نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد سیزدهم، شماره ۱(۴۹)، بهار ۱۳۹۸، صفحه ۲۴-۱

ارزیابی روابط عملکرد دانه و برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۴

چکیده

روابط بین عملکرد دانه با برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و تعیین اهمیت نسبی هر یک از آنها، در ۲۵ ژنوتیپ گندم نان از نظر۱۴صفت مورفوفیزیولوژیک طی آزمایشی در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳در شرایط آب و هوایی غرب کشور (ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات مورد بررسی، به جز طول سنبله، تفاوت معنی‌داری در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی داشتند. در شرایط آبیاری تکمیلی، صفات مذکور مقادیر معنی‌دار بالاتری را نسبت به شرایط دیم نشان دادند. انجام آبیاری تکمیلی منجر به کاهش دمای سطح برگ و دمای کانوپی گردید. ضرایب همبستگی ساده بین صفات در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی نشان داد که صفات پایداری غشای سلولی، طول برگ پرچم، عملکرد کاه و کلش، محتوای آب نسبی، وزن هزار دانه، محتوای کلروفیل، دمای برگ و دمای کانوپی همبستگی معنی‌دار بالایی با عملکرد دانه دارند. نتایج تجزیه رگرسیون همچنین نشان داد که صفات عملکرد کاه وکلش و طول برگ پرچم در شرایط دیم و صفات عملکرد کاه و کلش، طول برگ پرچم، محتوای آب نسبی و عملکرد سنبله در شرایط آبیاری تکمیلی وارد مدل رگرسیونی شدند و به‌ترتیب ۰/۷۴۱ و ۰/۸۹۹ از کل تغییرات مربوط به عملکرد دانه را تبیین نمودند. تجزیه علیت نشان داد که بیشترین اثر مستقیم مثبت به عملکرد کاه و کلش و طول برگ پرچم تحت شرایط دیم و عملکرد کاه و کلش، محتوای آب نسبی، طول برگ پرچم و عملکرد سنبله تحت شرایط آبیاری تکمیلی ارتباط داشت و این امر نشان‌دهنده اهمیت این صفات بر عملکرد دانه می‌باشد. در هر دو شرایط، عملکرد کاه و کلش بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه دارد.

واژگان کلیدی: تجزیه همبستگی، تجزیه علیت، عملکرد کاه و کلش، طول برگ پرچم، صفات مورفوفیزیولوژیک.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.
۲- عضو هیات علمی،گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.
۳- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
۴- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
نگارنده‌ی مسئول saeedsayfzadeh@yahoo.com

مقدمه

در میان غلات، گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که نقش حیاتی در اقتصاد ملی کشورهای در حال توسعه دارد (Alam *et al*., 2008). میانگین عملکرد گندم دنیا، ۶۰-۳۰ درصد عملکرد قابل حصول است که عامل اصلی آن کمبود آب می‌باشد (Deng *et al*., 2003). ایران به‌دلیل قرار گرفتن در نواحی خشک و نیمه خشک جهان، از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است؛ میانگین بارندگی کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که حدود یک سوم میانگین بارندگی دنیا می‌باشد (Ercoli *et al*., 2007). در مناطق خشک و نیمه خشک، عدم بارش کافی و توزیع نامناسب آن، عامل بازدارنده تولید غلات محسوب می‌گردد و ارزیابی ژرم‌پلاسم ارقام بومی و اصلاح شده غلات که دارای سازگاری خوبی با محدودیت رطوبتی هستند، یک روش مناسب در دست‌یابی به ارقام مطلوب محسوب می‌شود (Yazdi-Samadi *et al*., 2010).

تحمل به خشکی یک صفت کمّی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد که این امر موجب مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود؛ با این حال ارزیابی عملکرد دانه در شرایط تنش و نرمال، نقطه شروع خوبی به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌ها برای به‌نژادی در شرایط خشکی می‌باشد (Tahmasebi *et al*., 2007). شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی که به‌طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند، یک چالش بزرگ محسوب می‌شود (Takeda and Matsuoka, 2008). با توجه به پایین 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 (Khodadadi *et al*., 2011). تحمل به تنش خشکی از طریق اصلاح صفات مورفوفیزیولوژیک نیز امکان‌پذیر است (Golparvar *et al*., 2006).

محتوای آب نسبی، دمای سطح برگ و دمای کانوپی، صفات مهمی هستند که بر روابط آب گیاه مؤثرند (Monlar *et al*., 2002). انتخاب غیرمستقیم در نسل‌های اولیه از طریق صفاتی که همبستگی خوبی با عملکرد دانه داشته و وراثت پذیری بیشتری نسبت به عملکرد داشته باشند، یکی از راهبردهای مهم اصلاحی است که در این زمینه، تجزیه ضرایب همبستگی صفات مختلف با عملکرد، به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و به ارزش آنها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می‌نماید (Leilah and Alkhateeb, 2005). با توجه به ارتباط پیچیده صفات با یکدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد چون ماهیت ارتباط بین صفات مشخص نمی‌شود (Mohammadi, 2014)، بنابراین لازم است از روش‌های آماری چند متغیره جهت درک عمیق‌تر روابط بین صفات بهره برد. با کمک تجزیه رگرسیون گام به گام می‌توان اثر صفات غیرمؤثر یا کم تاثیر بر روی عملکرد را حذف کرد (Golparvar *et al*., 2006).

در تحلیل رگرسیون، 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 (Rahim *et al.*, 2010). قدسی و همکاران (Ghodsi *et al.*, 2004) در مطالعه اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم بیان کردند 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. امری و همکاران (Amri *et al.*, 2011) در ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان، نشان دادند صفات تعداد دانه در سنبله، وزن کاه و کلش، وزن هزار دانه و شاخص برداشت وارد رگرسیون گام به گام شده و ۹۵٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند. نفوذی و همکاران (Nofouzi *et al.*, 2008) در بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن در گندم دوروم در شرایط تنش خشکی، ضمن انجام تجزیه علیت اعلام کردند عملکرد کاه وکلش و ارتفاع گیاه دارای اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه است.

هدف از این تحقیق، بررسی روابط بین صفات مورفوفیزیولوژیک و شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ۲۵ ژنوتیپ جدید امید بخش گندم نان در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، ایستگاه سرارود، واقع در کیلومتر ۱۷ کرمانشاه (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و۲۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۴۷۸ میلی‌متر) اجرا شد. اقلیم محل اجرای آزمایش بر اساس سیستم طبقه‌بندی کوپن[۱]، مدیترانه‌ای با تابستان‌های داغ و بافت خاک بر اساس مثلث بافت خاک، سیلتی، رسی، لومی است.

بر اساس 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 در ۶ 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، به‌صورت جداگانه (فاصله سایت دیم و آبیاری تکمیلی از یکدیگر ۵۰۰ متر) و همزمان، کشت و اجرا گردید. با توجه به اینکه طرح در قالب دو آزمایش جداگانه برای آبیاری طراحی گردیده، بنابراین دو سایت متفاوت سطوح آبیاری به عنوان مکان‌های مختلف در نظر گرفته شده و بر این اساس تجزیه مرکب صورت گرفته است. 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 پرشدن دانه و هر بار به میزان ۳۰ میلی‌متر توسط سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت انجام شد. عملیات تهیه زمین و مراقبت‌های زراعی، به‌صورت یکسان برای هر دو آزمایش صورت گرفت. با توجه به اطلاعات آزمون خاک (جدول۱)، میزان کود لازم برای هر کرت آزمایشی بر اساس ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، محاسبه و همزمان با کاشت مصرف شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، طول برگ پرچم،

۱- Coupon classification system

تعداد سنبله در متر مربع، طول سنبله، عملکرد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن کاه و کلش، محتوای آب نسبی، محتوای کلروفیل، دمای کانوپی، دمای سطح برگ، پایداری غشای سلولی و عملکرد دانه بود. جهت نمونه‌برداری‌ها در طی فصل رشد (ارتفاع بوته، طول سنبله 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 موجود در دو ردیف میانی استفاده شد. صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، محتوای آب نسبی، پایداری غشای سلولی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، در آزمایشگاه تعیین شد. عملکرد کاه و کلش، حاصل تفاضل عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه است.

