

اثر رابطه‌ی منبع و مقصد بر عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در اهواز

احمد نادری¹، هادی کاظمی^{2*} و ایرج لک زاده³

1- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه زراعت، اهواز، ایران.

3- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیکی: hadikazemi63@gmail.com

چکیده

به منظور مطالعه‌ی تجزیه‌ی علیت رابطه‌ی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم بهاره در اثر تغییر در رابطه‌ی منبع و مقصد، آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 90-1389 در مزرعه‌ی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. شش ژنوتیپ گندم بهاره به عنوان کرت اصلی و تیمارهای حذف برگ پرچم، حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله، پوشاندن سنبله و شاهد به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. تفاوت ژنوتیپ‌ها و تیمارها برای عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار بود، اما دیگر صفات اختلاف معنی دار نداشتند. همچنین برهمکنش ژنوتیپ و تیمار بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در مترمربع، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد سنبلچه در سنبله در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار بود. نتایج تحقیق نشان داد که تنوع ژنتیکی بالایی بین ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در مورد صفات مورد بررسی وجود داشته و تعداد دانه در مترمربع به عنوان مؤثرترین و مهم‌ترین صفت بر عملکرد دانه معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: گندم، تجزیه علیت، عملکرد دانه، رابطه‌ی منبع و مقصد

مقدمه

گندم یکی از غلات و منابع غذایی مهم در ایران و بسیاری از کشورها است. لذا افزایش عملکرد این گیاه نقش مؤثری در تأمین غذای بشر خواهد داشت. گزارش شده است که تجزیه‌ی علیت عملکرد دانه از نظر اجزای آن و برخی صفات مورفولوژیک در گندم پاییزه معلوم کرده که عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله اصلی، قطر دانه، طول سنبله اصلی، مساحت برگ پرچم و شاخص برداشت همبستگی ژنوتیپی مثبت و معنی دار دارد (6). در گندم نان عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبتی دارد. همچنین تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله آثار مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه دارند (24). در گندم دوروم، وزن دانه در سنبله اثر مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه داشته و اثر غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات روی عملکرد است (31). نورمند مؤید و همکاران (10) در مطالعه‌ی ارقام گندم نان به این نتیجه رسیدند که عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشته و لذا به عنوان بهترین

