

تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد گندم نان زمستانه و بینابین تحت تنش خشکی آخر فصل با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

احمدرضا کوچکی^{۱*}، امیر یزدان سپاس^۲، محمدرضا مهرور^۳ و مانی معرفت‌زاده خامنه^۴
۱ و ۲، مربی، استاد و استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور، کرج
۳، کارشناس ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه
(تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۴ - تاریخ تصویب: ۹۲/۹/۱۳)

چکیده

مطالعه صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به تنش خشکی، به‌عنوان یکی از عوامل اصلی کاهش تولید محصولات زراعی و نیز صفات مرتبط با تعیین عملکرد در این شرایط می‌تواند به شناخت راهکارهای مناسب برای انتخاب ارقام متحمل و افزایش عملکرد کمک کند. این تحقیق با هدف ارزیابی تحمل ۱۹ ژنوتیپ امیدبخش گندم نان زمستانه و بینابین به تنش خشکی در مرحله گلدهی (S2) و ۲۰ روز بعد از گلدهی (S1) در سه سال زراعی ۹۰-۱۳۸۷، تحت وضعیت آبیاری نرمال و تنش خشکی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه مکان کرج، اراک و جلگه رخ اجرا شد. رژیم آبیاری و ژنوتیپ به‌ترتیب به‌عنوان فاکتور اصلی و فرعی بررسی شدند. تجزیه‌های آماری شامل تجزیه همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه علیت و تجزیه به عامل‌ها بود. نتایج حاکی از همبستگی زیاد و معنادار وزن بیومس با وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه و نیز تعداد دانه در سنبله با وزن سنبله و دانه تحت وضعیت نرمال بود. در وضعیت تنش خشکی ملایم، همبستگی زیادی بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه و وزن دانه در سنبله، و در وضعیت تنش خشکی شدید، همبستگی مثبت زیادی بین تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص برداشت با عملکرد دانه به‌دست آمد. بیشترین اثر مستقیم در وضعیت تحت بررسی مربوط به صفت تعداد دانه در سنبله بود که در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نیز مشهود بود. همچنین از صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزاردانه، واردشده در مدل‌های تجزیه علیت می‌توان به‌عنوان صفات بالقوه در اصلاح عملکرد دانه گندم استفاده کرد. براین‌اساس و با توجه به تأثیرات زیاد مستقیم و غیرمستقیم تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه، می‌توان از این صفت در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور بهبود عملکرد دانه گندم به‌طور مؤثرتری استفاده کرد. به‌طور کلی و با توجه به نتایج تجزیه به عامل‌ها، به‌نظر می‌رسد می‌توان با تقویت صفات عامل اول که بیشترین درصد واریانس تغییرات بین داده‌ها را توجیه می‌کنند، گام مؤثری در بهبود عملکرد دانه برداشت.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه علیت، تجزیه همبستگی، گندم.

مقدمه

ارقامی است که ظرفیت تولید بیشتری داشته باشند (Arzani, 1999). عملکرد دانه، صفت کمی پیچیده‌ای است که تعداد زیادی ژن با اثر کم آن را کنترل می‌کنند و تحت تأثیر شدید عوامل محیطی قرار دارد. ظرفیت

عملکرد دانه گندم به‌عنوان مهم‌ترین بخش اقتصادی گیاه، حاصل برابند اجزای عملکرد و صفات مرتبط با آن است. یکی از اهداف اصلی برنامه‌های اصلاح گندم، تولید

و بهبود اجزای عملکرد، از روش‌های کارآمد در برنامه‌های اصلاحی به‌شمار می‌آید. از این‌رو بررسی روابط بین اجزای عملکرد دانه با عملکرد دانه در این راستا بسیار اهمیت دارد. تجزیه ضرایب مسیر، روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم صفات است و اطلاعات مفیدی درباره نحوه تأثیرپذیری صفات از یکدیگر و روابط بین آنها فراهم می‌آورد. سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد دانه ممکن است به‌طور غیرمستقیم نیز تحت تأثیر بقیه اجزا قرار گیرد (Dofing & Knight, 1992). استفاده از این روش نیازمند شناخت روابط علت و معلولی بین صفات است و محقق باید براساس اطلاعات قبلی و شواهد تجربی، جهت علت‌ها را مشخص کند (Srivastava *et al.*, 1976). درک نادرست نقش و همبستگی صفات ممکن است کارایی انتخاب را در برنامه‌های به‌نژادی کاهش دهد. مطالعات متعددی در زمینه بررسی روابط بین عملکرد دانه و دیگر صفات گندم انجام گرفته است (Golparvar Nikkha, 1998; Sayyah *et al.*, 2010; *et al.*, 2002). Moghaddam *et al.* در تحقیقی نشان دادند که تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه، همبستگی زیادی با عملکرد دانه گندم داشته و تأثیرات مستقیم زیاد و معناداری بر این صفت دارند.

در مطالعه‌ای دیگر نیز وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت در گندم، اثر مستقیم مثبت و معناداری بر عملکرد دانه داشتند (Ehdaie & Waines, 1989). همچنین در مطالعات مختلف بر همبستگی مثبت و معنادار وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم و اهمیت آنها در بهبود عملکرد دانه به‌عنوان شاخص انتخاب تأکید شده است (Del Blanco *et al.*, 2001; Dehghan *et al.*, 2011; Fagam *et al.*, 2007).

معرفی ارقام گندم دارای ظرفیت تولید دانه بیشتر، در محیط‌های تعریف‌شده (هدف) محور برنامه‌های به‌نژادی بوده است، که با بررسی صفات نمودی، فیزیولوژیکی و زراعی ژنوتیپ‌ها ظهور پیدا می‌کند. درحالی‌که پیچیدگی صفت عملکرد دانه و نیز تنوع صفات مؤثر بر آن در کنار تأثیرپذیری شدید آنها از عوامل محیطی، ضرورت بررسی تغییرات صفات، سهم

عملکرد دانه به توانایی ژنوتیپ در ساخت، انتقال و ذخیره‌سازی مواد غذایی در دانه بستگی دارد. افزایش ظرفیت عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی به‌طور متداول با تلاقی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد دانه زیاد و سپس انتخاب ژنوتیپ‌های برتر صورت می‌گیرد (Guertin & Bailey, 1982). از این‌رو، بررسی پتانسیل تولید ژنوتیپ‌ها و تنوع صفات در برنامه‌های اصلاحی بسیار حائز اهمیت است و تجزیه و تحلیل‌های چندمتغیره می‌تواند اطلاعات زیادی را در این زمینه در اختیار قرار دهد. تعیین روابط بین صفات و کشف عوامل پنهان و همچنین تعیین سهم هر یک از صفات در ایجاد تنوع برای عملکرد دانه، در برنامه‌های به‌نژادی بسیار سودمند خواهد بود (Griffiths & Miller, 1996). تجزیه به عامل‌ها، توصیفی از کوواریانس یا همبستگی بین چند متغیر اندازه‌گیری‌شده توسط تعداد کمی عامل یا متغیر پنهان است (Johnson & Wichern, 1996). در مطالعه‌ای، هفت عامل پنهان با ارزیابی ارقام بومی گندم‌های ایران شناسایی شد که در مجموع ۷۸/۶ درصد از کل تغییرات صفات کمی را توجیه کرد که خصوصیات برگ پرچم، خصوصیات پدانکل، عملکرد بیولوژیکی، خصوصیات سنبله، دوره رشد و توان گیاه در انتقال مواد فتوسنتزی نامیده شدند (Bahramnejad, 1996). در مطالعه دیگری، توسط تجزیه به عامل‌ها، ۱۱ صفت در ۸۰ ژنوتیپ گندم نان به ۴ مؤلفه اصلی و ۲ عامل که در مجموع ۷۶/۷ و ۹۵/۸ درصد از تنوع کل صفات را توجیه می‌کردند تفکیک شدند (Kalantarzadeh, 2002). در این مطالعه، عامل اول تحت تأثیر صفات عملکرد دانه، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، مساحت و طول و عرض برگ پرچم؛ و عامل دوم تحت تأثیر مثبت تعداد روز تا به سنبله و ساقه رفتن، عملکرد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح؛ و تحت تأثیر منفی صفات وزن هزاردانه، مساحت برگ پرچم و طول سنبله بود. Sorkhi & Yazdisamadi (1998) با تجزیه به عامل‌های صفات زراعی لاین‌های گندم نشان دادند ۷۷/۲ درصد از تغییرات داده‌ها توسط شش عامل پنهانی توجیه شد که عامل اول شامل صفات نمودی و فیزیولوژیکی و عامل‌های دوم و سوم، بیشتر شامل اجزای عملکرد بود. بهبود عملکرد دانه از طریق به‌نژادی