دمای سطح برگ و کانوپی با بهره‌گیری از دماسنج مادون قرمز و استفاده از روش اسمیت و همکاران (Smith *et al*., 1986) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین محتوای آب نسبی، از روش صدیق و همکاران (Siddique *et al*., 2000) و معادله زیر استفاده گردید:

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

در این معادله FW، DW و T به‌ترتیب بیانگر وزن تر، وزن خشک و وزن تورژسانس نمونه برگ بود. میزان پایداری غشای سلولی با کمک روش سایرام و همکاران (Sairam *et al*., 1997) و رابطه‌ی زیر محاسبه شد.

$$MSI= (1-EC_1/EC_2)\times 100$$

در این معادله، EC_1 میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و EC_2 میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌باشد. تجزیه واریانس مرکب بر روی صفات مورد مطالعه به‌منظورتعیین اثرات اصلی و متقابل در دو سال آزمایش انجام گرفت. شدت تاثیر آبیاری تکمیلی 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: (Nourmand-moaied *et al*., 2001)

$$\text{درصد تغییر صفت} = \frac{\text{میزان صفت در شرایط تنش} - \text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}}{\text{میزان صفت در شرایط بدون تنش}} \times 100$$

قبل از انجام تجزیه واریانس، نسبت به رعایت اصول آماری و تست مفروضات تجزیه واریانس اعم از نرمال بودن داده‌ها، توزیع نرمال باقیمانده‌های اشتباهات آزمایش و آزمون یکنواختی خطاهای آزمایشی به روش بارتلت 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 به‌عنوان 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 متغیر تابع داشتند، در مدل باقی ماندند. جهت تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه، روش تجزیه علیت به کار برده شد. به‌منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزارهای SAS، SPSS، Path2 استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول۲)، 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 است. دامنه تغییرات اکثر صفات بالا می‌باشد که بالا بودن تنوع ژنتیکی را تایید می‌کند (جدول ۳). اثر سال بر کلیه صفات مورد مطالعه به استثنای صفت تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال۱٪ معنی‌دار است و برای صفت مذکور در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. مشاهده تفاوت معنی‌دار بین دو سال آزمایش به دلیل شرایط آب و هوایی بهتر در سال دوم اجرای آزمایش می‌باشد (شکل ۱). اثر متقابل سال × ژنوتیپ برای کلیه صفات مورد بررسی به جز پایداری غشای سلولی و عملکرد سنبله در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است یعنی بین دو سال تفاوت‌هایی بین رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد بررسی وجود دارد. اثر متقابل ژنوتیپ × آبیاری برای کلیه صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۲) که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی 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. آبیاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر صفات مورد بررسی به جز طول سنبله دارد (جدول ۲). آبیاری تکمیلی منجر به افزایش صفات مورد مطالعه و کاهش دو صفت دمای سطح برگ و دمای کانوپی نسبت به شرایط دیم شده است (جدول ۴).

برخورد مراحل رشد و نمو با تنش خشکی موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد در گندم می‌شود (Hashemi and Mohammady, 2014). میانگین عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب برابر با ۱۱۷۵ و ۱۳۰۵/۸۸ کیلوگرم در هکتار است. شرایط دیم منجر به کاهش و اعمال آبیاری تکمیلی منجر به افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۰/۰۲ درصد شده است (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه بر اثر تنش خشکی در گندم در مطالعات محققین مختلفی گزارش شده است (Saeidei *et al*., 2011; Gooding *et al*., 2003).

کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی 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 مذکور نسبت داده شده است (Emam and Niknejad, 2004). درصد کاهش عملکرد کاه و کلش در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی، معادل ۵/۰۸٪ است (جداول ۴و۳). درصد کاهش این صفت در مقایسه با درصد کاهش عملکرد دانه (۱۰/۰۲)، مقدار کمتری است و علت آن چنین توجیه می‌شود که معمولاً تا زمان شروع تنش خشکی، بخش زیادی از بیوماس گیاه شکل گرفته و به عبارتی پس از سنبله‌دهی، عمده افزایش بیوماس مربوط به رشد دانه است. نتایج در توافق با نتایج به‌دست آمده توسط افیونی و همکاران (Afyooni *et al*., 2014) می‌باشد.

انجام آبیاری تکمیلی موجب کاهش دمای سطح برگ (۴/۸۹٪) و دمای کانوپی (۱۳/۸۹٪) نسبت به شرایط دیم شده است (جداول ۴و۳). تاثیر دمای کانوپی در افزایش مقاومت به خشکی در گندم بهاره گزارش شده است (Anet *et al.*, 2013). بلوتا و همکاران (Blota *et al.*, 2007) گزارش کردند ارقامی که دارای دمای کانوپی پائین‌تر هستند، در شرایط تنش رطوبتی سازگاری بیشتری دارند. بیشترین محتوای آب نسبی برگ مربوط به تیمار آبیاری تکمیلی و کمترین آن مربوط به تیمار شرایط دیم است. محتوای آب نسبی در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی، به میزان ۱۰/۸۳٪ کاهش نشان می‌دهد (جداول ۴و۳). حفظ محتوای آب نسبی برگ به عنوان شاخصی برای نشان دادن تحمل پذیری و پایداری داخلی گیاه در مواجهه با تنش‌های محیطی است. بالا بودن محتوای آب نسبی در تداوم رشد در شرایط کم آبی می‌تواند مؤثر باشد (Rashidi *et al.*, 2012). یاداو و بوشان (Yadav and Bhushan, 2001) در بررسی تاثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های برنج نتیجه گرفتند در زمان وقوع تنش خشکی، میزان محتوای آب نسبی کاهش می‌یابد که به‌طور مستقیم با فشار آماس و پتانسیل آب در ارتباط است و از طرفی فشار آماس در ارتباط مستقیم با توسعه و تقسیم سلولی است. در زمان بروز تنش خشکی، به‌دلیل کاهش آب درون سلولی و کاهش محتوای آب نسبی، فشار آماس کاهش می‌یابد؛ به عبارت دیگر، محتوای آب نسبی بیشتر باعث حفظ عملکرد در شرایط تنش می‌شود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های کل در تجزیه مرکب (نتایج نشان داده نشده)، بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۷۴۶/۳۳ کیلوگرم در هکتار) متعلق به ژنوتیپ شماره ۱ (آذر۲) 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. 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 (Farshadfar *et al.*, 2013). صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله دو جزء مهم در تعیین عملکرد دانه گندم می‌باشند (Saeidi *et al.*, 2011). در ژنوتیپ شماره ۱ (آذر۲) بیشترین تعداد دانه در سنبله (۱۷۵/۹۱) و کمترین تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ شماره ۲ (۱۰۲/۹۱) مشاهده می‌شود (نتایج نشان داده نشده). حدوث تنش رطوبتی در شرایط دیم موجب کاهش تعداد دانه در سنبله و اعمال آبیاری تکمیلی منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله به میزان ۴/۶۱٪ شده است (جدول ۳). کاهش این صفت در 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 (Saeidi *et al.*, 2011).

آبیاری تکمیلی موجب افزایش طول برگ پرچم به‌میزان ۳۱/۰۷٪ نسبت به شرایط دیم شده است (جدول ۳). برگ پرچم در گندم جزو آخرین اندام‌هایی از گیاه است که تشکیل می‌شود و تا آخر عمر گیاه سبز بوده و قادر به انجام فتوسنتز است لذا در افزایش توان فتوسنتزی گیاه و پر

نمودن دانه‌ها نقش مؤثری دارد (Mirzakhani, 2016).

همبستگی صفات در شرایط دیم

نتایج همبستگی صفات در شرایط دیم (جدول۵) نشان می‌دهد بین صفات تعداد سنبله در متر مربع، پایداری غشای سلولی، طول برگ پرچم، عملکرد کاه و کلش، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی و وزن هزار دانه با عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین صفات دمای سطح برگ و دمای کانوپی با عملکرد دانه، همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد.

بالاترین مقدار همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کاه و عملکرد دانه وجود دارد (۰/۷۸**) همبستگی مذکور توسط محققین مختلفی از جمله محسنی و همکاران (Mohseni *et al.*, 2016)، امری و همکاران (Amri *et al.*, 2011) در گندم گزارش شده است. همبستگی بین عملکرد دانه و پایداری غشای سلولی، مثبت و معنی‌دار می‌باشد (۰/۷۱**)، تحت شرایط دیم، یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند، غشای سلولی است (Liang *et al.*, 2003).