شاخص‌های انتخاب در زمینه‌ی بهبود ژنتیکی این صفت قابل معرفی می‌باشند. فگم و همکاران (19) به تأثیر مستقیم و مثبت تعداد دانه بر سنبله و وزن هزار دانه بر عملکرد دانه اشاره کردند. شارما و رانداوا (27) اثر مستقیم وزن هزار دانه بر عملکرد دانه را منفی و اثر غیرمستقیم آن را مثبت گزارش کردند. ژیاو و پی (30) در آزمایشی روی 39 رقم گندم زمستانه، 10 صفت کمی را مطالعه و با استفاده از تجزیه به عامل‌ها توانستند تنوع داده‌ها را به پنج عامل اصلی کاهش دهند. آن‌ها عامل اول را ارتفاع بوته و عامل دوم را تعداد دانه در سنبله اصلی نامیدند. صفایی حکیمی (3) در آزمایشی روی 80 لاین کلکسیون گندم‌های دوروم بومی ایران نشان داد که صفات طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه‌ی عقیم در سنبله و تعداد دانه در سنبله، بیشترین اثر را بر روی عملکرد دانه داشتند. فرشاد فر (4) با تجزیه‌ی علیت اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرهای علت بر روی متغیرهای معلول را مورد مطالعه قرار داد. در این روش ضریب همبستگی بین دو صفت به اجزایی که اثر مستقیم و غیر مستقیم را اندازه گیری می‌کنند، تفکیک شد. بات (14) با تجزیه‌ی علیت روی 40 ژنوتیپ گندم، اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات زمان ظهور سنبله، ارتفاع بوته، تعداد سنبله و وزن هزار دانه بر عملکرد را بررسی کرد و نشان داد که تعداد سنبله و وزن هزار دانه (اجزای اولیه عملکرد) اثر مستقیم بزرگی بر عملکرد دارند. هم چنین وی اعلام کرد که زمان ظهور سنبله اثر مستقیمی بر عملکرد دانه نداشته و از طریق وزن دانه و تعداد سنبله به طور غیر مستقیم بر آن تأثیر دارد. تجزیه‌ی علیت عملکرد دانه در گندم نان نشان داده است که تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت از اثر مستقیم و مثبت بالایی بر عملکرد دانه برخوردارند (6). منصور فر (7) گزارش داد که ارتباط بین عملکرد دانه و مؤلفه‌های آن پیچیده بوده و بدیهی است که برخی از صفات تغییرات عملکرد دانه را بهتر از بقیه توجیه می‌کنند. کامکار و همکاران (23) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که جدول تجزیه واریانس و ضرایب همبستگی ساده به تنهایی نمی‌توانند مبنای صحیحی از تأثیر اجزای مختلف تعیین کننده‌ی عملکرد بر عملکرد دانه در سنبله باشند و ضرایب تجزیه‌ی علیت می‌توانند تجزیه و تحلیل قوی تری را در این زمینه ارائه دهند. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی روابط صفات با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم بهاره در اثر تغییر در روابط منبع و مقصد در اهواز و شناسایی عوامل مؤثر در بهبود عملکرد دانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 90-1389 در مزرعه‌ی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (اهواز) با طول جغرافیایی 48 درجه و 41 دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی 32 درجه و 30 دقیقه شمالی و ارتفاع 18 متر از سطح دریا اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل شش ژنوتیپ گندم بهاره (جدول 1) و کرت‌های فرعی شامل حذف برگ پرچم، حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله، پوشاندن سنبله و شاهد بودند. مزرعه‌ی آزمایش دارای بافت خاک رسی - لومی، واکنش نسبتاً قلیایی (pH=7/5) و هدایت الکتریکی پنج میلی موس بر سانتی متر بود. عملیات تهیه‌ی زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان دار، دو دیسک عمود بر هم، تسطیح، کودپاشی، دیسک و مرزبندی بود. هر کرت شامل شش ردیف به طول چهار متر و با فاصله ردیف 20 سانتی متر بر اساس تراکم 400 بذر در متر مربع بود. کاشت گندم در 14 آذر انجام شد. آبیاری مزرعه با توجه به نیاز در زمان مناسب انجام شد، به نحوی که کرت‌های آزمایشی بر اساس خصوصیات ظاهری و رطوبت خاک با محدودیت مواجه نشوند. در مرحله‌ی ساقه رفتن، برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش‌های گرانتار به میزان 20 گرم در هکتار و تاپیک به میزان یک لیتر در هکتار با توجه به سطح کرت‌های آزمایشی استفاده شد، همچنین مبارزه با حشرات و بیماری‌ها طبق دستورالعمل فنی بخش گیاهپزشکی مرکز

تحقیقات کشاورزی خوزستان صورت گرفت. پس از کاشت ژنوتیپ‌ها، فاصله زمانی کاشت تا استقرار گیاهچه تا مرحله‌ی رسیدگی کامل در فرم‌های یادداشت برداری مربوطه ثبت شد. در زمان رسیدگی دانه چهار خط وسط هر کرت به صورت دستی، پس از حذف نیم متر ابتدایی و انتهایی از خطوط وسطی در مساحتی معادل یک متر مربع برداشت و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. وزن هزار دانه با شمارش و توزین دو نمونه متشکل از 250 دانه تصادفی از هر کرت بر حسب گرم، شاخص برداشت (از روی نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیکی × 100) محاسبه گردد، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در متر مربع و تعداد دانه در سنبله، از ناحیه مرکزی هر کرت ارزیابی شدند. پس از انجام تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و تأیید اختلافات ژنوتیپ‌ها و تیمارها و معنی‌دار شدن و مقایسات میانگین به روش آزمون دانکن انجام شد. جهت بررسی رابطه‌ی بین میانگین صفات ضرایب همبستگی دوگانه‌ی ساده از نرم‌افزار MINITAB استفاده گردید.

جدول 1- شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

| ژنوتیپ | شماره |
|--|-------|
| INTER-16/3/SN TURK MI83-84 375/NIGRIS-511 TANTLO-1 | 1 |
| SHARP/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/5/VEE/LIRA//BOW/3/BCN/4/KAUZ | 2 |
| ADAMAR-15/ALBIA-1/ALTAR84/3/SNTURK MI83-83 | 3 |
| Bolani/Skauz*2/Fct | 4 |
| Bolani/1-66-22 | 5 |
| Chamran (شاهد منطقه) | 6 |