ملایم (S1)، یک نوبت آبیاری پاییزه و چهار نوبت آبیاری بهاره (تا ۲۰ روز پس از گلدهی) انجام گرفت. در طول دوره رشد، علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت‌برداری‌های لازم از کرت‌های آزمایشی صورت گرفت. برای ارزیابی و بررسی صفات مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌ها، در سه مرحله گلدهی، ۲۰ روز پس از گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی، نمونه‌های گیاهی شامل ۲۰ ساقه کامل (شامل همه برگ‌ها و سنبله) که به‌طور تصادفی در هر کرت و از سه تکرار از سطح زمین بریده شدند، تهیه شد. نمونه‌ها ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس صفاتی مانند وزن بیومس در زمان گلدهی (BWA)، وزن سنبله در زمان گلدهی (SWA)، وزن پدانکل در زمان گلدهی (PWA)، وزن بیومس ۲۰ روز پس از گلدهی (BWPM)، وزن سنبله ۲۰ روز پس از گلدهی (SWPM)، وزن پدانکل ۲۰ روز پس از گلدهی (PWPM)، وزن بیومس در زمان رسیدن (BWM)، وزن سنبله در زمان رسیدن (SWM)، وزن پدانکل در زمان رسیدن (PWM) و نیز تعداد دانه در سنبله (GN)، وزن دانه در سنبله (GW)، عملکرد دانه (YLD)، وزن هزاردانه (TKW)، شاخص برداشت (HI)، انتقال مجدد (SaGR)، کارایی انتقال مجدد (SGRE) و سهم انتقال مجدد (PAPCG) مواد فتوسنتزی در عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه‌های آماری شامل تجزیه همبستگی خطی پیرسون، رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه علیت و تجزیه به‌عوامل بود. از روش رگرسیون گام‌به‌گام به‌منظور حذف صفات غیرمؤثر یا کم‌تأثیر بر عملکرد استفاده شد. با استفاده از تجزیه علیت مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و حد تأثیر مستقیم و غیرمستقیم آنها تعیین شد. در این تحقیق، تجزیه علیت (تجزیه ضرایب مسیر) روی متغیرهای مستقلی که در روش رگرسیون گام‌به‌گام وارد مدل شده بودند، انجام گرفت. سرانجام به‌منظور آشکار شدن رابطه بین متغیرها از تجزیه به‌عوامل استفاده شد. تجزیه به‌عواملها از طریق روش مؤلفه‌های اصلی و با اجرای چرخش واریماکس صورت گرفت. برای تعیین تعداد عامل‌های مناسب، عامل‌های دارای ریشه بزرگ‌تر از یک، انتخاب شدند و برای ماتریس ضرایب عامل‌ها به‌کار رفتند. تجزیه همبستگی و رگرسیون گام‌به‌گام با استفاده

تأثیرگذاری و تعیین رابطه مستقیم و غیرمستقیم آنها با عملکرد دانه را دوچندان کرده است. از این‌رو هدف این تحقیق، دستیابی به صفات مناسب در ژنوتیپ‌هایی از گندم است که در هر دو وضعیت معمول و خشکی انتهای فصل، سبب افزایش یا حفظ عملکرد دانه شوند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور ارزیابی تحمل ۱۹ ژنوتیپ امیدبخش گندم نان زمستانه و بینابین به تنش خشکی پس از مرحله گلدهی (S₂) و ۲۰ روز بعد از گلدهی (S₁)، در سه سال زراعی ۹۰-۱۳۸۷ تحت وضعیت آبیاری نرمال و تنش خشکی با استفاده از طرح کرت‌های یک‌بار خردشده با طرح آماری پایه بلوک‌های کامل تصادفی شامل رژیم آبیاری به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان عامل فرعی با سه تکرار در ایستگاه‌های تحقیقاتی کرج، اراک و جلگه رخ اجرا شد. شجره ژنوتیپ‌های بررسی‌شده در جدول ۱ آورده شده است. در این تحقیق هر ژنوتیپ در یک کرت به مساحت ۷/۲ متر مربع با تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزاردانه برای هر ژنوتیپ کشت شده و در زمان برداشت، نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و مساحت برداشت ۶ متر مربع در نظر گرفته شد. زمین زیر کشت تحت تناوب دوساله غلات-آیش بود و کلیه عملیات تهیه زمین، شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد فارو انجام گرفت. کود مصرفی (N-P-K) براساس آزمون خاک اعمال شد. کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفره از منبع فسفات آمونیوم به‌صورت پایه و کود ازته از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک به مصرف رسید. در طول فصل زراعی، مبارزه با علف‌های هرز به‌روش مکانیکی و شیمیایی (استفاده از علف‌کش گرانستار برای علف‌های هرز پهن‌برگ و علف‌کش پوما سوپر برای علف‌های هرز نازک‌برگ) انجام گرفت. عملیات آبیاری در آزمایش‌های نرمال به‌صورت نشتی شامل یک نوبت آبیاری پاییزه و شش نوبت آبیاری بهاره بود. آبیاری در آزمایش تنش شدید (S₂)، شامل یک نوبت آبیاری پاییزه و دو نوبت آبیاری بهاره قبل از مرحله گلدهی و در آزمایش تنش

از نرم افزار SPSS 16، تجزیه به عامل‌ها با استفاده از نرم افزار Statgraphics Centurion XVI و تجزیه علیت با استفاده از برنامه Path 74 انجام گرفت.

جدول ۱. شجره ژنوتیپ‌های گندم بررسی شده در تحقیق

نام / شجره ژنوتیپ‌ها	کد ژنوتیپ‌ها	ردیف
Shahriyar	C-87-1	۱
Alvand	C-87-2	۲
C-80-4	C-87-3	۳
Gascogne//Rsh*2/10120/3/Alvd//Aldan/Ias58	C-87-4	۴
Alvd//Aldan/Ias58/3/MV17/4/Evwy2/Azd//Rsh*2/10120	C-87-5	۵
Alvd//Aldan/Ias58*2/3/Gaspard	C-87-6	۶
Mhdv/Soissons/4/Bloudan/3/Bb/7C*2//Y50E/Kal*3	C-87-7	۷
F4141-W-1-1/Pastor//Pyn/Bau	C-87-8	۸
Au//YT542/N10B/3/II8260/4/Ji/Hys/5/YunnatOdesskiy/6/Ks82W409/Spn	C-87-9	۹
Id800994.W/Vee/3/Ures/Jun//Kauz/4/Bul5052.1	C-87-10	۱۰
Basswood/MV17	C-87-11	۱۱
Basswood/MV17	C-87-12	۱۲
Bhr*5/Aga//Sni/3/Trk13/4/Gaspard	C-87-13	۱۳
Qds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/5/Vee/Nac/6/Gascogne	C-87-14	۱۴
Qds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/5/Vee/Nac/6/Gascogne	C-87-15	۱۵
Omid//H7/4P839/3/Omid/Tdo/4/ICWHA81-1473/5/90Zhong87/6/Owl	C-87-16	۱۶
Soissons/M-73-4//Owl 852524-*3H-*O-*HOH	C-87-17	۱۷
Bilinmeyen-6	C-87-18	۱۸
Sn64//Ske/2*Ane/3/Sx/4/Bez/5/Seri/6/Chervona/7/Kleiber/2*FL80//Donskpoluk	C-87-19	۱۹

نتایج و بحث

($0/77^{**}$)، وزن دانه در سنبله (GW) ($0/92^{**}$)، وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) ($0/79^{**}$)، ۲۰ روز پس از گلدهی (BWPM) ($0/67^{**}$) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) ($0/86^{**}$) داشت. در وضعیت تنش خشکی ملایم (S_1) انتهای فصل، بیشترین همبستگی صفات تحت مطالعه با عملکرد دانه (YLD) مربوط به صفات تعداد دانه در سنبله (GN) ($0/79^{**}$)، وزن دانه در سنبله (GW) ($0/61^{**}$)، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (SaGR) ($0/67^{**}$)، وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) ($0/63^{**}$)، ۲۰ روز پس از گلدهی (BWPM) ($0/64^{**}$) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) ($0/53^{**}$)، وزن سنبله در زمان گلدهی (SWA) ($0/66^{**}$) و ۲۰ روز پس از گلدهی (SWPM) ($0/69^{**}$) بود. در این بین، وزن هزاردانه (TKW)، همبستگی منفی معناداری ($-0/60^{**}$) با عملکرد دانه (YLD) نشان داد. در این وضعیت، همبستگی قوی مثبتی بین تعداد دانه در سنبله (GN) با وزن دانه در سنبله (GW) ($0/88^{**}$) به دست آمد.

این دو صفت همچنین همبستگی معناداری با وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) و رسیدگی بیولوژیکی (BWM) داشتند. وزن سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (SWM) نیز همبستگی مثبت قوی و معناداری با صفات تعداد دانه در سنبله (GN)

ضرایب همبستگی بین صفات مختلف برای هر سه وضعیت اجرای آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. در وضعیت نرمال (N)، عملکرد دانه (YLD) همبستگی مثبت و معناداری با صفات وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) ($0/70^{**}$)، ۲۰ روز پس از گلدهی (BWPM) ($0/76^{**}$) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) ($0/59^{**}$)، وزن سنبله در زمان گلدهی (SWA) ($0/70^{**}$) و ۲۰ روز پس از گلدهی (SWPM) ($0/72^{**}$)، تعداد دانه در سنبله (GN) ($0/67^{**}$) و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (SaGR) ($0/56^{**}$) داشت. همچنین در این وضعیت، تعداد دانه در سنبله (GN) همبستگی زیاد و معناداری با وزن دانه در سنبله (GW) ($0/92^{**}$) و وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) ($0/84^{**}$)، ۲۰ روز پس از گلدهی (BWPM) ($0/80^{**}$) و در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) ($0/89^{**}$) نشان داد. وزن دانه در سنبله (GW) نیز همبستگی مثبت زیادی با وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) ($0/82^{**}$)، ۲۰ روز پس از گلدهی (BWPM) ($0/80^{**}$) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) ($0/93^{**}$) داشت. وزن سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (SWM) نیز در وضعیت نرمال (N)، همبستگی مثبت زیاد و معناداری با صفات تعداد دانه در سنبله (GN)

رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) ($0/83^{**}$) داشت. وزن ($0/75^{**}$) (GW)، وزن دانه در سنبله ($0/75^{**}$)، وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) ($0/79^{**}$) و

جدول ۲. ضرایب همبستگی بین صفات بررسی شده تحت وضعیت‌های آبیاری نرمال (N)، تنش خشکی ملایم (S₁) و شدید (S₂) انتهای فصل

PAPCG	SGRE	SaGR	HI	TKW	GWM	GNM	PWM	SWM	BWM	PWPM	SWPM	BWPM	PWA	SWA	BWA	YLD			
															۱	۰.۷۰**	N		
															۱	۰.۶۳**	S ₁ BWA		
															۱	۰.۵۱**	S ₂		
														۱	۰.۷۰**	۰.۷۰**	N		
														۱	۰.۶۶**	۰.۶۶**	S ₁ SWA		
														۱	۰.۴۴**	۰.۵۰**	S ₂		
													۱	۰.۶۷**	۰.۵۳**	۰.۵۹**	N		
													۱	۰.۴۹**	۰.۲۷*	۰.۴۱**	S ₁ PWA		
													۱	۰.۵۳**	۰.۳۸**	۰.۶۷**	S ₂		
													۱	۰.۵۲**	۰.۷۹**	۰.۷۶**	N		
													۱	۰.۲۶*	۰.۶۹**	۰.۶۴**	S ₁ BWPM		
													۱	۰.۵۱**	۰.۴۶**	۰.۵۹**	S ₂		
														۱	۰.۹۲**	۰.۷۶**	۰.۷۲**	N	
														۱	۰.۸۸**	۰.۳۷**	۰.۶۹**	S ₁ SWPM	
														۱	۰.۲۳	۰.۵۱**	۰.۴۸**	S ₂	
														۱	۰.۵۳**	۰.۶۱**	۰.۱۵	N	
														۱	۰.۳۰*	۰.۶۳**	۰.۰۷	S ₁ PWPM	
														۱	۰.۴۲**	۰.۱۸	۰.۶۵**	S ₂	
														۱	۰.۵۰**	۰.۷۱**	۰.۵۹**	N	
														۱	۰.۶۵**	۰.۶۴**	۰.۵۳**	S ₁ BWM	
														۱	۰.۲۲	۰.۳۸**	۰.۷۱**	S ₂	
															۱	۰.۸۶**	۰.۳۱*	۰.۴۹**	N
															۱	۰.۵۵**	۰.۶۷**	۰.۴۹**	S ₁ SWM
															۱	۰.۳۰*	۰.۶۵**	۰.۴۹**	S ₂
															۱	۰.۰۳	۰.۲۹*	۰.۰۸	N
															۱	۰.۴۵**	۰.۵۲**	۰.۰۴	S ₁ PWM
															۱	۰.۲۷*	۰.۵۲**	۰.۱۶	S ₂
															۱	۰.۰۱	۰.۱۸	۰.۶۲**	N
															۱	۰.۳۲*	۰.۷۷**	۰.۶۷**	S ₁ GNM
															۱	۰.۱۲	۰.۷۵**	۰.۷۹**	S ₂
															۱	۰.۲۰*	۰.۳۲*	۰.۴۹**	N
															۱	۰.۹۲**	۰.۴۹**	۰.۵۳**	S ₁ GWM
															۱	۰.۸۸**	۰.۴۱**	۰.۶۱**	S ₂
															۱	۰.۱۷	۰.۴۶**	۰.۲۳	N
															۱	۰.۰۷	۰.۲۹*	۰.۰۹	S ₁ TKW
															۱	۰.۲۱	۰.۳۸**	۰.۲۶*	S ₂
															۱	۰.۰۱	۰.۲۰	۰.۰۹	N
															۱	۰.۰۳	۰.۰۷	۰.۰۱	S ₁ HI
															۱	۰.۲۲*	۰.۴۲**	۰.۷۸**	S ₂
															۱	۰.۳۰*	۰.۳۴*	۰.۵۶**	N
															۱	۰.۲۴	۰.۴۴**	۰.۶۹**	S ₁ SaGR
															۱	۰.۰۹	۰.۱۶	۰.۴۶**	S ₂
															۱	۰.۹۲**	۰.۴۰**	۰.۳۵**	N
															۱	۰.۹۲**	۰.۴۶**	۰.۴۸**	S ₁ SGRE
															۱	۰.۹۴**	۰.۱۴	۰.۵۴**	S ₂
															۱	۰.۸۸**	۰.۱۷	۰.۳۳*	N
															۱	۰.۹۴**	۰.۸۸**	۰.۳۶**	S ₁ PAPCG
															۱	۰.۹۵**	۰.۹۶**	۰.۸۳**	S ₂

*, **: به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

PAPCG, SGRE, SaGR, HI, TKW, GWM, GNM, PWM, SWM, BWM, PWPM, SWPM, BWPM, PWA, SWA, BWA, YLD:

: علائم اختصاری به ترتیب برای عملکرد دانه، وزن بیومس در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی، وزن پدانکل در زمان گلدهی، وزن بیومس ۲۰ روز پس از گلدهی، وزن سنبله ۲۰ روز پس از گلدهی، وزن پدانکل ۲۰ روز پس از گلدهی، وزن بیومس در زمان رسیدن، وزن سنبله در زمان رسیدن، وزن پدانکل در زمان رسیدن، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی.

Yazdisamadi & Majnoonhosseini (2001) مطابقت دارد. محققان دیگر همبستگی منفی معناداری را بین تعداد دانه در سنبله با وزن هزاردانه گزارش کرده‌اند (Kalantarzadeh, 2002; Sorkhi & Yazdisamad, 1998) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

رابطه عملکرد دانه (YLD) با صفات تحت مطالعه به‌طور مجزا در سه وضعیت مختلف آبیاری بررسی شد (جدول ۳). براساس تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام، در وضعیت آبیاری نرمال (N)، دو صفت تعداد دانه در سنبله (GN) و وزن دانه در سنبله (GW) به‌عنوان صفات دارای تأثیرات زیاد بر عملکرد دانه در این بررسی شناخته شدند. این صفات در مجموع ۶۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. تعداد دانه در سنبله دارای ضریب رگرسیونی مثبت، و وزن دانه در سنبله دارای ضریب رگرسیونی منفی بر عملکرد دانه بود. Sayyah et al. (2010) با استفاده از تجزیه رگرسیون، صفات شاخص برداشت، وزن هزاردانه، تراکم سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد سنبلچه نابارور، طول سنبله، طول ریشک و طول دوره پر شدن دانه را به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه معرفی کردند. تحت تنش خشکی ملایم (S₁)، سه صفت تعداد دانه در سنبله (GN)، وزن دانه در سنبله (GW) و وزن هزاردانه (TKW)، صفاتی بودند که بیشترین اثر را بر عملکرد دانه در حد ۷۹ درصد داشتند. تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه دارای ضریب رگرسیونی مثبت، و وزن دانه در سنبله دارای ضریب رگرسیونی منفی بر عملکرد دانه بودند. در وضعیت تنش شدید (S₂) نیز صفت تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر را بر عملکرد دانه داشت. این صفت به‌تنهایی ۷۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تعداد دانه در سنبله در هر سه وضعیت بررسی‌شده، اولین صفتی بود که وارد مدل شد و درصد زیادی از تنوع موجود در عملکرد دانه را توجیه کرد. Sayyah et al. (2010) در مطالعه‌ای صفات شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع ساقه و طول سنبله را به‌عنوان صفاتی که ۹۳ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند معرفی کردند. Karami et al. (2005) نیز با اجرای رگرسیون گام‌به‌گام

در وضعیت تنش خشکی شدید (S₂) انتهای فصل، همبستگی مثبت معناداری بین عملکرد دانه (YLD) با صفات تعداد دانه در سنبله (GN) (**۰/۶۹)، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (SaGR) (**۰/۴۶)، کارایی ساقه در انتقال ذخایر به دانه (SGRE) (**۰/۶۶)، سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه (PAPCG) (**۰/۸۳)، شاخص برداشت (HI) (**۰/۷۸)، وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) (**۰/۵۱) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) (**۰/۷۱)، وزن سنبله در زمان گلدهی (SWA) (**۰/۵۰)، وزن سنبله در زمان گلدهی (SWA) (**۰/۶۷)، ۲۰ روز پس از گلدهی (SWPM) (**۰/۶۵) و رسیدگی فیزیولوژیکی (SWM) (**۰/۶۲) برقرار بود. وزن هزاردانه (TKW) نیز همبستگی منفی معناداری (**۰/۶۰-) با عملکرد دانه (YLD) در این وضعیت داشت. در این وضعیت، وزن بیومس کل (BW) در سه تاریخ نمونه‌برداری، همبستگی معناداری با تعداد دانه در سنبله (GN)، وزن دانه در سنبله (GW) و شاخص برداشت (HI) نشان داد. در وضعیت تنش خشکی شدید انتهای فصل، نه‌تنها از همبستگی‌های مثبت‌شده در وضعیت نرمال (N) و تنش خشکی ملایم (S₁) اندکی کاسته شده بود، بلکه بیشترین همبستگی‌های به‌دست‌آمده معطوف به صفات انتقال مواد، یعنی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (SaGR)، کارایی ساقه در انتقال ذخایر به دانه (SGRE) و سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه (PAPCG) بود.

