحله رسیدگی
۰/۶۷	۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۲۴	۰/۰۳	۰/۹۰	۱	۰/۴۷	-۰/۵۸	-۰/۵	۴- عملکرد دانه
۰/۹۲	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۱۹	-۰/۱۳	۱	۰/۷۳	۰/۲۰	-۰/۴۵	-۰/۴۸	۵- شاخص برداشت
۰/۴۴	-۰/۱۷	-۰/۶۳	-۰/۴۵	۱	۰/۰۲	۰/۰۳	-۰/۲۳	-۰/۲۴	-۰/۳۹	۶- تعداد خوشه در متر مربع
۰/۱۸	-۰/۴۰	۰/۹۵	۱	-۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۳۸	-۰/۳۶	-۰/۲۵	۷- تعداد سنبلاچه در خوشه
۰/۳۹	-۰/۲۵	۱	۰/۹۱	-۰/۴۷	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۴۸	-۰/۲۸	-۰/۲۲	۸- تعداد دانه در خوشه
۰/۵۸	۱	-۰/۲۰	-۰/۴۰	-۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۱۱	-۰/۳۷	-۰/۴۰	۰/۲۵	۹- وزن هزاردانه
۱	۰/۵۴	۰/۳۱	۰/۱۲	-۰/۳۴	۰/۶۴	۰/۶۱	-۰/۱۶	-۰/۰۹	۰/۱۴	۱۰- میزان آب نسبی برگ

ضرایب همبستگی فنوتیپی با قدر مطلق بیشتر از ۰/۴۴ در سطح احتمال ۵٪ و بیشتر از ۰/۵۵ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشند.

جدول ۳. ضرایب همبستگی فنوتیپی (زیر قطر) و ژنتیکی (بالای قطر) بین صفات مختلف در شرایط تنش رطوبتی

(۱۰)	(۹)	(۸)	(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	صفت
-۰/۳۷	-۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۲۱	-۰/۴۸	-۰/۷۶	-۰/۶۲	۰/۲۸	۰/۴۰	۱	۱- روز تا خوشه دهی
-۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۲۶	-۰/۴۵	-۰/۳۵	-۰/۱۹	-۰/۸۵	۱	۰/۳۹	۲- روز تا رسیدگی
-۰/۱۸	-۰/۳۴	-۰/۲۲	-۰/۱۸	۰/۰۷	-۰/۱۸	-۰/۲۷	۱	-۰/۵۶	۰/۱۷	۳- ارتفاع در مرحله رسیدگی
۰/۶۵	۰/۵	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۳۱	۰/۹۲	۱	۰/۰۲	-۰/۱۸	-۰/۰۷	۴- عملکرد دانه
۰/۴۲	۰/۴۷	-۰/۱۵	-۰/۲۲	۰/۵۵	۱	۰/۷۶	-۰/۰۸	-۰/۳۱	-۰/۶۹	۵- شاخص برداشت
۰/۲۸	۰/۶۷	-۰/۸۵	-۰/۸۷	۱	۰/۵۰	۰/۲۳	۰/۱۳	-۰/۳۷	-۰/۴۱	۶- تعداد خوشه در متر مربع
۰/۴۷	-۰/۶۵	-۰/۹۸	۱	-۰/۷۴	-۰/۱۱	۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۲۲	۰/۱۸	۷- تعداد سنبلاچه در خوشه
۰/۴۹	-۰/۶۲	۱	۰/۹۶	-۰/۷۴	-۰/۰۹	۰/۰۸	-۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۱۳	۸- تعداد دانه در خوشه
۰/۲۵	۱	-۰/۵۰	-۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۲	-۰/۲۲	۰/۰۳	-۰/۱۵	۹- وزن هزاردانه
۱	۰/۱۹	۰/۴۰	۰/۳۹	-۰/۱۸	۰/۳۴	۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۰۴	-۰/۳۴	۱۰- میزان آب نسبی برگ

ضرایب همبستگی با قدر مطلق بیشتر از ۰/۴۴ در سطح احتمال ۵٪ و بیشتر از ۰/۵۵ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشند.

مثبت و معنی دار و در شرایط رطوبتی عادی منفی ولی کوچک و غیر معنی دار بودند. هم‌بستگی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه در شرایط تنفس رطوبتی منفی و معنی دار و در شرایط رطوبتی عادی منفی و غیر معنی دار بود. مرادی (۹) نیز به این هم‌بستگی منفی در هر یک از سطوح تراکم کاشت و مصرف کود نیتروروژن اشاره کرده است. در شرایط تنفس رطوبتی هم‌بستگی ژنتیکی بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه مثبت بود. با توجه به این‌که وزن دانه آخرین جزوی از عملکرد است که شکل می‌گیرد، این هم‌بستگی مثبت نشان می‌دهد که وزن دانه به عنوان عامل تعديل کننده توانسته است کاهش سایر اجزا را به نوعی جبران کند.