برای تشخیص صفات مؤثر بر عملکرد از تجزیه رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن صفت عملکرد دانه (کیلوگرم بر متر مربع) به عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به عنوان متغیرهای مستقل انجام گردید. همچنین جهت انجام تجزیه علیت از نرم افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

ژنوتیپ و دستکاری اندام‌های فتوسنتزکننده فقط بر عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد سنبلچه در سنبله مؤثر بودند (جدول 2)، در حالی که برهمکنش این دو بر تمامی صفات تأثیر معنی داری داشتند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه، به ترتیب به ژنوتیپ شماره چهار و ژنوتیپ شماره یک اختصاص داشت (جدول 3). علت تفاوت عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را می‌توان به تفاوت ژنتیکی ژنوتیپ‌ها نسبت داد. تیمار شاهد بیشترین و تیمار حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول 3). این نتایج حاکی از این است که به طور کلی حدود 22 درصد عملکرد دانه ناشی از فتوسنتز جاری است. از این مقدار 19 درصد ناشی از فتوسنتز خود سنبله و دو درصد ناشی از فتوسنتز برگ پرچم و یک درصد بقیه احتمالاً ناشی از سایر قسمت‌های سبز گیاه است. این مطلب نشان دهنده‌ی اهمیت فتوسنتز سنبله‌ی گندم به عنوان نزدیک ترین منبع دانه‌ها می‌باشد و خاطر نشان می‌سازد که حفظ دوام این منبع ضامن حفظ قدرت تولید گندم در مناطق دارای تنش‌های آخر فصل مانند خوزستان می‌باشد. این نتیجه با نتایج نادری (8) مطابقت داشت. بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ شماره پنج و رقم چمران بود (جدول 3). در تیمارهای محدودیت منابع فتوسنتزی، تیمار شاهد بیشترین و تیمار حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول 3). در این خصوص گزارش شده است که از کربن انتقال مجدد یافته از ذخایر پیش از گلدهی 24 تا