براساس مطالعات محققان دیگر، همبستگی مثبت و معنادار عملکرد دانه (YLD) با تعداد دانه در سنبله (GNM) (Elhani et al., 2007; Kumar & Hunshal, 2004; Kirigwi et al., 2004; Topal et al., 1998)، شاخص برداشت (HI) (Sayyah et al., 2010) و وزن سنبله (GW) (Mirakhoundi, 2001) گزارش شده است. در تحقیقی درباره ۹ ژنوتیپ گندم تحت وضعیت تنش خشکی بعد از گلدهی، عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معناداری داشت (Emam et al., 2007). در این بررسی همبستگی منفی و معنادار عملکرد دانه و وزن هزاردانه به‌دست آمد که با نتایج تحقیق Naderi et al. (2000) و

وزن هزاردانه و عملکرد کاه بر عملکرد دانه تأثیر بسزایی دارند.

این محققان همچنین در وضعیت آبیاری نرمال همان صفات را به اضافه روز تا سنبله‌دهی وارد معادله کردند. آنها صفات وزن صدانه و تعداد دانه در سنبله را به‌عنوان صفات دارای اثر قوی و معنادار بر عملکرد دانه گزارش کردند.

در بررسی ارقام جو گزارش کردند که صفات متوسط تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و شاخص برداشت وارد معادله رگرسیونی شدند و در مجموع ۹۷/۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. *Moayed et al.* (2001) در وضعیت تنش خشکی و با در نظر گرفتن عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته، نتیجه گرفتند که صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح،

جدول ۳. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل

تنش خشکی شدید (S ₂)		تنش خشکی ملایم (S ₁)			آبیاری نرمال (N)		
ضریب	متغیر تابع	ضریب	متغیر اضافه‌شده به مدل	ضریب	متغیر اضافه‌شده به مدل	ضریب	متغیر اضافه‌شده به مدل
۰/۶۰	عملکرد دانه YLD	۰/۷۱**	تعداد دانه در سنبله	۰/۷۰	تعداد دانه در سنبله	۰/۶۹	تعداد دانه در سنبله
				۳/۹۶**	وزن دانه در سنبله	۱/۱۵**	وزن دانه در سنبله
				-۲/۵۸**	وزن هزاردانه	-۰/۵۲*	وزن هزاردانه
				۱/۴۰**			

کم (۰/۲۹)، بیانگر تأثیر زیاد این صفات بر تعداد دانه در سنبله در این بررسی است (نمودار ۱). در بین تأثیرات غیرمستقیم صفات از طریق هم، وزن بیومس کل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) از طریق وزن بیومس در زمان گلدهی (BWA) (۱/۶۳) و وزن پدانکل ۲۰ روز بعد از گلدهی (PWPM) (۰/۸۶) اثر غیرمستقیم قوی و مثبتی بر تعداد دانه در سنبله داشتند (جدول ۴)، درحالی‌که وزن بیومس در زمان گلدهی (BWA) اثر غیرمستقیم منفی قوی از طریق این صفت بر تعداد دانه در سنبله (۰/۱۶-) داشت و نیز دارای اثر غیرمستقیم منفی از طریق وزن بیومس کل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) (۱/۲۳-) و وزن پدانکل در ۲۰ روز بعد از گلدهی (PWPM) (۰/۳۴-) بر تعداد دانه در سنبله بود. سپس صفات وزن بیومس در زمان گلدهی (BWA) (۱/۲۹-) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) (۲/۰۷) و انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) (۰/۳۷) به‌عنوان صفات مستقل و دارای اثر معنادار بر وزن دانه در سنبله (GW) به‌عنوان صفت وابسته انتخاب شدند. در این مرحله نیز ضریب تبیین بسیار بالا (۰/۹۹) و تأثیرات باقی‌مانده اندک (۰/۰۳)، دال بر تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم زیاد آنها و توجیه صحیح تغییرات وزن دانه در سنبله توسط این صفات در این بررسی است (نمودار ۱). در این مسیر، وزن بیومس کل در زمان

نتایج تجزیه ضرایب مسیر (تجزیه علیت) برای سه وضعیت تحت بررسی در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ و جدول‌های ۴، ۵ و ۶ درج شده است. بیشترین اثر مستقیم در هر سه وضعیت تحت مطالعه، مربوط به تعداد دانه در سنبله (GN) بود که این تأثیرات در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نیز مشهود است. در وضعیت نرمال، تعداد دانه در سنبله (GN) اثر مستقیم مثبت (۱/۱۵)، و وزن دانه در سنبله (GW) اثر مستقیم منفی (۰/۵۲-) بر عملکرد دانه (YLD) داشتند (نمودار ۱ و جدول ۴). ضریب تبیین بالا (۰/۷۰) بر توجیه صحیح تغییرات عملکرد دانه توسط این صفات در مدل دلالت دارد. اثر غیرمستقیم این دو صفت بر عملکرد دانه از طریق هم نیز در این مرحله به‌ترتیب مثبت و منفی بود (جدول ۴). در مرحله دوم، صفات تعداد دانه در سنبله (GN) و وزن دانه در سنبله (GW) به‌طور مجزا به‌عنوان صفت وابسته، و سایر صفات به‌عنوان صفات مستقل وارد مدل شدند. هنگامی‌که تعداد دانه در سنبله، صفت وابسته در نظر گرفته شد، صفات وزن پدانکل ۲۰ روز بعد از گلدهی (PWPM) (۰/۲۱-)، وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) (۰/۷۲-) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) (۱/۷۲) و کارایی انتقال مجدد مواد پرورده (SGRE) (۰/۴۱) به‌عنوان صفات دارای اثر مستقیم انتخاب شدند (نمودار ۱). ضریب تبیین بالا (۰/۸۹) و مقادیر باقی‌مانده

کل در زمان گلدهی (BWA) نیز اثر غیرمستقیم منفی از طریق وزن بیومس کل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) و انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) بر این صفت داشت (جدول ۴).

رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) دارای اثر غیرمستقیم مثبت از طریق وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) (۱/۹۷) و انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) (۰/۴۹) بر وزن دانه در سنبله (GW) بود. وزن بیومس

جدول ۴. تأثیرات غیرمستقیم مؤثر بر عملکرد دانه، تعداد و وزن دانه در سنبله در وضعیت آبیاری نرمال (N)

تأثیر غیرمستقیم بر وزن دانه در سنبله (GN) از طریق (GW) از طریق			تأثیر غیرمستقیم بر تعداد دانه در سنبله (GN) از طریق			تأثیر غیرمستقیم بر عملکرد دانه (YLD) از طریق		تأثیر مستقیم		
SaGR	BWM	BWA	SGRE	PWPM	BWM	BWA	GWM	GNM		
							۱/۰۶	-	۱/۱۵	GNM
							-	-۰/۴۵	-۰/۵۲	GWM
			-۰/۱۰	-۰/۳۴	-۱/۲۳	-			-۰/۷۲	BWA
			-۰/۱۶	۰/۸۶	-	۱/۶۳			۱/۷۲	BWM
			-۰/۰۵	-	-۰/۱۱	-۰/۱۰			-۰/۲۱	PWPM
			-	۰/۱۰	-۰/۰۴	۰/۰۳			۰/۴۱	SGRE
-۰/۵۴	-۱/۲۳	-							-۱/۲۹	BWA
۰/۴۹	-	۱/۹۷							۲/۰۷	BWM
-	۰/۰۹	۰/۱۶							۰/۳۷	SaGR

YLD، GNM، GWM، BWA، BWM، PWPM، SGRE، SaGR: علائم اختصاری به ترتیب برای عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن بیومس در زمان گلدهی، وزن بیومس در زمان رسیدن، وزن پدانکل در زمان رسیدن، کارایی انتقال مجدد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی.

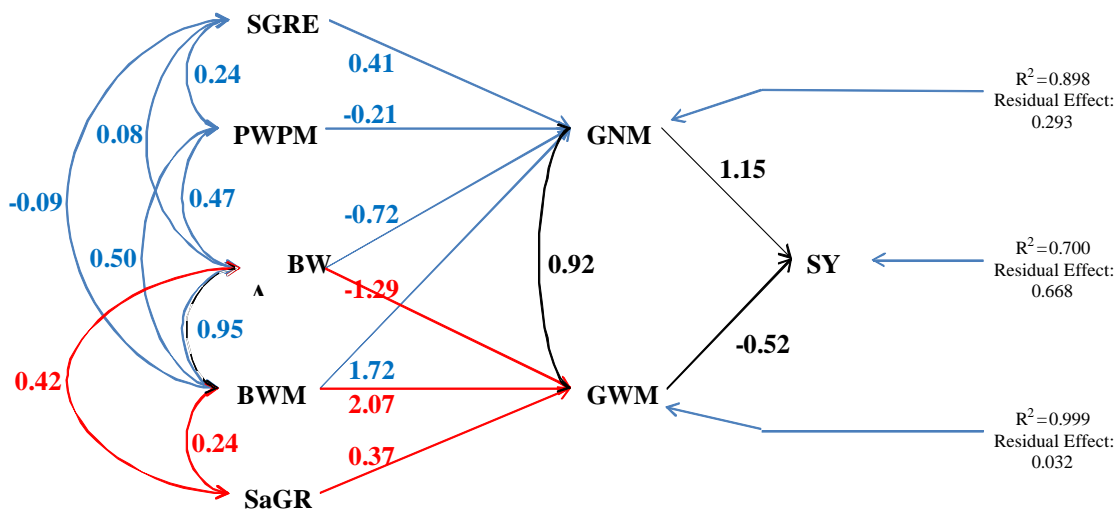
عملکرد دانه بیشترین تأثیر را خواهد داشت (Nikkhah, 1998).

