دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

شناسایی صفات موثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

سامان معتضدی[۱]، سعید سیف‌زاده[۲]، رضا حق‌پرست[۳]، حمیدرضا ذاکرین[۴] و حمید جباری[۵]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ایران
۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ایران، (نویسنده مسوول: saeedsayfzadeh@yahoo.com)
۳- دانشیار، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود، ایران
۴- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ایران
۵- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۸
صفحه: ۶۸ تا ۸۷

چکیده

توسعه ارقام پرمحصول، هدف اصلی در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی گندم بوده و تحقق این هدف به شناخت روابط بین عملکرد دانه و اجزای مرتبط با آن بستگی دارد. به‌منظور بررسی روابط بین عملکرد دانه با برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و تعیین اهمیت نسبی هر یک از آنها، تعداد ۲۵ ژنوتیپ گندم نان از نظر ۱۴ صفت مورفوفیزیولوژیک در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳ در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای غرب کشور (ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری را بین لاین‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نشان داد. ضرایب همبستگی ساده بین صفات در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نشان داد صفات پایداری غشاء سلولی، طول برگ پرچم، طول ریشک، محتوای آب نسبی، وزن هزار دانه و درصد کلروفیل، بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که صفات طول پدانکل، محتوای آب نسبی، محتوای پرولین و درصد کلروفیل در شرایط دیم و صفات محتوای آب نسبی و محتوای پرولین در شرایط آبیاری تکمیلی وارد مدل رگرسیونی شدند و به‌ترتیب ۰/۹۰۶ و ۰/۸۴۰ از کل تغییرات مربوط به عملکرد دانه را تبیین نمودند. برای مشخص نمودن آثار مستقیم و غیرمستقیم و سهم هر یک بر عملکرد نیز تجزیه ضرایب مسیر انجام شد که بر این اساس، بیشترین آثار مستقیم مثبت مربوط به طول پدانکل، محتوای آب نسبی و درصد کلروفیل تحت شرایط دیم و محتوای آب نسبی تحت شرایط آبیاری تکمیلی بود که نشان دهنده اهمیت این صفات بر عملکرد دانه می‌باشد. ژنوتیپ شماره ۱ (آذر ۲) برای شرایط آبیاری تکمیلی و ژنوتیپ شماره ۲۵ (ریژاو) برای شرایط دیم از بقیه ارقام و لاین‌های مورد بررسی برتر بوده و قابل معرفی برای کشت در شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه می‌باشند. صفات فیزیولوژیکی محتوای آب نسبی برگ، میزان پرولین، درصد کلروفیل و همچنین صفات مورفولوژیکی طول پدانکل و طول برگ پرچم به‌عنوان صفات مناسب به‌منظور اصلاح ارقام دیم معرفی می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه همبستگی، صفات مورفوفیزیولوژیک، تجزیه علیت، طول پدانکل، محتوای آب نسبی

مقدمه

در میان غلات، گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که نقشی حیاتی در اقتصاد ملی کشورهای در حال توسعه دارد (۱). فائو[1] (۲۷) با اعلام آمار تولیدات کشاورزی کشورهای جهان، ایران را در جایگاه سیزدهم تولید گندم قرار داد. متخصصین پیش‌بینی می‌کنند تا سال ۲۰۲۰، میزان تقاضا برای گندم ۴۰٪ افزایش پیدا کند و افزایش سریع تولید گندم ضروری است (۶۰). بر اساس گزارشات، میانگین عملکرد گندم دنیا، ۶۰-۳۰ درصد عملکرد قابل حصول است که دلیل اصلی آن کمبود آب است (۲۰). کشور ایران بدلیل قرار گرفتن در نواحی خشک و نیمه خشک جهان، از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است؛ متوسط بارندگی کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان، حدود یک سوم میانگین بارندگی دنیا می‌باشد (۲۲). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، عدم بارش کافی و توزیع نامناسب آن، عامل بازدارنده تولید غلات محسوب می‌گردد بنابراین ارزیابی ژرم‌پلاسم ارقام بومی و اصلاح‌شده غلات که دارای سازگاری خوبی با محدودیت رطوبتی هستند، یک روش مناسب در دستیابی به ارقام مطلوب محسوب می‌شود (۸۰). تحمل به خشکی یک صفت کمی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد که این امر موجب مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم می‌شود؛ با این حال ارزیابی عملکرد دانه در شرایط تنش و نرمال، نقطه شروع خوبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها برای به‌نژادی در شرایط خشکی می‌باشد (۷۳). با توجه به پائین بودن وراثت‌پذیری صفت عملکرد، برای انتخاب آن معمولاً از شاخص‌های مورفولوژیک که دارای وراثت‌پذیری بالایی بوده و نیز همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارند، استفاده می‌شود (۴۳). تحمل به تنش خشکی از طریق اصلاح صفات مورفوفیزیولوژیک نیز امکان‌پذیر است (۳۶). گیاهان در هنگام تنش خشکی با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیک خود ایجاد می‌کنند، به تنش‌های محیطی پاسخ می‌دهند و یکی از این پاسخ‌ها، تجمع پرولین[2] است (۱۰). پرولین اسید آمینه‌ای است که در بسیاری از گونه‌های گیاهی تحت طیف وسیعی از شرایط تنش از جمله تنش خشکی تجمع می‌یابد و ممکن است به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی عمل کند (۱۸). کاهش

1- Food and Agriculture Organization
2- Proline

محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند (۳۱). محتوای آب نسبی شاخص مهمی برای تعیین وضعیت آب گیاه محسوب می‌شود و می‌توان از این صفت به‌عنوان معیار انتخاب در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود (۳۷). میزان محتوای آب نسبی برگ به‌عنوان مهم‌ترین صفت فیزیولوژیک موثر بر عملکرد دانه در شرایط دیم گزارش شده است (۵۳). پدانکل[1] یا بالاترین میانگره ساقه به‌عنوان یکی از اندام‌های تامین‌کننده کربن دانه گندم محسوب شده و تجمع مقادیر قابل توجهی از کربوهیدرات‌های مازاد بر نیاز گیاه در آن و انتقال مجدد آنها به دانه‌های در حال پر شدن یکی از دلایل اهمیت این اندام در تعیین عملکرد دانه گندم بیان شده است (۲۴). انتخاب غیرمستقیم در نسل‌های اولیه از طریق صفاتی که همبستگی خوبی با عملکرد دانه داشته و وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به عملکرد داشته باشند، یکی از راهبردهای مهم اصلاحی است که در این زمینه، تجزیه ضرایب همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه، به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آنها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می‌نماید (۴۷). هنگامی که شمار متغیرهای مستقل موثر بر صفت وابسته افزایش یابد، میزان وابستگی صفات به یکدیگر محدود شده، در چنین شرایطی، همبستگی‌ها به‌تنهایی نمی‌توانند روابط بین متغیرها را توجیه کنند (۸). با کمک تجزیه رگرسیون گام به گام می‌توان اثر صفات غیرموثر یا کم تاثیر بر روی عملکرد را حذف و تنها صفاتی که درصد قابل توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند، مورد بررسی قرار داد (۷۹). در تحلیل رگرسیون گام به گام[2]، تنها می‌توان تاثیر مستقیم متغیرهای مستقل را بر متغیر وابسته پیش‌بینی کرد و امکان شناسایی تاثیرات غیرمستقیم آنها فراهم نمی‌باشد که برای رفع چنین مشکلی از تجزیه علیت استفاده می‌شود (۶۱). بوگیل و همکاران (۱۴) در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری را بین صفات وزن هزار دانه، طول پدانکل و ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های گندم نان گزارش کرده‌اند. قدسی و همکاران (۳۸) در مطالعه اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام گندم، بیان می‌نمایند که بین عملکرد دانه و صفات تعداد سنبله در متر مربع، شاخص برداشت و وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. طالعی و بهرام نژاد (۷۶) در مطالعه ۴۶۷ مورفوتیپ گندم، نشان داده‌اند که صفات سرعت رشد رویشی، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی، در رگرسیون گام به گام وارد شده و صفات روز تا رسیدگی و تعداد سنبله در مترمربع، ۸۷٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند.

ترابیان و مقصودی (۷۷) در بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن در گندم در شرایط دیم و آبیاری نرمال، ضمن انجام تجزیه علیت اعلام نموده‌اند که در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی، صفت شاخص برداشت بالاترین اثر مثبت مستقیم را بر روی عملکرد دانه دارد.

از آنجایی‌که طی سالیان گذشته تلاش‌های زیادی جهت بهبود و افزایش عملکرد گندم بخصوص تحت شرایط دیم انجام شده ولی این فعالیت‌ها باعث افزایش ناچیزی در عملکرد گردیده بنابراین باید با عمل انتخاب می‌توان لاین‌ها و ژنوتیپ‌های مطلوب و مقاوم به تنش رطوبتی را شناسایی و از زمینه ژنتیکی آنها در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد.

با افزایش حجم ژرم‌پلاسم مورد استفاده، اهمیت روش‌های طبقه‌بندی و ارزیابی ژرم‌پلاسم بیشتر می‌شود که در این شرایط، استفاده از روش‌های آماری چند متغیره، استراتژی مهمی جهت طبقه‌بندی و ارزیابی روابط ژنتیکی بین موارد مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی روابط بین صفات مورفوفیزیولوژیک و شناسایی صفات موثر بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های جدید امیدبخش گندم نان در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره است چون در برنامه‌های به‌نژادی باید ژنوتیپ‌های جدید اصلاحی از نظر این صفات ارزیابی شوند تا از برترین‌های آنها در برنامه‌های دورگ‌گیری استفاده شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، ایستگاه سرارود، واقع در کیلومتر ۱۷ کرمانشاه (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۴۷۸ میلی‌متر) اجرا شده است. اقلیم محل اجرای آزمایش بر اساس سیستم طبقه‌بندی کوپن، مدیترانه‌ای با تابستان‌های داغ و بافت خاک بر اساس مثلث بافت خاک، سیلتی، رسی، لومی می‌باشد. میانگین بارندگی در سال اول ۳۰/۱۱ و در سال دوم ۸۲/۲۵ میلی‌متر بود. میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهیانه در دو سال آزمایش در شکل ۱ آمده است.

براساس برنامه به‌نژادی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، تعداد ۲۵ لاین امیدبخش گندم نان به مدت دو سال (۱۳۹۵-۱۳۹۳) و تحت دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در۶ خط ۶ متری، با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع، توسط دستگاه خطی‌کار غلات برای هر یک از شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، به صورت جداگانه و همزمان، کشت و اجرا گردید. در آزمایش دیم، آبیاری تا پایان فصل زراعی صورت نگرفت و منبع تامین رطوبت مزرعه، نزولات آسمانی بود؛ در شرایط آبیاری تکمیلی، آبیاری طی دو مرحله نموی ظهور سنبله و پر شدن دانه و هر بار به میزان۳۰ میلی‌متر توسط سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت انجام شد. کلیه عملیات تهیه زمین و مراقبت‌های زراعی، به صورت یکسان برای هر دو آزمایش صورت گرفت. با توجه به اطلاعات آزمون خاک (جدول ۱)، میزان کود لازم برای هر کرت آزمایشی بر اساس۱۰۰کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و۵۰

1- Peduncle

2- Stepwise Regression

کیلوگرم در هکتار کود اوره ۴۶٪، محاسبه و همزمان با کاشت مصرف شد. تعداد ۱۴ صفت مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، طول برگ پرچم، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله، طول پدانکل، عملکرد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل، طول ریشک، پرولین، پایداری غشاء سلولی و عملکرد دانه است.

جهت نمونه‌برداری‌ها در طی فصل رشد (ارتفاع بوته، طول سنبله، طول ریشک، طول پدانکل و طول برگ پرچم)، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، از پنج بوته واقع در دو ردیف بعدی و جهت تخمین عملکرد و اجزای آن، پس از حذف نیم متر از دو سر کرت آزمایشی، از بوته‌های دو ردیف میانی استفاده شد. صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، محتوای آب نسبی، پایداری غشاء سلولی، محتوای پرولین و عملکرد دانه، در آزمایشگاه تعیین شد. برای طول پدانکل، فاصله آخرین گره تا یقه سنبله، برای اندازه‌گیری صفت طول برگ پرچم، حد فاصل نوک تیغه برگ‌پرچم تا محل اتصال آن به غلاف برگ، برای ارتفاع بوته، فاصله سطح خاک تا نوک سنبله بدون احتساب ریشک و برای طول سنبله، فاصله یقه تا نوک سنبله انتهایی بدون احتساب ریشک استفاده شد. به منظور تعیین محتوای آب نسبی، دو هفته پس از گلدهی، از هرکرت آزمایشی تعداد ۵ عدد برگ‌پرچم به‌صورت تصادفی انتخاب و درون نایلون فریزر قرار گرفت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد؛ در فاصله انتقال به آزمایشگاه جهت به حداقل رساندن اتلاف رطوبت، نمونه‌ها در فلاسک محتوی یخ قرار گرفت. در آزمایشگاه، قطعاتی با ابعاد تقریبی ۲ سانتی‌متر توسط قیچی جدا و وزن‌تر آنها توسط ترازوی دیجیتالی تعیین شد؛ وزن تورژسانس، پس از قراردادن نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت درون آب مقطر و دمای اتاق، تعیین گردید؛ بمنظور به دست آوردن وزن‌خشک، نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی و به مدت ۴۸ ساعت درون آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد؛ در پایان، محتوای آب نسبی برگ (RWC) از طریق معادله زیر محاسبه گردید:

$$RWC\% = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \times 100$$

در این معادله، FW[1]، DW[2] و TW[3]: به‌ترتیب بیانگر وزن‌تر، وزن خشک و وزن تورژسانس نمونه برگ بود (۶۲).