هم‌بستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه در واحد سطح و میزان آب نسبی برگ در شرایط عدم تنفس رطوبتی مثبت و بسیار معنی دار و در شرایط تنفس رطوبتی مثبت و معنی دار بودند. بنابراین ژنتیک‌هایی که توان حفظ آب در بافت‌های خود را دارند (میزان RWC بالاتری داشته باشند) تحمل به خشکی بیشتر و در نتیجه عملکرد بیشتری خواهند داشت. فرشادفر و محمدی (۴) در مطالعه روی آگروپیرون به هم‌بستگی مثبت و معنی داری بین میزان آب نسبی برگ با عملکرد در شرایط بدون تنفس و هم‌بستگی مثبت، اما غیر معنی دار در شرایط تنفس رطوبتی اشاره کرده‌اند. مانیت و همکاران (۲۱) اختلاف معنی داری را برای ارقام گندم مورد مطالعه از لحاظ میزان آب نسبی برگ گزارش نمودند. آنها برای میزان آب نسبی برگ و راثت‌پذیری بالایی را به دست آورده‌اند. الحکیمی و همکاران (۱۰) نیز تنوع قابل ملاحظه‌ای در میزان آب نسبی برگ در نتایج حاصل از تلاقی گندم تراپلولئید و دوروم گزارش نمودند. نتایج آنها و راثت‌پذیری بالایی ($h^2 = 0.73$) را برای این صفت نشان داد.

میزان آب نسبی برگ به دلیل ارتباط مستقیم با پتانسیل آب برگ، شاخص مفیدی در ارزیابی و گزینش ژنتیک‌ها برای تحمل به خشکی می‌باشد (۱۰ و ۲۱) و از آن در بعضی از برنامه‌های اصلاحی جهت اندازه‌گیری تنظیم اسمرزی استفاده

تنفس و بدون تنفس منفی و معنی دار بود. به نظر می‌رسد که در ژنتیک‌های دیررس با کاهش عملکرد دانه و افزایش عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت کاهش می‌یابد. با توجه به هم‌بستگی ژنتیکی منفی و بسیار معنی دار بین روز تا رسیدگی و عملکرد دانه می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش روز تا رسیدگی نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک کاهش داشته است. فضیحی (۵) و مرادی (۹) نیز بین شاخص برداشت و تعداد روز تا خوشیده هم‌بستگی منفی و معنی داری گزارش نمودند. هم‌چنین پاتوان و همکاران (۲۵) با اعمال تنفس در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه، بین روز تا گل‌دهی و شاخص برداشت هم‌بستگی منفی و بسیار معنی داری مشاهده نمودند. هم‌بستگی ژنتیکی بین تعداد روز تا 50% خوشیده با تعداد خوشیده بارور در هر دو محیط رطوبتی منفی و بالا بود. در نتیجه تعداد روز تا 50% خوشیده از طریق کاهش این جزء عملکرد باعث کاهش عملکرد شده است.

هم‌بستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه در واحد سطح با شاخص برداشت در هر دو محیط تنفس و بدون تنفس رطوبتی، مثبت و بسیار معنی دار بود. این نتیجه میین آن است که همراه با روند افزایش عملکرد دانه، نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک افزایش داشته است. شاخص برداشت به عنوان یک خصوصیت کمی نشان دهنده کارایی گیاه در توزیع ماده خشک به سمت دانه است و در برنامه‌های بهنژادی غلات معرفی ژنتیک‌هایی با شاخص برداشت بالا از اهداف اصلی به شمار می‌رود. ریگس و همکاران (۲۷) در جو و پری و آنتونو (۲۶) در گندم رابطه مثبت و بسیار معنی داری را بین شاخص برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح گزارش نمودند.

هم‌بستگی‌های ژنتیکی شاخص برداشت با تعداد خوشیده بارور در متر مربع و وزن هزار دانه مثبت و معنی داری بود. پری آنتونو (۲۶)، ریگس و همکاران (۲۷) و مرادی (۹) هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی داری بین شاخص برداشت و تعداد خوشیده بارور گزارش نمودند. هم‌بستگی‌های ژنتیکی بین تعداد خوشیده بارور و وزن هزار دانه در شرایط تنفس رطوبتی

جدول ۴. نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد بررسی در شرایط بدون تنش رطوبتی

عوامل‌های دوران یافته						صفات	
عامل سوم		عامل دوم		عامل اول			
بدون تنش	با تنش	بدون تنش	با تنش	بدون تنش	با تنش		
۰/۰۰۱	-۰/۱۲۴	-۰/۲۳۹	۰/۹۰۰	۰/۱۱۱	-۰/۱۷۵	روز تا خوشیده	
-۰/۷۹۸	-۰/۱۹۷	-۰/۰۰۵	۰/۸۴۶	۰/۱۶۵	-۰/۱۲۶	روز تا رسیدگی	
۰/۹۴۱	۰/۲۶۸	-۰/۰۰۳	-۰/۰۲۸	-۰/۰۰۰۱	۰/۱۲۷	ارتفاع در مرحله رسیدگی (سانتی‌متر)	
۰/۰۸۱	۰/۰۴۹	۰/۸۰۱	-۰/۴۴۴	۰/۰۰۱	۰/۷۲۹	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
۰/۱۹۷	-۰/۰۱۶	۰/۱۱۳	-۰/۴۲۷	-۰/۵۱۳	۰/۷۶۴	شخصی برداشت	
۰/۰۳۹	-۰/۰۵۷۴	۰/۱۰۵	-۰/۰۴۰۶	۰/۹۵۲	-۰/۲۲۶	تعداد خوشیده در متر مربع	
۰/۰۴۳	۰/۹۳۵	۰/۱۲۰	-۰/۰۲۱۳	۰/۹۶۰	-۰/۰۳۵	تعداد سنبلاچه در خوشه	
۰/۰۴۶	۰/۹۳۸	۰/۰۹۵	-۰/۰۰۸۷	-۰/۱۸۹	۰/۱۲۹	تعداد دانه در خوشیده	
-۰/۲۱۸	-۰/۱۸۰	۰/۶۶۳	۰/۳۹۱	-۰/۴۴۸	۰/۶۴۲	وزن هزاردانه (گرم)	
-۰/۰۰۱۲	۰/۲۰۸	۰/۷۴۰	۰/۰۵۶	۰/۹۰۳	۰/۹۲۶	میزان آب نسبی برگ	
۱۶/۳	۲۰/۸	۲۶/۲	۲۱/۳	۳۶/۴	۳۶/۵	واریانس توجیه شده	
۷۸/۹	۷۸/۶	۶۲/۶	۵۷/۸	۳۶/۴	۳۶/۵	واریانس توجیه شده تجمعی	