ثبات غشای سلولی و نشت الکترولیت کمتر تحت شرایط تنش خشکی، یک جزء اصلی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مقاوم محسوب می‌شود (Tarighaleslami *et al.*, 2017). همبستگی معنی‌داری بین طول برگ پرچم و عملکرد دانه مشاهده می‌شود (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 (Babaie-Zarch *et al.*, 2013). بین عملکرد دانه و محتوای آب نسبی، همبستگی مثبت و معنی‌داری ملاحظه می‌شود (۰/۶۹**) که مطابق با نتایج علی‌محمدی و میبدی (Alimohammadi and Mirmohammadi Meybodi, 2011) در گندم است. برخی از مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن صفت محتوای آب نسبی به عنوان شاخص تحمل به خشکی است (Nouri-Rad *et al.*, 2013) 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 محتوای 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 (Sharifa and Muriefah, 2015).

در گیاهان زراعی گزارش‌هایی در رابطه با واکنش متفاوت کلروفیل به خشکی در ارقام حساس و مقاوم (Zaharieva *et al.*, 2001) و یا تاثیر نداشتن تنش خشکی بر محتوای (غلظت) کلروفیل ارایه شده است (Baghban- Khalilabad *et al.*, 2019). همبستگی بین عملکرد دانه و دمای سطح برگ، منفی و معنی‌دار می‌باشد (-۰/۶۷**) یعنی با افزایش دمای برگ، عملکرد دانه کاهش می‌یابد؛ دمای بالای اندام‌های گیاهی در مرحله پر شدن دانه باعث افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز می‌شود که در نهایت کاهش عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (Ayeneh *et al.*, 2002). همبستگی منفی و معنی‌داری نیز بین

عملکرد دانه و دمای کانوپی (**۰/۴۱-) مشاهده می‌شود؛ دمای کانوپی و تنش آب با همدیگر مرتبط هستند چون محدودیت آب خاک از طریق بسته شدن روزنه‌ها که ساز و کار خنک کننده گیاهان هستند، باعث کاهش تعرق شده و در نهایت دمای کانوپی بالا می‌رود (Patel *et al*., 2001).

رگرسیون گام به گام تحت شرایط دیم

مطابق نتایج (جدول۶)، مشاهده می‌شود که عملکرد دانه، تابعی از عملکرد کاه و کلش و طول برگ پرچم است که با وارد شدن این صفات به مدل و حذف صفات کم تاثیر و یا بی‌تاثیر از آن، متغیرهای باقیمانده، ۷۴٪ از تغییرات ناشی از متغیر تابع را توجیه می‌نمایند. صفت عملکرد کاه و کلش، اولین متغیر وارد شده به مدل است و به دلیل داشتن حداکثر ضریب تبیین با عملکرد دانه (۵۹٪)، به‌عنوان مهم‌ترین صفت مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی شناخته می‌شود؛ بنابراین تقویت این صفت در شرایط تنش خشکی تا حد زیادی معقول می‌باشد. با ورود صفت طول برگ پرچم به مدل، این صفت نیز ۱۵٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نماید. در توافق با نتایج این پژوهش، محسنی و همکاران (Mohseni *et al*., 2016) در ارزیابی ارقام گندم بیان نمودند، از میان صفات مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که ۸۰/۴٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نماید. امرایی و همکاران (Amraei *et al*., 2014) در مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم اعلام کردند ۵ صفت عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد پنجه در بوته، عملکرد کاه و کلش و تعداد پنجه بارور، به عنوان صفات تاثیرگذار وارد مدل رگرسیونی شدند که عملکرد بیولوژیک به تنهایی ۹۱٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نماید. کرمی و همکاران (Karami *et al*., 2005) در ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های جو بهاره به این نتیجه رسیدند که عملکرد زیستی اولین متغیری است که وارد معادله رگرسیونی شده و به تنهایی ۴۱٪ تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نماید و پس از آن به ترتیب صفات عملکرد کاه، وزن هزار دانه، تعداد روز تا رسیدگی، طول میانگره اول از انتها و سطح برگ پرچم وارد مدل رگرسیونی شده و در کل ۹۹/۷٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند. این نتایج، ارزش و اهمیت کاه و کلش و برگ پرچم را به عنوان معیارهایی برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا مشخص می‌سازد.

تجزیه علیت در شرایط دیم

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۷)، صفات عملکرد کاه و کلش (۰/۵۷۰) و طول برگ پرچم (۰/۴۴۱)، به‌ترتیب اثرات مثبت مستقیم و قوی بر عملکرد دانه دارند. بیشترین اثر مثبت مستقیم بر عملکرد دانه، به عملکرد کاه و کلش اختصاص دارد که با نتایج نفوذی و همکاران (Nofouzi *et al*., 2008)، امری و همکاران (Amri *et al*., 2011) در توافق است. پس از عملکرد کاه و کلش، طول برگ پرچم بیشترین اثر مثبت مستقیم را بر عملکرد دانه دارد. با توجه به مثبت بودن تاثیرات مستقیم صفات عملکرد کاه و کلش و طول برگ پرچم بر عملکرد ژنوتیپ‌ها و نیز وجود مقادیر همبستگی مثبت میان این صفات و عملکرد تحت شرایط دیم، به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از این صفات به‌منظور گزینش غیرمستقیم ژنوتیپ‌های با ظرفیت عملکرد مطلوب در طی نسل‌های در حال تفکیک، امری مطلوب

باشد. بیشترین اثر مثبت و غیرمستقیم را صفت طول برگ پرچم (۰/۲۷۵) از طریق عملکرد کاه و کلش بر عملکرد دانه به جای گذاشت. معمولاً ژنوتیپ‌هایی از گندم که عملکرد کاه و عملکرد دانه بیشتری دارند بر ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد دانه بیشتری دارند، ترجیح داده می‌شوند (Amri *et al*., 2011). برای داشتن عملکرد دانه بالا به رشد سبزینه‌ای خوب و گیاهانی با قدرت رویشی مناسب نیاز است (Talei and Bahramnejad, 2004). با افزایش طول برگ پرچم، سطح برگ پرچم نیز افزایش یافته و گیاه کارخانه بزرگ‌تری برای فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی خواهد داشت (Babaie-Zarch *et al*., 2013). از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول برگ پرچم و عملکرد کاه و کلش (۰/۶۹**) بیانگر این مطلب است که با افزایش طول برگ پرچم، عملکرد کاه و کلش افزایش می‌یابد. افخمی قادی و همکاران (Afkhami-Ghadi *et al*., 2011) براساس تحقیقات خود بر روی ژنوتیپ‌های برنج بیان کردند که سهم برگ پرچم در اندوخته دانه به‌طور متوسط ۲۲/۶٪ است.

همبستگی صفات در شرایط آبیاری تکمیلی

نتایج بررسی همبستگی بین صفات در شرایط آبیاری تکمیلی (جدول ۸) نشان می‌دهد که بین صفات عملکرد کاه و کلش، محتوای آب نسبی، پایداری غشای سلولی، طول برگ پرچم، عملکرد سنبله، وزن هزار دانه، محتوای کلروفیل، طول سنبله با صفت عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین صفات دمای سطح برگ و دمای کانوپی با عملکرد دانه، همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۷۰**) بین پایداری غشای سلولی و عملکرد دانه مشاهده می‌شود؛ این همبستگی همچنانکه قبلاً بیان شد، درشرایط دیم نیز به میزان بالایی (۰/۷۱**) وجود دارد. حفظ تمامیت غشای سلولی طی شرایط دیم، نشانه‌ای از وجود مکانیسم‌های 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 غشای سلولی را بهبود بخشد که مغایر با نتایج غریب‌عشقی و همکاران (Gharib-eshghi *et al*., 2010) است. محتوای آب نسبی در هر دو شرایط مورد بررسی دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه است که این موضوع در توافق با نتایج محققین بسیاری از جمله (Ahmadi and Emam, 2013) است. محتوای آب نسبی و عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی، همبستگی مثبت و معنی‌دار بیشتری (۰/۷۶**) نسبت به شرایط دیم (۰/۶۹**) دارند که با نتایج به‌دست آمده توسط علی محمدی و میبدی (Alimohammadi and Mirmohammadi Meybodi, 2011) توافق دارد. به نظر می‌رسد که شرایط دیم و بروز تنش خشکی باعث کاهش قابل ملاحظه محتوای آب نسبی و در نتیجه 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 (Yang *et al*., 2007).

