



تعیین مناسب‌ترین صفات اثر گذار بر عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط مطلوب و خشکی در منطقه داراب استان فارس

وحید براتی^۱، احسان بیژن زاده^۲، روح اله نادری^۲

دریافت: ۹۶/۳/۸ پذیرش: ۹۶/۱۲/۵

چکیده

تنش خشکی مهمترین عامل محدود کننده‌ی عملکرد دانه‌ی گندم بیژنه در مناطق جنوبی ایران است. به منظور شناسایی مناسب‌ترین صفات زراعی موثر بر عملکرد دانه‌ی ۱۶ ژنوتیپ امیدبخش گندم نان در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، آزمایشی در سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در منطقه‌ی داراب استان فارس به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش خشکی پس از مرحله‌ی گلدهی تا انتهای فصل رشد اعمال شد. در انتهای فصل رشد، صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلک در سنبله، تعداد گلچه در سنبلک، تعداد پنجه در واحد سطح و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شدند. چهار روش آماری شامل: همبستگی ساده، رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون گام به گام و تجزیه‌ی مسیر جهت بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات مذکور در هر دو شرایط رطوبتی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۸۴۱۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیست‌توده (۲۰۸۴۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مطلوب مربوط به ژنوتیپ ۲ (Bow"s"/Cm 34798/3/snb...) بود. اما، کمترین درصد کاهش عملکرد دانه (۲۴/۹ درصد) و عملکرد زیست توده (۲۱/۶ درصد) بواسطه‌ی تنش خشکی به ترتیب در ژنوتیپ‌های شماره ۱ (شاهد: چمران) و ۱۶ (Chen/E\Aegilops Squarrosa (Taus)//Bcn/3/Vee#7...) بدست آمد. در میان صفات مورد مطالعه، عملکرد زیست توده (با میانگین ۱۸۳۰۴ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (با میانگین ۴۲/۴ درصد) موثرترین صفات اثرگذار بر روی عملکرد دانه (با میانگین ۷۶۱۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مطلوب رطوبتی بودند. در مقابل، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (با میانگین ۱۴۶ روز)، شاخص برداشت (با میانگین ۴۰/۴ درصد) و عملکرد زیست توده (با میانگین ۱۲۸۲۴ کیلوگرم در هکتار) به عنوان مهمترین صفات اثرگذار بر عملکرد دانه (با میانگین ۴۶۷۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تنش خشکی مطرح شدند. با توجه به اکثر روش‌های آماری، نقش عملکرد زیست توده در عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی کمتر از شرایط مطلوب بود. همچنین، در شرایط تنش خشکی افزایش عملکرد دانه را می‌توان به شاخص برداشت بیشتر نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مسیر، رگرسیون خطی چند گانه، رگرسیون گام به گام، همبستگی ساده.

براتی، و.، ا. بیژن زاده، و ر. نادری. ۱۳۹۸. تعیین مناسب‌ترین صفات اثر گذار بر عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط مطلوب و خشکی در منطقه داراب استان فارس. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۹: ۱۵۲-۱۳۸.

۱- استادیار بخش آگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران- مسئول مکاتبات. vahid.barati.s@gmail.com

۲- دانشیار بخش آگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

صفات زیادی در طول دوره‌ی رشد و نمو گندم عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. استفاده از رگرسیون و همبستگی بین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد معیار انتخابی موثری را برای توسعه عملکرد گندم فراهم می‌آورد (باتو و همکاران، ۲۰۱۶؛ بانو و همکاران، ۲۰۱۷). برخی از پژوهشگران معتقدند که اگر صفات مرتبط با عملکرد به‌عنوان معیار انتخاب در نظر گرفته شوند، انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالاتر و سازش یافته‌تر به شرایط محدودیت آب، موثرتر است (لودلو و موجو، ۱۹۹۰).

از جمله صفات موثر بر عملکرد دانه، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت است (امام، ۱۳۹۰). آستین و همکاران (۱۹۸۰) اظهار کردند که به فرض ثابت بودن عملکرد زیست توده، ممکن است که شاخص برداشت از حدود ۵۰ درصد به ۶۲ درصد افزایش یابد. البته، برخی از پژوهشگران (هی و والکر، ۱۹۸۹) در این مورد که آیا چنین تغییر کلی امکان پذیر است، تردید دارند. همچنین، رینولدز و همکاران (۲۰۰۹) نیز تایید کردند که از اواسط دهه‌ی ۱۹۸۰ هیچ گونه افزایش سیستماتیک در شاخص برداشت نسبت به مقدار قبلی (۵۰ درصد) رخ نداده است. بنابراین، افزایش مجموع ماده‌ی خشک تولیدی، ضمن نگهداری شاخص برداشت زیاد کنونی، محتمل‌ترین روش افزایش بیشتر عملکرد است. اما، در کشور ما که شاخص برداشت پایین است و هنوز به ۵۰ درصد هم نرسیده است (دستفال و همکاران، ۱۳۹۰)، به نظر می‌رسد که انتخاب براساس شاخص برداشت در کنار عملکرد زیست توده یک راهکار مناسب برای افزایش عملکرد گندم در آینده است. محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز با بررسی ۸۱ ژنوتیپ گندم، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت را مهمترین صفات موثر بر عملکرد دانه معرفی کردند.

بعلاوه، عملکرد دانه در غلات به طور مشخص تابعی از تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه است (امام، ۱۳۹۰). همچنین، محققین بسیاری از جمله محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که صفات تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشتند. بطور کلی بین اجزاء عملکرد نوعی اثر متقابل جبرانی وجود دارد. بطوری‌که، در شرایطی که تعداد دانه در سنبله افزایش می‌یابد، وزن هزار دانه کاسته می‌شود (هی و والکر، ۱۹۸۹). این امر باعث شده است که بین اجزای عملکرد همبستگی منفی مشاهده شود (سینو، ۲۰۰۲).