به‌منظور تعیین پایداری غشاء سلولی[4]، در مرحله گلدهی تعداد ۳ نمونه برگی از هر کرت‌آزمایشی را انتخاب و داخل نایلون فریزر قرار داده و جهت جلوگیری از اتلاف‌رطوبتی، در فلاسک محتوی یخ، به آزمایشگاه منتقل می‌کنیم. با کمک ترازوی آزمایشگاهی، نمونه‌های ۰/۱ گرمی از بافت برگی را توزین و داخل دو سری لوله آزمایش محتوی ده میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر شده قرار می‌دهیم، سری اول لوله‌های آزمایش محتوی نمونه‌ها را به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه بن‌ماری در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و سری دوم لوله‌ها را در همان دستگاه به مدت نیم ساعت و این بار در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و در هر دو حالت بعد از سرد شدن نمونه‌ها، با کمک دستگاه EC[5] متر، هدایت الکتریکی آنها را اندازه‌گیری می‌کنیم. از رابطه زیر، شاخص پایداری غشاء سلولی محاسبه می‌شود.

$$MSI = (1 - \frac{EC1}{EC2}) \times 100.$$

در این معادله، EC_1: میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و EC_2: میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۶۳).

جهت اندازه‌گیری محتوای پرولین، دو هفته پس از گرده‌افشانی، از هر واحد آزمایشی، تعداد ۵ برگ پرچم به طور تصادفی انتخاب و پس از قرار دادن در فویل آلومینیومی، ضمن غوطه‌ور کردن در نیتروژن مایع، به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. میزان ۰/۵گرم از نمونه‌برگ، توزین و ضمن سائیدن داخل هاون‌چینی به تدریج ۱۰ سی‌سی اسیدسولفوریک ۳ درصد به آن اضافه شد. محلول حاصله به لوله آزمایش درب‌دار منتقل و به مدت ۱۵دقیقه سانتریفوژ[6]گردید (۳۰۰۰ دور در دقیقه). از عصاره حاصل، یک سی‌سی برداشته و در لوله آزمایش ریخته و سپس ۱ سی‌سی معرف نین‌هیدرین و ۱ سی‌سی اسیداستیک‌گلاسیال[7] به آن افزوده و یک ساعت در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا به رنگ آجری رسید و سپس جهت توقف واکنش‌ها در آب یخ قرار داده شد و بعد از سرد شدن، در هر لوله آزمایش، میزان ۴ میلی لیتر تولوئن[8] اضافه گردید. در هر لوله آزمایش، ۲ فاز تشکیل گردید؛ فاز بالایی که حاوی کمپلکس رنگی بود، برای اندازه‌گیری میزان پرولین استفاده شد و میزان جذب نور آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر[9]مدل Jenway قرائت گردید (۱۲). شدت تاثیر آبیاری‌تکمیلی بر مقدار صفات ارزیابی شده با محاسبه درصد افزایش هر صفت نسبت به شرایط دیم بررسی گردید. درصد تغییر صفات با توجه به فرمول زیر محاسبه شد (۵۴):

$$\text{درصد تغییر صفت} = \frac{\text{میزان صفت در شرایط تنش- میزان صفت در شرایط بدون تنش}}{\text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}}$$

تجزیه واریانس مرکب[10] بر روی صفات موردنظر به منظور تعیین اثرات اصلی و متقابل در دو سال آزمایش انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن [11]صورت گرفت. قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب، نسبت به رعایت اصول آماری و تست مفروضات تجزیه واریانس اعم از نرمال بودن داده‌ها، توزیع نرمال باقیمانده‌های اشتباهات آزمایشی و آزمون یکنواختی خطاهای آزمایش به روش بارتلت[12] اقدام گردید.

به‌منظور بررسی وجود رابطه خطی بین متغیرهای مورد بررسی، ضرایب همبستگی کلیه صفات محاسبه و معنی‌دار بودن آنها در هر آزمایش بررسی گردید. برای برازش یک مدل توصیفی، عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات مورد بررسی به‌عنوان متغیرهای مستقل در رگرسیون گام به گام وارد شده و متغیرهای مستقلی که نقش معنی‌دار بزرگتری در توجیه

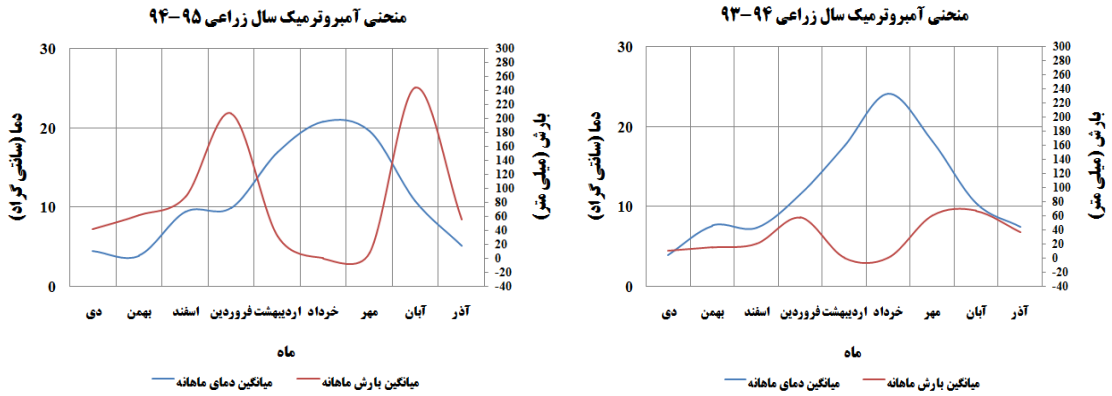
1- Zedge effect 2- Fresh weight 3- Dry weight 4- Turgid weight 5- Membrane stability Index
6- Electrical conductivity 7- Glacial acetic acid 8- Toluene 9- Spectrophotometer 10- Combined variance nalysis
11- Duncan's Multiple Range 12- Bartlett

متغیر تابع داشتند، در مدل باقی ماندند. جهت تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه، تجزیه علیت با استفاده از متغیرهای باقیمانده در مدل رگرسیون گام به گام انجام شد. به‌منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزارهای SAS، SPSS و Path2 استفاده شد. این پژوهش قسمتی از برنامه عملی به‌نژادی در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم است و از اصول این برنامه در این پژوهش استفاده شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Chemical Properties of the soil

عمق نمونه (Cm)	نیتروژن قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۳۰-۰	۲/۳	۷	۱۲۸



شکل ۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت در دو سال ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴ در ایستگاه تحقیقاتی سرارود کرمانشاه

Figure 1. Average of precipitation and temperature in two years of 2014-2015 and 2015-2016 at research station of sararood of Kermanshah

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله داده‌های این آزمایش از نظر صفات مورد مطالعه (جدول ۲)، نشان می‌دهد اثر ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است که این موضوع بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌ها از نظر صفات مورد بررسی و حکایت از متفاوت بودن توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفت عملکرد دانه و دلالت بر ارزشمند بودن این ذخائر و لزوم توجه بیشتر در حفظ و ارزیابی آنها است. نتایج به دست آمده در توافق با نتایج نوری و همکاران (۵۶) می‌باشد.

در بین صفات مورد بررسی، ارتفاع گیاه، طول برگ پرچم و عملکرد سنبله به ترتیب با ۴۳/۷۲، ۳۱/۰۲ و ۳۰/۱۱ درصد، دارای بیشترین درصد تغییرات و صفات تعداد دانه در سنبله و درصد کلروفیل به ترتیب با ۴/۶۱ و ۴/۹۷ درصد، کمترین درصد تغییرات را دارا هستند؛ درصد تغییرات برای عملکرد دانه معادل ۱۰/۰۲ درصد است؛ دامنه تغییرات اکثر صفات بالا می‌باشد که نشان‌دهنده تاثیر تنش رطوبتی بر صفات مورد بررسی است (جدول ۶). اثر سال بر کلیه صفات مورد بررسی به جز صفت تعداد دانه در سنبله در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، به عبارت دیگر دو سال مورد بررسی با یکدیگر از نظر میزان بارندگی، دما و ... متفاوت هستند.

مشاهده تفاوت معنی‌دار بین دو سال، به دلیل شرایط آب و هوایی بهتر در سال دوم اجرای آزمایش است (جداول ۲، ۵ و شکل ۱). این موضوع توسط محققین مختلفی تائید شده است (۶۸،۵۸). اثر آبیاری بر کلیه صفات مورد بررسی به جز طول سنبله در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. تنش رطوبتی در شرایط دیم منجر به کاهش کلیه صفات مورد بررسی و افزایش محتوای پرولین و از طرفی اعمال آبیاری تکمیلی منجر به افزایش کلیه صفات مورد بررسی و کاهش محتوای پرولین نسبت به شرایط دیم شده است (جداول ۲ و ۴).

نتایج بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که برخورد مراحل رشد و نمو با تنش خشکی موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد در گندم می‌شود (۴۱). برهم‌کنش سال×ژنوتیپ برای کلیه صفات مورد بررسی به جز پایداری غشاء سلولی و عملکرد سنبله در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و نیز اثر متقابل ژنوتیپ×آبیاری برای کلیه صفات معنی‌دار است (جدول ۲). به

این مفهوم که ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی دارند. صفاتی که دارای اثر متقابل ژنوتیپ× آبیاری معنی‌دار هستند، تحت تاثیر محیط تنش قرار می‌گیرند و پایداری آنها پائین است (۵۲). افزایش عملکرد دانه گندم از مهمترین اهداف به‌نژادی و به‌زراعی در زراعت دیم است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های کل در تجزیه مرکب (جدول ۳)، بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۷۴۶/۳۳ کیلوگرم در هکتار) متعلق به ژنوتیپ شماره ۱ (آذر ۲) است که فاقد تفاوت معنی‌دار آماری با ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ و ۲۵ می‌باشد؛ کمترین مقدار عملکرد دانه (۷۲۷/۲۵ کیلوگرم در هکتار) نیز متعلق به ژنوتیپ شماره ۸ است که فاقد تفاوت معنی‌دار آماری با ژنوتیپ شماره ۱۴ می‌باشد. میانگین عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب برابر با ۱۱۷۵ و ۱۳۰۵/۸۸ کیلوگرم در هکتار است (جدول ۴). نتایج نشان می‌دهد که شرایط دیم منجر به کاهش و اعمال آبیاری تکمیلی منجر به افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۰/۰۲ درصد شده است (جدول ۶). کاهش عملکرد دانه بر اثر تنش خشکی در گندم در مطالعات مختلفی گزارش شده است (۵۷،۳۳).

کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی می‌تواند به علت کاهش اندازه منابع (برگ‌ها و ساقه‌ها)، کاهش ظرفیت مخزن و یا بروز تاثیرات فیزیولوژیک (کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم، کاهش فعالیت‌های آنزیمی دانه) و یا هر دو مورد باشد (۲۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (نتایج نشان داده نشده است)، در شرایط دیم بیشترین میزان عملکرد دانه متعلق به ژنوتیپ شماره ۲۵ (ریژاو) است که دارای تفاوت معنی‌دار آماری با سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد؛ ژنوتیپ‌های شماره ۱۲،۱۶،۱۳ نیز در این شرایط دارای عملکرد دانه بالایی هستند؛ کمترین مقدار نیز در ژنوتیپ شماره ۱۴ مشاهده می‌شود که فاقد تفاوت معنی‌دار آماری با ژنوتیپ شماره ۸ است؛ بالا بودن عملکرد دانه در شرایط دیم، بیانگر پتانسیل بالای عملکرد دانه و توان بیشتر ژنوتیپ‌ها در بهره‌برداری از شرایط محیطی، به ویژه رطوبت خاک است. ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی نشان می‌دهد ژنوتیپ شماره ۱ (آذر ۲)، دارای بیشترین میزان عملکرد دانه است که دارای تفاوت معنی‌دار آماری با سایر ژنوتیپ‌ها است.