بالاترین میزان همبستگی (۰/۸۶**) بین عملکرد کاه و عملکرد دانه وجود دارد، این همبستگی در شرایط دیم نیز به میزان بالا ولی کمتری (۰/۷۸**) نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی مشاهده شد که نشان‌دهنده این است که آبیاری تکمیلی با افزایش میزان محتوای آب نسبی، موجب افزایش دسترسی گیاه به آب شده و با افزایش نقل و انتقال مواد غذایی، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و فتوسنتز، منجر به افزایش تولید ماده خشک شده است و در این بین، لاین‌های امید بخش گندم، از وجود منبعی بالقوه تحت عنوان عملکرد بیولوژیک بالا برای پرکردن دانه بخصوص در شرایط آبیاری تکمیلی بهره‌مند هستند که با نتایج عظیمی و همکاران (Azimi *et al*., 2013) مطابقت دارد. همبستگی منفی و معنی‌داری (-۰/۴۰**) بین دمای کانوپی و عملکرد دانه وجود دارد؛ این همبستگی منفی (-۰/۴۱**) درشرایط دیم نیز مشاهده می‌شود ولی در شرایط آبیاری تکمیلی، مقدار ضریب همبستگی اندکی کمتر می‌باشد بنابراین به نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی باعث کاهش دمای کانوپی شده است. با کاهش آب، روزنه گیاهان به تدریج بسته شده، تعرق کاهش یافته و دمای کانوپی افزایش می‌یابد، بنابراین بسته شدن روزنه‌ها در محیط تنش سبب شد که مقادیر دمای کانوپی بالاتری حادث شود (Arvin *et al*., 2018). بین عملکرد دانه و دمای سطح برگ، همبستگی منفی و معنی‌دار (-۰/۶۲**) مشاهده می‌شود. در شرایط دیم این همبستگی با میزان منفی‌تری وجود دارد (-۰/۶۷**). انجام آبیاری تکمیلی، موجب کاهش دمای سطح برگ‌ها شده که با توجه به محتوای آب نسبی بالاتر و کاهش محدودیت آب قابل دسترس نسبت به شرایط دیم، تعرق افزایش یافته و متعاقب آن، درجه حرارت برگ‌ها کاهش یافته است (Ahmadi and Javadifar, 2001).

رگرسیون تحت شرایط آبیاری تکمیلی

در شرایط آبیاری تکمیلی، به‌ترتیب چهار متغیر عملکرد کاه و کلش، طول برگ پرچم، محتوای آب نسبی و عملکرد سنبله وارد مدل رگرسیونی شده و مجموعاً بیش از ۸۹٪ تغییرات موجود بین عملکرد ژنوتیپ‌ها را تبیین می‌نمایند (جدول۹). عملکرد کاه به‌دلیل داشتن حداکثر ضریب تبیین (۷۴٪) و همچنین همبستگی بالا با عملکرد دانه (۰/۸۶**)، مهم‌ترین صفت مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی شناخته شد بنابراین تقویت این صفت در شرایط آبیاری تکمیلی برای افزایش عملکرد دانه منطقی به نظر می‌رسد. امینی و همکاران (Amini *et al*., 2005) در بررسی‌های خود بر روی ارقام گندم ایرانی به این نتیجه رسیدند که دو صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، صفاتی هستند که در تجزیه رگرسیون وارد شده و درصد بالایی از عملکرد را توجیه می‌کنند. محسنی و همکاران (Mohseni *et al*., 2016) در ارزیابی ارقام گندم نان در شرایط نرمال و تنش خشکی آخر فصل اعلام نمودند که در شرایط نرمال ۶ متغیر وارد مدل شدند و صفت عملکرد بیولوژیک به دلیل داشتن حداکثر ضریب تبیین با عملکرد دانه، به عنوان مهم‌ترین صفت در شرایط نرمال شناخته شد.

تجزیه علیت در شرایط آبیاری تکمیلی

نتایج تجزیه علیت در شرایط آبیاری تکمیلی (جدول ۱۰) نشان می‌دهد بالاترین اثر مستقیم

مثبت بر عملکرد دانه (۰/۵۷۶) مربوط به عملکرد کاه و کلش است و اثر غیر مستقیم آن بر عملکرد دانه از طریق صفت محتوای آب نسبی (۰/۱۷۱) ، قوی و از طریق صفات عملکرد سنبله (۰/۰۷۱) و طول برگ پرچم (۰/۰۵۱) ضعیف می‌باشد.

در مطالعات محققین بسیاری از جمله محسنی و همکاران (Mohseni *et al.*, 2016)، گلپرور و همکاران (Golparvar *et al.*, 2006) بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه گندم، مربوط به عملکرد بیولوژیک بیان شده است. پس از عملکرد کاه و کلش، محتوای آب نسبی (۰/۲۸۰)، عملکرد سنبله (۰/۱۹۳) و طول برگ پرچم (۰/۱۶۸) در مراتب بعد دارای اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه می‌باشند. صفات محتوای آب نسبی و عملکرد سنبله، به‌ترتیب بیشترین اثرات غیرمستقیم را بر عملکرد دانه از طریق عملکرد کاه و کلش (۰/۲۱۱ و ۰/۳۵۲) به جای می‌گذارند. صفت طول برگ پرچم بیشترین اثرات غیرمستقیم مثبت را بر عملکرد دانه از طریق عملکرد کاه (۰/۱۷۶) و محتوای آب نسبی (۰/۱۴۳) به جای می‌گذارد. با توجه به مثبت بودن تاثیرات مستقیم صفات عملکرد کاه و کلش، محتوای آب نسبی، عملکرد سنبله و طول برگ پرچم بر عملکرد ژنوتیپ‌ها و نیز وجود مقادیر همبستگی مثبت میان این صفات و عملکرد تحت شرایط آبیاری تکمیلی، بهره‌گیری از این صفات جهت افزایش عملکرد امری مطلوب است. راحمی و همکاران (Rahemi *et al.*, 2014) ضمن تجزیه علیت صفات مورد بررسی روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبی، گزارش کردند که بیش از ۸۹٪ تغییرات عملکرد دانه توسط متغیرهایی مانند عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و تعداد دانه در سنبله مشخص می‌شود. هوشمندی (Houshmandi, 2016) در ارزیابی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد ۱۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبی نشان داد که عملکرد بیولوژیک دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر روی عملکرد دانه است. با توجه به نتایج تجزیه علیت، در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، اولین متغیر تاثیرگذار بر عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش است؛ همبستگی معنی‌دار و بالا بین عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش نیز تایید کننده این نتیجه می‌باشد؛ بنابراین می‌توان بیان داشت که به احتمال زیاد در شرایط آزمایش، افزایش عملکرد بیولوژیک در عین توزیع مساوی بین اندام‌های رویشی و زایشی رخ داده است (Guendouz *et al.*, 2012). به‌طورکلی بر خلاف اینکه افزایش پتانسیل عملکرد غلات دانه ریز مانند گندم، برنج و جو ... در طی سال‌های گذشته با افزایش شاخص برداشت همراه بوده و همبستگی شاخص برداشت و عملکرد در بیشتر پژوهش‌هایی که بر روی مبانی فیزیولوژیکی افزایش عملکرد صورت گرفته، مثبت و بالا بوده (Morinaka *et al.*, 2006) و بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی یا ارتباطی وجود نداشته و یا این ارتباط بسیار ضعیف بوده (Morgounova *et al.*, 2010) لکن در این پژوهش، عملکرد کاه و کلش به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد بیولوژیک، باعث افزایش در عملکرد دانه لاین‌های گندم شده است. عملکرد کاه و کلش از صفات مهم بخصوص در شرایط تنش خشکی آنجایی که گیاه برای پرکردن دانه به جای فتوسنتز جاری، بر قابلیت انتقال مجدد تکیه دارد، می‌باشد. در شرایط تنش اگر عملکرد بیولوژیک مزرعه خوب باشد، گیاه از طریق انتقال

مجدد آسیمیلات‌ها از اندام‌ها بـه دانـه، مخـازن را بهتر پر می‌کند به شرطی که قابلیت انتقال مجـدد بالایی داشته باشد. ارتباط این صـفات بـا عملکـرد صد درصد نیست که نشان می‌دهـد برخـی ارقـام، علیرغم داشتن عملکرد بیولوژیک بالا، عملکرد دانه خوبی ندارند کـه علـت آن قابلیـت انتقـال مجـدد ضعیف در این ارقام می‌باشد.