زاویه و پر شدن دانه را افزایش داد، ضمن این‌که در شرایط بدون تنش رطوبتی می‌توان از ارقام پا بلند نیز استفاده نمود.

تجزیه به عامل‌ها

به منظور تفسیر روابط بین صفات و تعیین عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن ساختار خاصی در ماتریس واریانس-کوواریانس می‌گردند، از تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی با دوران عامل‌ها به روش وریماکس استفاده شد. به منظور توجیه بهتر، با توجه به منطقی بودن عامل‌ها و ریشه‌های مشخصه بزرگ‌تر از یک، تعداد سه عامل استخراج و تفسیر گردید. نتایج حاصل شامل بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل و واریانس تجمعی برای محیط‌های دارای تنش و فاقد تنش به طور جداگانه در جدول ۴ آورده شده‌اند. در هر دو محیط تنش و بدون تنش رطوبتی سه عامل اول جمعاً ۷۸ درصد از کل تنوع موجود را توجیه نمودند که سهم عامل‌ها در محیط بدون تنش به ترتیب برابر با ۲۱/۳، ۳۶/۵ و ۲۰/۸ درصد و در محیط دارای تنش رطوبتی ۲۶/۲، ۳۶/۴ و ۱۶/۳ درصد بود. در محیط بدون تنش رطوبتی، در عامل اول عملکرد دانه، شخص

شده است (۴). یکی از جنبه‌های مهم کاربردی میزان آب نسبی برگ، فراهم نمودن امکان کمی‌سازی میزان تنش رطوبتی است. از صفات مرتبط با آب گیاه می‌توان در اصلاح برای مقاومت به خشکی استفاده کرد، زیرا میزان نگهداری آب و زندگانی گیاه را در شرایط تنش نشان می‌دهند (۲۲). ارقام مقاوم به خشکی در گندم دارای توانایی بیشتری از نظر حفظ پتانسیل آب خود هستند و از نظر تنظیم اسمزی نیز ظرفیت بیشتری دارند (۴).

در این آزمایش رقم بویر در هر دو محیط رطوبتی دارای بیشترین میزان آب نسبی برگ و عملکرد دانه در واحد سطح بود. با توجه به همبستگی بالا بین میزان آب نسبی برگ و عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط و وراثت پذیری بالای آن (۰/۸۵ در شرایط تنش و ۰/۹ در شرایط عادی رطوبتی) می‌توان از این شاخص فیزیولوژیک در انتخاب ژنوتیپ‌های متتحمل سود جست. به طور کلی و با توجه به همبستگی‌های محاسبه شده در این مطالعه به نظر می‌رسد برای دستیابی به رقمی با عملکرد بالا و متتحمل به تنش می‌توان انتخاب را بر اساس شخصیت برداشت، میزان آب نسبی برگ و وزن هزار دانه بیشتر انجام داد. در این حالت بهتر است با انتخاب ارقام زودرس، دوره رشد

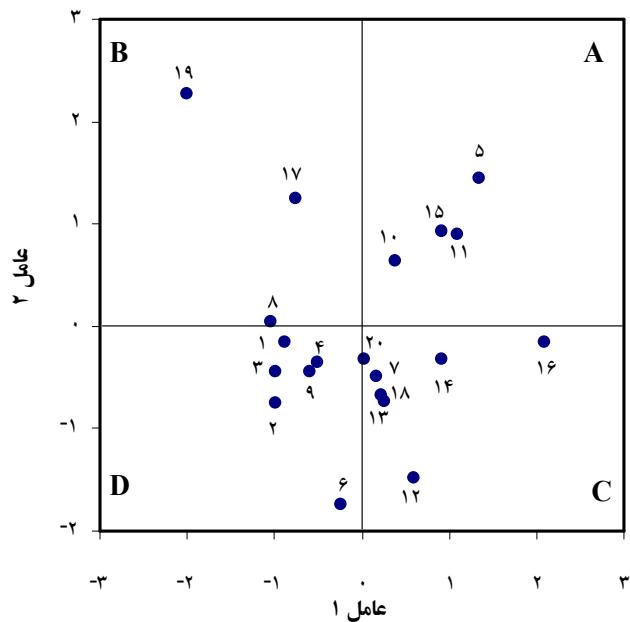
محیطی رشد رویشی و در دوره رشد خوش تا گرده افشاری تعیین می شود و تعداد سنبلاچه در خوش به تعداد گل های تشکیل شده و باروری آنها پس از گرده افشاری بستگی دارد و گیاهان در این مراحل به شدت به تنش رطوبتی حساس می باشند، اهمیت بیشتر مخزن در شرایط تنش رطوبتی قابل توجیه است. افزایش این عامل مخصوصاً در شرایط تنش رطوبتی باعث زیادتر شدن تعداد دانه در خوش و جبران کاهش تعداد خوش در واحد سطح می گردد. بار عاملی منفی تعداد خوش در واحد سطح و وزن دانه به دلیل همبستگی منفی بین اجزای عملکرد می باشد.