ژنوتیپ‌های ۱۶، ۱۲ و ۲۵ نیز در این شرایط دارای عملکرد دانه بالایی هستند. ژنوتیپ شماره ۸ و ۱۴ در هر دو شرایط، کمترین عملکرد دانه را تولید نموده‌اند. نتایج این تحقیق مطابق با نتایج فرشادفر و همکاران (۳۱) است. نتایج مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ×سال×آبیاری بیانگر پیچیدگی تاثیر شرایط آبیاری، سال و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایطی که محدودیت‌های رشد برای گیاهان کمتر می‌شود، می‌باشد.

تنش خشکی موجب افزایش محتوای پرولین برگ در شرایط دیم (۷/۰۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) نسبت به آبیاری تکمیلی (۶/۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) شده است (جدول ۴). احتمالاً چنین کاهشی ناشی از ناپایداری پرولین تحت شرایط فراهمی رطوبت باشد (۳۰). این نتایج در توافق با نتایج سانچز و همکاران در نخود فرنگی (۷۲)، فنایی و همکاران در کلزا و خردل هندی (۳۰)، گزیک و همکاران در چغندر قند (۳۲) و آقایی سربرزه و همکاران در گندم (۲) است. تجمع پرولین تحت شرایط تنش ممکن است به دلیل کاهش سنتز آن از گلوتامات و یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز باشد (۶۶). بیشترین محتوای پرولین در ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱۴ مشاهده می‌شود که دارای کمترین میزان عملکرد دانه هستند (جدول ۳). وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله دو جزء مهم در تعیین عملکرد دانه گندم می‌باشند (۶۷). ژنوتیپ شماره ۱ دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله (۱۷۵/۹۱) است که تفاوت معنی‌دار آماری با ژنوتیپ‌های ۱۷،۱۰،۲۱،۲۲،۱۶،۷،۸،۱۸ ندارد و کمترین تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ شماره ۲ (۱۰۲/۹۱) مشاهده می‌شود که فاقد تفاوت معنی‌دار آماری با ژنوتیپ‌های ۱۳،۱۵،۱۲ است (جدول ۳). حدوث تنش رطوبتی در شرایط دیم موجب کاهش تعداد دانه در سنبله در شرایط دیم و اعمال آبیاری تکمیلی منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله شده است (جدول ۴). کاهش این صفت در تیمار شرایط دیم، احتمالاً به علت سقط تعدادی از سنبلچه‌های بارور در این شرایط و احتمالاً پر نشدن تعدادی از دانه‌ها و یا کوچک ماندن آنها در اثر محدودیت مواد فتوسنتزی و در نتیجه ثبت نشدن آنها در شمارش دانه‌ها می‌باشد (۶۵).

همبستگی صفات در شرایط دیم

نتایج همبستگی فنوتیپی صفات در شرایط دیم (جدول ۷) نشان می‌دهد عملکرد دانه در واحد سطح که مهمترین صفت برای گیاهان دانه‌ای می‌باشد، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری باصفات طول پدانکل ($0/91^{**}$)، طول برگ پرچم ($0/71^{**}$)، پایداری غشاء سلولی ($0/71^{**}$)، محتوای آب نسبی ($0/69^{**}$)، طول ریشک ($0/63^{**}$)، وزن هزار دانه ($0/60^{**}$)، تعداد سنبله در متر مربع ($0/52^{**}$) و درصد کلروفیل ($0/39^{*}$) و همبستگی منفی و معنی‌داری با تجمع پرولین ($-0/43^{**}$) است. بالاترین مقدار همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول پدانکل و عملکرد دانه وجود دارد ($0/91^{**}$). همبستگی مذکور توسط محققین مختلفی (۳۵،۱۵،۱۷،۲۴) گزارش شده است. محمدی و همکاران (۵۳) طول پدانکل بلندتر را یکی از دلایل عملکرد بالای برخی ارقام در شرایط تنش دانستند. این نتایج با یافته‌های برخی از محققین دیگر نیز مطابقت دارد (۶،۷). با توجه به اینکه پدانکل طویل‌ترین میانگره ساقه محسوب می‌شود، سطح سبز و نزدیکی آن به سنبله و نقش آن در انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از دلایل همبستگی عملکرد و طول پدانکل محسوب می‌شود (۲۵). بین عملکرد دانه و محتوای آب نسبی، همبستگی مثبت و معنی‌داری ملاحظه می‌شود ($0/69^{**}$)که مطابق با نتایج علی‌محمدی و همکاران در گندم (۴)، آنیا و هرزوگ در لوبیا چشم بلبلی (۳) است. برخی از مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن صفت محتوای آب نسبی به عنوان شاخص تحمل به خشکی (۴۱) زیرا بین این صفت با سرعت تعرق، ارتباط وجود

دارد بنابراین محتوای آب نسبی در موارد زیادی جهت تعیین اختلاف ارقام از نظر تحمل به خشکی استفاده می‌شود. همبستگی بین عملکرد دانه و پایداری غشاء سلولی، مثبت و معنی‌دار می‌باشد (۰/۷۱**)؛ تحت شرایط دیم، یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند، غشاء سلولی است (۴۸). ثبات غشاء سلولی و نشت الکترولیت کمتر تحت شرایط تنش خشکی، یک جزء اصلی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مقاوم محسوب می‌شود (۶۳). همبستگی معنی‌داری بین طول برگ پرچم و عملکرد دانه وجود دارد (۰/۷۱**) یعنی با افزایش طول برگ پرچم، عملکرد دانه افزایش می‌یابد؛ با افزایش طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم نیز افزایش یافته و گیاه کارخانه بزرگتری برای فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی خواهد داشت (۶۴). همبستگی طول ریشک و عملکرد دانه، مثبت و معنی‌دار می‌باشد (۰/۶۹**)؛ همبستگی مثبت مذکور نشان از اهمیت این صفت در بهبود عملکرد دارد. وجود چنین رابطه‌ای به‌دلیل امکان فتوسنتز از طریق ریشک‌ها و میزان تعرق کم از سطح این اندام می‌باشد (۵۵). همبستگی بین عملکرد دانه و درصد کلروفیل، مثبت و معنی‌دار می‌باشد (۰/۳۹*)؛ حفظ کلروفیل تحت شرایط تنش، به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند. حفظ غلظت کلروفیل برگ و دوام و ثبات فتوسنتز تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است (۶۹). در گیاهان زراعی گزارش‌هایی در رابطه با واکنش متفاوت کلروفیل به خشکی در ارقام حساس و مقاوم (۸۱) و یا تاثیر نداشتن تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارائه شده است (۴۶). همبستگی بین عملکرد دانه و تجمع پرولین، منفی و معنی‌دار است (۰/۴۳-*) یعنی با افزایش پرولین، عملکرد دانه کاهش می‌یابد؛ این نتایج مطابق با نتایج فنایی و همکاران (۳۰) در کلزا و خردل هندی، شارما و کوهاد (۶۶) در کلزا و بابائیان و همکاران (۱۵) در آفتابگردان و برخلاف نتایج به دست آمده توسط پاک مهر و همکاران (۵۹) است. گوود و زاپلاچینیسکی (۳۴) اعلام کردند که تجمع ترکیباتی مانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز گیاه تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدودی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم نماید ولی اتکای گیاهان به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد ادا می‌کند.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب دوساله عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیک (میانگین مربعات) ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 2. Combined Analysis of variance on yield, yield components and Morphophysiologicaltraitsof breadwheat genotypes in two years.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع گیاه	تعداد سنبله در متر مربع	پایداری غشاء سلولی	عملکرد سنبله	طول سنبله	طول پدانکل	طول برگ پرچم	طول ریشک	محتوای پرولین
آبیاری	۱	۶۸۵۱۵/۳۹*	۱۲۳۸۷۰/۷۲*	۰/۳۰۳*	۳۱۶/۹۷*	۲۵/۸۰۷ns	۱۶۷۹/۸۶*	۳۳۵۸/۷۱*	۳۶/۴۴۹*	۷۳/۰۲۳*
سال	۱	۵۱۸۷۸/۸۵*	۴۷۴۲۶/۶۱*	۰/۳۱۵*	۱۱۸/۷۳*	۱۷۲/۳۲۳*	۲۹۲۱۸/۳۵*	۵۹۲۳/۴۹*	۱۸۳/۵۳۵*	۱۸۴۱/۱۰۴*
سال×آبیاری	۱	۲۷۴۳۹/۸۸*	۴۷۴۲۶/۶۱*	۰/۰۶۰*	۲/۲۴۴ns	۳۱/۴۴۷ns	۲/۹۷۲ns	۹۹۰/۴۴*	۲/۲۳۰ns	۳۹/۵۲۳*
بلوک (سال×آبیاری)	۸	۵۸/۷۹	۱۷۵۴۱/۴۵	۰/۰۰۱۲	۰/۷۵۷	۶/۰۵۸	۱۰/۱۳۵	۲۳/۷۴۱	۰/۸۵۹	۰/۱۷۷
ژنوتیپ	۲۴	۸۱/۰۹*	۴۳/۵۶*	۰/۱۳۸*	۹/۷۷۴*	۷/۱۵۶*	۱۰۸/۲۴۴*	۸۱/۸۹۹*	۳/۸۷۷*	۱۳/۶۹۶*
ژنوتیپ×آبیاری	۲۴	۱۲۶/۲۸۵*	۳۵۹۴۲/۰۱*	۰/۰۰۷*	۲/۰۹۶*	۱۲/۱۴۵*	۵۷/۷۸۷*	۷/۵۷۱*	۰/۹۱۴*	۰/۳۱۱*
ژنوتیپ×سال	۲۴	۳۸/۷*	۸۲۸۶/۴۳*	۰/۰۰۲ns	۰/۴۱۲ns	۰/۰۶۸*	۲۴/۳۵۸*	۹/۱۳۳*	۱/۵۱۱*	۲۱/۵۳۴*
ژنوتیپ×سال×آبیاری	۲۴	۳۹/۴۳*	۸۱۴/۲۷*	۰/۰۰۲ns	۰/۴۹۸ns	۰/۰۹۴*	۲۳/۷۹۵*	۷/۹۸۶*	۱/۵۱۷*	۰/۱۸۲*
خطای b	۱۹۲	۱۵/۵۰	۱۹/۱۰	۰/۰۰۱۵	۰/۳۶۷	۰/۰۰۳۹	۰/۶۶۳	۲/۸۴۴	۰/۴۰۴	۰/۰۲۳۸
ضریب تغییرات	–	۷/۲۸	۱/۵۴	۷/۳۰	۱۰/۴۳	۰/۶۷	۳/۷۶	۹/۲۶	۱۳/۰۱	۲/۳۴

**،*، ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

ادامه جدول ۲

Table 2. Continued

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصدکلروفیل	محتوای آب نسبی	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه
آبیاری	۱	۴۴۲/۳۵۷*	۱۹۶۰/۹۱*	۱۲۶۱/۴۴۷*	۳۵۲۹/۴۷*	۱۲۸۴۵۸۷/۲۰*
سال	۱	۶۶۹/۵۸۰*	۱۵۱۱/۷۸*	۲۸۷۴/۶۳*	۸۰۳/۶۰ns	۴۷۴۴۹۵/۱۷*
سال×آبیاری	۱	۲۷۴۳۹/۸۸ns	۳۰۱/۵۰۱*	۱۲۷/۶۲۲*	۵۷۴/۰۸**	۵۳۰۴۰/۴۰ns
بلوک (سال×آبیاری)	۸	۵/۱۴۰	۶/۳۷۲	۳/۵۸۵	۷۳/۵۵	۲۵۱۹۷/۹۴
ژنوتیپ	۲۴	۷۴/۴۴۳*	۸۶۳/۱۰۷*	۳۵۴/۸۹۷*	۴۳۱/۰۴*	۱۱۱۲۱۴۲/۴۷*
ژنوتیپ×آبیاری	۲۴	۱۱/۱۵۶*	۱۲۹/۲۷۰*	۶/۸۹۸*	۹۸۲/۵۰*	۸۴۵۵۲/۵۲*
ژنوتیپ×سال	۲۴	۳۸/۷*	۱۴/۸۶۶*	۳۸/۵۵۸*	۱۲۹۵/۱۷*	۷۹۴۵۸/۰۱*
ژنوتیپ×سال×آبیاری	۲۴	۱۱/۲۶۳*	۱۷/۹۰۲*	۵/۷۳۵*	۳۹۶/۰۹ns	۱۲۶۶۴۲/۸۸*
خطایb	۱۹۲	۲/۲۴۸	۰/۴۵۷	۱/۷۱۲	۴۴۵/۹۰	۱۵۳۹/۰۳
ضریب تغییرات	–	۳/۱۴	۱/۵۱	۴/۰۱	۱۴/۵۳	۳/۱۶