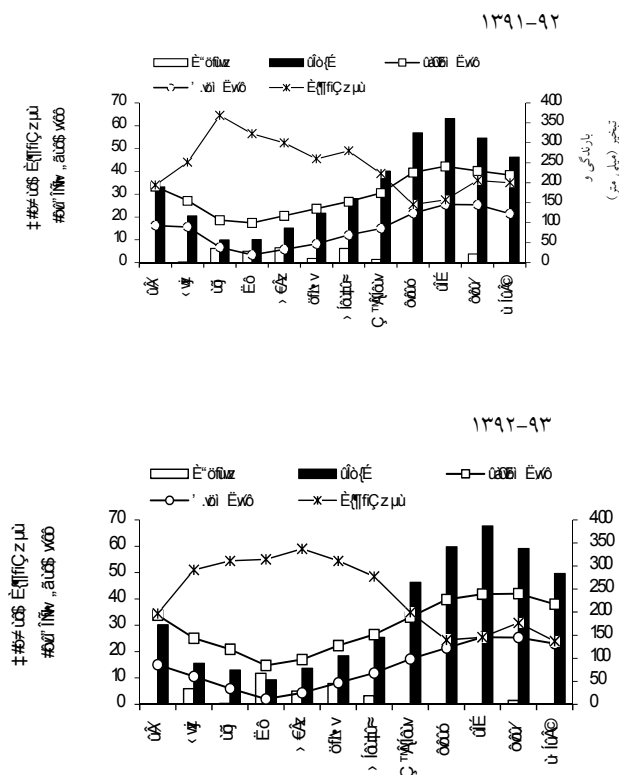
سازگاری فنولوژیک گیاهان زراعی برای دسترسی به آب یک راه مطمئن برای افزایش عملکرد در مناطقی است که آب به‌عنوان یک عامل محدود کننده مطرح است (ترنر، ۱۹۹۷). صفت زودرسی به

شرط اینکه باعث کاهش عملکرد نشود، یک صفت مطلوب در مناطق مستعد تنش است (سینو، ۲۰۰۲). گزنالس و همکاران (۲۰۰۷) پس از بررسی ۱۲ ژنوتیپ جو در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی، بیان کردند که عملکرد دانه و صفت زودرسی در هر دو شرایط همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. اما، در شرایط تنش همبستگی قوی‌تر بود.

به احتمال زیاد، همبستگی ساده‌ی عملکرد دانه و عوامل موثر بر آن، تصویر روشنی از اهمیت هر عامل در تعیین عملکرد را فراهم نمی‌کند (گارسیا دل مورال و همکاران، ۱۹۹۱). از این رو، روش‌های آماری متفاوتی از جمله رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون گام به گام، تجزیه‌ی علیت برای مدل سازی عملکرد گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با وجود پژوهش‌های زیاد در بررسی ژنوتیپ‌های امید بخش در مناطق جنوبی ایران، پژوهشی که به بررسی ارتباط صفات مختلف با عملکرد دانه و میزان تاثیرگذاری آنها بر عملکرد دانه بپردازد، کمیاب بود. همچنین، علی‌رغم وجود تنوع ژنتیکی در صفات مختلف ژنوتیپ‌های امید بخش، بررسی جامعی که صفات دیگری را در کنار عملکرد دانه برای انتخاب در برنامه‌های اصلاحی با روش‌های مختلف آماری معرفی کند، در مناطق جنوبی کشور وجود نداشت. بنابراین، این پژوهش با هدف تعیین مناسب‌ترین صفات اثر گذار بر عملکرد دانه با روش‌های مختلف آماری در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی پس از گلدهی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز (طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۲۹ دقیقه و ارتفاع ۱۰۸۰ متر از سطح دریا) واقع در ۷ کیلومتری شهرستان داراب در استان فارس به مدت دو سال زراعی (۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲) انجام شد. منطقه‌ی داراب دارای آب و هوای نیمه خشک بوده و میانگین بارندگی سالیانه‌ی آن که اکثراً در پاییز و زمستان رخ می‌دهد، ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. داده‌های هواشناسی از ایستگاه تحقیقات هواشناسی داراب در نزدیکی محل آزمایش تهیه شدند (شکل ۱). بر اساس نمونه برداری تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک، بافت خاک محل آزمایش لومی (Fine loamy, carbonatic, hyperthermic, aridic hapleustepts) بود. سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش بر اساس نمونه برداری قبل از کاشت (آبان ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- مقدار بارندگی، تبخیر از تشتک، حداقل و حداکثر دما و مقدار رطوبت نسبی در دو سال آزمایش

جدول ۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در دو سال زراعی

سال	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن	اسیدیته	هدایت	نقطه‌ی	ظرفیت	چگالی
	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کل	آلی	(دسی زیمنس بر متر)	پژمردگی دائم	(%)	(%)	(گرم بر سانتی متر مکعب)
سال اول	۱۷۷	۷/۷	۰/۰۹	۰/۸۱	۸/۱	۰/۸۹	۱۲/۵	۲۳	۱/۴۷
سال دوم	۱۷۳	۸/۸	۰/۰۸	۰/۷۷	۷/۸	۰/۸۵	۱۲/۵	۲۳	۱/۴۵