34 درصد در عملکرد بیولوژیک اندام‌های رویشی مشاهده شد (22). بیشترین و کمترین شاخص برداشت مربوط به رقم چمران و ژنوتیپ‌های شماره یک و شماره چهار بود، تعادل و هماهنگی مواد فتوسنتزی جاری، مخزن و منبع در این رقم دلیل اصلی بالا بودن شاخص برداشت می‌باشد، که با نتایج تحقیق نادری (8) مبنی بر بالا بودن شاخص برداشت در رقم چمران مطابقت داشت. در تیمارهای دستکاری منابع فتوسنتزی تیمار شاهد بیشترین و تیمارهای حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله و تیمار پوشاندن سنبله کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول 3). سکارلی (15) گزارش کرد که افزایش عملکرد دانه در غلات دانه ریز به طور عمده به علت افزایش شاخص برداشت می‌باشد. بیشترین و کمترین وزن هزاردانه به ترتیب به ژنوتیپ شماره چهار و ژنوتیپ شماره یک اختصاص داشت (جدول 3). در تیمارهای دستکاری منابع فتوسنتزکننده، تیمار شاهد بیشترین و تیمارهای حذف برگ پرچم و نیز تیمار حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول 3). بالا رفتن وزن هزار دانه، افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ شماره چهار را در پی داشت که با نتایج پاپاکوستا و گیاناس (26) مطابقت داشت. با اعمال تیمارهای محدودیت منابع جاری به دلیل کاهش فعالیت اندام‌های فتوسنتز کننده در ژنوتیپ‌های گندم، کاهش وزن هزاردانه مشاهده گردید که با نتایج گیبینگ و همکاران (22) و پاپاکوستا و گیاناس (26) هماهنگی و مطابقت داشت. این مطلب نشان می‌دهد که کاهش مقادیر وزن هزار دانه، یکی از دلایل مهم کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در تیمارها می‌باشد. وزن هزار دانه آخرین جزء از اجزاء عملکرد است که تعیین می‌شود و تنها جزء از اجزاء عملکرد است که به شرایط محیطی دوره پس از گلدهی بستگی دارد (26). سرمدنیا و کوچکی (2) گزارش دادند که وزن متوسط دانه‌ی گندم به اندازه تعداد سنبله در واحد سطح در عملکرد کل سهیم است. فراهانی و ارزانی (20) در بررسی 42 ژنوتیپ گندم دوروم، همبستگی منفی و معنی دار را بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله مشاهده نمودند. بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به ژنوتیپ شماره دو و ژنوتیپ شماره چهار بود (جدول 3). کاهش تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ شماره چهار باعث شد تا مواد غذایی بیشتری به دانه‌های باقی مانده به سنبله انتقال یابد و این ژنوتیپ با مکانیزم خود تنظیمی و ایجاد تعادل بین اجزا عملکرد، وزن دانه‌ی بیشتری داشته و همین امر باعث شده تا این نوع ژنوتیپ‌های گندم با وزن دانه‌ی بیشتر، عملکرد دانه‌ی بالاتری نیز تولید کنند. تیمار شاهد بیشترین و تیمار حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند (جدول 3). اسلافر و ساوین (29) بیان نمودند که تعداد دانه در هر سنبله بستگی به طول سنبله دارد که تحت تأثیر فاکتورهای ژنتیکی و محیطی در طول دوره‌ی رشد است، که با تحقیق حاضر مطابقت نداشت. اهدایی و همکاران (1) گزارش دادند که تعداد دانه در سنبله از اجزای مهم عملکرد بوده و وابسته به شرایط رشدی ارقام است، همچنین برای دستیابی به تعداد زیاد دانه در سنبله باید به خصوصیت ژنتیکی ارقام از لحاظ انعطاف پذیری و وضعیت رسیدگی توجه نمود. معنی دار نبودن اثر دستکاری اندام‌های فتوسنتزکننده بر تعداد دانه در متر مربع به دلیل آغازش و تثبیت گلچه‌ها به هنگام رشد رویشی بود. گزارش شده که افزایش تعداد دانه در واحد سطح به دلیل کاهش رقابت بین سنبله و ساقه‌ی در حال رشد در چند هفته قبل از ظهور بساک می‌باشد که باعث افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ساختار سنبله می‌شود (29) و افزایش تعداد دانه به ازای واحد وزن سنبله در مرحله ظهور بساک را به دنبال دارد (21). ارقام پاکوتاه گندم تعداد دانه بیشتری در واحد سطح دارند زیرا وزن سنبله در این ارقام بیشتر است، تعداد دانه بیشتر در این ارقام و عدم تغییر وزن دانه در سنبله و یا کاهش مختصر آن، باعث افزایش عملکرد این ارقام شده است (11، 18، 21). بیشترین و کمترین تعداد سنبله در متر مربع مربوط به ژنوتیپ شماره یک و ژنوتیپ شماره سه بود (جدول 3). در تیمارهای دستکاری منابع فتوسنتز کننده، تیمار شاهد بیشترین و تیمار حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله کمترین تعداد سنبله در متر مربع را داشتند (جدول 3). پتانسیل تولید تعداد سنبله در متر مربع در ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی، متفاوت بود که با یافته اهدایی (1) مطابقت داشت.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه ارقام گندم

| میانگین مربعات | | | | | | | | درجه آزادی | منابع تغییر |
|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|------------|---------------------|
| تعداد سنبلیچه در سنبله | تعداد سنبله در مترمربع | تعداد دانه در مترمربع | تعداد دانه در سنبله | وزن هزار دانه | شاخص برداشت | عملکرد بیولوژیکی | عملکرد دانه | | |
| 4 ^{ns} | 5233 ^{ns} | 20348174 ^{ns} | 65 ^{ns} | 44 ^{ns} | 57 ^{ns} | 800232 ^{ns} | 562401 ^{ns} | 2 | بلوک |
| 13 ^{**} | 23792 ^{**} | 10452323 ^{ns} | 56 ^{ns} | 34 ^{ns} | 104 ^{ns} | 1434760 ^{ns} | 989145 ^{**} | 5 | ژنوتیپ |
| 2 | 7973 | 9769992 | 44 | 54 | 82 | 11826647 | 350484 | 10 | خطای اصلی |
| 6 ^{**} | 16618 ^{**} | 7137420 ^{ns} | 56 ^{ns} | 48 ^{ns} | 20 ^{ns} | 1622545 ^{ns} | 535912 ^{**} | 3 | منابع جاری |
| 1 ^{**} | 16515 ^{**} | 1495417 ^{**} | 81 ^{**} | 185 ^{**} | 140 ^{**} | 14385259 ^{**} | 1244654 ^{**} | 15 | ژنوتیپ × منابع جاری |
| 1 | 327 | 5508418 | 41 | 47 | 56 | 3052115 | 289827 | 36 | خطای فرعی |
| 7 | 10 | 12 | 9 | 8 | 7 | 13 | 14 | - | ضریب تغییرات (درصد) |