نتایج حاصل از تجزیه به عامل ها در گندم نان (۳) نیز حاکی از نقش ۳ عامل پنهانی در توجیه ۹۷/۳۲ درصد از تنوع کل داده ها بود. این عوامل به ترتیب اجزای عملکرد، زیست توده و عملکرد نام گذاری شدند. لی و کالت سیکز با اندازه گیری ۱۲ صفت زراعی در نتایج F_1 تلاقی های دای آلل گندم دوروم و انجام تجزیه به عامل ها ۵ عامل را استخراج کردند که جمعاً ۹۸/۸ درصد از کل تنوع موجود را توجیه می کنند (۱۹). در عامل اول صفات عملکرد دانه در بوته و کرت، تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در بوته بالاترین سهم را داشتند. عامل دوم شامل صفات تعداد دانه در سنبلاچه و سنبله و در عامل سوم وزن هزار دانه و ارتفاع بوته اثر داشتند. عامل چهارم شامل تعداد سنبلاچه در سنبله و عامل پنجم شامل نسبت گلچه به دانه بود. صبوری چهار عامل را در توجیه تغییرات کل داده ها در برنج گزارش نمود و عامل های اول و دوم را به ترتیب ساختار گیاه و مؤلفه ای از طول نامید و بر اساس آن افزایش عوامل اول و دوم را منجر به افزایش تعداد و وزن دانه ها و در نهایت افزایش عملکرد دانست (۳).

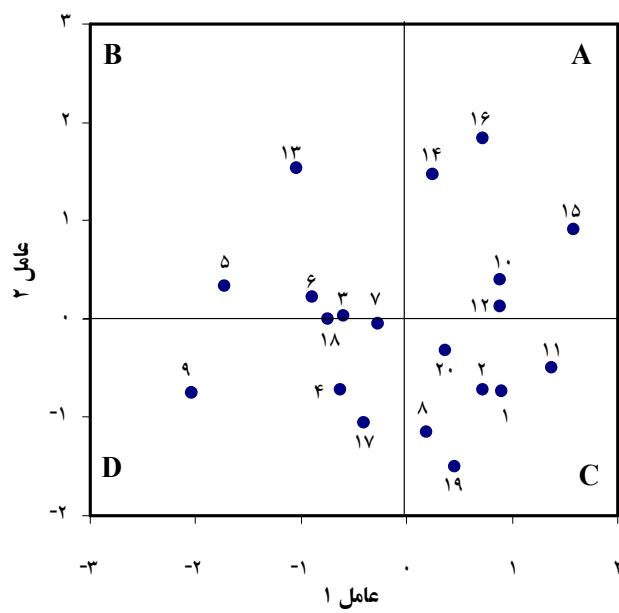
پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس امتیاز عامل های اول و دوم در شرایط بدون تنش رطوبتی (شکل ۱) اهمیت این عامل ها را کاملاً آشکار می سازد. ژنوتیپ هایی که در قسمت C شکل قرار دارند دارای عملکرد بیشتر و رشد رویشی کمتری می باشند. قرار گرفتن رقم بویر(با داشتن بیشترین عملکرد و روز تا خوش دهی و رسیدگی مناسب در شرایط مطلوب رطوبتی) در

برداشت، وزن هزار دانه و میزان آب نسبی برگ دارای بیشترین بار عاملی بودند (جدول ۴). در محیط دارای تنش رطوبتی عامل دوم دقیقاً تحت تأثیر همین صفات بود. متخصصین بهترادی و فیزیولوژی گیاهی بر این عقیده اند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام برتر باید صفات مطلوب و مؤثر در عملکرد ژنوتیپ ها را شناخت و از آنها به عنوان معیارهای انتخاب استفاده نمود (۱۲ و ۱۴). شاخص برداشت یکی از ویژگی های مهم و مؤثر در عملکرد دانه غلات و از معیارهای گزینشی مهم در تولید ارقام جدید غلات است. هم چنین وزن دانه یکی از اجزای نسبتاً پایدار و عامل تعديل کننده عملکرد دانه است. از طرفی همبستگی بالای میزان آب نسبی برگ با عملکرد دانه باعث گردیده است تا از این صفت به عنوان یک معیار انتخاب غیر مستقیم برای عملکرد دانه استفاده شود (۲۱ و ۲۲). بر این اساس این عامل را می توان عامل عملکرد نامید. افزایش این عامل باعث افزایش عملکرد و صفات ذکر شده می گردد. در عامل دوم در محیط بدون تنش رطوبتی، تعداد روز تا خوش دهی و رسیدگی دارای بار عاملی مثبت مهمی بودند و بنابراین عامل فنولوژیک نامیده شد. عامل فنولوژیک در محیط دارای تنش عامل پنهان سوم بود. افزایش این عامل باعث طولانی تر شدن دوره رشد رویشی می گردد و با توجه به بار منفی که عملکرد، اجزای آن و شاخص برداشت در این عامل دارند، افزایش آن باعث کاهش عملکرد می گردد. شاید اهمیت بیشتر این عامل در محیط بدون تنش نسبت به شرایط دارای تنش این است که اگر دوره رشد رویشی افزایش یابد، ژنوتیپ ها در شرایط مطلوب رطوبتی بیش از نیاز، رشد سبزینه ای می کنند و شاخص برداشت آنها بیشتر کاهش می یابد.