بذر ژنوتیپ‌ها بر روی خطوط ۴ متری کشت شدند. تراکم کاشت ۲۵۰ بوته در متر مربع و کاشت به صورت دستی انجام شد. تاریخ کاشت ۱۵ و ۲۵ آذر ماه به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. برای جلوگیری از حرکت جانبی آب، اطراف هر کرت پشته‌هایی به عرض یک متر قرار داده شد. علاوه بر این، برای اطمینان بیشتر از عدم حرکت جانبی آب، فاصله‌ی بین کرت‌های مربوط به تیمارهای مختلف آبیاری سه متر در نظر گرفته شد. روابط بین عملکرد دانه با اجزاء عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله‌چهره در سنبله، تعداد گلچه در سنبله‌چهره و تعداد پنجه در واحد سطح)، ارتفاع بوته و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی با بکارگیری میانگین صفات در دو سال زراعی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، از روش-

آزمایش در هر دو سال به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. رژیم آبیاری و ژنوتیپ به ترتیب به عنوان عامل اصلی و عامل فرعی در نظر گرفته شد. رژیم آبیاری شامل دو سطح: ۱. آبیاری کامل ۲. قطع آبیاری پس از مرحله‌ی گلدهی (ZGS69) (زیداکس و همکاران، ۱۹۷۴) بود. ژنوتیپ‌های مورد استفاده شامل پانزده لاین امیدبخش بعلاوه‌ی رقم شاهد منطقه (چمران) بود (جدول ۲). تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش خشکی تا مرحله‌ی گلدهی به طور همزمان آبیاری شدند. از این مرحله به بعد آبیاری تیمار تنش قطع شد. اما، تیمارهای آبیاری مطلوب تا مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک (ZGS90) (زیداکس و همکاران، ۱۹۷۴) آبیاری شدند.

های آماری همبستگی ساده، رگرسیون خطی چند گانه، رگرسیون گام به گام و تجزیه‌ی مسیر استفاده شد. نرم افزارهای Minitab و SPSS برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۲- شجره ژنوتیپ‌های گندم مورد استفاده در دو سال آزمایش

شجره	شماره ژنوتیپ
Chamran (Local Check)	۱
Bow"s"/Cm 34798/3/snb...	۲
ATTILA50Y//ATTILA/BCN	۳
F60314.76/MRL//CNO79/3/KA/NAC/4/STAR	۴
STAR*3/LOTUS_5	۵
ATTILA*2/STAR	۶
PASTOR/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ	۷
INIA/90ZHONG87	۸
Shuha-7/4/Van"S"/3/Cndr"S"/Ana//Cndr"S"Mus"S"	۹
Petheer.2123/Bolani	۱۰
CROC-1/AE.SQUARROSA(205)//KAUZ/3/SASIA	۱۱
Snb"s"/Emu"s"/Tjb84-1543/3/Azadi	۱۲
1-66-54//Avd/Coc/3/Mgn1/4/Tjn	۱۳
Chenab/2/Attila/Bcn	۱۴
KARAWAN 1/5/GII/TI/3/KVZ//KAL/BB/4/KAL/3/CNO/CHR//ON	۱۵
Chen/E\Aegilops Squarrosa (Taus)//Bcn/3/Vee#7...	۱۶

نتایج و بحث

آمار توصیفی و همبستگی ساده در صفات زراعی

جدول ۳ میانگین دو ساله عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط آبیاری مطلوب و درصد کاهش آنها در اثر تنش خشکی را نشان می‌دهد. بیشترین عملکرد دانه (۸۴۱۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیست‌توده (۲۰۸۴۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ ۲ بود. اما، کمترین درصد کاهش عملکرد دانه (۲۴/۹ درصد) و عملکرد زیست‌توده (۲۱/۶ درصد) بواسطه‌ی تنش خشکی به ترتیب در ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۱۶ بدست آمد (جدول ۳). حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف استاندارد صفات در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در جدول ۴ آورده شده‌است. عملکرد دانه در شرایط مطلوب رطوبتی با تمامی صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه و تعداد پنجه در متر مربع همبستگی

مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). بیشترین همبستگی عملکرد دانه در این شرایط با عملکرد زیست‌توده ($r = 0.786^{**}$) و سپس با تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ($r = 0.731^{**}$) بود. در صورتی که، بیشترین همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ($r = -0.809^{**}$) و بعد از آن با وزن هزار دانه ($r = 0.774^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵).

وزن هزار دانه همبستگی ضعیف منفی ($r = -0.032$) با عملکرد دانه در شرایط مطلوب رطوبتی داشت. اما، در شرایط تنش خشکی، برعکس شرایط مطلوب بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.774^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵). بنابراین، بر اساس این نتایج و همچنین برخی مطالعات دیگر (ولتاس و همکاران، ۱۹۹۹) پاسخ متفاوت عملکرد دانه‌ی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش ممکن است به دلیل تفاوت در وزن دانه‌های آنها باشد.

جدول ۳- عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط آبیاری مطلوب و درصد کاهش آنها در اثر تنش خشکی