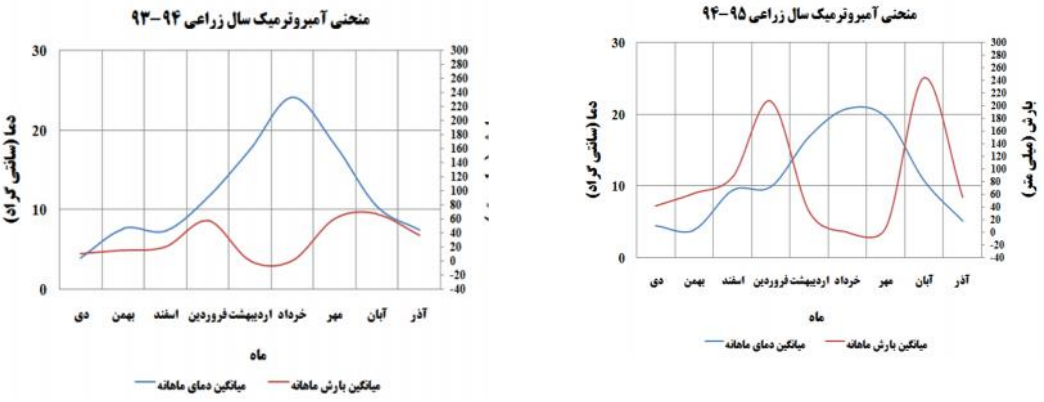
نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد تنها با تکیه بر همبستگی بین صفات نمی‌توان معیـار مناسـبی به‌منظور بهبود عملکرد دانه یافت و بررسی ارتبـاط با روش‌های آماری مانند رگرسـیون گـام بـه گـام برای یافتن صفات مؤثر بر عملکرد و متعاقباً انجـام تجزیـه علیـت بـه‌منظـور فهـم اثـرات مـستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مـستقل بـر عملکـرد دانـه ضروری می‌باشد. هر چند برای دیگر صـفات مـورد بررسی نیز با توجه به همبستگی‌های فنـوتیپی بـه دست آمده، ارتباط با عملکرد دانه مشاهده گردیـد ولی این صـفات در تجزیـه رگرسـیونی وارد مـدل نشدند که این مطلب دلیلی بر عـدم تـاثیر صـفات وارد نشده به مدل رگرسیونی بر عملکرد نیـست و شاید صفات مورد بحث دارای روابط غیرخطـی بـا عملکرد باشـند و بـه همـین دلیـل در مـدل قـرار نگرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد انجام آبیاری تکمیلی در دو مرحله نموی ظهور سنبله و پرشدن دانه (هر بار به میزان ۳۰ میلی‌متر)، باعـث تخفیـف اثر سوء تنش خشکی با اعمال تاثیر بر صفات مورد بررسی نسبت به شـرایط دیـم و افـزایش عملکـرد دانـه شـده و مـی‌تـوان آن را در شـرایط دیـم در مناطقی که دسترسی به آبیاری مهیا است، توصـیه نمود.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Chemical properties of the soil

عمق نمونه برداری Sampling Depth (Cm)	نیتروژن قابل جذب Absorbable Nitrogen (ppm)	فسفر قابل جذب Absorbable Phosphorous (ppm)	پتاسیم قابل جذب Absorbable Potassium (ppm)
0-30	2.3	7	128



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

Figure1- Average of precipitation and temperature in two years of 2014-2015 and 2015-2016 at research station of Sararood of Kermanshah

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

Table 2- Combined analysis of variance on yield, yield components and morphophysiological traits of bread wheat genotypes in two years

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of square)				
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Number of spikes per m^2	پایداری غشاء سلولی Cell membrane Stability	عملکرد سنبله Spike yield	طول سنبله Spike length
سال Year	1	51878.85**	47426.61**	0.315**	118.73**	172.323**
آبیاری Irrigation	1	68515.39**	123870.72**	0.303**	316.97**	25.807^{ns}
سال×آبیاری Irrigation×Year	1	27439.88**	17541.45**	0.060**	2.244^{ns}	31.447^{ns}
بلوک (سال×آبیاری) Block (Year×Irrigation)	8	58.79	43.56	0.0012	0.757	6.058
ژنوتیپ Genotype	24	81.09**	35942.01**	0.138**	9.774**	7.156**
ژنوتیپ×آبیاری Genotype×Irrigation	24	126.285**	8286.43**	0.007**	2.096**	12.145**
ژنوتیپ×سال Genotype×Year	24	37.87**	814.27**	0.002^{ns}	0.412^{ns}	0.068**
ژنوتیپ×سال×آبیاری Genotype×Irrigation×Year	24	39.43**	821.029**	0.002^{ns}	0.498^{ns}	0.094**
خطای b Error b	192	15.50	19.10	0.0015	0.367	0.0039
ضریب تغییرات C.V. %		7.28	1.54	7.30	10.43	0.67

ادامه جدول۲-

Table 2- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of square)			
		عملکرد کاه و کلش Straw yield	طول برگ پرچم Flag leaf length	دمای سطح برگ Leaf surface temperature	دمای کانوپی Canopy temperature
سال Year	1	7459840.83**	5923.49**	355.449**	734.48**
آبیاری Irrigation	1	1470140**	3358.71**	149.234**	1105.036**
سال×آبیاری Irrigation×Year	1	142092.80^{ns}	990.44**	73.557**	3.389**
بلوک (سال×آبیاری) Block (Year×Irrigation)	8	110858.22	23.741	5.493	0.116
ژنوتیپ Genotype	24	1304701.22**	81.899**	211.188**	217.97**
ژنوتیپ×آبیاری Genotype×Irrigation	24	456927.82**	7.571**	30.90**	15.676**
ژنوتیپ×سال Genotype×Year	24	463609.32**	9.133**	42.319**	15.799**
ژنوتیپ×سال×آبیاری Genotype×Irrigation×Year	24	728732.62**	7.986**	39.33**	10.576**
خطای b Error b	192	56473.64	2.844	3.204	0.114
ضریب تغییرات C.V. %		8.86	9.26	6.37	1.31

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

*,**,^{ns}:Significant at 5&1% level of probability & Non significant, respectively.

ادامه جدول ۲-
Table 2- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of square) محتوای کلروفیل Chlorophyll content	محتوای آب نسبی Relative water content	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per Spike	عملکرد دانه Grain yield
سال Year	1	669.580**	1511.78**	2874.63**	803.60*	474495.17**
آبیاری Irrigation	1	442.357**	1960.91**	1261.447**	3529.47**	1284587.20**
سال×آبیاری Irrigation×Year	1	2.902^{ns}	301.501**	127.622**	574.08*	53040.40^{ns}
بلوک (سال×آبیاری) Block (Year×Irrigation)	8	5.140	6.372	3.585	73.55	25197.94
ژنوتیپ Genotype	24	74.443**	863.107**	354.897**	4031.04**	1112142.47**
ژنوتیپ×آبیاری Genotype×Irrigation	24	11.156**	129.270**	6.898**	982.50**	84552.52**
ژنوتیپ×سال Genotype×Year	24	11.263**	14.866**	38.558**	1295.17**	79458.01**
ژنوتیپ×سال×آبیاری Genotype×Irrigation×Year	24	6.623**	17.902**	5.735**	396.09^{ns}	126642.88**
خطای b Error b	192	2.248	0.457	1.712	445.90	1539.03
ضریب تغییرات C.V. %		3.14	1.51	4.01	14.53	3.16

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

*,**,^{ns}:Significant at 5&1% level of probability & Non significant, respectively.

جدول ۳- درصد تغییرات ناشی از اعمال آبیاری تکمیلی بر صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان نسبت به شرایط دیم

Table 3-Percentage of variation due to supplementary irrigation on studied traits in bread wheat genotypes (*Triticum aestivum*) relative to rainfed conditions

صفات Traits	میانگین صفات در شرایط دیم Mean traits in rainfed conditions	میانگین صفات در شرایط آبیاری تکمیلی Mean traits in Supplementary conditions	میزان تغییر صفات Traits change rates	درصد تغییر صفات Percent change traits
ارتفاع گیاه Plant height	38.91	49.14	10.23**	20.81
تعداد سنبله در متر مربع Number of spikes per m^2	262.90	303.54	40.64**	13.38
پایداری غشاء سلولی Cell membrane stability	0.505	0.569	0.064**	11.24
عملکرد سنبله Spike yield	4.77	6.83	2.06**	30.11
طول سنبله Spike length	9.122	9.709	0.587^{ns}	6.04
طول برگ پرچم Flag leaf length	14.86	21.56	6.7**	31.02
محتوای کلروفیل Chlorophyll content	46.43	48.86	2.43**	4.97

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

*,**,^{ns}:Significant at 5&1% level of probability & Non significant, respectively.