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

جدول 3- مقایسه میانگین اثر اصلی ژنوتیپ‌ها و تیمارهای محدودیت منابع فتوسنتز ارقام گندم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم*

| میانگین صفات | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| تعداد سنبلچه در سنبله | تعداد سنبله در مترمربع | تعداد دانه در مترمربع | تعداد دانه در سنبله | وزن هزار دانه (گرم) | شاخص برداشت (درصد) | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | ژنوتیپ** |
| 14 ^b | 318 ^a | 10750 ^a | 36 ^a | 28 ^a | 43 ^a | 8628 ^a | 3177 ^c | 1 |
| 15 ^{ab} | 305 ^{ab} | 11540 ^a | 38 ^a | 33 ^a | 45 ^a | 8834 ^a | 3885 ^{ab} | 2 |
| 15 ^{ab} | 250 ^b | 11320 ^a | 36 ^a | 32 ^a | 44 ^a | 8890 ^a | 3748 ^{ab} | 3 |
| 16 ^a | 275 ^{ab} | 9549 ^a | 32 ^a | 34 ^a | 43 ^a | 9052 ^a | 3974 ^a | 4 |
| 15 ^{ab} | 279 ^{ab} | 11210 ^a | 35 ^a | 30 ^a | 44 ^a | 9475 ^a | 3507 ^{bc} | 5 |
| 16 ^a | 252 ^b | 10020 ^a | 37 ^a | 32 ^a | 46 ^a | 8558 ^a | 3760 ^{ab} | چمران |
| تیمارهای محدودیت منابع جاری | | | | | | | | |
| 16 ^a | 318 ^a | 11540 ^a | 38 ^a | 41 ^a | 46 ^a | 9475 ^a | 4113 ^a | شاهد |
| 14 ^b | 252 ^b | 9549 ^a | 32 ^a | 37 ^a | 43 ^a | 8558 ^a | 3219 ^b | حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله |
| 15 ^{ab} | 275 ^{ab} | 10570 ^a | 36 ^a | 38 ^a | 43 ^a | 8628 ^a | 3333 ^b | پوشاندن سنبله |
| 15 ^{ab} | 279 ^{ab} | 11320 ^a | 36 ^a | 37 ^a | 44 ^a | 9052 ^a | 4035 ^a | حذف برگ پرچم |

* : حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

** : شماره ژنوتیپ‌ها بر اساس جدول یک می‌باشد.

جدول 4- همبستگی ساده‌ی صفات مورد مطالعه در آزمایش

| صفات | عملکرد دانه | شاخص برداشت | عملکرد بیولوژیکی | وزن هزار دانه | تعداد سنبله در مترمربع | تعداد دانه در مترمربع | تعداد دانه در سنبله |
|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| شاخص برداشت | 0/07 ^{ns} | | | | | | |
| عملکرد بیولوژیک | 0/54 ^{**} | -0/85 ^{**} | | | | | |
| وزن هزار دانه | -0/2 ^{ns} | -0/21 ^{ns} | 0/06 ^{ns} | | | | |
| تعداد سنبله در مترمربع | 0/18 ^{ns} | -0/75 ^{**} | 0/54 ^{**} | 0/65 ^{**} | | | |
| تعداد دانه در مترمربع | 0/65 ^{**} | 0/2 ^{ns} | -0/05 ^{ns} | -0/85 ^{**} | -0/03 ^{ns} | | |
| تعداد دانه در سنبله | 0/23 ^{ns} | 0/22 ^{ns} | -0/08 ^{ns} | -0/98 ^{**} | -0/15 ^{ns} | 0/89 ^{**} | |
| تعداد سنبله در سنبله | 0/21 ^{ns} | 0/05 ^{ns} | 0/08 ^{ns} | -0/08 ^{ns} | -0/27 ^{ns} | 0/14 ^{ns} | 0/07 ^{ns} |

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

ارقام جدید در مقایسه با ارقام قدیمی به دلیل تعداد سنبله‌ی بیشتر و تعداد دانه‌ی بیشتر در هر سنبله دانه‌ی بیشتری تولید می‌کنند (14). طبق یک مطالعه روی 450 ژنوتیپ گندم دوروم، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد سنبله در متر مربع به دست آمد (13) که با نتایج نبوی کلات و شریف الحسینی (9) مطابقت داشت. بیشترین و کمترین تعداد سنبله در سنبله به ترتیب، به ژنوتیپ شماره چهار به همراه رقم چمران و ژنوتیپ شماره یک تعلق داشت (جدول 3).