شماره ژنوتیپ	شجره	آبیاری مطلوب		درصد کاهش بر اثر تنش	
		عملکرد دانه	عملکرد زیست توده	عملکرد دانه	عملکرد زیست توده
۱	Chamran (Local Check)	۷۱۸۵	۱۷۴۲۹	۳۲/۶	۳۰/۰
۲	Bow"s"/Cm 34798/3/snb...	۸۴۱۸	۲۰۸۴۶	۴۵/۸	۳۶/۵
۳	ATTILA50Y//ATTILA/BCN	۷۲۷۷	۱۸۲۵۵	۴۱/۶	۲۹/۳
۴	F60314.76/MRL//CNO79/3/KA/NAC/4/STAR	۷۲۵۴	۱۷۰۲۷	۲۹/۸	۲۵/۳
۵	STAR*3/LOTUS_5	۷۵۸۸	۱۸۹۸۳	۴۴/۰	۳۲/۶
۶	ATTILA*2/STAR	۷۸۵۸	۱۶۷۳۸	۴۰/۶	۲۱/۹
۷	PASTOR/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ	۷۷۶۲	۱۹۱۸۴	۳۷/۶	۲۹/۰
۸	INIA/90ZHONG87	۷۰۵۲	۱۶۶۹۰	۳۲/۵	۲۶/۵
۹	Shuha-7/4/Van"S"/3/Cndr"S"/Ana//Cndr"S"Mus"S"	۸۰۱۲	۱۹۲۵۱	۴۳/۴	۴۰/۶
۱۰	Petheenr.2123/Bolani	۸۰۳۳	۱۹۹۳۲	۴۵/۴	۳۵/۳
۱۱	CROC-1/AE.SQUARROSA(205)//KAUZ/3/SASIA	۷۲۲۸	۱۶۲۸۵	۳۶/۳	۳۰/۰
۱۲	Snb"s"/Emu"s"/Tjb84-1543/3/Azadi	۷۸۲۰	۱۹۹۰۵	۴۷/۷	۲۸/۲
۱۳	1-66-54//Avd/Coc/3/Mgn1/4/Tjn	۷۶۶۵	۱۸۳۷۳	۳۴/۲	۲۷/۰
۱۴	Chenab/2/Attila/Bcn	۷۷۳۳	۱۸۳۱۸	۳۹/۱	۳۲/۹
۱۵	KARAWAN 1/5/GII/TI/3/KVZ//KAL/BB/4/KAL/3/CNO/CHR//ON	۷۹۷۲	۱۸۴۴۸	۳۸/۷	۲۸/۷
۱۶	Chen/E\Aegilops Squarrosa (Taus)//Bcn/3/Vee#7...	۶۹۹۹	۱۷۲۰۰	۲۴/۹	۲۱/۶
LSD (0.05)		۷۵۱	۲۱۰۳		

جدول ۴- میانگین دو سال پارامترهای آماری در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی پس از گلدهی

انحراف استاندارد	میانگین	حداکثر	حداقل	شرایط	صفات
۴۱۰	۷۶۱۶	۸۴۱۸	۶۹۹۹	آبیاری مطلوب	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) (Y)
۳۲۵	۴۶۷۳	۵۲۵۸	۴۰۹۰	تنش خشکی	
-	۳۸/۶	۳۷/۵	۴۱/۶	درصد تغییر	
۱۳۳۱	۱۸۳۰۴	۲۰۸۴۶	۱۶۲۸۵	آبیاری مطلوب	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) (X ₁)
۷۶۷	۱۲۸۲۴	۱۴۲۸۳	۱۱۴۰۷	تنش خشکی	
-	۳۰/۰	۳۱/۵	۳۰/۰	درصد تغییر	
۲/۴	۴۲/۴	۴۷/۰	۳۹/۵	آبیاری مطلوب	شاخص برداشت (درصد) (X ₂)
۴/۱	۴۰/۴	۴۵/۴	۳۱/۱	تنش خشکی	
-	۴/۷	۳/۵	۲۱/۱	درصد تغییر	
۲/۷	۴۰/۴	۴۵/۹	۳۶/۱	آبیاری مطلوب	وزن هزار دانه (گرم) (X ₃)
۲/۹	۲۴/۰	۲۹/۷	۲۰/۶	تنش خشکی	
-	۴۰/۵	۳۵/۴	۴۳/۰	درصد تغییر	
۴/۸	۳۹/۷	۴۹/۹	۳۳/۸	آبیاری مطلوب	تعداد دانه در سنبله (X ₄)
۶/۲	۴۵/۱	۵۸/۸	۳۷/۷	تنش خشکی	
-	۱۳/۴	۱۷/۸	۱۱/۷	درصد تغییر	
۲/۹	۲۱/۰	۲۷/۵	۱۶/۴	آبیاری مطلوب	تعداد سنبلک در سنبله (X ₅)
۱/۴	۲۱/۳	۲۳/۴	۱۸/۶	تنش خشکی	
-	۱/۵	۱۵/۱	۱۳/۰	درصد تغییر	
۰/۳	۲/۸	۳/۵	۲/۴	آبیاری مطلوب	تعداد گلچه در سنبلک (X ₆)
۰/۱	۳/۱	۳/۴	۳/۰	تنش خشکی	
-	۱۰/۷	۴/۱	۲۵/۶	درصد تغییر	
۵۰/۷	۵۰۵	۵۷۱	۴۲۷	آبیاری مطلوب	تعداد پنجه در متر مربع (X ₇)
۵۳/۹	۴۵۳	۵۴۰	۳۸۳	تنش خشکی	
-	۱۰/۳	۵/۵	۱۰/۳	درصد تغییر	
۴/۲	۱۰۰/۸	۱۰۷/۵	۹۳/۲	آبیاری مطلوب	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) (X ₈)
۴/۹	۹۸/۶	۱۰۶/۲	۸۸/۸	تنش خشکی	
-	۲/۲	۱/۲	۴/۷	درصد تغییر	
۲/۰	۱۵۲/۰	۱۵۴/۵	۱۴۶/۵	آبیاری مطلوب	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (روز) (X ₉)
۱/۹	۱۴۶/۰	۱۴۸/۷	۱۴۳/۰	تنش خشکی	
-	۳/۹	۳/۸	۲/۴	درصد تغییر	

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده صفات مختلف زئوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب رطوبتی (نیمه ی بالایی جدول) و تنش خشکی (نیمه پایینی جدول) در دو سال زراعی