عامل سوم در شرایط بدون تنش رطوبتی بر تعداد سنبلاچه و تعداد دانه در خوش تأکید داشت. این دو صفت، اجزای عملکرد دانه را تشکیل می دهند. بنابراین، این عامل را می توان عامل مخزن نامید. این عامل در شرایط تنش رطوبتی عامل اول بود و بیشترین تنوع را توجیه کرد. از آنجا که تعداد دانه در خوش تحت شرایط



شکل ۱. بای پلات مقادیر عامل اول در برابر عامل دوم برای هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش رطوبتی.
(نام ژنوتیپ‌ها بر اساس شماره آنها در جدول ۱ آمده است)



شکل ۲. بای پلات مقادیر عامل اول در برابر عامل دوم برای هر ژنوتیپ در شرایط تنش رطوبتی.
(نام ژنوتیپ‌ها بر اساس شماره آنها در جدول ۱ آمده است)

در شکل ۲ عامل مخزن و عامل عملکرد در شرایط تنش رطوبتی هستند و ژنوتیپ‌های پیسلی، پیسر و بویر که در قسمت A نمودار قرار گرفته‌اند از نظر این عامل‌ها مطلوب‌تر می‌باشند. در نقطه مقابل (قسمت D) ژنوتیپ‌های بیکن،

این بخش تأییدی بر این نتیجه گیری است. لاین BL2 که در قسمت B شکل ۱ قرار گرفته است در شرایط بدون تنش رطوبتی دارای کمترین عملکرد بود و دیرتر از همه ژنوتیپ‌ها به خوش رفت و به مرحله برداشت رسید. محورهای مختصات

جدول ۵. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در شرایط بدون تنفس رطوبتی

ضرایب رگرسیون صریب تبیین تجمعی (R^2)	ضرایب رگرسیون			مرحله ورود	متغیر مستقل
	b_2	b_1	b_0		
۰/۵۵۳		۲۵۱۵۳/۵	-۱۶۰۳/۷	۱	شاخص برداشت
۰/۶۳۹	۲۲۸۶۸	۸۵/۱۶	-۱۲۷۰۴/۱	۲	ارتفاع بوته
۱۹/۹۷**	۵/۰۳*	۵/۹۵*			مقدار F در معادله نهایی

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در شرایط تنفس رطوبتی

ضرایب رگرسیون صریب تبیین تجمعی (R^2)	ضرایب رگرسیون			مرحله ورود	متغیر مستقل
	b_2	b_1	b_0		
۰/۵۷۶		۱۰۷۷۸/۳	۵۱۱/۰۱	۱	شاخص برداشت
۰/۶۶۳	۴۵/۱	۹۲۵۸/۸	-۲۴۳۳/۲	۲	میزان آب نسبی برگ
۴/۴۳*	۱۹**	۲/۶۶*			مقدار F در معادله نهایی

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

وارد مدل شدند و همراه صفت قبلی به ترتیب ۶۴٪ و ۶۶٪ از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. مرادی (۹) در مطالعه‌ای روی ۱۲ رقم یولاف نشان داد که در مجموع سطوح کاشت و کود نیتروژن، شاخص برداشت به عنوان اولین متغیر وارد مدل شد و پس از آن زیست توده، تعداد پنجه بارور و طول دوره پر شدن دانه وارد مدل شدند. در مطالعه دیگری روی ۸۱ رقم یولاف، وزن هزار دانه، تعداد پنجه بارور و عملکرد بیولوژیک به ترتیب وارد مدل شدند و ۶۳٪ از تغییرات عملکرد را توجیه کردند (۱).

شناسایی روابط علت و معلولی بین صفاتی که در بهبود عملکرد نقش اساسی دارند از اهمیت خاصی برخوردار است (۱۱). مزیت اصلی تجزیه ضرایب مسیر بر ضرایب همبستگی این است که می‌توان اثر غیرمستقیم هر جزء عملکرد، که از ارتباط متقابل بین اجزا حاصل می‌گردد را از اثر مستقیم آن جزء بر عملکرد تفکیک نمود (۲۴). در تجزیه ضرایب مسیر از ضرایب همبستگی ژنتیکی به خاطر اهمیت

ساپوکس و لاین BL2 دارای مقادیر پایینی از ۲ عامل هستند و ژنتیک‌های مطلوبی در این شرایط به شمار نمی‌روند. در قسمت C شکل ژنتیک‌هایی قرار گرفته‌اند که علی‌رغم عامل مخزن مطلوب، عملکردهای پایینی دارند که نشان دهنده توان فتوستتری پایین آنها می‌باشد.