تحت وضعیت تنش ملایم (S_1) صفات تعداد دانه در سنبله (GN)، وزن دانه در سنبله (GW) و وزن هزاردانه (TKW) به عنوان صفات مستقل دارای اثر معنادار بر عملکرد دانه (YLD) وارد مدل شدند. ضریب تبیین بالای این مرحله (۰/۸۳) بر ورود صحیح صفات وارد شده در مدل دلالت دارد (نمودار ۲). تعداد دانه در سنبله (GN) (۳/۹۶) و وزن هزاردانه (TKW) (۱/۴۰) دارای اثر مستقیم مثبت قوی، و وزن دانه در سنبله (GN) دارای اثر مستقیم منفی (۲/۵۸-) بر عملکرد دانه (YLD) بودند. در این مرحله، تعداد دانه در سنبله (GN) از طریق وزن دانه در سنبله (GW) (۳/۴۹) و نیز وزن دانه در سنبله (GW) از طریق وزن هزاردانه (TKW) (۰/۵۴) اثر غیرمستقیم قوی و مثبتی بر عملکرد دانه (YLD) داشتند.

در سایر موارد، صفات مستقلی که وارد مدل شدند، دارای اثر غیرمستقیم قوی منفی از طریق هم بر عملکرد دانه بودند (جدول ۵). اثر غیرمستقیم منفی و قوی تعداد دانه در سنبله (GN) و وزن هزاردانه (TKW) از طریق

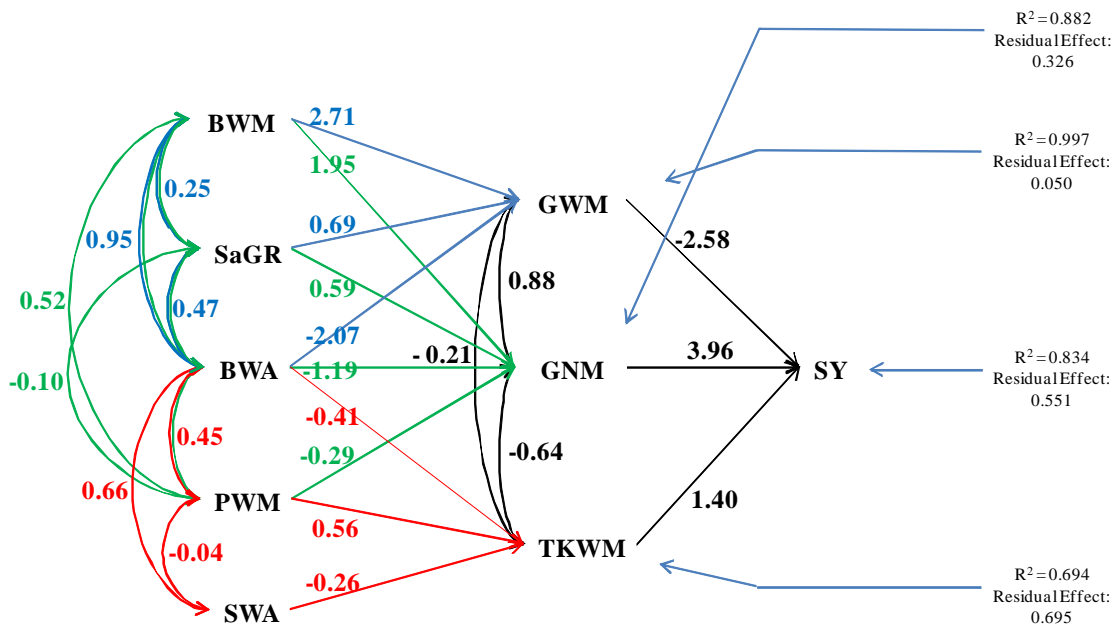
در این وضعیت، تعداد دانه در سنبله (GN)، به عنوان شاخص انتخاب مناسب در افزایش عملکرد (YLD) معرفی می‌شود. در بررسی‌های دیگر تعداد دانه در سنبله با دارا بودن تأثیر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه، به عنوان شاخص انتخاب برای بهبود عملکرد سنبله و در نهایت عملکرد گندم توصیه شده است (Del Blanco *et al.*, 2001; Fagani *et al.*, 2007; Dehghan *et al.*, 2011). حداکثر تظاهر هر یک از اجزای عملکرد بر حسب توالی بروز هر یک طی رشد و نمو گیاه پی‌ریزی می‌شود. به عبارت دیگر صفاتی که دارای تقدم بروز هستند، می‌توانند بر تولید اثر مستقیم بگذارند و نیز از طریق دیگر صفات که در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه ظاهر می‌شوند، اثر غیرمستقیم بر عملکرد داشته باشند (Jazayernooshabadi & Rezaei, 2007). به نظر می‌رسد مخزن یا ظرفیت ذخیره‌ای بزرگی که تحت تأثیر تعداد بیشتر دانه‌ها در هر سنبله حاصل می‌شود، مزیتی برای دستیابی به عملکرد بیشتر باشد. در مطالعات دیگر با بررسی ضرایب همبستگی، رگرسیون چندمتغیره خطی و تجزیه علیت نشان داده شد که گزینش براساس تعداد دانه در سنبله در وضعیت بدون تنش در افزایش

هم بر عملکرد دانه با همبستگی منفی آنها (-۰/۸۶) در این وضعیت توجیه‌پذیر است.



نمودار ۱. دیاگرام نتایج تجزیه مسیر عملکرد دانه تحت وضعیت آبیاری نرمال (N)

بیومس در زمان گلدهی، وزن پدانکل ۲۰ روز پس از گلدهی، وزن بیومس در زمان رسیدن، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و کارایی انتقال مجدد. YLD(SY), GNM, GWM, BWA, PWPM, BWM, SaGR, SGRE: علائم اختصاری به ترتیب برای عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن



نمودار ۲. دیاگرام نتایج تجزیه مسیر عملکرد دانه تحت وضعیت تنش خشکی ملایم (Si)

تعداد دانه در سنبله؛ وزن دانه در سنبله؛ وزن بیومس در زمان گلدهی؛ وزن سنبله در زمان رسیدن؛ وزن پدانکل در زمان رسیدن؛ انتقال مجدد مواد فتوسنتزی. YLD(SY), TKW, GNM, GWM, BWA, SWA, BWM, PWM, SaGR: علائم اختصاری به ترتیب برای عملکرد دانه، وزن هزاردانه، GN

وابسته و سایر صفات به‌عنوان صفات مستقل وارد مدل شدند. هنگامی که صفت تعداد دانه در سنبله (GN)

در مسیر دوم تعداد دانه در سنبله (GN)، وزن دانه در سنبله (GW) و هزاردانه (TKW) به‌عنوان صفات

(۰/۳۲) تأیید شد (نمودار ۲). بیشترین اثر مستقیم مثبت مربوط به وزن بیومس کل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) (۱/۹۵) بود. این صفت تأثیرات غیرمستقیم مثبت و بالایی نیز از طریق سه صفت دیگر بر تعداد دانه در سنبله داشت (جدول ۵). در نقطه مقابل این صفت وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) هم اثر مستقیم منفی و هم تأثیر غیرمستقیم منفی قوی از طریق صفات دیگر بر تعداد دانه در سنبله داشت (جدول ۵).

به‌عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد، چهار صفت وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) (۱/۱۹) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) (۱/۹۵)، وزن پدانکل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (PWM) (۰/۲۹-) و انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) (۰/۵۹) دارای تأثیرات معنادار بالا بر این صفت بودند (نمودار ۲). انتخاب صفات مذکور به‌عنوان صفات دارای تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم معنادار بر تعداد دانه در سنبله (GN) با ضریب تبیین بالا (۰/۸۸) و تأثیرات باقی‌مانده کم

جدول ۵. تأثیرات غیرمستقیم مؤثر بر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزاردانه در وضعیت تنش ملایم انتهای فصل (S₁)

تأثیر غیرمستقیم بر وزن هزاردانه (TKW) از طریق			تأثیر غیرمستقیم بر وزن دانه در سنبله (GW) از طریق			تأثیر غیرمستقیم بر تعداد دانه در سنبله (GN) از طریق				تأثیر غیرمستقیم بر عملکرد دانه (YLD) از طریق			تأثیرات مستقیم	
SWA	PW M	BW A	SaG R	BW M	BW A	SaG R	PWP M	BW M	BW A	TK W	GW M	GN M		
										-۲/۵۳	۳/۴۹	-	۳/۹۶	GNM
										۰/۵۴	-	-۲/۲۷	-۲/۵۸	GWM
										-	-۱/۱۹	-۰/۸۹	۱/۴۰	TKW
						-۰/۵۴	-۰/۵۶	-۱/۱۳	-				-۱/۱۹	BWA
						۱/۰۱	۰/۴۹	-	۱/۸۵				۱/۹۵	BWM
						-۰/۰۶	-	۰/۱۵	۰/۲۸				۰/۵۹	PWP M
						-	۰/۰۳	-۰/۱۵	-۰/۱۳				-۰/۲۹	SaGR
			-۰/۹۷	-۱/۹۷	-								-۲/۰۷	BWA
			۰/۶۸	-	۲/۵۸								۲/۷۱	BWM
			-	۰/۳۳	۰/۱۷								۰/۶۹	SaGR
-۰/۲۷	-۰/۱۸	-											-۱/۱۹	BWA
-۰/۰۲	-	۰/۲۵											۰/۵۶	PWM
-	۰/۰۱	-۰/۱۷											-۰/۲۶	SWA

YLD: GN, GW, TKW, BWA, BWM, PWP, SaGR, PWM, SWA, علائم اختصاری به‌ترتیب برای عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزاردانه، وزن بیومس در زمان گلدهی، وزن بیومس در زمان رسیدن، وزن پدانکل در زمان رسیدن، کارایی انتقال مجدد، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، وزن پدانکل در زمان رسیدن و وزن سنبله در زمان گلدهی.