**،*،ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های گندم نان از نظر صفات مختلف در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

Table 3. Mean comparison of bread wheat genotypes for different traits in rainfed and supplementary irrigation conditions

ژنوتیپ	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	تعداد سنبله در مترمربع	پایداری غشاء سلولی (درصد)	عملکرد سنبله (گرم)	طول سنبله (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	طول ریشک (سانتی‌متر)	محتوای پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تر)	محتوای کلروفیل (سانتی‌متر)	محتوای آب نسبی (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۱	۵۶/۸۵	۳۴۶/۸۳	۰/۷۲۷	۷/۲۹	۱۰/۲۸	۲۷/۱۷	۲۲/۸۶	۶/۳۳	۷/۱۳	۵۳/۲۵	۶۶/۴۱	۴۴/۰۷	۱۷۵/۹۱	۱۷۴۶/۳۳
۲	۵۱/۱۱	۲۹۳	۰/۴۹۴	۵/۵۱	۹/۷۷	۲۳/۰۹	۲۳/۸۰	۵/۰۷	۵/۴۷	۴۶/۰۹	۴۹/۶۲	۴۲/۱۸	۱۰۲/۹۱	۱۳۱۰/۸۳
۳	۵۴/۴۸	۲۲۶/۵۰	۰/۶۶۱	۶/۶۹	۹/۶۰	۱۹/۲۹	۱۷/۲۸	۵/۶۴	۵/۶۲	۴۸/۳۳	۳۷/۳۵	۳۲/۴۱	۱۳۱/۵۰	۱۲۰۵/۴۲
۴	۵۱/۴۴	۲۱۳/۵۰	۰/۴۷۶	۴/۹۶	۹/۱۷	۲۱/۳۱	۱۴/۷۵	۴/۳۱	۸/۵۵	۴۷/۷۷	۳۹/۳۷	۳۳/۰۱	۱۳۲/۸۳	۸۷۲/۱۷
۵	۵۳/۵۱	۲۱۸/۱۶	۰/۵۰۸	۴/۰۹	۸/۴۱	۱۸/۷۴	۱۵/۱۶	۴/۱۰	۷/۸۰	۴۶/۳۲	۳۸/۹۹	۳۰/۸۲	۱۳۸/۴۱	۸۷۷/۲۵
۶	۵۲/۱۹	۲۱۷/۶۶	۰/۵۱۳	۵/۶۴	۸/۱۵	۲۰/۱۳	۱۰/۰۳	۵/۲۳	۶/۸۷	۴۹/۵۲	۵۳/۵۸	۳۰/۶۵	۱۴۸/۸۳	۱۵۰۹/۲۵
۷	۵۶/۸۰	۲۸۰/۸۳	۰/۵۲۸	۶/۲۸	۸/۶۸	۲۰/۱۰	۱۸/۱۵	۴/۱۹	۵/۷۱	۴۸/۹۳	۳۸/۷۳	۲۹/۲۴	۱۵۵/۵۰	۱۱۳۳/۱۷
۸	۵۰/۶۸	۳۳۶	۰/۳۶۳	۵/۰۶	۹/۷۴	۱۷/۲۸	۱۷/۷۰	۴/۲۱	۸/۸۹	۴۸/۲۲	۳۸/۸۹	۲۸/۲۲	۱۵۲/۲۵	۷۲۷/۲۵
۹	۵۴/۴۰	۲۵۹	۰/۴۶۱	۵/۳۱	۸/۶۸	۱۶/۷۱	۱۴/۰۶	۴/۲۵	۶/۳۲	۴۷/۹۴	۳۹/۳۹	۲۷/۹۲	۱۴۶	۱۱۸۰/۴۲
۱۰	۵۴//۴۲	۲۵۸/۵۰	۰/۳۹۵	۷/۴۵	۹/۰۹	۱۸/۹۰	۱۵/۸۸	۵/۴۶	۶/۰۱	۴۶/۷۸	۴۴/۵۸	۲۵/۸۶	۱۷۰/۷۵	۱۲۶۰
۱۱	۵۵/۱۷	۲۷۶/۸۳	۰/۵۸۸	۶/۹۹	۹/۱۶	۱۸/۹۷	۱۷/۷۸	۵/۰۹	۵/۶۴	۴۴/۵۶	۴۰	۲۸/۸۰	۱۴۷/۲۵	۱۱۱۶/۶۷
۱۲	۵۸/۶۵	۳۳۷/۶۶	۰/۶۸۴	۵/۸۳	۱۰/۵۲	۲۴/۸۱	۲۱/۳۰	۵/۸۱	۷/۱۱	۴۲/۹۵	۶۲/۰۲	۳۵/۷۰	۱۲۳/۵۰	۱۶۹۲/۹۲
۱۳	۵۶/۴۰	۳۲۲/۵۰	۰/۶۲۵	۵/۵۵	۱۰/۵۰	۲۳/۲۳	۲۰/۰۶	۴/۸۸	۶/۰۴	۴۹/۳۷	۵۰/۴۶	۴۱/۴۶	۱۱۷/۵۰	۱۵۰۵/۸۳
۱۴	۵۰/۴۳	۲۷۶/۶۶	۰/۴۷۸	۵/۱۰	۱۰/۲۵	۲۱/۳۲	۱۴/۶۸	۴/۴۴	۸/۷۴	۴۸/۸۵	۳۹/۹۰	۳۳/۵۴	۱۵۷	۷۳۸/۰۸
۱۵	۵۳/۵۲	۳۰۰/۱۶	۰/۶۲۱	۶/۸۵	۱۰/۹۱	۲۲/۹۷	۱۸/۹۲	۴/۸۸	۵/۶۲	۵۰/۰۷	۴۰/۱۳	۳۶/۳۷	۱۲۰/۶۶	۱۵۴۹/۳۳
۱۶	۵۶/۲۸	۳۰۶/۱۶	۰/۷۰۴	۵/۱۴	۸/۸۲	۲۷/۱۸	۱۹/۲۹	۵/۱۱	۶/۵۱	۵۱/۰۵	۴۶/۷۰	۳۲/۸۳	۱۵۹/۰۸	۱۷۱۵/۶۷
۱۷	۵۳/۵۶	۳۲۹	۰/۶۰۰	۵/۷۴	۹/۴۰	۲۳/۱۹	۱۷/۹۰	۴/۴۶	۵/۷۰	۴۷/۸۹	۴۴/۲۹	۲۶/۸۸	۱۷۲/۹۱	۱۳۰۸/۱۷
۱۸	۵۱/۰۱	۲۵۸/۸۳	۰/۵۱۱	۶/۱۵	۹/۵۵	۲۱/۲۲	۲۰/۰۷	۵/۲۸	۵/۶۸	۴۷/۵۲	۳۹/۷۱	۳۰/۳۱	۱۵۰/۵۰	۱۳۱۱/۶۷
۱۹	۵۳/۶۵	۲۱۵/۳۳	۰/۴۱۲	۶/۲۸	۹/۳۸	۲۳/۳۹	۱۸/۶۲	۴/۸۵	۵/۷۲	۴۷/۷۰	۴۰/۳۴	۳۶/۰۶	۱۴۲	۱۲۲۱/۸۳
۲۰	۵۵/۳۰	۱۹۸/۵۰	۰/۵۳۷	۵/۷۸	۹/۰۹	۱۹/۳۶	۱۷/۷۰	۴/۹۴	۵/۹۰	۴۶/۸۱	۴۰/۴۷	۳۳/۵۷	۱۴۳/۴۱	۱۲۹۱/۶۷
۲۱	۵۳/۹۳	۲۷۲/۶۶	۰/۵۰۲	۵/۷۶	۸/۵۹	۲۰/۳۹	۱۷/۳۹	۴/۶۵	۶/۳۲	۴۳/۵۹	۳۹/۳۲	۲۸/۲۹	۱۷۰/۷۵	۱۰۲۶/۳۳
۲۲	۴۸/۳۵	۲۳۹/۶۶	۰/۳۶۲	۴/۹۲	۹/۴۰	۲۲/۰۶	۱۷/۱۳	۴/۵۹	۵/۵۵	۴۳/۷۹	۳۸/۹۴	۲۶/۷۰	۱۶۱/۷۵	۱۰۹۴/۵۰
۲۳	۵۷/۳۱	۲۳۷	۰/۴۹۱	۳/۹۶	۷/۹۹	۱۸/۹۹	۱۵/۹۷	۴/۱۶	۷/۸۳	۴۶/۵۸	۴۱/۴۰	۲۸/۹۲	۱۳۳/۸۳	۸۹۹/۴۲
۲۴	۵۳/۳۷	۱۹۹	۰/۴۶۶	۵/۹۳	۱۰/۰۶	۲۲/۳۳	۱۷/۳۸	۴/۸۱	۶/۹۸	۴۵/۷۱	۴۰/۲۵	۲۷/۸۷	۱۳۸/۱۶	۱۰۷۱/۳۳
۲۵	۵۷/۸۷	۳۴۶/۱۶	۰/۷۲۱	۶/۸۰	۱۰/۰۹	۲۸/۱۲	۲۳/۴۱	۵/۳۱	۷/۰۹	۵۱/۶۵	۶۴/۲۴	۴۳/۷۲	۱۳۹/۶۶	۱۷۴۵/۴۲
Duncan1%	۵۸/۷۹	۴۳/۵۶	۰/۰۰۱۲	۰/۷۵۷	۶/۰۵	۱۰/۱۳	۲۳/۷۴	۰/۴۰۴	۰/۱۷۷	۵/۱۴	۶/۳۷	۳/۵۸	۷۳/۵۵	۱۵۳۹/۰۳

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل مشترک،دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد نمی‌باشند

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 4. Means comparisons of evaluated traits of bread wheat genotypes under rainfed and supplementary irrigation conditions

تیمار	ارتفاع گیاه	تعداد سنبله در متر مربع	پایداری غشاء سلولی	عملکرد سنبله	طول سنبله	طول پدانکل	طول برگ پرچم	درصد کلروفیل	طول ریشک	محتوای پرولین	محتوای آب نسبی	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه
آبیاری تکمیلی	۶۹/۱۴^{a}	۳۰۳/۵۴^{a}	۰/۵۶۹^{a}	۶/۸۳^{a}	۹/۷۰۹^{a}	۲۳/۹۸^{a}	۲۱/۵۶^{a}	۴۸/۸۶^{a}	۵/۲۳۵^{a}	۶/۱۰^{b}	۴۷/۱۶^{a}	۳۴/۶۷^{a}	۱۴۸/۷۴^{a}	۱۳۰۵/۸۸^{a}
دیم	۳۸/۹۱^{b}	۲۶۲/۹۰^{b}	۰/۵۰۵^{b}	۴/۷۷^{b}	۹/۱۲۲^{a}	۱۹/۲۴^{b}	۱۴/۸۶^{b}	۴۶/۴۳^{b}	۴/۵۳۷^{b}	۷/۰۸^{a}	۴۲/۰۵^{b}	۳۰/۵۷^{b}	۱۴۱/۸۸^{b}	۱۱۷۵^{b}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل مشترک،دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد نمی‌باشند

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش

Table 5. Means comparisons of evaluated traits in two years of experiment

تیمار	ارتفاع گیاه	تعداد سنبله در متر مربع	پایداری غشاء سلولی	عملکرد سنبله	طول سنبله	طول پدانکل	طول برگ پرچم	درصد کلروفیل	طول ریشک	محتوای پرولین	محتوای آب نسبی	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه
سال اول	۴۰/۸۸^{b}	۲۷۰/۶۴^{b}	۰/۵۰۵^{b}	۵/۱۷^{b}	۸/۶۵^{b}	۱۱/۷۴^{b}	۱۳/۷۷^{b}	۴۶/۱۶^{b}	۴/۱۰^{b}	۹/۰۷^{b}	۴۲/۳۶^{b}	۲۹/۵۲^{b}	۱۴۶/۹۵^{a}	۱۲۰۰/۶۷^{b}
سال دوم	۶۷/۱۸^{a}	۲۹۵/۷۹^{a}	۰/۵۷۰^{a}	۶/۴۳^{a}	۱۰/۱۷^{a}	۳۱/۴۸^{a}	۲۲/۶۵^{a}	۴۹/۱۴^{a}	۵/۶۶^{a}	۴/۱۱^{a}	۴۶/۸۵^{a}	۳۵/۷۱^{a}	۱۴۳/۶۸^{a}	۱۲۸۰/۲۱^{a}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل مشترک،دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد نمی‌باشند