تجزیه علیت و بررسی ضرایب مسیر در ابتدا با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای سهم هر صفت در تنوع موجود برای عملکرد دانه تعیین شد (جداول ۵ و ۶). صفاتی که سهم بیشتری در ایجاد تغییرات دارند می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای بهبود عملکرد بیشتر مورد توجه قرار گیرند. در هر دو شرایط محیطی بدون تنفس و تنفس رطوبتی شاخص برداشت اولین متغیری بود که وارد مدل شد و به ترتیب ۵۳٪ و ۵۷٪ از تغییرات عملکرد دانه بین ژنتیک‌ها را توجیه نمود. در مرحله دوم در شرایط محیطی بدون تنفس ارتفاع بوته و در شرایط تنفس رطوبتی میزان آب نسبی برگ

جدول ۷. تجزیه مسیر براساس همبستگی‌های ژنتیکی برای عملکرد دانه در واحد سطح در شرایط تنش طوبی (داخل پرانتز) و بدون تنش

صفت	اثر غیر مستقیم از طریق	اثر مستقیم				ضرایب همبستگی
		۴	۳	۲	۱	
ژنتیکی با عملکرد دانه	اثر مستقیم					
۱- شاخص برداشت						۰/۹۰ (۰/۹۲)
		۰/۸۵۳ (۰/۹۱۹)	۰/۰۲ (۰/۱۷۹)	۰/۱۰۶ (-۰/۳۳۰)	-۰/۰۷۹ (-۰/۱۴۶)	
۲- تعداد خوشه در متر مربع					-۰/۱۱۱ (۰/۵۰۵)	۰/۰۳
		۰/۴۵۹ (-۰/۲۶۵)	-۰/۰۱۵ (۰/۲۵۵)	-۰/۳۰۴ (-۰/۱۸۷)		(۰/۳۱)
۳- تعداد دانه در خوشه				-۰/۲۹ (۰/۲۲۴)	۰/۱۸۷ (-۰/۱۳۸)	۰/۳۶ (۰/۰۷)
		۰/۴۸۲ (۰/۲۱۹)	-۰/۰۲۱ (۰/۲۳۷)			
۴- وزن دانه			-۰/۱۲۱ (-۰/۰۷۱)	-۰/۰۷۹ (-۰/۰۲۴)	۰/۲۰۴ (۰/۴۵۴)	۰/۰۹ (۰/۰۵)
		۰/۰۸۳ (۰/۳۸۱)				

= باقی‌مانده (شرایط تنش) و = باقی‌مانده (شرایط بدون تنش)

دانه در واحد سطح بود (۰/۴۵۹*)، ولی این صفت بالاترین اثر غیر مستقیم منفی (-۰/۳۰۴) را از طریق تعداد دانه در خوشه بر عملکرد دانه داشت. این نتیجه بدین علت است که با افزایش تعداد خوشه بارور، تعداد دانه در خوشه کاهش می‌یابد. دو فینگ و نایت (۱۳) نیز اثر مستقیم تعداد پنجه بارور روی عملکرد را مثبت (۰/۳۷) و اثر غیر مستقیم آن را از طریق تعداد دانه در سنبله گندم منفی (۰/۵۴) اعلام کردند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. در مجموع با وجود دو اثر غیر مستقیم و منفی دیگری که تعداد خوشه در متر مربع از طریق شاخص برداشت و وزن دانه بر عملکرد داشت، همبستگی ژنتیکی آن با عملکرد دانه پایین (۰/۰۳) بود.

در شرایط تنش رطوبتی نیز شاخص برداشت بالاترین اثر مستقیم مثبت (۰/۹۱۹**) را بر عملکرد دانه در واحد سطح داشت (جدول ۷) که در مقایسه با شرایط بدون تنش مقدار آن کمی بیشتر بود. هم‌چنین این صفت از طریق تعداد خوشه بارور در متر مربع و تعداد دانه در خوشه اثر غیر مستقیم و منفی کوچکی را بر عملکرد دانه در واحد سطح داشت. در مجموع آثار مذکور و اثر غیر مستقیم و مثبت شاخص برداشت از طریق وزن دانه بر عملکرد، باعث ایجاد همبستگی ژنتیکی بالا (۰/۹۲**) بین

بیشتر آنها در انتخاب صفاتی که در بهبود عملکرد نقش دارند، استفاده شد.