غیرمستقیم منفی از طریق سایر صفات بر وزن دانه در سنبله (GN) بودند (جدول ۵). اثر غیرمستقیم منفی بین صفات وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) با دو صفت دیگر نشان از رقابت این صفات با هم دارد، به‌طوری‌که انتقال مجدد مواد پرورده به سنبله، موجب کاهش وزن بیومس در زمان گلدهی (BWA) و افزایش وزن دانه‌های موجود در سنبله خواهد شد. سرانجام وزن هزاردانه (TKW) به‌عنوان صفت وابسته وارد مدل شد که در این بین صفات وزن بیومس کل (BWA) (-۰/۴۱) و سنبله (SWA) (-۰/۲۶) در زمان گلدهی و وزن پدانکل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (PWM) (۰/۵۶) با ضریب تبیین (۰/۶۹)

صفات وزن بیومس کل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) (۲/۷۱) و گلدهی (BWA) (-۲/۰۷) و انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) (۰/۶۹) به‌عنوان صفات مستقل، دارای اثر مستقیم معنادار بر وزن دانه در سنبله (GN) به‌عنوان صفت وابسته بودند. این صفات با ضریب تبیین بالا (۰/۹۹) و تأثیرات باقی‌مانده اندک (۰/۰۵) به‌عنوان صفات مستقل مؤثر بر وزن دانه در سنبله (GN) وارد مدل شدند (نمودار ۲). وزن بیومس کل در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) و انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) دارای تأثیرات غیرمستقیم مثبت از طریق صفات دیگر ولی وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) دارای اثر

متعدد، اثر مستقیم منفی وزن هزاردانه و اثر غیرمستقیم مثبت آن بر عملکرد دانه گزارش شده است (Sharma & Randama, 2004; Sarmadnia, 1998; Ehdaie & Waines, 1989; Li *et al.*, 2006; Okuyama *et al.*, 2004; Tapal *et al.*, 2004).

تحت وضعیت تنش خشکی شدید (S_2)، تعداد دانه در سنبله (GN) اثر مستقیم معناداری معادل $0/71$ با ضریب تبیین بالای $0/71$ بر عملکرد دانه (Yld) داشت (نمودار ۳). در مرحله بعد، صفات انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) ($0/62$)، وزن بیومس کل در زمان گلدهی (BWA) ($-1/13$) و رسیدگی فیزیولوژیکی (BWM) ($-0/24$) و وزن پدانکل 20 روز بعد از گلدهی (PWPM) ($1/89$) صفات مستقلی بودند که اثر معنا-داری بر تعداد دانه در سنبله (GN) به‌عنوان صفت وابسته داشتند. انتخاب این صفات به‌عنوان صفات مؤثر بر تعداد دانه در سنبله (GN) در این وضعیت، با ضریب تبیین بالا ($0/88$) و تأثیرات باقی‌مانده کم ($0/30$) تأیید شد (نمودار ۳). بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت بر تعداد دانه در سنبله (GN) مربوط به وزن پدانکل 20 روز بعد از گلدهی (PWPM) از طریق انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) ($1/38$) و وزن بیومس در زمان گلدهی (BWA) ($1/12$)، همچنین انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) ($0/37$) از طریق سایر صفات واردشده به مدل بود (جدول ۶). وزن بیومس در زمان گلدهی (BWA) باوجود اثر مستقیم منفی، تأثیرات غیرمستقیم منفی از طریق سه صفت دیگر بر تعداد دانه در سنبله (GN) داشت (جدول ۶).

دارای تأثیرات معنادار نیرومندی بر این صفت بودند (نمودار ۲). این صفات همچنین تأثیرات غیرمستقیم منفی از طریق هم بر وزن هزاردانه (TKW) داشتند. در این مورد نیز وزن بیومس کل (BWA) و سنبله (SWA) در زمان گلدهی در مقابل هم قرار دارند و با انتقال مواد از ساقه به سنبله، گرچه وزن ساقه کاهش می‌یابد، وزن سنبله افزایش خواهد یافت. Golparvar *et al.* (2002) با تجزیه علیت در گندم نان بیان کردند که تعداد دانه در گیاه و وزن هزاردانه بیشترین تأثیر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه دارند. به گزارش محققان دیگر، تعداد پانیکول در متر مربع و تعداد دانه در پانیکول بیشترین سهم را در تبیین تغییرات عملکرد دانه یولاف دارند (Moradi *et al.*, 2005). Sayyah *et al.* (2010) نیز در وضعیت تنش خشکی آخر فصل در دو سال پی‌درپی، بیشترین تأثیرات مستقیم در سطح اولیه بر عملکرد دانه را مربوط به شاخص برداشت ($0/86$)، در درجه دوم مربوط به تعداد دانه در سنبله ($0/26$)، و سپس وزن هزاردانه ($0/06$) دانستند. ایشان گزارش کردند که به‌دلیل اثر غیرمستقیم منفی تعداد دانه در بوته از طریق وزن هزاردانه بر عملکرد، دست یافتن به شاخصی معین برای افزایش همزمان تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه، هرچند با توجه به همبستگی منفی این دو صفت از طریق انتخاب همزمان، مشکل به‌نظر می‌رسد، از اهدافی است که برای رسیدن به عملکرد بیشتر، باید در برنامه‌های اصلاحی مدنظر قرار گیرد. در تحقیقی، بیشترین تأثیرات مثبت معنادار بر عملکرد دانه مربوط به تعداد سنبله و سپس تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه بود (Moayed *et al.*, 2001). در مطالعات

جدول ۶: تأثیرات غیرمستقیم مؤثر بر تعداد دانه در سنبله در وضعیت تنش شدید انتهای فصل (S_2)

اثر غیرمستقیم بر تعداد دانه در سنبله (GN) از طریق سه صفت دیگر				تأثیرات مستقیم	
PWPM	SaGR	BWM	BWA		
$-0/6726$	$-1/0488$	$-0/855$	-	$-1/14$	BWA
$0/048$	$-0/2088$	-	$-0/18$	$-0/24$	BWM
$0/4526$	-	$0/5394$	$0/5704$	$0/62$	SaGR
-	$1/3797$	$-0/378$	$1/1151$	$1/89$	PWPM

GNM: BWA, PWPM, BWM, SaGR: علائم اختصاری به‌ترتیب برای تعداد دانه در سنبله، وزن بیومس در زمان گلدهی، وزن پدانکل

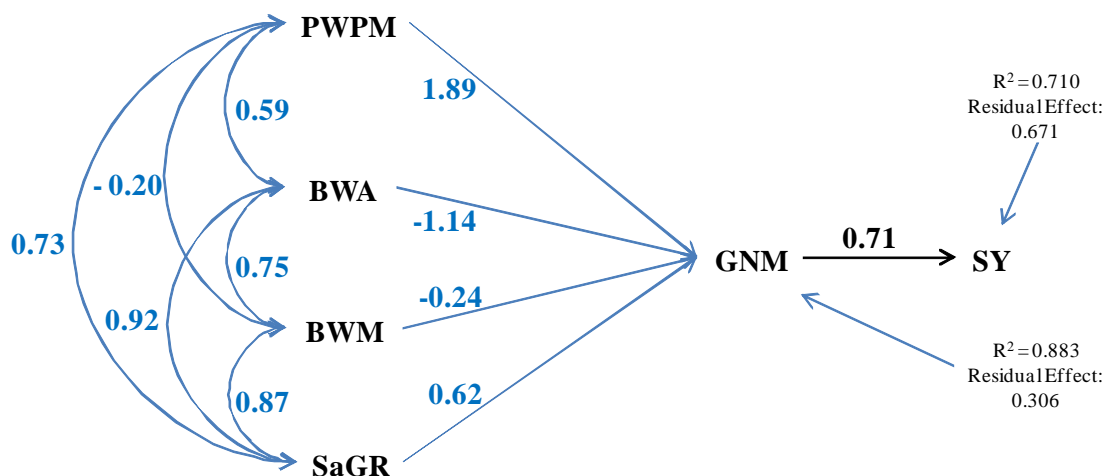
20 روز پس از گلدهی، وزن بیومس در زمان رسیدن و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی.

پرورده است. در چندین گونه از غلات، رشد دانه تا حدودی از طریق فتوسنتز جاری در برگ پرچم و

یکی از خصوصاتی که بعضی دانشمندان آن را جزء سازوکارهای تحمل در نظر می‌گیرند، جابه‌جایی مواد

دانه‌ها مؤثر خواهد بود. مشخص شده است که عملکرد دانه غلات مختلف تحت وضعیت خشکی، همبستگی مثبتی با مقدار کاهش وزن بیومس کل، به‌عنوان نشانه‌ای از صدور انتقال ذخایر به‌طرف دانه دارد (Blum *et al.*, 1989).