جدول ۶- درصد تغییرات ناشی از اعمال آبیاری تکمیلی بر صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 6. Percentage of variation due to supplementary Irrigation on studied traits in triticum aestivum

صفات	میانگین صفات در شرایط دیم	میانگین صفات در شرایط آبیاری تکمیلی	میزان تغییر صفات	درصد تغییر صفات	صفات	میانگین صفات در شرایط دیم	میانگین صفات در شرایط آبیاری تکمیلی	میزان تغییر صفات	درصد تغییر صفات
ارتفاع گیاه	۳۸/۹۱	۶۹/۱۴	۳۰/۲۳*	۴۳/۷۲	طول ریشک	۴/۵۳۷	۵/۲۳۵	۰/۶۹۸*	۱۳/۳۳
تعداد سنبله در متر مربع	۲۶۲/۹۰	۳۰۳/۵۴	۴۰/۶۴*	۱۳/۳۸	محتوای پرولین	۷/۰۸	۶/۱۰	۰/۹۸*	−۱۳/۸۴
پایداری غشاء سلولی	۰/۵۰۵	۰/۵۶۹	۰/۰۶۴*	۱۱/۲۴	درصد کلروفیل	۴۶/۴۳	۴۸/۸۶	۲/۴۳*	۴/۹۷
عملکرد سنبله	۴/۷۷	۶/۸۳	۲/۰۶*	۳۰/۱۱	محتوای آب نسبی	۴۲/۰۵	۴۷/۱۶	۵/۱۱*	۱۰/۸۳
طول سنبله	۹/۱۲۲	۹/۷۰۹	۰/۵۸۷^{ns}	۶/۰۴	وزن هزار دانه	۳۰/۵۷	۳۴/۶۷	۴/۱*	۱۱/۸۲
طول پدانکل	۱۹/۲۴	۲۳/۹۸	۴/۷۴*	۱۹/۷۶	تعداد دانه در سنبله	۱۴۱/۸۸	۱۴۸/۷۴	۶/۸۶*	۴/۶۱
طول برگ پرچم	۱۴/۸۶	۲۱/۵۶	۶/۷*	۳۱/۰۲	عملکرد دانه	۱۱۷۵	۱۳۰۵/۸۷	۱۳۰/۸۷*	۱۰/۰۲

*، **، ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱،۵ درصد و بی‌معنی

جدول ۷- ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات مختلف در ارقام گندم در شرایط دیم

Table 7. Simple phenotypic correlation coefficients among different traits of wheat genotypes in rainfed conditions

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱. ارتفاع بوته	۱													
۲. تعداد سنبله در متر مربع	۰/۱۱ ns	۱												
۳. پایداری غشاء سلولی	۰/۳۶ ns	۰/۴۰ *	۱											
۴.عملکرد سنبله	۰/۱۰ ns	۰/۰۳ ns	۰/۲۴	۱										
۵.طول سنبله	−۰/۰۷ ns	۰/۱۴ ns	−۰/۰۲ ns	۰/۳۱ ns	۱									
۶.طول پدانکل	۰/۳۴ ns	۰/۴۲ *	۰/۶۸ **	۰/۲۷ ns	−۰/۰۰۶ ns	۱								
۷. طول برگ پرچم	۰/۲۴ ns	۰/۵۷ **	۰/۶۱ **	۰/۳۸ ns	۰/۲۲ ns	۰/۶۶ **	۱							
۸. تجمع پرولین	−۰/۰۴ ns	۰/۱۴ ns	−۰/۱۸ ns	−۰/۳۵ ns	−۰/۰۰۷ ns	−۰/۳۵ ns	−۰/۲۷ ns	۱						
۹.درصدکلروفیل	−۰/۱۳ ns	۰/۴۴ *	۰/۴۲ *	−۰/۰۶ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۳۱ ns	۰/۴۲ *	۰/۰۱ ns	۱					
۱۰. محتوای نسبی آب	۰/۳۸ ns	۰/۶۱ **	۰/۴۶ *	۰/۲۶ ns	−۰/۰۶ ns	۰/۵۹ **	۰/۷۴ **	−۰/۰۴ ns	۰/۲۳ *	۱				
۱۱.وزن هزار دانه	۰/۰۸ ns	۰/۴۹ *	۰/۵۵ **	۰/۲۱ ns	۰/۱۵ ns	۰/۵۲ **	۰/۶۶ **	۰/۰۲ ns	۰/۴۱ *	۰/۷۱ **	۱			
۱۲. تعداد دانه در سنبله	۰/۲۲ ns	−۰/۰۱ ns	−۰/۱۷ ns	۰/۰۸ ns	۰/۰۲ ns	−۰/۱۶ ns	−۰/۲۰ ns	−۰/۰۷ ns	−۰/۰۸ ns	−۰/۲۴ ns	−۰/۵۱ **	۱		
۱۳.طول ریشک	۰/۲۳ ns	۰/۲۰ ns	۰/۵۱ **	۰/۸۰ **	۰/۳۰ ns	۰/۵۹ **	۰/۶۵ **	−۰/۴۰ *	۰/۰۲ ns	۰/۵۸ **	۰/۵۶ **	−۰/۲۲	۱	
۱۴. عملکرد دانه	۰/۳۴ ns	۰/۵۲ **	۰/۷۱ **	۰/۳۰ ns	−۰/۰۰۹ ns	۰/۹۱ **	۰/۷۱ **	−۰/۴۳ *	۰/۳۹ *	۰/۶۹ **	۰/۶۰ **	−۰/۲۵	۰/۶۳ **	۱

ns، *، **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱ درصد و ۵ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۸- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در شرایط دیم

Table 8. Stepwise regression steps for grain yield in rainfed conditions

صفات اضافه شده به مدل	۱	۲	۳	۴
عدد ثابت	−۴۹۴/۶۴۴	−۵۹۰/۰۵۳	−۱۴۵/۷۰۵	−۱۱۵۵/۱۸۶
طول پدانکل	۸۶/۷۳۱	۷۲/۹۷۷	۶۴/۲۴۱	۵۸/۱۷۷
محتوای آب نسبی	–	۸/۵۶۵	۱۰/۲۱۹	۱۰/۱۵۹
تجمع پرولین	–	–	۱۰/۲۱۹	−۵۹/۵۲۹
درصد کلروفیل	–	–	–	۲۵/۹۸۵
ضریب تبیین(R^2)	۰/۸۲۷	۰/۸۶۱	۰/۸۸۵	۰/۹۰۶

رگرسیون گام به گام تحت شرایط دیم

مطابق نتایج (جدول ۸)، مشاهده می‌شود که عملکرد دانه، تابعی ازطول پدانکل، محتوای نسبی آب، محتوای پرولین و درصد کلروفیل است که با وارد شدن این صفات به مدل وحذف صفات کم تاثیر و یا بی‌تاثیر از آن، متغیرهای باقیمانده، ۹۰٪ از تغییرات ناشی از متغیر تابع را توجیه می‌نمایند. صفت طول پدانکل، اولین متغیر وارد شده به مدل است و به دلیل داشتن حداکثر ضریب تبیین (۸۲٪) و نیز همبستگی بالا با عملکرد دانه، به عنوان مهمترین صفت موثر بر عملکرد دانه در شرایط دیم شناخته می‌شود؛ بنابراین تقویت این صفت در شرایط تنش خشکی برای افزایش عملکرد دانه تا حد زیادی معقول است. زارع بیاتی و همکاران (۸۲) در ارزیابی ارقام گندم زمستانه بیان نمودند، از میان صفات مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی، صفات طول پدانکل، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک، وارد مدل شده و بیش از ۸۳/۳۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند. بی‌همتا و همکاران (۱۶) در مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف گندم دوروم در شرایط تنش خشکی و آبیاری اعلام نمودند که در شرایط تنش خشکی، هفت صفت مقدار کل ماده خشک، طول گیاه، زمان رسیدن، تاریخ جوانه زنی، تعداد سنبله، شاخص برداشت و طول پدانکل به عنوان صفات تاثیرگذار وارد مدل رگرسیونی شدند که بیش از ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نماید. فرشادفر و همکاران (۳۱) در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان برای تحمل تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که شش صفت میزان پرولین، محتوای کلروفیل a، روز تا ظهور سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه صفاتی هستند که در تجزیه رگرسیون وارد مدل شده و درصد بالایی از عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند. این نتایج، ارزش و اهمیت طول پدانکل را به عنوان صفتی که درصد قابل توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه نموده، مشخص و گزینش آن را به عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط دیم گوشزد می‌نماید.

تجزیه علیت در شرایط دیم

بر اساس نتایج به دست آمده در شرایط دیم (جدول ۹)، بالاترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه (۰/۶۱۳) مربوط به طول پدانکل است و کلیه اثرات غیر مستقیم به غیر از محتوای نسبی آب (۰/۱۷۲) از طریق طول پدانکل در این تجزیه ضعیف است. تقریباً تمامی همبستگی بین عملکرد دانه و طول پدانکل مربوط به اثر مستقیم این صفت می‌باشد. نتایج به دست آمده توسط محسنی و همکاران (۵۲) حاکی از اهمیت طول پدانکل در افزایش عملکرد دانه تحت شرایط تنش رطوبتی در ژنوتیپ‌های گندم نان است. کلیک و همکاران (۴۴) اظهار داشتند صفات مورفولوژیکی از قبیل طول پدانکل در مقاومت گندم به تنش رطوبتی موثر هستند. محمدی و همکاران (۵۲) نیز طول پدانکل بلندتر را یکی از دلایل عملکرد بالای برخی ارقام در شرایط تنش خشکی می‌دانند. این نتایج با یافته‌های برخی از محققین دیگر نیز مطابقت دارد (۷۰،۱۹). بعد از طول پدانکل، محتوای آب نسبی بالاترین اثر مستقیم مثبت (۰/۲۹۰) را بر عملکرد دانه اعمال کرد. محتوای آب نسبی از طریق طول پدانکل (۰/۳۶۳)، اثر مثبت غیر مستقیم قوی و از طریق محتوای پرولین (۰/۰۰۹) و درصد کلروفیل (۰/۰۳۸)، اثر غیر مستقیم مثبت ضعیفی بر عملکرد دانه دارد. درصد کلروفیل پس از محتوای آب نسبی، اثر مستقیم مثبت (۰/۱۶۴) بر عملکرد دانه اعمال می‌کند. بیشترین اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه مربوط به صفت محتوای پرولین (۰/۲۱۸-) است. به عبارتی، افزایش پرولین منجر به کاهش عملکرد می‌شود و بیان‌کننده این مطلب است که ارقام با محتوای پرولین پائین‌تر، حائز عملکرد بالاتری هستند. با توجه به مثبت بودن تاثیرات مستقیم صفات طول پدانکل، محتوای آب نسبی و درصد کلروفیل بر عملکرد ژنوتیپ‌ها و نیز وجود مقادیر همبستگی مثبت میان این صفات و عملکرد تحت شرایط تنش، به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از این صفات به منظور گزینش غیرمستقیم ژنوتیپ‌های با ظرفیت عملکرد مطلوب در طی نسل‌های در حال تفکیک، امری مطلوب باشد.

تحقیقات نشان داده که در شرایط تنش گرما و خشکی، گیاه برای پرکردن دانه وابستگی بیشتری به کربوهیدرات‌های غیر ساختاری ذخیره شده در ساقه دارد بنابراین در این شرایط برای جبران فتوسنتز جاری، گیاهانی موفق هستند که انتقال مجدد خوبی داشته باشند (۷۵)، قندهای غیرساختاری ذخیره شده در ساقه بیشتر در بخش پدانکل و میانگره پائینی قرار دارند (۱۱). ثابت شده که حتی در شرایط تنش ملایم خشکی نیز آسیمیلات‌های جاری (حاصل از منابع فتوسنتزی نظیر برگ‌ها، ریشک و سنبله) ممکن است برای پر کردن دانه‌ها کافی نباشد (۲۹). با توجه به اینکه پدانکل طویل‌ترین میانگره ساقه محسوب می‌شود، تجمع مقادیر قابل‌توجهی از کربوهیدرات‌های مازاد بر نیاز گیاه در آن و نقش این اندام در انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، از دلایل اهمیت پدانکل در تعیین عملکرد دانه و نیز همبستگی عملکرد و طول پدانکل محسوب می‌شود (۲۵). ایوانز و واردلاو (۲۶) استدلال می‌کنند که پدانکل گندم به وسیله سطح سبز بیشتر، شدت فتوسنتز بیشتر و مجاورت نزدیک‌تر با سنبله، نقش مهمی را در پر کردن دانه بازی می‌کند. به نظر می‌رسد که مواد ذخیره‌ای یافت شده در ساقه و بخصوص در پدانکل، سهم بیشتری در پر کردن دانه در شرایط تنش خشکی دارند به طوری که کاهش فتوسنتز جاری (کاهش منبع انرژی) و تقاضای دانه‌ها برای مواد فتوسنتزی نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی، زیاد می‌باشد.