صفات	عملکرد دانه در شرایط مطلوب	عملکرد دانه در شرایط تنش	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
عملکرد زیست توده (X ₁)	۰/۷۸۶**	-۰/۰۱۴	-	-۰/۰۱۱	۰/۱۵۱	۰/۵۲۹*	۰/۵۳۸*	۰/۵۹۱*	۰/۳۸۳	۰/۶۹۳**	۰/۷۸۸**
شاخص برداشت (X ₂)	۰/۵۱۱*	۰/۷۳۲**	-۰/۶۳۱**	-	-۰/۲۹۴	۰/۵۱۳*	۰/۴۸۴	۰/۵۱۸*	۰/۳۲۰	-۰/۱۰۴	۰/۱۳۰
وزن هزار دانه (X ₃)	-۰/۰۳۲	۰/۷۷۴**	۰/۰۱۷	۰/۶۱۰*	-	-۰/۲۲۴	-۰/۱۳۲	-۰/۲۲۵	-۰/۱۲۷	۰/۱۳۴	۰/۲۳۶
تعداد دانه در سنبله (X ₄)	۰/۶۵۷**	-۰/۴۳۷	-۰/۲۵۱	-۰/۱۹۵	-۰/۵۹۰*	-	۰/۸۶۱**	۰/۹۰۴**	۰/۰۱۹	۰/۳۵۱	۰/۴۹۲
تعداد سنبلک در سنبله (X ₅)	۰/۵۹۱*	-۰/۴۷۲	-۰/۱۱۷	-۰/۳۰۳	-۰/۴۴۲	۰/۶۵۳**	-	۰/۸۹۵**	۰/۱۳۴	۰/۳۹۵	۰/۴۵۷
تعداد گلچه در سنبلک (X ₆)	۰/۶۷۹**	-۰/۳۰۴	-۰/۴۸۳	۰/۰۰۸	-۰/۲۷۱	۰/۷۱۵**	۰/۳۵۲	-	۰/۲۱۷	۰/۳۸۵	۰/۴۹۱
تعداد پنجه در متر مربع (X ₇)	۰/۴۴۹	۰/۰۱۸	۰/۲۸۵	-۰/۱۷۸	-۰/۱۸۸	-۰/۴۰۸	-۰/۲۷۰	-۰/۴۶۵	-	۰/۲۳۹	۰/۱۹۹
ارتفاع گیاه (X ₈)	۰/۴۹۹*	-۰/۱۱۴	۰/۴۰۹	-۰/۳۷۷	-۰/۱۳۷	۰/۰۱۷	۰/۰۶۴	-۰/۲۹۶	۰/۱۵۷	-	۰/۳۶۶
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X ₉)	۰/۷۳۱**	-۰/۸۰۹**	۰/۰۳۲	-۰/۵۸۸*	-۰/۶۸۰**	۰/۶۳۴**	۰/۷۰۲**	۰/۳۴۳	-۰/۲۳۷	۰/۲۰۸	-

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

همبستگی عملکرد دانه و عملکرد زیست توده در شرایط تنش، معنی دار نبود (جدول ۵).

شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری در شرایط مطلوب ($r = 0.511^*$) و تنش خشکی ($r = 0.732^{**}$) با عملکرد دانه نشان داد. مقایسه ارقام قدیمی و جدید و مسیر به نژادی غلات در طی صد سال گذشته نشان می‌دهد که، افزایش عملکرد اقتصادی بالقوه بر اثر بهبود شاخص برداشت بوده و اگر کل تولید ماده‌ی خشک را هم افزایش داده باشد، آن افزایش اندک بوده‌است (هی و والکر، ۱۹۸۹). البته شاخص برداشت غلات دارای سقفی است که توسط آستین و همکاران (آستین و همکاران، ۱۹۸۰) بین ۶۰ تا ۶۵ درصد تخمین زده شده‌است. از آنجا که این مقدار حد نهایی نظری است، به نظر نمی‌رسد افزایش عملکرد غلات به روش افزایش شاخص برداشت بتواند برای مدت طولانی تداوم داشته باشد و در آینده برنامه‌های به نژادی می‌بایستی بیشتر به سمت بهبود کل تولید ماده خشک، با حفظ شاخص برداشت زیاد کنونی باشد. هرچند، با توجه به مقادیر حداکثر شاخص برداشت در این آزمایش (۴۷ درصد) و مطالعات مشابه در ایران (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰)، به نظر می‌رسد که هنوز فاصله‌ی بسیار زیادی تا سقف تئوری شاخص برداشت (۶۵-۶۲ درصد) در ایران وجود دارد و امکان انتخاب برای شاخص برداشت بیشتر در برنامه‌های به نژادی میسر است.

تجزیه رگرسیون خطی چندگانه:

جدول ۶ ضرایب رگرسیون و احتمال معنی داری صفات ارزیابی شده در پیش بینی عملکرد دانه‌ی گندم در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی پس از گلدهی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده، معادله‌ی پیشگویی عملکرد دانه‌ی گندم در هر دو شرایط رطوبتی به صورت زیر فرموله شد:

$$Y = -4293.083 + 0.250 X_1 + 109.841 X_2 - 5.909 X_3 + 5.827 X_4 - 33.298 X_5 - 71.685 X_6 - 0.503 X_7 + 7.060 X_8 + 20.607 X_9 \quad (\text{شرایط مطلوب رطوبتی})$$

$$Y = 5996.653 + 0.312 X_1 + 85.665 X_2 - 15.583 X_3 - 6.569 X_4 + 42.513 X_5 + 534.111 X_6 - 0.386 X_7 + 8.183 X_8 - 77.665 X_9 \quad (\text{شرایط تنش خشکی پس از گلدهی})$$