گل‌آذین انجام می‌گیرد و تا حدودی توسط جابه‌جایی ذخایر نگهداری‌شده قبل از گلدهی در ساقه ادامه می‌یابد. بدیهی است هنگامی که فتوسنتز جاری در اثر تنش آب در طول مدت پرشدن دانه‌ها محدود می‌شود، تحرک و جابه‌جایی مواد فتوسنتز و هیدرات‌های کربن غیرساختمانی که در ساقه اندوخته شده‌اند، در پر کردن



نمودار ۳. دیاگرام نتایج تجزیه مسیر عملکرد دانه تحت وضعیت تنش خشکی شدید انتهایی فصل (S₂)

نمادها: SY (YLD), GNM, BWA, BWM, SaGR. علائم اختصاری به‌ترتیب برای عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن بیومس در زمان گلدهی، وزن پدانکل ۲۰ روز پس از گلدهی، وزن بیومس در زمان رسیدن و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی.

دانه خواهد شد. از این‌رو توجه به این صفات تأثیر بسزایی در افزایش عملکرد به‌طور غیرمستقیم خواهد داشت. نتایج تجزیه عاملی برای شناسایی عوامل مؤثر بر همبستگی بین صفات به‌همراه مقدار واریانس هر عامل بر حسب درصد که حد اهمیت عامل‌ها در تغییرات داده‌ها است، در جدول ۷ درج شده است. در سه وضعیت رطوبتی نرمال (N)، تنش خشکی ملایم (S₁) و شدید (S₂) این مطالعه، در مجموع سه عامل مستقل در هر یک از سه وضعیت مذکور به‌ترتیب ۷۸/۰۹، ۷۴/۳۶ و ۷۷/۰۶ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. تحت وضعیت نرمال اولین عامل با توجیه ۴۲/۴۳ درصد از تنوع بین داده‌ها و ضرایب مثبت بالا برای صفات عملکرد دانه (YLD)، تعداد دانه در سنبله (GN)، وزن دانه در سنبله (GW)، وزن بیومس کل (BW) و سنبله (SW) در زمان گلدهی، ۲۰ روز بعد از گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی، عامل عملکرد و اجزای عملکرد نامگذاری شد. عامل دوم که ۲۴/۰۸ درصد از تغییرات بین داده‌ها

دو میانگرم انتهایی (پدانکل) و ماقبل آخر (پنالتی‌میت) حدود ۴۵ درصد از وزن بیشینه ساقه را در گندم شامل می‌شوند و مخازن مهم ذخیره کربوهیدرات‌های غیرساختمانی تولیدشده در قبل از گلدهی هستند (Turner *et al.*, 2001). بسیاری از مطالعات ثابت کرده‌اند که بهبود پتانسیل عملکرد گندم، به‌شدت با بهبود تقسیم آسیمیلات‌ها به‌سمت دانه مرتبط است (Yang *et al.*, 2006). در هنگام بروز تنش، مقدار آسیمیلات‌ها برای پر کردن و رشد دانه به‌شدت کاهش می‌یابد. در چنین وضعیتی ژنوتیپ‌هایی که بتوانند ذخایر کربوهیدرات ذخیره‌شده در ساقه را دوباره فعال کنند، مناسبند، زیرا دانه آنها بهتر رشد می‌کند. در این بررسی صفت انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR) به‌همراه وزن بیومس کل (BW) و پدانکل (PW)، دارای تأثیر مستقیم مثبت و قوی بر تعداد دانه در سنبله (GN) و وزن دانه در سنبله (GW) بودند. کارایی بیشتر انتقال و بهبود این اجزا در نهایت موجب افزایش عملکرد

وزن پدانکل ۲۰ روز بعد از گلدهی (PWA) و رسیدگی فیزیولوژیکی (PWM)، عامل وزن هزاردانه و پدانکل نامیده شد. مشابه نتایج به‌دست‌آمده تحت وضعیت نرمال، در تنش خشکی ملایم (S₁) نیز سه عامل با صفات درونی مشابه به‌دست آمد. در این وضعیت سه عامل به‌دست‌آمده به‌ترتیب دارای ضرایب عاملی ۳۶/۹۹، ۲۲/۷۴ و ۱۴/۶۲ درصد بودند.

را توجیه کرد، برای صفات انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR)، کارایی انتقال مجدد مواد پرورده (SGRE)، سهم انتقال مجدد مواد پرورده (PAPCG) در عملکرد دانه و وزن پدانکل در زمان گلدهی (PWA) دارای ضرایب عاملی مثبت و بالایی بود و عامل صفات مرتبط با انتقال مجدد مواد پرورده نامگذاری شد. عامل سوم با توجیه ۱۱/۵۸ درصد از تغییرات بین داده‌ها و دارا بودن ضرایب عاملی مثبت و بالا برای صفات وزن هزاردانه (TKW) و

جدول ۷. نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مختلف مورد مطالعه گندم تحت وضعیت نرمال (N) و تنش خشکی (S)

ماتریس اجزای چرخش‌یافته											
آبیاری نرمال (N)				تنش خشکی ملایم (S ₁)				تنش خشکی شدید (S ₂)			
عامل			صفات	عامل			صفات	عامل			صفات
۳	۲	۱		۳	۲	۱		۳	۲	۱	
-۱۱۲	۱۰۸	۱۹۵	GN	-۱۰۸	۱۲۲	۱۹۵	GN	-۱۰۸	۱۱۲	۱۹۶	GN
۱۲۰	۱۱۴	۱۹۴	GN	۱۲۹	۱۱۱	۱۹۳	GN	۱۱۹	۱۰۵	۱۹۶	BWM
۱۲۲	۱۰۱	۱۹۲	SWM	۱۳۷	-۱۰۴	۱۸۸	BWM	۱۲۴	۱۰۲	۱۹۳	GN
۱۳۳	۱۰۳	۱۸۸	BWM	۱۱۰	-۱۰۳	۱۸۴	SWM	۱۱۲	۱۱۶	۱۹۰	BWA
۱۴۴	۱۴۲	۱۷۶	BWA	۱۳۲	۱۲۱	۱۸۱	BWA	۱۰۹	-۱۱۹	۱۸۸	SWM
۱۴۶	۱۲۴	۱۷۵	BWPM	۱۲۲	۱۲۷	۱۷۳	BWPM	۱۱۴	۱۳۹	۱۸۶	BWPM
۱۵۲	۱۳۹	۱۷۲	SWPM	-۱۲۹	۱۴۵	۱۷۱	Yield	۱۰۶	۱۴۵	۱۷۶	SWPM
۱۲۱	۱۵۴	۱۶۴	Yield	-۱۱۳	۱۳۶	۱۶۶	SWPM	-۱۲۷	۱۴۴	۱۶۹	Yield
۱۵۳	۱۴۷	۱۶۲	SWA	-۱۱۹	۱۴۲	۱۵۹	SWA	۱۰۱	۱۶۳	۱۶۳	SWA
۱۱۵	۱۹۶	-۱۰۲	PAPCG	-۱۱۴	۱۹۶	۱۰۶	SGRE	-۱۰۶	۱۹۶	-۱۰۲	SGRE
-۱۰۸	۱۹۶	۱۰۶	SGRE	-۱۰۶	۱۹۵	-۱۰۵	PAPCG	-۱۰۶	۱۹۵	-۱۰۹	PAPCG
۱۰۷	۱۹۴	۱۲۶	SaGR	-۱۰۷	۱۹۲	۱۳۳	SaGR	-۱۰۱	۱۹۲	۱۲۹	SaGR
۱۱۶	۱۵۶	۱۳۷	PWA	۱۰۸	۱۵۶	۱۱۹	PWA	۱۱۸	۱۴۶	۱۴۴	PWA
-۱۹۴	۱۰۲	-۱۲۰	HI	۱۹۱	-۱۱۰	۱۲۰	PWM	۱۷۷	-۱۱۳	۱۳۸	PWM
-۱۶۵	-۱۱۸	-۱۴۳	TKW	۱۸۰	۱۱۰	۱۳۳	PWP	۱۷۴	-۱۱۸	-۱۳۴	TKWM
۱۰۸	-۱۱۲	۱۲۶	PWPM	۱۶۲	-۱۲۶	-۱۴۶	TKWM	۱۷۴	۱۲۹	۱۴۱	PWPM
۱۰۱	-۱۳۴	۱۱۶	PWM	-۱۲۷	۱۳۵	-۱۱۵	HI	۱۱۳	۱۲۳	۱۰۲	HI
۱۵/۱۱	۲۴/۳۷	۳۷/۵۹	(/)	۱۴/۶۲	۲۲/۷۴	۳۷/۱۰۰	(/)	۱۱/۵۸	۲۴/۳۷	۳۷/۵۹	(/)
۷۷/۱۰۶	۶۱/۹۶	۳۷/۵۸	واریانس تجمعی	۷۴/۳۶	۵۹/۷۳	۳۷/۱۰۰	واریانس تجمعی	۷۸/۱۰۹	۶۶/۵۱	۴۲/۴۳	(/)

YLD: PWA, SWA, BWA, BWPM, SWPM, PWM, SWM, BWM, GNM, GWM, TKW, HI, SaGR, SGRE, PAPCG.