تنش‌خشکی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ، افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش فتوسنتز می‌شود (۴۹) و کاهش فتوسنتز جاری از طریق کاهش دوره پر شدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (۱۳). محتوای آب نسبی بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (۲۸).

جدول ۹- تجزیه علیت (تحلیل مسیر) عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم

Table 9. Causality analysis (path analysis) Grain yield of bread genotypes under rainfed conditions

صفات	اثرمستقیم	اثرات غیرمستقیم				جمع (همبستگی)
		طول پدانکل	محتوای آب نسبی	تجمع پرولین	درصد کلروفیل	
طول پدانکل	۰/۶۱۳	۱	۰/۱۷۲	۰/۰۷۸	۰/۰۵۱	۰/۹۱
محتوای آب نسبی	۰/۲۹۰	۰/۳۶۳	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۳۸	۰/۷۰
تجمع پرولین	-۰/۲۱۸	-۰/۲۲۰	-۰/۰۱۲	۱	۰/۰۱۶	-۰/۴۳
درصد کلروفیل	۰/۱۶۴	۰/۱۹۰	۰/۰۶۷	-۰/۰۲۲	۱	۰/۷۰

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات مختلف در ارقام گندم در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 10. Simple phenotypic correlation coefficients among different traits of wheat genotypes in supplementary irrigation conditions

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱. ارتفاع بوته	۱													
۲. تعداد سنبله در متر مربع	۰/۲۸^{ns}	۱												
۳. پایداری غشاء سلولی	۰/۴۵*	۰/۴۷*	۱											
۴.عملکرد سنبله	۰/۲۶^{ns}	۰/۵۱**	۰/۳۴^{ns}	۱										
۵.طول سنبله	۰/۱۰^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۴۴*	۰/۲۱^{ns}	۱									
۶.طول پدانکل	-۰/۰۲^{ns}	۰/۳۰^{ns}	۰/۴۴*	۰/۰۷^{ns}	۰/۴۲*	۱								
۷. طول برگ پرچم	۰/۱۰^{ns}	۰/۴۹*	۰/۴۵*	۰/۴۰*	۰/۲۹^{ns}	۰/۴۷*	۱							
۸. تجمع پرولین	۰/۰۳^{ns}	-۰/۰۰۳^{ns}	-۰/۰۸^{ns}	-۰/۴۹*	۰/۰۸^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۳۰^{ns}	۱						
۹. درصدکلروفیل	۰/۱۷^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۴۱*	۰/۳۵^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۳۰^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۱					
۱۰. محتوای نسبی آب	۰/۱۷^{ns}	۰/۴۰*	۰/۶۷**	۰/۲۶^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۰/۴۱*	۰/۵۱**	۰/۱۹^{ns}	۰/۴۴**	۱				
۱۱.وزن هزار دانه	۰/۱۷^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۵۹**	۰/۲۶^{ns}	۰/۴۶*	۰/۶۳**	۰/۷۳**	۰/۱۰^{ns}	۰/۵۵**	۰/۵۶**	۱			
۱۲. تعداد دانه در سنبله	-۰/۲۴^{ns}	۰/۰۹^{ns}	-۰/۰۷^{ns}	۰/۱۶^{ns}	-۰/۰۹^{ns}	۰/۱۲^{ns}	-۰/۲۰^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۲۰^{ns}	-۰/۲۶^{ns}	۱		
۱۳.طول ریشک	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۰/۵۴**	۰/۳۲^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۲۹^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۰/۶۸**	۰/۲۴^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۱	
۱۴. عملکرد دانه	۰/۱۸^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۰/۷۰**	۰/۵۴**	۰/۴۰*	۰/۳۵^{ns}	۰/۵۶**	-۰/۳۴^{ns}	۰/۴۳**	۰/۷۶**	۰/۵۲**	۰/۱۴^{ns}	۰/۷۱**	۱

**،*،ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱ درصد و ۵ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

همبستگی صفات در شرایط آبیاری تکمیلی

نتایج بررسی همبستگی بین صفات مختلف در شرایط آبیاری تکمیلی (جدول ۱۰) نشان داد که بین صفات محتوای آب نسبی، طول ریشک، پایداری غشاء سلولی، طول برگ پرچم، عملکرد سنبله، وزن هزار دانه، درصد کلروفیل، طول سنبله با صفت عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌دار ولی بین تجمع پرولین با عملکرد دانه، همبستگی منفی وجود دارد.

همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۷۰**) بین پایداری غشاء سلولی و عملکرد دانه مشاهده می‌شود؛ این همبستگی هم‌چنانکه قبلاً بیان شد، درشرایط دیم نیز به میزان بالایی (۰/۶۹**) وجود دارد. حفظ تمامیت غشاء سلولی طی شرایط دیم، نشانه‌ای از وجود مکانیزمهای کنترلی در تحمل پسابیدگی و مقاومت بالای لاین‌های امیدبخش گندم نسبت به تنش خشکی است. همبستگی تقریباً برابر بین دو شرایط، نشانگر این موضوع است که آبیاری تکمیلی نتوانسته ساختار غشاء سلولی را بهبود بخشد که مغایر با نتایج غریب‌عشقی و همکاران (۳۹) است.

محتوای آب نسبی در هر دو شرایط، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه است که در توافق با نتایج احمدی لاهیجانی و امام (۵) است. همبستگی مثبت و معنی‌دار بیشتری (۰/۷۶**) بین محتوای آب نسبی و عملکرد دانه نسبت به شرایط دیم (۰/۶۹**) مشاهده می‌شود که با نتایج بدست آمده توسط علی محمدی و همکاران (۴) توافق دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که شرایط دیم و بروز تنش خشکی، باعث کاهش قابل ملاحظه محتوای آب نسبی و درنتیجه محدودیت آب قابل دسترس گیاه شده و میزان ارتباط کمتر بین عملکرد دانه و محتوای آب نسبی را نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی، رقم زده و از سویی، انجام آبیاری تکمیلی موجب تخفیف و تسکین اثر سوء تنش خشکی شده است. کاهش محتوای آب نسبی و بسته شدن روزنه‌ها اولین تاثیر تنش خشکی است که از طریق اختلال در سیستم ساخت و ساز مواد فتوسنتزی، موجب کاهش عملکرد می‌شود (۵۱). بین درصد کلروفیل و عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۴۳**) وجود دارد، این همبستگی در شرایط دیم به میزان کمتری (۰/۳۹*) مشاهده می‌شود که نشان دهنده این است که شرایط دیم منجر به کاهش درصد کلروفیل شده است. کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش خشکی در گندم (۳۱)، نخود (۲۱)، ذرت (۴۵) گزارش شده است. در شرایط تنش، فاکتورهای لازم جهت سنتز کلروفیل، کاهش و تخریب کلروفیل افزایش می‌یابد (۲۱). اغلب کاهش غلظت کلروفیل بر اثر فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی می‌باشد (۱۲). تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود و کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌شوند (۶۷). آبیاری تکمیلی با افزایش میزان کلروفیل، موجب افزایش دوام سطح برگ شده و موجبات استفاده زمانی طولانی‌تر از تشعشعات خورشیدی و فتوسنتز بیشتر را فراهم آورده است (۵۰).

همبستگی مثبت و معنی‌دار بالاتری (۰/۷۱**) بین طول برگ پرچم و عملکرد دانه نسبت به شرایط دیم مشاهده می‌شود؛ کاهش طول برگ پرچم در شرایط تنش خشکی توسط محققین زیادی گزارش شده است (۴۰،۵۲). نتایج تحقیقات نشان داده (۵۱،۷۹) برگ پرچم بلند با توانایی نگهداری آب برای مدت زمان طولانی در مقایسه با برگ پرچم کوتاهتر، باعث مقاومت گیاه در برابر شرایط تنش کمبود آب می‌شود که همبستگی مثبت بین طول برگ پرچم و محتوای آب نسبی در این تحقیق در هر دو شرایط، موید نتایج فوق می‌باشد. همبستگی معنی‌داری بین طول پدانکل و عملکرد دانه (۰/۳۵^{ns}) مشاهده نشد که مخالف نتایج جنگ دوست و همکاران (۴۲) است. رابطه بین محتوای پرولین و عملکرد دانه (۰/۳۴^{ns}-) منفی و غیر معنی‌دار است. همانگونه که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود، پس از اعمال آبیاری تکمیلی، درصد تغییرات محتوای پرولین ۱۳/۸۴- درصد است به این معنی که میزان محتوای پرولین به میزان زیادی کاهش نشان داده و احتمالاً چنین کاهشی ناشی از ناپایداری پرولین تحت شرایط فراهمی رطوبت باشد (۳۰). همبستگی معنی‌داری بین طول سنبله و عملکرد دانه در هر دو شرایط مشاهده نشد که مطابق با نتایج عطارباشی و همکاران (۹) و برخلاف نتایج به دست آمده توسط نورمند مؤید و همکاران (۵۴) و تاری‌نژاد و همکاران (۷۴) است. همبستگی بالاتری بین طول ریشک و عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی (۰/۷۱**) نسبت به شرایط دیم مشاهده می‌شود. اعمال آبیاری تکمیلی منجر به افزایش طول ریشک در مقایسه با شرایط دیم شده است و میزان درصد تغییرات آن ۱۳/۳۳ درصد است (جدول ۵) که این نتایج در توافق با نتایج محسنی و همکاران (۵۲) می‌باشد.

رگرسیون تحت شرایط آبیاری تکمیلی

در شرایط آبیاری تکمیلی، محتوای آب نسبی نخستین متغیر وارد شده به مدل است که به تنهایی ۵۹ درصد از تغیرات عملکرد دانه را تبیین می‌نماید. در مرحله دوم محتوای پرولین با ضریب تبیین ۲۵ درصد وارد مدل می‌شود. این دو متغیر در مجموع بیش از ۸۴٪ تغییرات موجود بین عملکرد ژنوتیپ‌ها را تبیین می‌نمایند (جدول۱۱). همبستگی مثبت و بالای محتوای آب نسبی با عملکرد دانه (۰/۷۶**) نیز تائیدکننده نتایج این مدل است. علی‌محمدی و همکاران (۴) به این نتیجه رسیدند که صفات کلروفیل a، ارتفاع بوته و محتوای آب نسبی صفاتی هستند که در شرایط معمول آبیاری، وارد مدل شده و بیش از ۹۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کنند. صفایی چایکار و همکاران (۷۱) در بررسی ۴۹ ژنوتیپ برنج گزارش نموده‌اند در رگرسیون گام به گام در محیط آبیاری نرمال، صفات تعداد خوشه در بوته، محتوای آب نسبی برگ، طول برگ پرچم و تعداد خوشه‌چه در خوشه به ترتیب به عنوان صفات موثر بر عملکرد دانه هستند در حالی که در محیط تنش، صفات تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه در بوته و میزان آب نسبی برگ، صفات موثر

بر عملکرد می‌باشند. نتایج رگرسیون مرحله‌ای نشان می‌دهد که صفات محتوای آب نسبی و محتوای پرولین در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی وارد مدل شده و بهبود این صفات در هر دو شرایط مهم است. علی محمدی و همکاران (۴) در ارزیابی ارقام گندم نان در شرایط آبیاری و تنش خشکی، اعلام نمودند صفت محتوای آب نسبی در هر دو شرایط وارد مدل رگرسیونی شده و بنابراین بهبود این صفت در هر دو شرایط مهم است.

تجزیه علیت در شرایط آبیاری تکمیلی

در تجزیه علیت در شرایط آبیاری تکمیلی (جدول ۱۲)، عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و دو صفت باقیمانده در مدل رگرسیونی، به عنوان متغیر مستقل انتخاب شدند. محتوای آب نسبی، بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۸۶۶) را بر عملکرد دانه دارد ولی به علت اثر غیر مستقیم منفی محتوای پرولین (۰/۰۹۷-)، همبستگی محتوای آب نسبی با عملکرد دانه کاهش یافت (r=۰/۱۱). محتوای پرولین دارای اثر مستقیم منفی (۰/۵۰۸-) بر عملکرد دانه می‌باشد ولی به علت اثر غیر مستقیم مثبت محتوای آب نسبی (۰/۱۶۵)، همبستگی منفی محتوای پرولین با عملکرد دانه کاهش یافت. با توجه به نتایج حاصل از ضرایب همبستگی و تجزیه علیت توصیه می‌شود که تحت شرایط آبیاری تکمیلی، صفت محتوای آب نسبی به منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در لاین‌های امید بخش گندم مورد استفاده قرار گیرد. صفایی چایکار و همکاران (۷۱) ضمن تجزیه علیت صفات مورد بررسی بر روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج، گزارش نمودندکه در شرایط آبیاری نرمال، صفات تعداد خوشه در بوته و میزان آب نسبی برگ بیشترین اثر مثبت مستقیم را بر عملکرد شلتوک دارند.