همچنین، این آزمون نقش معنی‌دار این دو صفت در عملکرد دانه به ترتیب در سطح‌های احتمال $P = 0.045$ و $P = 0.025$ در شرایط تنش خشکی را نیز اثبات کرد (جدول ۶). اما، سایر صفات نقش معنی‌داری در عملکرد دانه ایفا نکردند (جدول ۶). بنابراین، با توجه با تجزیه رگرسیون خطی چندگانه، بر اهمیت این دو صفت در گزینش ارقام برای برنامه‌های اصلاحی آینده در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی پس از گلدهی تاکید می‌شود. بعلاوه، لیلا و الخطیب (۲۰۰۵) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های گندم در

در شرایط مطلوب رطوبتی، تعداد دانه در سنبله همبستگی بالا و معنی‌داری ($r = 0.757^{**}$) را با عملکرد دانه داشت. و تا حدی وزن هر دانه مقدار ثابتی بود (جدول ۵). ولتاس و همکاران (۱۹۹۹) نیز وزن هزار دانه را نسبت به تعداد دانه در سنبله، جزء با ثبات‌تری از عملکرد در شرایط مطلوب رطوبتی معرفی کرده‌اند. همچنین، هی و والکر (۱۹۸۹) تغییر وزن هزار دانه در شرایط مطلوب را ناممکن دانسته‌اند. چون، هم از مقادیر کم آن به وسیله‌ی کاهش تعداد دانه پرهیز می‌شود و کمبود مواد پرورده ممکن است توسط جایجا شدن اندوخته‌ی ذخیره‌ای جبران شود، و هم اینکه، از مقادیر زیاد آن به وسیله‌ی محدودیت تامین مواد پرورده و یا گنجایش دانه در تجمع نشاسته، جلوگیری می‌شود. در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه همبستگی منفی و غیر معنی‌دار با تعداد دانه در سنبله نشان داد (جدول ۵). تعداد دانه در سنبله گیاه گندم در فاصله‌ی بین برجستگی دوگانه تا انتهای گلدهی بیشترین تاثیر را از تنش خشکی می‌پذیرد (گیونتا و همکاران، ۱۹۹۳). اما، چون در آزمایش حاضر تنش پس از مرحله‌ی گلدهی اعمال شد، تعداد دانه در سنبله در مقایسه با وزن هزار دانه کاهش شدیدی در ژنوتیپ‌ها نیافت (جدول ۵) و عملکرد بیشتر تحت تاثیر کاهش وزن هزار دانه قرار گرفت.

همبستگی بین عملکرد دانه و عملکرد زیست توده در شرایط مطلوب رطوبتی مثبت ($r = 0.786^{**}$) بود (جدول ۵). بنابراین، جهت دسترسی به عملکرد دانه‌ی بیشتر، انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد زیست توده‌ی بیشتر مناسب خواهد بود. هی و والکر (۱۹۸۹) نیز گزارش کردند که افزایش مجموع ماده‌ی خشک تولیدی، ضمن نگهداری شاخص برداشت کنونی، محتمل‌ترین روش افزایش بیشتر عملکرد دانه در گندم است. اما، زمانی افزایش در عملکرد زیست توده گیاه گندم مفید خواهد بود که سهم اندام‌های اقتصادی آن (شاخص برداشت) نیز افزایش یابد (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۹). در مقابل،

(Y: عملکرد دانه و X_1 تا X_9 : صفات مورد ارزیابی) معادله‌های بالا به ترتیب ۹۱/۵ و ۹۳/۱ درصد از تغییرات درون صفات مرتبط با عملکرد دانه در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی را توجیه می‌کنند و باقی تغییرات (۸/۵ و ۶/۹ درصد به ترتیب در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی) ممکن است بواسطه‌ی اثرات باقی مانده باشد (جدول ۶). با توجه به آزمون t در شرایط مطلوب رطوبتی، شاخص برداشت در سطح احتمال $P = 0.033$ و عملکرد زیست توده در سطح احتمال $P = 0.079$ در عملکرد دانه مشارکت داشتند.

شرایط تنش خشکی، این صفات را به عنوان صفات موثر بر عملکرد دانه معرفی کردند.

جدول ۶- ضریب رگرسیون (b)، اشتباه استاندارد (SE)، مقادیر t و احتمال معنی داری صفات در پیش بینی عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی پس از گلدهی با استفاده از تجزیه رگرسیون خطی چندگانه