ژنوتیپ شماره چهار و رقم چمران با طول سنبله‌ی بیشتر، تعداد سنبله در سنبله بیشتری داشتند که با گزارش دنکیک (16) مبنی بر اینکه سنبله‌ی طویل، باعث بیشتر شدن تعداد سنبله در سنبله و در نهایت، افزایش در ظرفیت مخزن می‌شود مطابقت داشت. همچنین در تیمارهای دستکاری منابع فتوسنتزی، تیمار شاهد بیشترین و تیمار حذف برگ پرچم + پوشاندن سنبله کمترین تعداد سنبله در سنبله را داشتند (جدول 3). بر اساس نتایج حاصل از رگرسیون چند متغیره‌ی خطی به روش گام به گام که در جدول 5 آورده شده است، $Y = \text{عملکرد دانه تابعی از } X_1 = \text{تعداد دانه در متر مربع}$ ، $X_2 = \text{تعداد دانه در سنبله}$ ، $X_3 = \text{وزن هزار دانه}$ و $X_4 = \text{تعداد سنبله در سنبله}$ بود. در این مدل تعداد دانه در متر مربع بیشترین اثر مستقیم را بر روی عملکرد دانه داشت (جدول 6).

در مجموع چهار صفت وارد مدل شده که روی هم رفته 92 درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. نتایج حاصل از این قسمت با نتایج نورمند مؤید و همکاران (10) و فراهانی و ارزانی (20) مطابقت داشت. مدل ریاضی رگرسیونی به شرح ذیل می‌باشد:

$$Y = 885 + 0/89 x_1 + 0/86 x_2 + 0/74 x_3 + 0/67 x_4$$

$$R^2 = \%92$$

جدول 5- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه گندم به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل

| مراحل رگرسیون گام به گام | | | | متغیر اضافه شده به مدل |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------------------|
| 4 | 3 | 2 | 1 | |
| 885 | 732 | 599 | 459 | عدد ثابت |
| 0/89** | 0/53** | 0/40** | 0/32** | تعداد دانه در مترمربع |
| 0/86** | 0/44** | 0/90** | | تعداد دانه در سنبله |
| 0/74** | 0/34** | | | وزن هزار دانه |
| 0/67** | | | | تعداد سنبلچه در سنبله |
| 92 | 79 | 68 | 56 | ضریب تبیین (R^2) |

** : ضرایب رگرسیون گام به گام در آخرین مرحله در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار است.

تجزیه علیت

به منظور تفسیر بهتر نتایج به دست آمده از رگرسیون گام به گام، تجزیه‌ی علیت برای عملکرد دانه انجام گردید. براساس نتایج به دست آمده تعداد دانه در مترمربع دارای بیشترین اثر مستقیم بر روی عملکرد دانه بود و پس از آن تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد داشت، همچنین وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه در سنبله به ترتیب کمترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند (جدول 6). این موضوع بیانگر اهمیت نسبی تأثیر تعداد دانه در متر مربع و تعداد دانه در سنبله نسبت به دو صفت دیگر است. تعداد دانه در متر مربع دارای بیشترین تأثیر غیر مستقیم به طور منفی از طریق وزن هزار دانه بر عملکرد دانه بود و پس از آن به ترتیب از طریق تعداد دانه در سنبله به طور مثبت و تعداد سنبلچه در سنبله به طور منفی کمترین تأثیر غیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته است. این نتیجه با یافته‌های نورمند مؤید و همکاران (10) و ارزانی (12) مطابقت داشت. دوفینگ و نایت (17) اثر مستقیم تعداد دانه در متر مربع را بر عملکرد دانه‌ی گندم مثبت و بالا گزارش نمودند. تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر غیر مستقیم و منفی خود را از طریق وزن هزار دانه بر عملکرد دانه داشت، همچنین بیشترین و کمترین تأثیر غیر مستقیم را از طریق تعداد دانه در مترمربع و تعداد سنبلچه در سنبله به طور مثبت بر عملکرد دانه داشت، که با گزارش سیمان و همکاران (28) و بات (14) مطابقت داشت. قاسمی و همکاران (5) در بررسی 16 ژنوتیپ پیشرفته‌ی جو شش ردیفه و دو ردیفه در شرایط دیم نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. مقدم و همکاران (24) اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله اصلی گزارش کردند و همچنین دوفینگ و نایت (17) اثر مستقیم و متوسط تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه را تأیید نمودند. وزن هزار دانه به ترتیب از طریق تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در متر مربع و تعداد سنبلچه در سنبله به طور منفی دارای بیشترین تأثیر غیر مستقیم بر عملکرد دانه بود، چنین نتیجه‌ی با یافته‌های شارما و رانداوا (27) و اوکویاما و همکاران (25) مطابقت داشت. تعداد سنبلچه در سنبله دارای بیشترین تأثیر غیر مستقیم و مثبت از طریق تعداد دانه در متر مربع و تعداد دانه در سنبله بر عملکرد دانه بود و از طریق وزن هزار دانه بیشترین اثر را به طور منفی بر عملکرد دانه را دارا بود، نتایج حاصل از این قسمت با نتایج فگم و همکاران (19) مطابقت نداشت. مطابق با جدول 6 سایر متغیرها (صفات مورد مطالعه) دارای تأثیر برابر با 0,081 می‌باشند. اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به نژادی برای افزایش عملکرد دانه اهمیت