ادامه جدول ۳-
Table 3- Continued

صفات Traits	میانگین صفات در شرایط دیم Mean traits in Rainfed conditions	میانگین صفات در شرایط آبیاری تکمیلی Mean traits in supplementary conditions	میزان تغییر صفات Traits change rates	درصد تغییر صفات Percent change traits
دمای برگ Leaf temperature	28.79	27.38	1.41**	4.89
دمای کانوپی Canopy temperature	27.63	23.79	3.84**	13.89
محتوای آب نسبی RWC	42.05	47.16	5.11**	10.83
وزن هزار دانه TKW	30.57	34.67	4.1**	11.83
تعداد دانه در سنبله Number of Seeds per Spike	141.88	148.74	6.86**	4.61
عملکرد کاه و کلش Straw yield	2612.04	2752.05	140.01**	5.08
عملکرد دانه Grain yield	1175	1305	130.87**	10.02

**، *، ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار
*,**,ns:Significant at 5&1% level of probability & Non significant, respectively.

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 Treatment	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Number of spikes per m^2	پایداری غشاء سلولی Cell membrane stability	عملکرد سنبله Spike yield	طول سنبله Spike length	عملکرد کاه و کلش Straw yield
آبیاری تکمیلی Supplementary Irrigation	49.14a	303.54a	0.569a	6.83a	9.709a	2752.05a
دیم Rainfed	38.91b	262.90b	0.505b	4.77b	9.122b	2612.04b

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد نمی‌باشند.
Means followed by similar letter (s) in each column of each treatment are not significantly different at 1% level of probability.

ادامه جدول۴-
Table 4- Continued

تیمار Treatment	طول برگ پرچم Flag leaf length	محتوای کلروفیل Chlorophyll content	دمای برگ temperature Leaf	دمای کانوپی Canopy temperature	محتوای آب نسبی RWC	وزن هزار دانه TKW	تعداد دانه در سنبله Number of Seeds per Spike	عملکرد دانه Grain yield
آبیاری تکمیلی Supplementary Irrigation	21.56a	48.86a	27.38b	23.79b	47.16a	34.67a	148.74a	1706.08a
دیم Rainfed	14.86b	46.43b	28.79a	27.63a	42.05b	30.57b	141.88b	1574.56b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر عامل مشترک، دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد نمی‌باشند.
Means followed by similar letter (s) in each column of each treatment are not significantly different at 1% level of probability.

جدول ۵- ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات مختلف در ارقام گندم در شرایط دیم

Table 5- Simple phenotypic correlation coefficients among different traits of wheat genotypes in drought stress conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ارتفاع بوته (1.Plant Height)	1													
تعداد سنبله در متر مربع (2.Number of spikes/m^2	0.11^{ns}	1												
پایداری غشاء سلولی (3.Membrane Stability Index)	0.36^{ns}	0.40^{*}	1											
عملکرد سنبله (4.Spike Yield)	0.10^{ns}	0.003^{ns}	0.24^{ns}	1										
طول سنبله (5.Spike length)	-0.07^{n}	0.14^{ns}	-0.02^{n}	0.31^{ns}	1									
طول برگ پرچم (6.Flag leaf length)	0.24^{ns}	0.57^{**}	0.61^{**}	0.38^{ns}	0.22^{ns}	1								
عملکرد کاه و کلش (7.Straw yield)	0.21^{ns}	0.28^{ns}	0.51^{**}	-0.005^{ns}	-0.13^{ns}	0.48^{**}	1							
محتوای کلروفیل (8.Chlorophyll Content)	-0.13^{n}	0.44^{*}	0.42^{*}	-0.06^{ns}	0.005^{ns}	0.42^{*}	0.14^{ns}	1						
دمای سطح برگ (9.Leaf temperature)	-0.21^{n}	-0.46^{*}	-0.65^{*}	-0.25^{ns}	-0.14^{ns}	-0.72^{**}	-0.49^{*}	-0.61^{**}	1					
دمای کانوپی (10.Canopy Temperature)	0.02^{ns}	-0.38^{ns}	-0.40^{*}	-0.21^{ns}	-0.10^{ns}	-0.35^{ns}	-0.35^{ns}	-0.25^{ns}	0.45^{*}	1				
محتوای نسبی آب (11.Relative Water Content)	0.38^{ns}	0.61^{**}	0.46^{*}	0.26^{ns}	-0.06^{ns}	0.74^{**}	0.57^{**}	0.23^{ns}	-0.65^{**}	-0.47^{*}	1			
وزن هزار دانه (12.1000 Kernel Weight)	0.08^{ns}	0.49^{*}	0.55^{**}	0.21^{ns}	0.15^{ns}	0.66^{**}	0.49^{**}	0.41^{*}	-0.91^{**}	-0.54^{**}	0.71^{**}	1		
تعداد دانه در سنبله (13.Number of Seeds/ Spike)	0.22^{ns}	-0.01^{ns}	-0.17^{n}	0.08^{ns}	0.02^{ns}	-0.20^{ns}	-0.51^{**}	-0.08^{ns}	0.40^{*}	0.12^{ns}	-0.24^{ns}	-0.51^{**}	1	
عملکرد دانه (14.Grain Yield)	0.34^{ns}	0.52^{**}	0.71^{**}	0.30^{ns}	-0.009^{ns}	0.71^{**}	0.78^{**}	0.39^{*}	-0.67^{**}	-0.41^{*}	0.69^{**}	0.60^{**}	-0.25^{n}	1

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

**,*,^{ns}:Significant at 1 & 5% level of probability & Non significant, respectively.

جدول۶- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در شرایط دیم

Table 6- Stepwise regression steps for grain yield in rainfed conditions

صفات اضافه شده به مدل (Traits added to the model)	1	2
عدد ثابت (constant number)	-375.762	-833.594
عملکردکاه و کلش (Straw yield)	0.594	0.432
طول برگ پرچم (Flag leaf length)	-	59.154
ضریب تبیین (Adjusted R square)	0.596	0.741

جدول ۷- تجزیه علیت (تحلیل مسیر) عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم

Table 7-Causality analysis (path analysis) grain yield of bread genotypes under rainfed conditions

صفات Traits	اثر مستقیم Direct Effect	اثرات غیر مستقیم Indirect Effects		جمع (همبستگی Correlation)
		1	2	
عملکردکاه و کلش 1. Straw yield	0.570	-	0.213	0.783
طول برگ پرچم 2. Flag leaf length	0.441	0.275	-	0.716