رژیم آبیاری	صفات	ضریب رگرسیون (b)	اشتباه استاندارد (SE)	مقدار t (T-Value)	احتمال معنی داری (Prob> T)
آبیاری مطلوب	عملکرد زیست توده (X_1)	۰/۲۵۰	۰/۱۱۸	۲/۱۱۵	۰/۰۷۹ ns
	شاخص برداشت (X_2)	۱۰۹/۸۴۷	۳۹/۸۳۶	۲/۷۵۷	۰/۰۳۳ *
	وزن هزار دانه (X_3)	-۵/۹۰۹	۲۲/۰۰۷	-۰/۲۶۹	۰/۷۹۷ ns
	تعداد دانه در سنبله (X_4)	۵/۸۲۷	۳۵/۳۷۰	۰/۱۶۵	۰/۸۷۵ ns
	تعداد سنبلک در سنبله (X_5)	-۳۳/۲۹۸	۴۰/۳۷۱	-۰/۸۲۵	۰/۴۴۱ ns
	تعداد گلچه در سنبلک (X_6)	-۷۱/۶۸۵	۵۴۵/۰۱۱	-۰/۱۳۲	۰/۹۰۰ ns
	تعداد پنجه در متر مربع (X_7)	-۰/۵۰۳	۱/۸۰۵	-۰/۲۷۹	۰/۷۹۰ ns
	ارتفاع گیاه (X_8)	۷/۰۶۰	۱۸/۰۱۴	۰/۳۹۲	۰/۷۰۹ ns
	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X_9)	۲۰/۶۰۷	۴۷/۹۲۰	۰/۴۳۰	۰/۶۸۲ ns
تنش خشکی	عملکرد زیست توده (X_1)	۰/۳۱۲	۰/۱۲۴	۲/۵۲۳	۰/۰۴۵ *
	شاخص برداشت (X_2)	۸۵/۶۶۵	۲۸/۷۳۰	۲/۹۸۲	۰/۰۲۵ *
	وزن هزار دانه (X_3)	-۱۵/۵۸۳	۳۷/۱۰۷	-۰/۴۲۰	۰/۶۸۹ ns
	تعداد دانه در سنبله (X_4)	-۶/۵۶۹	۱۸/۱۲۶	-۰/۳۶۲	۰/۷۲۹ ns
	تعداد سنبلک در سنبله (X_5)	۴۲/۵۱۳	۴۳/۵۴۹	۰/۹۷۶	۰/۳۶۷ ns
	تعداد گلچه در سنبلک (X_6)	۵۳۴/۱۱۱	۷۱۵/۱۱۳	۰/۷۴۷	۰/۴۸۳ ns
	تعداد پنجه در متر مربع (X_7)	-۰/۳۸۶	۱/۰۳۳	-۰/۳۷۴	۰/۷۲۱ ns
	ارتفاع گیاه (X_8)	۸/۱۸۳	۸/۸۷۱	۰/۹۲۲	۰/۳۹۲ ns
	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X_9)	-۷۷/۶۶۵	۳۸۷/۰۹	-۲/۰۰۶	۰/۰۹۲ ns
مطلوب رطوبتی:	Adjusted $R^2 = ۰/۷۸۸$	$R^2 = ۰/۹۱۵$	SE = ۱۸۸/۷۳۲	Y-intercept (a) = -۴۲۹۳/۰۸۳	
تنش خشکی:	Adjusted $R^2 = ۰/۸۲۷$	$R^2 = ۰/۹۳۱$	SE = ۱۳۵/۲۲۸	Y-intercept (a) = -۵۹۹۶/۶۵۳	

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns: بدون اختلاف معنی دار.

جدول ۷- توزیع نسبی (ضریب تبیین جزئی و ضریب تبیین مدل) در پیش بینی عملکرد دانه‌ی گندم بوسیله‌ی تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط مختلف رطوبتی

رژیم آبیاری	گام	صفات وارد شده به مدل	ضریب تبیین جزئی	ضریب تبیین مدل	اشتباه استاندارد (SE)
آبیاری مطلوب	۱	عملکرد زیست توده (X_1)	۰/۶۱۸	۰/۶۱۸	۲۶۲/۰۷۴
	۲	شاخص برداشت (X_2)	۰/۲۷۰	۰/۸۸۸	۱۴۷/۱۲۹
تنش خشکی	۱	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X_9)	۰/۶۵۴	۰/۶۵۴	۱۹۸/۱۱۸
	۲	شاخص برداشت (X_2)	۰/۱۰۰	۰/۷۵۴	۱۷۳/۱۳۵
	۳	عملکرد زیست توده (X_1)	۰/۱۴۹	۰/۹۰۳	۱۱۳/۱۸۹

تجزیه رگرسیون گام به گام

تغییرات آن، از رگرسیون گام به گام استفاده می‌شود. در این مطالعه، ۹ صفت مرتبط با عملکرد به عنوان متغیر مستقل و عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. بدیهی است که، صفاتی که

برای حذف اثر متغیرهای غیر موثر یا کم اثر و تعیین متغیرهای با ارزش بر متغیر تابع و همچنین تهیه‌ی بهترین مدل برای توجیه

و شاخص برداشت را در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی گزارش کردند.

در شرایط تنش خشکی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تاثیر منفی در عملکرد دانه داشت (جدول ۸). به عبارت دیگر، در شرایط تنش خشکی ارقام زودرس تر عملکرد بیشتری داشتند. این نتیجه گیری به نظر منطقی است، زیرا، در ژنوتیپ های دیررس اثرات تنش خشکی انتهایی در مراحل پیشرفته تر رشد و نمو گیاه که تنش گرما نیز رخ می دهد، بیشتر خواهد بود. از این رو، این تنش ها پنجه های ثانویه را تحت تاثیر بیشتر قرار می دهند و از پر شدن دانه های آنها از طریق کاهش دوره ی انتقال و تجمع نشاسته (دوره ی پر شدن دانه) ممانعت می کنند. بنابراین، ژنوتیپ هایی که بتوانند فرایند زندگی خود را قبل از رویارویی با تنش خشکی و گرمای شدید انتهایی به پایان ببرند (زودرس ها)، عملکرد دانه ی بیشتری خواهند داشت. برخی دیگر از پژوهشگران (سروپیان و پلانچون، ۱۹۸۴) نیز وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و زودرسی را در شرایط تنش خشکی تایید کردند.

با توجه به ضریب تبیین جزء عملکرد زیست توده در شرایط مطلوب (۰/۶۱۸) و تنش خشکی (۰/۱۴۹) (جدول ۷)، این صفت در شرایط تنش در مقایسه با شرایط مطلوب تاثیر مثبت کمتری داشته و فقط درصد کمی از تغییرات در عملکرد دانه را توجیه می کند. همچنین، با در نظر گرفتن عدم همبستگی معنی دار بین عملکرد زیست توده و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (جدول ۵)، می توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد زیست توده نمی تواند تاثیر زیادی بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی داشته باشد. افیونی و همکاران (۱۳۹۴) نیز ارتباط معنی داری بین عملکرد زیست توده و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نیافتند. بنابراین، گزینش بر اساس این صفت در شرایط تنش بر خلاف شرایط نرمال، نمی تواند راهکاری برای اصلاح عملکرد گندم در آینده باشد.