بطور کلی نتایج این پژوهش حاکی از آن است که نمی‌توان تنها با تکیه بر همبستگی بین صفات مورد بررسی و عملکرد دانه، معیارهای مناسبی برای انتخاب به منظور بهبود عملکرد دانه یافت و بررسی ارتباط با روش‌های آماری همچون رگرسیون گام به گام برای یافتن صفات موثر بر عملکرد دانه و متعاقباً انجام تجزیه ضرایب مسیر به منظور فهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر عملکرد دانه ضروری می‌باشد. در این تحقیق تحت شرایط دیم، صفت طول پدانکل و در شرایط آبیاری تکمیلی، صفت محتوای آب نسبی دارای بیشترین میزان ارتباط مستقیم با عملکرد دانه هستند بنابراین می‌توان این صفات را به عنوان معیار انتخاب غیر مستقیم برای بهبود عملکرد دانه معرفی و به منظور استفاده در پروژه‌های اصلاحی گندم نان توصیه کرد.

در یک جمع‌بندی کلی بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان داشت که لاین‌های مورد بررسی به علت دارا بودن تنوع ژنتیکی بالا در برنامه‌های اصلاحی و تولید رقم، دارای ویژگی‌های خاصی هستند و بر همین اساس ژنوتیپ شماره ۱ (آذر۲) برای شرایط آبیاری تکمیلی و ژنوتیپ شماره ۲۵ (ریژاو) برای شرایط دیم از بقیه ارقام و لاین‌های مورد بررسی برتر بوده و قابل معرفی برای کشت در شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه می باشند اما نتایج بررسی روابط بین صفات و تجزیه علیت آنها نشان داد که در اصلاح ارقام برای شرایط دیم، توجه به صفت طول پدانکل که به راحتی نیز قابل اندازه گیری است، بسیار مهم است؛ علاوه بر آن اگر صفات فیزیولوژیک محتوای آب نسبی برگ، میزان پرولین و درصد کلروفیل در برنامه های اصلاحی قرار داده شود، می‌تواند به انتخاب ارقام با عملکرد بالاتر کمک نماید؛ از سویی توجه به میزان محتوای آب نسبی و محتوای پرولین نیز برای معرفی ارقام مناسب در شرایط آبیاری تکمیلی بسیار مفید است. نکته قابل توجه در تحقیق انجام شده این است که اجزای اصلی عملکرد مانند وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و ... نسبت به خصوصیات فیزیولوژیکی همانند درصد کلروفیل، تجمع پرولین و همچنین صفات مورفولوژیکی مانند طول پدانکل و طول برگ پرچم تاثیر کمتری بر عملکرد نشان دادند و همچنین رابطه کمتری با عملکرد داشتند؛ به بیان دیگر برخلاف نتایجی که معمولاً در مطالعات مربوط به رابطه اجزای اصلی عملکرد با عملکرد دانه ارائه شده و به عنوان شاخص‌های مناسب در اصلاح ارقام برتر در شرایط دیم معرفی شده است (۷۸،۷۶،۳۸،۳۱)، این تحقیق نشان می‌دهد که صفات فیزیولوژیک و همچنین برخی از صفات موفولوژیکی مانند طول پدانکل و طول برگ پرچم می تواند نقش ارزنده‌ای در اصلاح و تولید ارقام مناسب در شرایط دیم و آبیاری داشته باشدکه این نتایج با نتایج برخی از محققین (۱۵،۴،۱۹،۴۴،۵۲،۶۹،۸۲) مطابقت دارد. شایان ذکر است بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان از ژنوتیپ‌های برتر از نظر برخی از صفات فیزیولوژیک موثر بر تحمل تنش خشکی مانند میزان محتوای آب نسبی بالا به عنوان والد دورگ‌گیری با ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه اما ضعیف تر از نظر صفات فیزیولوژیک استفاده کرد؛ با این هدف که نوترکیب جدیدی برتر از نظر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه ایجاد گردد. به عبارت دیگر می‌توان با استفاده از داده‌های این پژوهش، کارایی برنامه‌های به‌نژادی و دورگ‌گیری را افزایش داد. به عنوان مثال در ژنوتیپ شماره ۱۵ که عملکرد دانه آن ۱۵۴۹ کیلو گرم بود و رتبه چهارم را داشت، از نظر میزان محتوای آب نسبی رتبه ۱۴ را دارد. این موضوع بیانگر این نکته است که رقم ۱۵ از طریق سایر صفات فیزیولوژیک با نقش کمتر در توانایی حفظ رطوبت نسبی بافت‌ها، به چنین عملکردی دست یافته است. بنابراین با استفاده از نتایج چنین پژوهشی می‌توان والدین دورگ‌گیری را با کارآمدی بیشتری برای افزایش احتمال ایجاد نو ترکیب‌های برتر جدید انتخاب کرد و کارایی برنامه‌های به‌نژادی را افزایش داد.

جدول ۱۱- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 11. Stepwise regression steps for grain yield under supplementary irrigation conditions

صفات اضافه شده به مدل	۱	۲
عدد ثابت	۵۶/۲۵۴	۸۷۹/۴۰۱
محتوای آب نسبی	۲۶/۵۰	۲۹/۸۴۷
پرولین	-	-۱۶۰/۵۲۷
ضریب تبیین (R^2)	۰/۵۹۱	۰/۸۴۰

جدول ۱۲- تجزیه علیت (تحلیل مسیر) عملکرد دانه ژنوتیپهای گندم نان در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 12 .Causality analysis (path analysis) Grain yield of bread genotypes under supplementary irrigation conditions

صفات	اثرمستقیم	اثرات غیرمستقیم		جمع (همبستگی)
		محتوای آب نسبی	محتوای پرولین	
محتوای آب نسبی	۰/۸۶۶	۱	-۰/۰۹۷	۰/۷۶۹
محتوای پرولین	-۰/۵۰۸	۰/۱۶۵	۱	-۰/۳۴۳

منابع

1. Alam, M.S., A.H. Rahman, M.N. Nesa, S.K. Khanand and N.A. Siddquie. 2008. Effect of source and sink restriction on the grain yield in wheat. European Journal Applied Science Research, 4(3): 258-261.
2. Aghaee-Sarbarzeh, M., R. Rajabi, R. Haghparast and R. Mohammadi. 2008. Evaluation and selection of bread wheat genotypes using physiological traits and drought tolerance Indices. Seed and plant improvement journal, 24(3): 579-599.
3. Anyia, A.O. and H. Herzog. 2004.Water use efficiency, Leaf area and leaf gas exchange of cowpea under midseason drought. European Journal Agronomy, 20: 327-339.
4. Alimohamady, M., A. Rezaee and S.A.M. Mirmohamady-meybodi. 2009. Evaluation of some physiological traits and grain yield of ten iranian bread wheat cultivars under two irrigation conditions. Journal of Water and Soil Science, 13(48): 107-120.
5. Ahmadi-lahijani, M.J. and Y. Emam. 2013. Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. Journal of Crop Production and Processing, 3(9): 163-176.
6. Ahmadizadeh, M., M. Valizadeh, H. Shahbazi, M. Zaefizadeh and M. habibpour. 2011. Mophological diversity and inner relationship traits in durum wheat landraces under normal irrigation and drought stress conditions. Advances in enviromental biology, 5: 1934-1940.
7. Alamerew, S., S. Chebotar, X. Huang, M. Roder and A. Borner. 2004. Genetic diversity in ethiopean hexaploid and tetraploid wheat germplasm assessed by microsattelite markers. Genetic resources and crop evalation, 51: 559-567.
8. Arminian, A., M. Kang, M. Kozak, S. Houshmand and P. Mathews. 2008. A comprehensive minitab program for computing path coefficients and multiple regression for multivariate analysis. Journal crop improvement, 22: 82-120 (In persian).
9. Atarbashi, M., S. Galeshi, A. Soltani and A. Zeinali. 2002. Relationship between phenology and physiologi-cal traits with wheat grain yield in dryland conditions. Iranian journal of Agricultural science, 33(1): 21-28 (In Persian).
10. Alimohammadi, M. and S.A.M. Mirmohammadi. 2011. Factor analysis of agronomic and physiological traits of ten wheat bread cultivars in two irrigation regimes. Journal of Plant Production Research, 18 (2): 61-76 (In Persian).
11. Blum, A. 2011. Plant breeding for water limited enviroments. Springer Publishing. New York, Inc. United States, 272 pp.
12. Bates, I.S., R.Waldern and I.D. Trare.1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and soil, 39: 205-207.
13. Beheshti, A.R. and B. Behboodi. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum Bicolor* L. Moeuch) under drought stress. Ustralian Journa of crops science, 4(3): 185-189.
14. Bogale, A., K. Tesfaye and T. Geleto. 2011. Morphological and physiological attributes of ethiopean durum wheat genotypes under water deficit. Journal of biodiversity and enviromental science, 1: 22-36.
15. Babaeian, M., M. Haydari and A. Ghanbari. 2009. Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower (*Alstar cultivar*) under Water Stress at Three Stages. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12(46): 119-128 (In Persian).
16. Bihamta, M., M. Shirkavand, J. Hasanpour and A. Afzalifar. 2018. Evaluation of durum wheat genotyp es under normal irrigation and drought stress conditions. Journal of Crop Breeding, 9(24): 119-136 (In Persian).
17. Blum, A. 1999. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. Euphytica, 100: 77-83.
18. Clausen, W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. Plant science, 168: 241-248.
19. Dorraninejad, M., G. Mohammadinejad and B. Nakhoda. 2016. Assesment of relationship between agronomic traits and grain yield in recombinant inbred lines derived from Roshan×Falat wheat varieties under drought stress. Journal of crop Breeding, 8(20): 52-59 (In persian).
20. Deng, X.P., L. Shan, S.Z. Kang and I. Shinobu. 2003. Improvement of wheat water use efficiency in semiarid area of china. Agriculture Science China, 2: 35-44.
21. Dadkhah, N., A. Ebadi, G. Parmoon, A.Gholipour and S. Jahanbakhsh. 2014. Effect of spraying zinc on photosynthetic pigment and grain yield of chickpea under level different irrigation. Iranian Journal of dryland Agriculture, 3(2): 141-160 (In persian).
22. Ercoli, L., L. Lulli, M. Mariotti, A. Masoni and I. Arduini. 2007. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. European Journal of Agronomy, 28: 138-147.