جدول۸- ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات مختلف در ارقام گندم در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 8- Simple phenotypic correlation coefficients among different traits of wheat genotypes in supplementary irrigation conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1
ارتفاع بوته (1.Plant Height)	1													
تعداد سنبله در متر مربع (2.Number of spikes/m^2	0.28^{ns}	1												
پایداری غشاء سلولی (3.Membrane Stability Index)	0.45^{*}	0.47^{*}	1											
عملکرد سنبله (4.Spike Yield)	0.26^{ns}	0.51^{**}	0.34^{ns}	1										
طول سنبله (5.Spike length)	0.10^{ns}	0.26^{ns}	0.44^{*}	0.21^{ns}	1									
طول برگ پرچم (6.Flag leaf length)	0.10^{ns}	0.49^{*}	0.45^{*}	0.40^{*}	0.29^{ns}	1								
عملکرد کاه و کلش (7.Straw yield)	0.24^{ns}	0.19^{ns}	0.65^{**}	0.36^{ns}	0.22^{ns}	0.30^{ns}	1							
محتوای کلروفیل (8.Chlorophyll Content)	0.17^{ns}	0.25^{ns}	0.41^{*}	0.35^{ns}	0.19^{ns}	0.20^{ns}	0.31^{ns}	1						
دمای سطح برگ (9.Leaf temperature)	-0.10^{ns}	-0.25^{ns}	-0.60^{**}	-0.21^{ns}	-0.13^{ns}	-0.53^{**}	-0.43^{**}	-0.54^{**}	1					
دمای کانوپی (10.Canopy Temperature)	-0.16^{ns}	-0.43^{*}	-0.33^{ns}	-0.40^{*}	-0.39^{ns}	-0.50^{*}	-0.20^{ns}	-0.53^{**}	0.35^{ns}	1				
محتوای نسبی آب 11.Relative Water Content)	0.17^{ns}	0.40^{*}	0.67^{**}	0.26^{ns}	0.35^{ns}	0.51^{**}	0.61^{**}	0.44^{*}	-0.64^{**}	-0.35^{ns}	1			
وزن هزار دانه (12.1000 Kernel Weight)	0.17^{ns}	0.32^{ns}	0.59^{**}	0.26^{ns}	0.46^{*}	0.73^{**}	0.27^{ns}	0.55^{**}	$-.067^{**}$	-0.67^{**}	0.56^{**}	1		
تعداد دانه در سنبله 13.Number of Seeds/Spike)	-0.24^{ns}	0.09^{ns}	-0.07^{ns}	0.16^{ns}	-0.09^{ns}	-0.20^{ns}	0.16^{ns}	0.10^{ns}	0.13^{ns}	0.12^{ns}	0.20^{ns}	-0.26^{ns}	1	
عملکرد دانه (14.Grain Yield)	0.18^{ns}	0.34^{ns}	0.70^{**}	0.54^{**}	0.40^{*}	0.56^{**}	0.86^{**}	0.43^{*}	-0.62^{**}	-0.40^{*}	0.76^{**}	0.52^{**}	0.14^{ns}	

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

**,*,^{ns}:Significant at 1 & 5% level of probability & Non significant, respectively.

جدول ۹- مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 9- Stepwise regression steps for grain yield under supplementary irrigation conditions

صفات اضافه شده به مدل Traits added to the model	1	2	3	4
عدد ثابت(Constant number)	-714.549	-1216.574	-1129.517	-1236.823
عملکرد کاه و کلش(Straw yield)	0.775	0.685	0.570	0.513
طول برگ پرچم(Flag leaf length)	-	34.130	24.644	17.425
محتوای آب نسبی(Relative water content)	-	-	8.852	9.653
عملکرد سنبله(Spike yield)	-	-	-	54.611
ضریب تبیین(Adjusted R square)	0.745	0.841	0.872	0.899

جدول ۱۰- تجزیه علیت (تحلیل مسیر) عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط آبیاری تکمیلی

Table 10- Causality analysis (path analysis) grain yield of bread genotypes under supplementary irrigation conditions

صفات Traits	**اثر مستقیم** Direct Effect	**اثرات غیر مستقیم** Indirect Effects				**جمع (همبستگی)** Correlation
		1	2	3	4	
عملکرد کاه و کلش (1. Straw yield)	0.576	-	0.171	0.071	0.051	0.869
محتوای آب نسبی (2.Relative water content)	0.280	0.352	-	0.051	0.086	0.769
عملکرد سنبله (3.Spike yield)	0.193	0.211	0.074	-	0.067	0.546
طول برگ پرچم (4.Flag leaf length)	0.168	0.176	0.143	0.077	-	0.564

منابع مورد استفاده References

- Afkhami-Ghadi, A., N. Babaeian, H. Pirdashti, N. Bagheri, E. Hasan-Nataj, and R. Khademian. 2011. Effect of source and sink limitation on grain yield and yield components of three rice genotypes under level of nitrogen fertilizr. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 13(3): 495-509. (In Persian).
- Afyooni, D., E. Allahdadi, G.A. Akbari, and G. Najafian. 2014. Evaluation of tolerance of bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes to terminal drought stress based on agronomic traits. *Journal of Agroecology*. 5(1): 1-17. (In Persian).
- Ahmadi, 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. (In persian).
- Ahmadi, M.R., and F. Javidfar. 2001. Assesment methods and improvement of drought resistance in crop species of Brassica. Publications of Nashre Amoozesh Keshavarzi. (In Persian).
- Alam, M.S., A.H.M. Rahman, M.N. Nesa, S.K. Khan, and N.A. Siddquie. 2008. Effect of source and sink restriction on the grain yield in wheat (*Triticum aestivum*). *European Journal Applied Science Research*. 4(3): 258-261.
- Alimohammadi, M., and S.A.M. Mirmohammadi-meybodi. 2011. Factor analysis of agron omic and physiological traits of ten wheat bread cultivars in two irrigation regimes. *Journal of Plant Production Research*. 18(2): 61-76. (In Persian).
- Amini, A., M. Esmailzade-Moghadam, and M. Vahabzadeh. 2005.Genetic diversity based on agronomic performance among Iranian wheat landraces under moistur stress. The 7th International Wheat Conference. Mardel Plata-Argentina.
- Amraei, B., M.R. Ardakani, M. Rafiei, F. Paknejad, and F. Rejali. 2014. Study on correlation on path analysis for seed yield and its dependent traits in different wheat genotypes by biological fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology*. 6(1): 1-10. (In Persian).
- Amri, M., H. Kazemi-arbat, and M. Roustaii. 2011. Evaluation yield and components yield in bread wheat genotypes. *Journal of New Agricultural Sciences*.7(3): 1- 8. (In Persian).
- Anet, Z., M. Esmailzadeh Moghaddam, A. Kashani, and F. Moradi. 2013. Trend of changes in grain yield and some physiological traits in spring bread wheat cultivars released between 1951-2008 in Iran. *Seed and Plant Production Journal*. 29(4): 461-483.
- Arvin, P., J. Vafa-bakhsh, and D. Mazaheri. 2018. Study of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and drought on physiological traits and ultimate yield of cultivars of oilseed rape (*Brassica spp*). *Journal of Agroecology*. 9(4): 1208-1226.
- Ayeneh, A., M.V. Ginkel, M.P. Reynolds, and K. Ammar. 2002. Comparison of leaf, spike peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crop Research*. 79: 173-184. (In Persian).

- Azimi, M., M. Khodarahmi, and M.R. Jalalkamali. 2013. Evaluation of grain yield and some important traits in spring wheat genotypes under drought stress and non stress conditions. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(1): 175-193. (In Persian).
- Babaie-Zarch, M.J., M.H. Fotokian, and S. Mahmoodi. 2013. Evaluation of genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for morphological traits using multivarite analysis methods. *Journal of Crop Breeding*. 29(4): 461-483.
- Baghban-Khalilabad, S., H.R. Khazaee, and M. Kafi. 2019. The Effects of limited irrigation on yield, yield components and physiological characteristics of different wheat cultivars. *Applied Research in Field Crops*. 32 (1): 1-12.
- Blota, M., W.A. Payne, S.R. Evett, and M.D. Lazer. 2007. Canopy temperature depressi on sampling to assess grain yield and genotypic differentiation in winter wheat. *Crop Science*. 47: 1518-1529.
- 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.
- Emam,Y., and M. Niknejad. 2004. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press. Shiraz, Iran. 571 p. (In Persian).
- 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.
- Farshadfar, E., F. Moradi, and R. Mohammadi. 2013. Evaluation of bread wheat genotypes for drought tolerance using agro-physiological traits. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*. 2(1): 63-84. (In Persian).
- Gharib-eshghi, A., R. Adelzadeh, M.R. Shiri, and 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).
- Ghodsi, M., M. Chaichi, M.R. Jalal-kamali, and D. Mazaheri. 2004. Determine susceptibly of wheat growth stage to drought stress on grain yield and yield compounded. *Seed and Plant Journal*. 20(4): 25-34. (In Persian).
- Golparvar, A.R., M.R. Ghanadha, A.A. Zali, A. Ahmadi, and E.M. Harvan. 2006. Factor analysis of morphological and morpho-physiological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought and non-drought stress conditions. *Pajouhesh and Sazandegi*. 72: 52-59. (In Persian).
- Gooding, M., R. Ellis, P. Shewry, and J. Schofield. 2003. Effect of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*. 37: 295-309.
- Guendouz, A., S. Gussoum, K. Maamari, and M. Hafsi. 2012. Effect of supplementary on grain yield, yield components and some morphological traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar. *Advances in Environmental Biology*. 6: 564-572.