نتایج حاصل از تجزیه مسیر برای عملکرد دانه در واحد سطح در شرایط بدون تنش (جدول ۷) نشان داد که شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۸۵۳***) را بر عملکرد در واحد سطح دارد و از طریق تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه اثر غیر مستقیم مثبت و کمی را بر آن اعمال می‌کند. شاخص برداشت از طریق تعداد خوشه بارور در متر مربع اثری غیرمستقیم و منفی را بر عملکرد داشت. شاخص برداشت بالاترین همبستگی ژنتیکی (۰/۹**) را با عملکرد دانه در واحد سطح دارا بود و بنابراین این همبستگی بیشتر ناشی از اثر مستقیم و مثبت این صفت بر عملکرد دانه در واحد سطح است. بعد از شاخص برداشت، تعداد دانه در خوشه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه در واحد سطح داشت. این صفت از طریق شاخص برداشت اثر غیرمستقیم و مثبت (۰/۱۸۷) و از طریق تعداد خوشه در متر مربع و وزن هزار دانه اثر غیر مستقیم و منفی را بر عملکرد در واحد سطح داشت و در مجموع همبستگی ژنتیکی آن با عملکرد دانه در واحد سطح ۰/۳۶ گردید. تعداد خوشه بارور در متر مربع نیز دارای اثر مستقیم بالایی بر عملکرد

محدودیت‌ها تشخیص داده شدند، می‌توان برای هر محیط یک مدل خاص (تیپ ایده‌آل) تعریف نمود و سپس اصلاح برای ایجاد چنین مدلی را آغاز کرد (۲۴). نتایج مطالعه جیباوو و همکاران حاکی از آن است که در گندم دوروم وزن هزار دانه و تعداد خوشه در واحد سطح مهمترین اجزای مؤثر بر عملکرد می‌باشند (۱۸). در این مطالعه تعداد دانه در خوشه با اثر مستقیم و مثبت (۰/۲۱۹) و اثر غیر مستقیم و مثبت از طریق تعداد خوشه بارور و اثرات غیر مستقیم و منفی از طریق شاخص برداشت (۰/۳۸) و وزن دانه (۰/۲۳۷) کمترین همبستگی ژنتیکی (۰/۰۷) را با عملکرد دانه داشت.

طبق نظر بورد و همکاران (۱۱) در تجزیه ضرایب مسیر می‌توان از اجزایی که دارای چهار ویژگی زیر باشند به عنوان معیار انتخاب استفاده نمود:

۱- اجزایی که همبستگی آنها با عملکرد مثبت و اثر مستقیم و مثبتی بر عملکرد دانه داشته باشند.

۲- اجزایی از عملکرد که علی‌رقم داشتن همبستگی منفی با عملکرد، دارای اثر مستقیم بزرگ و مثبت بر عملکرد دانه باشند.

۳- اجزایی که حداقل اثرات غیرمستقیم منفی را از طریق سایر صفات بر عملکرد دانه داشته باشند.

۴- اجزایی از عملکرد که بتوان آنها را در کرت‌های کوچک محاسبه و تعیین نمود.

با توجه به معیارهای فوق و نتایج این بررسی می‌توان پیشنهاد نمود که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط بدون تنش رطوبتی ابتدا باید شاخص برداشت و بعد از آن تعداد خوشه بارور در متر مربع و تعداد دانه در خوشه را افزایش داد و در شرایط تنش رطوبتی از شاخص برداشت و وزن هزار دانه به عنوان معیار انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در واحد سطح استفاده نمود. هم‌چنین با توجه به روابط و نحوه تأثیرگذاری صفات بر یکدیگر در هر یک از دو محیط تنش و بدون تنش رطوبتی می‌توان شاخص‌های انتخاب را محاسبه نمود و از آنها برای بهبود عملکرد و معرفی ارقام بهره جست.

عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط تنش رطوبتی شد. وزن دانه در شرایط تنش، اثر مستقیم مثبت بیشتری (۰/۳۸۱) نسبت به شرایط بدون تنش (۰/۰۸۳) بر عملکرد دانه در واحد سطح اعمال کرد. این اثر مستقیم بعد از شاخص برداشت بیشترین مقدار بود. وزن دانه از طریق شاخص برداشت اثری غیر مستقیم و مثبت (۰/۴۳۱) بر عملکرد دانه داشت. وزن دانه از طریق تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه بارور در متر مربع اثر غیر مستقیم منفی بر عملکرد داشت. یعنی افزایش تعداد خوشه بارور در متر مربع و تعداد دانه در خوشه باعث کاهش وزن دانه می‌شود و به طور غیرمستقیم عملکرد را کاهش می‌دهد. همبستگی ژنتیکی وزن دانه با عملکرد دانه (۰/۵) حاصل مجموع این اثر مستقیم و اثر غیر مستقیم است. با توجه به این که از نظر مراحل تکوینی وزن دانه آخرین جزء عملکرد است که شکل می‌گیرد، اگر به دلیلی یکی از این اجزا مانند تعداد دانه در خوشه یا تعداد خوشه در متر مربع کاهش یابد، این کاهش به نوعی توسط افزایش وزن دانه جبران می‌شود. فیشر (۱۶) جبران کاهش تعداد دانه در سنبلاچه و تعداد دانه در متر مربع در اثر تیمار سایه‌دهی را از طریق وزن دانه تأیید کرده است (۱۶). در شرایط تنش رطوبتی تعداد خوشه در متر مربع اثر مستقیم و منفی بر عملکرد دانه داشت، اما از طریق شاخص برداشت بیشترین اثر غیرمستقیم و مثبت (۰/۵۰۵) را بر عملکرد دانه در واحد سطح گذاشت. تنش رطوبتی باعث گردید تا اثر مستقیم تعداد خوشه بارور بر عملکرد دانه که در شرایط رطوبتی عادی مثبت (۰/۴۵۹) بود، به اثری منفی (۰/۲۶۵) تغییر کند. دایر و همکاران نیز با بررسی ژنتیک‌های ذرت در محیط ژنتیک‌ها تحت تأثیر چنین نتیجه‌گیری نمودند که در هر محیط ژنتیک‌ها تحت تأثیر عوامل متفاوتی قرار دارند که فقط مخصوص همان محیط هستند (۱۵).