زیادی دارد زیرا انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن صفات دیگر نتایج نامطلوبی را باعث خواهد شد. لذا در برنامه‌های اصلاحی می‌بایستی به همبستگی بین صفات توجه شود. نهایتاً تجزیه علیت در تبیین اثر اجزاء عملکرد و سایر صفات مهم بر عملکرد دانه که به وضوح در تجزیه همبستگی ساده صفات منعکس نمی‌باشد بسیار کارآمد معرفی می‌گردد.

جدول 6- بررسی اثر برهمکنش مستقیم و غیر مستقیم در تجزیه علیت صفات موجود مدل رگرسیون بر عملکرد ژنوتیپ‌های دانه گندم

| جمع | اثر غیر مستقیم | | | | اثر مستقیم | صفت |
|--------------|-----------------------|---------------|---------------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| | تعداد سنبلچه در سنبله | وزن هزار دانه | تعداد دانه در سنبله | تعداد دانه در مترمربع | | |
| 0/988 | 0/039 | -0/714 | 0/801 | - | 0/94 | تعداد دانه در مترمربع |
| 0/894 | 0/020 | -0/823 | - | 0/837 | 0/90 | تعداد دانه در سنبله |
| -0/863 | -0/022 | - | -0/882 | -0/799 | 0/84 | وزن هزار دانه |
| 0/408 | - | -0/067 | 0/063 | 0/132 | 0/28 | تعداد سنبلچه در سنبله |
| Error= 0/081 | | | | | | |

نتایج تحقیق نشان داد که تنوع ژنتیکی بالایی بین ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در مورد صفات مورد بررسی وجود داشته و تعداد دانه در مترمربع به عنوان مؤثرترین و مهم‌ترین صفت بر عملکرد دانه تشخیص داده شد. در مجموع، صفاتی همچون تعداد دانه در متر مربع و تعداد دانه در سنبله را می‌توان از معیارهای مهم برای بهبود عملکرد دانه‌ی گندم معرفی کرد که در انتخاب ارقام پر محصول کاربرد خواهند داشت. همچنین پیشنهاد می‌شود که این آزمایش با تیمارهای مختلف، ژنوتیپ‌های دیگر و اعمال تنش‌های محیطی در اهواز نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1. **اهدایی، ب.** 1377. تغییرات ژنتیکی برای ذخیره ساقه و انتقال آن به دانه در گندم معمولی بهاره تحت شرایط خشکی انتهایی. مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، 656 صفحه.
2. **سرمدنی، غ. و کوچکی، ع.** 1376. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، 467 صفحه.
3. **صفایی حکیمی، ن.** 1375. مطالعه ژنتیکی و تغییرات جغرافیایی برای گندم‌های دوروم ایرانی. چکیده مقالات چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، اصفهان، 262 صفحه.
4. **فرشادفر، ی.** 1384. اصول و روش‌های آماری چند متغیره. انتشارات طاق بستان کرمانشاه، 734 صفحه.
5. **قاسمی، م.، مقدم، م.، ولی زاده، م. و محفوظی، س.** 1377. تجزیه علیت عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم پیشرفته در شرایط دیم در اردبیل. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، 623 صفحه.
6. **مقدم، م.، بصیرت، م.، رحیم زاده خوئی، ف. و شکیبا، م.** 1372. تجزیه علیت عملکرد دانه اجزای آن و برخی صفات مورفولوژیک در گندم پاییزه. مجله دانش کشاورزی، 4 (1 و 2): 48-57.
7. **منصور فر، ک.** 1385. روش‌های پیشرفته آماری همراه با برنامه‌های کامپیوتری، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، 459 صفحه.
8. **نادری، ا.** 1379. ارزیابی تنوع ژنتیکی و مدل سازی پتانسیل انتقال مجدد اسیمیلاتاها و نیتروژن به دانه در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی رساله دکتری تخصصی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان. 243 صفحه.
9. **نبوی کلات، م. و شریف الحسینی، م.** 1385. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام و لاین‌های جو به تنش خشکی انتهایی فصل رشد. مجله علوم کشاورزی، 3(9): 55-74.
10. **نورمند مؤید، ف.، رستمی، م. و قنادها، م.** 1377. تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در گندم نان. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، 243 صفحه.
11. **Alvaroa, F., Isidro, J., Villegasa, D., Garcia del Moral, L. F. and Royo, C. 2008.** Breeding Effects on Grain Filling, Biomass Partitioning, and Remobilization in Mediterranean Durum Wheat. *Agronomy Journal*, 100: 361-370.
12. **Arzani, A. 2002.** Grain yield performance of durum wheat germplasm under Iranian dryland and irrigated field condition. *Journal of Breeding and Genetic*, 34: 1-9.
13. **Austin, R. B., Morgan, C. L., Ford, M. A. and Blackwell, R. D. 1980.** Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. *Annual Botany*, 45: 309-319.
14. **Bhatt, G. H. 1973.** Significance of path coefficient analysis determining the nature of character association. *Euphytica*, 22: 338-343.