- Hashemi, M., and S. Mohammady. 2014 . Evaluation of grain yield and yield components in some imported faba bean genotypes (*Vicia faba* L.). *Journal of Crop Breeding*. 8(18): 97-103.
- Houshmandi, B. 2016. Evaluation of some morphogysiological indices and yield of wheat cultivars. *Journal of Plant Protection Physiology*. 7(23): 121-134. (In Persian).
- Karami, E., M.R. Ghannadha, M.R. Naghavi and M. Mardi. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 36: 547-560. (In Persian).
- Khodadadi, M., H. Dehghani, and M.H. Fotokian. 2011. Study of heritability, path and factor analysis in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Journal of Agronomy Sciences*. 2(4) :67-78.
- Leilah, A., and S. Alkhateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal Arid Envirenments*. 61: 483-496.
- Liang, Y., Q. LiuChen, W. Zhang, and R. Ding. 2003. Exogenous silicone increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid per oxidation in roots or salt-stressed barley. *Journal of Plant Physiology*. 534(99): 872-878.
- Mirzakhani, M. 2016. Effect of zeolite application on yield and physiological characteristics of wheat (CV. Roshan BC) in drought stress condition. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*. 9(1) :37-50. (In Persian).
- Mohammadi, S. 2014. Evolution of grain yield and its components relationships in bread wheat genotypes under full irrigation and terminal water stress conditions using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(1): 99-109. (In Persian).
- Mohseni, M., S.M.M. Mortazavian, H.A. Ramshiri, and B. Foghi. 2016. Evaluation of bread wheat genotypes under normal and post-anthesis drought stress conditions for agro nomic traits. *Journal of Crop Science*. 8(18): 16-29. (In Persian).
- Monlar, S., L. Gasper, L. Stehi, E. Dulai, I. Sarvari, G. Galiba, and M. Molnarlong. 2002. The effects of drought stress on the photosynthetic processes of wheat and aegilops binucialis genotypes from various habitates. *Acta Biologica Szegediensis*. 46: 115-116.
- Morgounova, A., V. Zykinb, I. Belanb, L. Zelenskiyc, H. Budakd, and F. Bekese. 2010. Genetic gains for grain yield in high latitude spring wheat grown in Western. *Field Crops Research*. 117: 101-112.
- Morinaka, Y., T. Sakamoto, Y. Inukai, M. Agetsuma, H. Kitano, M. Ashikari, and M. Matsuoka. 2006. Morphological alteration caused by brassinosteroid insensitivity incre ases the bio-mass and grain production of rice. *Plant Physiology*. 141: 924-931.
- Nofouzi, F., V. Rashidi, and A.R. Tarinejad. 2008. Path analysis of grain yield with its components in durum wheat under drought stress. International Meeting on Soil Fertiliy. Land Management and Agroclimatology. Turkey. pp: 681-686.

- Nouri-Rad, M.R., M. Abdulkadir, M.Y. Rafii, H.Z.E. Jaffa, and M. Danaee. 2013. Gene action for physiological parameters and use of relative water content for selection of tolerant and high yield genotyped in F_2 population of wheat. *Australian Journal of Crop Science*. 7(3): 400-413.
- Nourmand-moaied, F., M.R. Rostami, M.R. Ghannadha. 2001. A study of morphophysi-ological traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) relationship with grain yield under normal and drought stress conditions. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 32(4): 785-794. (In Persian).
- Patel, N.R., A. Mehta, and A.M. Shekh. 2001. Canopy temperature and water stress quantification in rainfed pigeonpea (*Cajanus cajaul*). *Agricultural and Forest Meteorology*. 109: 223-232.
- Rahemi, A., S. Galeshi, and A. Soltani. 2014. Evaluation of wheat yield changes and related traits using multivariate analysis. *Electronic Journal of Crop Production*. 6(2): 17-33. (In Persian).
- Rahim, M.A., A. Mia, F. Mahmud, and K. Afrin. 2010. Genetic variability,character association and genetic divergence in mungbean (*Vigna radiate* L.). *Plant Omics Journal*. 3(1) :1-6.
- Rashidi, S.H., A.H. Shirani, A. Ayene-Band, F. Javidfar, and Sh. Lak. 2012. Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parameters in canola (*Brassica napus* L.) genotypes. *Annals of Biological Research.* 3(1): 564-569.
- 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 wheat cultivars under post-anthesis stress conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*. 2(27) :1-19. (In Persian).
- Sairam, R.K., P.S. Deshmukh, 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.
- Sharifa, S., and A. Muriefah. 2015. Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of soybeen (*Glycin max* L.) plants grown under water stress conditions. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2: 81-93.
- Siddique, A., A. Hamid, and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Academy Science*. 41: 35-39.
- Smith, R., H.D. Barrs, and J. Steiner. 1986. Alternative models for predicting the foliage air temperature difference of well irrigaterd wheat under variable meteorological conditions. *Irrigation Science*.7: 225-236.
- Tahmasebi, S., M. Khodambashi, and A. Rezaei. 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. (In Persian).

- Takeda, S., and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: Responding to environmental and population changes. *Nature Reviews Genetics*. 9(6): 444-457.
- 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).
- Tarighaleslami, M., M. Kafi, A. Nezami, and R. Zarghami. 2017. Examining Interactions of chilling and draught stresses on chlorophyll (SPAD), RWC, electrolyte leakage and seed performance in three hybrid varieties of maize. *Journal of Crop Breeding.* 9(23): 146-156.
- Yadav, R.S., and C. Bhushan. 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2: 104-107.
- Yang, Y., Q. Lin, C. Han, Y.Z. Qiao, X.Q. Yao, and H.J. Yin. 2007. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. *Photosyntetica Journal*. 45(4): 613-619.
- Yazdi-Samadi, B., S. Abedishani, and V. Mohammadi. 2010. Crop breeding. 1th Academic Publishing Center. Tehran, Iran, 408 pp. (In Persian).
- Zaharieva, A.M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo, and P. Monneveux. 2001. Drought and heat responses in wild wheat relative *Aegilops geniculata*. *Crop Science Journal*. 41: 1321-1329.

Assesment of Relationships between Seed Yield and Some Morphophysiological Traits of Bread Wheat Genotypes under Rainfed and Supplementary Irrigation Conditions

Saman Motazedi[1], Saeed Seifzadeh[2]*, Reza HagParast[3], HamidReza Zakerin[2], Hamid Jabbari[4], and Jahanfar Daneshian[4]

Received: May 2018 , Revised: 3 January 2019, Accepted: 24 January 2019

Abstract

Relationship, between seed yield and it morphological characteristics and their relative importance in 25 bread wheat genotypes under both rain-fed and supplementary irrigation conditions studied using a randomized complete block design with three replications were evaluated during growing seasons of 2014 and 2016 at the Kermanshah's Sararud Rainfed Agricultural Research Station. Analysis of variance showed that all traits under study, except spike length, exhibited significant differences in rainfed and supplementary irrigation condition. In supplementary irrigation conditions, these traits showed higher values as compared to those of rainfed condition. The application of supplementary irrigation resulted in reduced leaf and canopy temperatures. The coefficients of simple correlation between the traits, for both of the rain-fed and supplementary irrigation systems, indicated that cell membrane stability, flag leaf length, straw yield, relative water content, 1000 seed weight, chlorophyll content, leaf and canopy temperatures were maximally correlated with the seed yield. Traits like straw yield and flag leaf length were inserted into the regression model of rainfed irrigation condition and traits such as the straw yield, flag leaf length, relative water content and spike yield were also inserted into the regression model of supplementary irrigation condition the results demonstrated that the former traits accounted for 0.741 of the seed yield variations and the latter traits explained 0.899 of the seed yield variation. Path coefficient analysis showed highest positive direct effect on seed yield in rain-fed condition, and straw yield and flag leaf length, relative water content, flag leaf length and spike yield in supplementary irrigation condition. Based on the results of this study, straw yield was found to be the most important indicator to select for higher yielding varieties of wheat under both rainfed and supplementar irrigation conditions.

Key words: Correlation analysis, Flag leaf length, Morpho-physiological traits, Path analysis, Straw yield.

1- Ph.D. Student, Department of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
2- Faculty Member, Department of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
3- Dryland Research Institute, Agricultural and Natural Resources and Education Center, Kermanshah, Iran.
4- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural and Natural Resources and Education Center, Karaj, Iran.
**Corresponding Author: saeedsayfzadeh@yahoo.com*