شناسایی ارتباط بین صفات و روابطی که عملکرد را در شرایط تنش رطوبتی تحت تأثیر قرار می‌دهند به اصلاحگران اجازه می‌دهد که ژنتیک‌هایی با عملکرد بیشتر را برای چنین شرایطی تولید نمایند. هنگامی که ارتباطات شناسایی و

منابع مورد استفاده

۱. انگجی، س.ع. ۱۳۸۱. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام زراعی یولاف (*Avena sativa L.*). پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. جزایری، م.ر. و ع.م. رضائی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام یولاف در شرایط آب و هوایی اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰(۳): ۳۹۳-۴۰۵.
۳. شاهین نیا، ف. ۱۳۷۹. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی و الگوهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در لاین‌های اصلاحی، ارقام زراعی و بومی گندم نان به روش تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۴. فرشادفر، ف. و ر. محمدی. ۱۳۸۲. ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در آگروپیرون با استفاده از شاخص انتخاب چندگانه. علوم کشاورزی ایران ۳۴(۳): ۶۲۵-۶۴۶.
۵. فضیحی، خ. ۱۳۷۳. مقایسه رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم پائیزه در اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶. کریمی، م. ۱۳۶۶. آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان.
۷. کوچکی، ع. ۱۳۷۳. زراعت در مناطق خشک و غلات، حبوبات، گیاهان صنعتی و گیاهان علوفه‌ای. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۸. محمدی‌ژزاد، ق. ۱۳۸۱. مقایسه پارامترهای مختلف پایداری در ژنتیپ‌های یولاف. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۹. مرادی، م. ۱۳۸۲. ارزیابی پتانسیل عملکرد ارقام قدیم و جدید یولاف و نقش برنامه‌های بهنژادی در افزایش عملکرد. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
10. Al-hakimi, A., A. P. Monneveaux and M. M. Nachit. 1998. Direct and indirect selection for drought tolerance in alien tetraploid wheat \times durum wheat crosses. *Euphytica* 100: 287-294.
11. Board, J. E., M. S. Kang and B. G. Harville. 1997. Path analyses identify indirect selection for yield of late-planted soybean. *Crop Sci.* 37: 879-884.
12. Clarke, J. M. and R. M. Depauw. 1991. Screening durum wheat germplasm for dry growing conditions: Morphological criteria. *Crop Sci.* 31: 770-775.
13. Dofing, S. N. and C. W. Knight. 1992. Alternative model for path analysis of small grain yield. *Crop Sci.* 32: 487-489.
14. Donald, C. M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* 28: 361-405.
15. Dwver, L. M., B. L. Ma, L. Evenson and R. I. Hamilton. 1994. Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mild-to short season environments. *Crop Sci.* 34: 985-992.
16. Fischer, R. A. 1975. Yield potential in dwarf wheat and the effect of shading. *Crop Sci.* 15: 607-613.
17. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
18. Gebeyou, G., D. R. Knott and R. J. Baker. 1981. Relationships among duration of vegetative and grain filling phases yield components and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 27: 287-290.
19. Lee, J. and P. J. Kaltsikes. 1973. Multivariate statistical analysis of grain yield and agronomic characters in durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 43: 226-231.
20. Lynch, P. J. and K. J. Fery. 1993. Genetic improvement in agronomic and physiological traits of oat since 1914. *Crop Sci.* 33: 984-988.
21. Manette, A. S., C. J. Richard, B. Carre and B. Morhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sci.* 28: 256-531.

22. Mationn, M. A., J. H. Brown and H. Ferguson. 1989. Leaf water potential, relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agron. J.* 81: 100-105.
23. Mehetre, S. S., C. R. Mahajan, P. A. Patial, S. K. Lad and P. M. Dhumal. 1994. Variability, heritability, correlation, path analysis and genetic divergence studies in upland rice. *IRRI Notes* 19: 8-10.
24. Ortiz, R. and H. Longie. 1997. Path analysis and ideotype for plant breeding. *Agron. J.* 89: 988-994.
25. Pantuwan, G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereeku and J. C. O'Toole. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1., Grain yield and yield components. *Field Crops Res.* 73: 153-168.
26. Perry, M. W. and M. F. D. Antuono. 1980. Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat cultivars introduced between 1960 and 1982. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 457-472.
27. Riggs, T. J., P. R. Hanson, N. D. Start, D. M. Miles, C. L. Morgan and M. A. Ford. 1981. Comparison of spring barley varieties in England and Wales between 1880 and 1980. *J. Agric. Sci. Camb.* 97: 599-610.
28. Slafer, G.A. and F.H. Andrade. 1991. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world. *Euphytica* 58:37-49.