: علائم اختصاری به‌ترتیب برای عملکرد دانه، وزن بیومس در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان گلدهی، وزن پدانکل در زمان گلدهی، وزن بیومس در زمان رسیدن، وزن سنبله در زمان رسیدن، وزن پدانکل در زمان رسیدن، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی.

عامل عملکرد و اجزای عملکرد نام گرفت. عامل دوم نیز ۲۴/۳۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد و ضرایب عاملی مثبتی برای صفات انتقال مجدد مواد پرورده (SaGR)، کارایی انتقال مجدد مواد پرورده (SGRE)، سهم انتقال مجدد مواد پرورده (PAPCG) در عملکرد دانه و وزن پدانکل در زمان گلدهی (PWA) داشت. این عامل، عامل

تحت تنش خشکی شدید (S₂)، عامل اول با داشتن ضرایب عاملی مثبت و قوی برای صفات عملکرد دانه (YLD)، تعداد دانه در سنبله (GN)، وزن دانه در سنبله (GW)، وزن بیومس کل (BW) و سنبله (SW) در زمان گلدهی، ۲۰ روز بعد از گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در مجموع ۳۷/۵۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد و

دانه در سنبله (GNM)، وزن دانه در سنبله (GWM) و وزن هزاردانه (TKW)، وارد شده در مدل‌های تجزیه‌علیت می‌توان به‌عنوان صفات بالقوه در اصلاح عملکرد دانه گندم استفاده کرد. با وجود این و با توجه به تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم زیاد تعداد دانه در سنبله (GNM) بر عملکرد دانه (YLD)، می‌توان از این صفت در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور بهبود عملکرد دانه گندم به‌نحو مؤثرتری بهره گرفت.

صفات مرتبط با انتقال مواد پرورده نام گرفت. عامل سوم ۱۵/۱۱ درصد از تغییرات را توجیه کرد و عامل تولید نام گرفت. این عامل ضرایب عملی مثبتی برای صفات شاخص برداشت (HI) و وزن هزاردانه (TKW) داشت.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی و با توجه به نتایج تجزیه به عامل‌ها، می‌توان با تقویت صفات عامل اول که بیشترین درصد واریانس تغییرات بین داده‌ها را توجیه می‌کند، گامی مؤثر در بهبود عملکرد دانه برداشت. همچنین از صفات تعداد

REFERENCES

- Arzani, A. (1999). *Breeding field crops* (Translation). Esfahan University of Technology press. 606 p.
- Bahramnejad, B. (1996). *Studying genetic variation of yield components and important quantitative traits and their relationships in 470 wheat landraces of West Iran using multivariate statistical analysis*. M.Sc. Thesis in Plant breeding. Esfahan University of Technology press.
- Blum, A., Golan, G., Mayer, J., Sinmena, B., Shpiller, L. & Burra, J. (1989). The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert of Israel. *Euphytica*, 43, 87-96.
- Dehghan, A. R., Khodarahmi, M., Majidi Haravan, L. & Pakneghad, F. (2011). Genetic variation of morphological and physiological traits in durum wheat lines. *Seed and Plant Journal*, 1 (26), 103-120.
- Del Blanco, I. A., Rajaram, S. & Kronstad, W. E. (2001). Agronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. *Crop Science*, 41, 670-676.
- Dofing, S. M. and Knight, G. W. (1992). Alternative model for path analysis of small-grain yield. *Crop Science*, 32, 487-489.
- Ehdaie, B. & Waines, J. G. (1989). Genetic variation, heritability and path analysis in landraces of bread wheat from South Western of Iran. *Euphytica*, 41, 183-190.
- Elhani, S., Mortas, V., Rharrabti, Y., Royo, C. & Garcia Del Moral, L. F. (2007). Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, 103, 25-35.
- Emam, Y. Ranjbari, A. & Bahrani, M. G. (2007). Evaluation of grain yield and yield components of wheat genotypes affected by post-anthesis drought stress. *Agricultural and Natural Resources Journal of Science and Technology*, 1, 317-326.
- Fagam, A. S., Bununu, A. M. & Buba, U. M. (2007). Path Coefficient Analysis of the Components of Grain Yield in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Natural Application Science*, 2, 310-316.
- Golparvar, A. Majidi heravan, E. Ghasemipirbalooti, H. & Ghasemipirbalooti, A. A. (2002). Evaluating some morphological traits as selection criteria in wheat breeding. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 4 (3), 46-58.
- Griffiths, A. J. F. & Miller, J. H. (1996). *An Introduction to Genetic Analysis*. 6th Ed., W. H. Freeman Co., New York.
- Guertin, W. H. & Bailey, J. P. (1982). *Introduction to Modern Factor Analysis*. Edward, Brothers. Inc., Michigan. 472 p.
- Jazayer nooshabadi, M. R. & Rezaei, A. M. (2007). Studying relationships of traits in oat varieties in drought stress and normal conditions. *Agricultural and Natural Resources Journal of Science and Technology*, 1, 73-88.
- Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (1996). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Sterling Book House, New Delhi. 395p.
- Kalantarzadeh, M. (2002). *Evaluation of quantitative and qualitative characters of bread wheat in relation with high molecule glutenin by multivariate statistical methods*. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (In Persian).
- Karami, A. Ghannadha, M. R. Naghavi, M. R. & Mardi, M. (2005). Evaluation of drought tolerance in barley. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 36 (3), 547-560.
- Kirigwi, F. M., Van Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S. & Paulsen, G. M. (2004). Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica*, 135, 361- 371.
- Kumar, A. B. N. & Hunshal, C. S. (1998). Correlation and path coefficient analysis in durum wheats under different planting dates. *Crop Research Hisar*, 16, 358-361.

20. Li, W., Yan, Z. H., Wei, Y. M., Lan, X. J. & Zheng, Y. L. (2006). Evaluation of genotype \times environment interactions in Chinese spring wheat by the AMMI model, correlation and path analysis. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, 192, 221-227.
21. Mirakhoundi, N. (2001). *Study on variation of quantitative traits and their relation with yield in drought and irrigation conditions and determination of the best drought resistant index in durum wheat*. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran (In Persian).
22. Moayed, N. F., Rostami, M. A. and Ghannadha, M. R. (2001). A study of morpho-physiological traits of bread wheat, relationship with grain yield under normal and drought stress conditions. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 32 (4), 785-794. (In Persian).
23. Moghaddam, M., Ehdaie, B. & Waines, J. G. (1997). Genetic variation and interrelationship of agronomic characters in landraces of bread wheat from South Western of Iran. *Euphytica*, 95, 361-369.
24. Moradi, M. Rezaei, A. M. & Arzani, A. (2005). Path analysis of grain yield and yield related components in oat. *Agricultural and Natural Resources Journal of Science and Technology*, 1, 173-17.
25. Naderi, A. Hashemidezfouli, A. Rezaei, A. M. & Majidi heravan, E. (2000). *Studying correlation of effective traits on grain weight and determining effects of some physiological parameters on grain yield of spring wheat genotypes in normal and drought stress conditions*. In: 6th Iranian plant breeding and agronomy congress, Articles summary. Mazandaran University. Sari, Iran. P 121- 122.
26. Nikkhah, H. (1998). *Evaluation and study of drought resistance heritability in bread wheat*. 5th Iranian plant breeding and agronomy congress. Articles summary. 345p.
27. Okuyama, L. A., Fedrizzi, L. C. and Barbosa, J. F. (2004). Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. *Ciencia Rural*, 34, 1701-1708.
28. Sarmadnia, Gh. 1998. *Studying correlation and path analysis of wheat yield and yield components*. In: Proceedings of 5th Iranian plant breeding and agronomy congress. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
29. Sayyah, S. S. Ghobadi, M. Mansoorifar, S. & Zebarjadi, R. (2010). *Studying terminal drought stress effect on grain yield, yield components and some morpho-physiological traits in irrigated wheat genotypes*. M.Sc. Thesis in Agronomy. Kermanshah Razi University.
30. Sharma, S. K. & Randawa, A. S. (2004). Path analysis in wheat. *Journal of Research Punjab Agriculture University*, 41, 183-185.
31. Sorkhi, B. & Yazdisamadi, B. (1998). Studying genetic relationships between grain yield and quantitative traits in 500 bread wheat lines through principal component analysis. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 29 (2), 363-373.
32. Srivastava, R. L., Sahai, R. N., Axena, J. K. S. & Singh, I. P. (1976). Path analysis of yield component in soybean. *Indian Journal of Agriculture Research*, 10, 171-173.
33. Topal, A., Aydin, C., Akgun, N. & Babaoglu, M. (2004). Diallel cross analysis in durum wheat (*Triticum durum*): identification of best parents for some kernel physical features. *Field Crops Research*, 87, 1-12.
34. Turner, N. C., Wright, G. C. & Siddique, K. H. M. (2001). Adaptation of grain legume to water- limited environments. *Agronomy Journal*, 71, 193- 231.
35. Yang, X., Chen, X., Ge, Q., Li, B., Tong, Y., Zhang, Zh. Li, A., Kuang, T. & Lu, C. (2006). Tolerance of phosphosynthesis to photo inhibition, high temperature and drought stress in flag leaves of wheat: A comparison between a hybridization line and its parents grown under field conditions. *Plant Science*, 171, 389- 397.
36. Yazdi samadi, B. & Majnoon hosseini, N. (2001). Studying quantitative traits in 12 commercial wheat varieties in rainfed conditions at Karaj. *Desert Journal*, 7 (1), 1-8.