23. Emam,Y. and M. Niknejad. 2004. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz university press. Shiraz. Iran. 571 pp.
24. Ehdaie, B. and G. Waine. 1996. Genetic variation for contribution of preanthesis assimilate to grain yield in spring wheat. Journal of genetic and breeding, 50: 47-56.
25. Ehdaie, B., G. Alloush, M. Modore and I.G. Waines. 2006. Genotypes variation for stem reserves and mobilization in wheat post anthesis changes in internode dry matter. Crop science, 46: 735-746.
26. Evans, L., I.W. ardlaw, E. Zamski and A.A. Schaffer. 1996. Photo assimilate distribution in plants and crops. Marcel Dekker Inc, New york, pp: 518.
27. FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the united nations. Quarterly Bulletin of Statistics, http:www.FAO.org.
28. Farroq, M.W.A., N. Kobayashi, D. Fujita and S. Basra. 2009. Plant drought stress: Effects, Mechanism and management. Agronomy for sustainable development, 29: 185-212.
29. Foulkes, M.J. 2002.The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions. Formation of grain yield. Journal Agriculture of science, 38:153-159.
30. Fanaei, H., M.Galavi, A.Ghanbari-boujar and A.H. Shiranirad. 2009. Effect of potassium fertilizer and irrigation levels on grain yield and water use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) species. Iranian journal of crop sciences, 11(3): 271-289. (In Persian).
31. Farshadfar, E., F. Moradi, R. Mohammadi. 2013. Evaluation of bread wheat genotypes for drought tolerance using Agrophysiological traits. Iranian Journal of Dryland Agriculture, 2(1): 63-84 (In Persian).
32. Gzik, A. 1996. Accumulation of proline and pattern of α-amino acids im sugarbeet plants in response to osmotic water and salt stress. Journal of enviromental and experimental botany, 36: 29-34.
33. Gooding, M., R. Ellis, P.R. Shewry and J.D. Schofield. 2003. Effect of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. Journal of creal science, 37: 295-309.
34. Good, A. and S. zaplachiniski. 1994. The effect of drought on free amioacid accumulation and protein synthesis in Brassica napus. Physiologia plantarum, 90: 9-14.
35. Ghandi, A. and A.H. Jalali. 2013. Effects of moderate drought last season on wheat agronomic characteristics. Electronic journal of crop production, 6(2): 117-134 (In Persian).
36. Golparvar, D., M. Ghanadha, A. Zali, A. Ahmadi, A. Hervan and G. Pirbalouti. 2006. Factor analysis of morphological and morphophysiological traits in bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under stress and drought stress conditions. Journal of research and development,72: 52-59.
37. Ganji-arjenaki, F., R. Jabbari and A. Morshedi. 2012. Evaluation of drought stress on RWC, chlorophyll content and mineral elements of wheat (*Triticum aestivum*L.) varieties. International Journal of Agriculture crop science, 4: 726-729 (In Persian).
38. Ghodsi, M., M. Chaichi, M.R. Jalalkamali and D. Mazaheri. 2004. Determine susceptibly of wheat growth stage to drought stress on grain yield and yield component. Seed and Plant Journal, 20(4): 25-34. (In Persian).
39. Gharib-eshghi, A., R. Adelzadeh, M.R. Shiriand K. Shahbazi. 2010. Winter effect of winter cold on cytoplasmic membrane stability, chlorophyl content and crown depth in a number of spring and winter wheat genotypes in Ardabil. Electronic Journal of Crop Production, 3(2): 255-262 (In Persian).
40. Huyuan, F., Li.S. Xue and L.X. Wang. 2007. The interactive effects of enhanced UV-B radiation and soil drought on spring wheat south African. Journal of botany,73: 429-434.
41. Jain, M.M., P.V.A. Dixt and R.A. Khan. 1992. Effect of sowing date on wheat varieties under late irrigated conditions. Indian journal of agriculture science, 62: 669-671.
42. Jangdoust, M.R., M. Zareiand G.A. Nora. 2017. Evaluation of drought tolerance of different wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) in rainfed and supplementary irrigation conditions. Journal of applied research of plant ecophysiology, 4(1): 73-90.
43. Jensen, H.E., H. Svendsen, S.E. Jensen and V.O. Mogensen. 1990. Canopy air Temperature of Crops grown under different irrigation regimes in temperate humid climate. Irrigation Science, 11: 181-188.
44. Kilic, H and T.Yagbasanlar. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) cultivars. Notulae botanicae horti agrobotanici cluinapoca, 38: 164-170.
45. Khadem, S.A., M. Galavi, M. Ramroudi, S.R. Mousavi, M.J. Rousta and P. Rezvanimoghadam. 2010. Effect of animal manure and super absurbent polymer on corn leaf relative water content, Cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. Australian journal of crop science, 4(8): 642-647.
46. Kameli, A. and D.M. Losel. 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. New phytol, 125: 609-614.

47. Leilah, A. and S.A. Alkhateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Journal Arid Envirenments, 61: 483-496.
48. Liang,Y., Q. Liu, W. Zhang and R. Ding. 2003. Exogenous silicone increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots or salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Physiology, 534(99): 872-878.
49. Lawlor, D. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: Metabolism and role of ATP. Ann.BOT, 89: 871-885.
50. Lindquist, J.L., J.T. Arkebauer, T.Q.Walters, G.K.Cassman and A. Dobermann. 2005. Maize raddiation use efficiency under optimal growth conditions. Agronomy Journal, 97(1): 72-78.
51. Munir, M., M. Chowdhry and T.A. Malik. 2007. Correlation studies among yield and yield components in bread wheat under drought conditions. International journal of agriculture and biology, 9(2): 287-290.
52. Mohseni, M., S.M. Mortazavian, H.A. Ramshini and B. Foghi. 2016. Evaluation of bread wheat genoty pes under normal and post-anthesis drought stress conditions for agronomic traits, 8(18):16-29.
53. Mohammadi, R. and E. Farahadfar. 2003. Determination of chromosomes controlling physiological traits associated to drought tolerance in Rye. Iranian journal of agronomy sciences, 5(2): 117-132.
54. Nourmandmoaied , F., E. Rostami and M.R. Ghandeha. 2001. Investigation of morphological characteris tics of bread wheat and its relationship with yield under stress and non stress conditions. Iranian journal of Agricultural Science, 32(4): 785-797 (In Persian).
55. Naghavi, M., A. Shahbazi and A. Taleei. 2002. Study of diversity of agronomy and morphological traits of genetic resources of durum wheat. Agronomy science, 2: 81-88 (In persian).
56. Noori, A., A.A. Mehabi and H. Safari. 2017. Study of correlation and path coefficient analysis of agronomic traits and grain yield for Aegilopd cylindrica accession under non-stress and drought stress conditions in Ilam. Journal of crop breeding, 9(23): 76-84 (In Persian).
57. Ozturk, A. and F. Aydin. 2004. Effect of water stress at various stages on some quality characterstics of winter wheat. Journal of agronomy and crop science, 190: 93-99.
58. Pourabughadareh, A., S.S. Alavikia, M. Moghadam, A.A. Mehrabi and M.A. Mazinani. 2016. Diversity of agromorphological traits in populations of einkorn wheat (*Triticum boeoticum* and *Triticum urartu*) under normal and water deficit stress conditions. Journal of crop breeding, 8: 37-46 (In Persian).
59. Pakmehr, A., M. Rastgoo, F. Shekari, J. Saba and E. Zangani. 2011. Effect of salicylic acid priming on some morphophysiological characteristic. Iranian Journal of field crop research, 9(4): 606-614 (In Persian).
60. Rejesus, M., M. VanGinkel and M. Smale. 1996. Wheat breeders perspectives of genetic diversity and germplasm use. Wheat Special Report 4. Mexico: D. F. CIMMYT.
61. Rahim, M.A., A. Mia, F. Mahmud and K. Afrin. 2010. Genetic variability, character association and genetic divergence in Mung bean (*Vigna radiate*). Plant Omics Journal, 3(1): 1-6.
62. Siddique, A., A. Hamid and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Academy Science, 41: 35-39.
63. Sairam, R., P.S. Deshmukh and D.S. Shukla. 1997. Tolerance to drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 178: 171-177.
64. Slageren, M. 1994. Wild wheats: A monograph of Aegilops and Amblyopyrum (*Poaceae*). ICARDA/ Wageningen. Agricultural University Papers, 94(7): 1-512.
65. Saeidi, M., F. Moradi and S. Jalali Honarmand. 2011. Contribution of spike and leaves photosynthesis and soluble stem carbohydrates remobilization in grain yield formation in two bread heat cultivars under post-anthesis stress conditions. Seed and plant production, 2(27): 1-19 (In Persian).
66. Sharma, K.D. and M.S. Kuhad. 2006. Influence of potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of brassica species. Brassuca Journal, 8: 71-74.
67. Satorre, E.H. and G.A. Salfer.1999.Wheat: ecology and physiology of yield determination. The Haworth press, Newyork, 503 pp.
68. Saberi, M.H., E. Arazmjoo and A. Amini. 2017. Assessment of Diversity and Identifying of Effective Traits on Grain Yield of bread wheat Promised Lines under Salt Stress Conditions. Journal of Crop Breeding, 8(20): 31-40 (In Persian).
69. Sharifa, S. and A. Muriefah. 2015. Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of soybeen (*Glycin max*) plants grown under water stress conditions. International journal of advanced research in biological sciences, 2: 81-93.
70. Shamsi, K. 2010. The effects of drought stress on yield, RWC, Proline, Solouble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of animal and plant sciences, 8: 1051-1060.

71. Safei-chaeikar, S., H. Samizadeh, B. Rabiei and M. Esfahani. 2009. Correlationof agronomic traits under optimum irrigation and water stress in rice (*Oryzae sativa*). Journal of sciences and technology of agriculture and natural resources, 13(48): 91-105 (In persian).
72. Sanchez, F.J.M., R.F. Manzanarcs, J. Anders, L. Tcrnorio and F.F. deanders. 1988. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field crop research, 59: 225-235.
73. Tahmasebi, S., M. Khodambashi and A. Rezai. 2007. Estimation of genetic parameters for grain yield and related traits in wheat using diallel analysis under optimum and moisture stress conditions, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 1: 229-240.
74. Tarinejad, A., M. Moghadam, H. Shakiba and A. Saidei. 2000. Analyze of correlation coefficients of grain yield with direct and indirect effects through alternative traits under aquatic conditions and seasonal water shortage stress in autumn wheat genotypes. Abstract of the artick of the 6th congress of crop and plant breeding, Babolsar, 111 pp.
75. Tahir, I.S. and M. Nakata. 2005. Remobilization of nitrogen and carbohydrate from stems of bread wheat in response to heat stress during grain filling. Journal of Agronomy and crop science, 191: 106-115.
76. Talei, A. and B. Bahramnejad. 2004. Study of the relationship between yield and its components in indigenous wheat cultivars of western Iran using multivariate statistical methods. Journal of Agricultural Science, 34(4): 959-966 (In Persian).
77. Torabian, A. and K. Maghsudi. 2015. Relationship between yield and yield components in wheat under normal irrigation and drought stress conditions using path analysis. Agriculture Research and Construc tion, 104: 53-47 (In Persian).
78. Uddin, F., F. Mohammad and S. Ahmed. 2015. Genetic divergence in wheat recombinant in bread lines for some yield and yield components characters in four cross of bread wheat under two water regime treatment. Journal of plant production, 2: 351-366.
79. Waddington, S.R., J.K. Raansom, M. Osmanzai and D.A. Sanders. 1986. Improvement in the yield potential of bread wheat adapted to northwest Mexico. Crop Science, 67: 325-333.
80. Yazdi-Samadi, B., S. Abedishani and V. Mohammadi. 2010. Crop breeding .1th. Academic Publishing Center. Tehran, Iran, 408 pp (In Persian).
81. Zaharieva, A.M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo and P. Monneveux. 2001. Drought and heat response in wild wheat relative *Aegilops geniculata*. Crop Science, 41: 1321-1329.
82. Zarebayati, A., M. Khodarahmi and K. Mostafavi. 2013. Study of yield and yield component and some morphological traits in winter wheat cultivars. conference on sustainable agriculture and healthy enviroment, pp: 518.

Identification of Effective Traits on Grain Yield of Bread Wheat Genotypes in Rainfed and Supplementary Irrigation

Saman Motazedi[1], Saeed Seifzadeh[2], Reza Haghparast[3], Hamid Reza Zakerin[4] and Hamid Jabbari[5]

1- Ph.D. Student, Islamic Azad University, Takestan Branch, Iran
2- Assistant Professor of Islamic Azad University, Takestan BranchIran
(Corresponding author: Saeedsayfzadeh@yahoo.com)
3- Associate Professor of Dryland Agricultural Research Sub-Institute of Sararood, Kermanshah, Iran
4- Assistant Professor of Islamic Azad University, Takestan BranchIran
5- Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural & Natural Resources& Education center, Karaj, Iran

Recived: Februrary 8, 2018 Accepted: November 19, 2018

Abstract

The development of high yielding cultivars is the main goal of many wheat breeding programs and the realization of it depends on the relationship between grain yield and its components. To investigate the relationship between grain yield and some morphological characteristics and to determine the relative importance of each of them, 25 bread wheat genotypes were evaluated in both rain-fed and supplementary irrigation systems with randomized complete block design with three replications during the farming periods in a farm featuring Mediterranean climate in west of country between 2014 and 2016 (Kermanshah's Sararud Rain-Fed Agricultural Research Station). Variance Analysis results showed significant differences among lines for all studied traits in both rain-fed and supplementary irrigation. Simple correlation coefficients between traits in both conditions indicated that cell membrane stability, flag leaf length, Awn length, relative water content, thousand grain weight and chlorophyll content, are significantly correlated with the grain yield. Regression analysis showed that peduncle length, relative water content, proline content and chlorophyll content in rainfed and traits such as the relative water content and proline content for the supplementary irrigation condition were introduced into regression model, 0/906 and 0/840 of the total changes related to grain yield, respectively.To determine the direct and indirect effects of traits on yield, path coefficient analysis was done, the highest positive direct effects on grain yield were related to peduncle length, relative water content and chlorophyll content under both mentioned conditions, that showed important characteristics in relation to grain yield. Genotype No.1 (Azar2) for supplementary irrigation conditions and Genotype No. 25 (Rijjaw) for rainfed conditions are superior to the rest of the studied cultivars and lines also can be introduced for cultivation in the climatic conditions of the study area. The physiological characteristics of leaf relative water content, proline content and chlorophyll content as well as morphological traits of peduncle length and flag leaf length are introduced as suitable traits for the improvement of rainfed cultivars.

Keywords: Correlation Analysis, Morphophysiological Traits, Path Analysis, Peduncle Length, RWC