15. **Ceccarelli, S. 1987.** Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments. *Euphytica*, 36 (1): 265- 273.
16. **Dencic, S. 1994.** Designing a wheat ideotype with increased sink capacity. *Plant Breeding*, 112: 311-317.
17. **Dofing, S. M. and Knight, C. W. 1992.** Alternative model for path analysis of small grain yield. *Crop Science*, 32: 487-489.
18. **Ehdaie, B., Alloush, G. A. and Waines, J. G. 2008.** Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat, *Field Crops Research*, 106: 34-43.
19. **Fagam, A. S., Bununu, A. M. and Buba, U. M. 2007.** Path Coefficient Analysis of the Components of Grain Yield in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Natural Applied Science*, 2: 310-316.
20. **Farahani, A. and Arzani, A. 2006.** Investigating genetic variation of cultivars and F₁ hybrids of durum wheat using agronomic and morphologic characters. *Agriculture Science Technology and Natural Resource*, 10: 341-354.
21. **Fischer, R. A. 2008.** The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson. *Field Crops Research*, 105: 15-21.
22. **Gebbing, T., Schnyder, H. and Kuhbauch, W. 1999.** The utilization of pre - anthesis reserves in grain filling of wheat. *Plant Cell Environment*, 22: 851-858.
23. **Kamkar, B., Kafi, M. and Nassiri Mahalati, M.. 2004.** Determining the most sensitive developmental period of wheat to salinity using path analysis for optimal salin water utilization. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19: 25-34.
24. **Moghaddam, M., Ehdaie, B. and Waines, J. G. 1997.** Genetic variation and interrelationships of agronomic characters in landraces of bread wheat from southeastern Iran. *Euphytica*, 95: 361-369.
25. **Okuyama, L. A., Ferizzi, L. C. and J. F. B. Neto. 2004.** Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. *Ciencica Rural, Santa Maria*, 34(6): 1701-1708.
26. **Papakosta, D. K. and Gayians, A. A. 1991.** Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 83: 864-870.
27. **Sharma, S. K. and A. S. Randawa. 2004.** Path analysis in wheat. *Journal Research of Punjab Agriculture*, 41:183-185.
28. **Simane, B., Struik, P. C., Nachit, M. M. and Peacock, J. M. 1993.** Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water limited environmental. *Euphytica*, 71: 211-219.
29. **Slafer, G. A. and Savin, R. 1994.** Source-sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Research*, 37: 39-49.

30. **Xiao, H. and Pei, X. 1991.** Applying factor analysis method to study winter wheat quantity characters and varieties classification. *Acta Agriculturae Universitatis Pekinen Science*, 17: 17-24.
31. **Yagdi, K. 2009.** A path coefficient analysis of some yield component in durum wheat (*Triticum durum* L.). *Pakistan Journal of Science*, 41(2): 745-751.