سهم بیشتری در توجیه تغییرات متغیر تابع دارند و همبستگی بالاتری با آن نشان می دهند، زودتر وارد مدل می شوند. جدول ۷ صفات وارد شده به مدل و همچنین ضرایب تبیین جزئی و مدل را در هر دو شرایط رطوبتی نشان می دهد.

در شرایط مطلوب رطوبتی، عملکرد زیست توده اولین صفتی بود که وارد مدل شد و ۶۱/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمود. در گام دوم صفت شاخص برداشت وارد مدل شد که این صفت نیز ۲۷ درصد از تغییرات در عملکرد دانه را توجیه نمود. در مجموع، این دو متغیر ۸۸/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. سایر صفات به علت مشارکت نسبی کم، وارد مدل نشدند. در شرایط تنش خشکی، در گام اول صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک وارد مدل شد که ۶۵/۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در گام دوم و سوم به ترتیب صفات شاخص برداشت و عملکرد زیست توده وارد مدل شدند که به ترتیب ۱۰ درصد و ۱۴/۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمودند. در مجموع، این سه صفت ۹۰/۳ درصد از تغییرات در عملکرد دانه را توجیه کردند. جدول ۸ ضرایب رگرسیون برای متغیرهای پذیرفته شده را نشان می دهد. معادله های پیش بینی عملکرد دانه به صورت زیر فرموله شد:

$$Y = -702.061 + 0.244 X_1 + 90.983 X_2$$

شرایط مطلوب
شرایط تنش خشکی:

$$Y = 5421.156 + 0.250 X_1 + 74.413 X_2 - 47.678 X_3$$

در این مدل های رگرسیونی، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت در هر دو شرایط وارد مدل شده و بهبود این دو صفت مهم به نظر می رسد (جدول ۸). سایر محققین (لیلا و الخطیب، ۲۰۰۵؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۰) نیز نقش برجسته ی عملکرد زیست توده

جدول ۸- ضریب رگرسیون (b)، اشتباه استاندارد (SE)، مقدار t و سطح معنی داری برای متغیرهای پذیرفته شده در پیش بینی عملکرد دانه ی گندم بوسیله ی

تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط مختلف رطوبتی

رژیم آبیاری	صفات	ضریب رگرسیون (b)	اشتباه استاندارد (SE)	مقدار t	احتمال معنی داری
آبیاری مطلوب	عملکرد زیست توده (X_1)	۰/۲۴۴	۰/۰۲۹	۸/۵۴۵	۰/۰۰۰**
	شاخص برداشت (X_2)	۹۰/۹۸۳	۱۶/۲۳۱	۵/۶۰۵	۰/۰۰۰**
تنش خشکی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X_3)	-۴۷/۶۷۸	۲۳/۰۷۲	-۲/۰۶۶	۰/۰۶۱
	شاخص برداشت (X_2)	۷۴/۴۱۳	۱۳/۳۹۲	۵/۵۵۶	۰/۰۰۰**
	عملکرد زیست توده (X_1)	۰/۲۵۰	۰/۰۵۸	۴/۲۹۱	۰/۰۰۱**
مطلوب رطوبتی:	Adjusted R ² = ۰/۸۷۱	R ² = ۰/۸۸۸	SE = ۱۴۷/۱۲۸	Y-intercept (a) = -۷۰۲/۰۶۱	
تنش خشکی:	Adjusted R ² = ۰/۸۷۹	R ² = ۰/۹۰۳	SE = ۱۱۳/۱۸۸	Y-intercept (a) = ۵۴۲۱/۱۵۶	

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول ۹- تجزیه علیت صفات موثر بر عملکرد دانه زئوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در دو سال زراعی

همبستگی	اثر غیر مستقیم از طریق									اثر مستقیم	صفات	آبیاری
	کل	X ₉	X ₈	X ₇	X ₆	X ₅	X ₄	X ₃	X ₂			
۰/۷۸۶**	۰/۰۸۱	۰/۰۵۰	-۰/۰۲۴	-۰/۰۳۰	-۰/۱۲۷	۰/۰۳۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۷	-	۰/۸۱۲	عملکرد زیست توده (X ₁)	آبیاری مطلوب
۰/۵۱۱*	۰/۰۱۳	-۰/۰۰۸	-۰/۰۲۰	-۰/۰۲۶	-۰/۱۱۴	۰/۰۳۵	۰/۰۱۱	-	-۰/۰۰۹	۰/۶۲۷	شاخص برداشت (X ₂)	
-۰/۰۳۲	۰/۰۲۴	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۰۳۱	-۰/۰۱۵	-	-۰/۱۸۴	۰/۱۲۳	-۰/۰۳۹	وزن هزار دانه (X ₃)	
۰/۶۵۷**	۰/۰۵۱	۰/۰۲۵	۰/۰۰۱	-۰/۰۴۵	-۰/۲۰۳	-	۰/۰۰۹	۰/۳۲۲	۰/۴۳۰	۰/۰۶۸	تعداد دانه در سنبله (X ₄)	
۰/۵۹۱*	۰/۰۴۷	۰/۰۲۹	-۰/۰۰۸	-۰/۰۴۵	-	۰/۰۵۹	۰/۰۰۵	۰/۳۰۴	۰/۴۳۷	-۰/۲۳۵	تعداد سنبلک در سنبله (X ₅)	
۰/۶۷۹**	۰/۰۵۱	۰/۰۲۸	-۰/۰۱۳	-	-۰/۲۱۱	۰/۰۶۲	۰/۰۰۹	۰/۳۲۵	۰/۴۸۰	-۰/۰۵۰	تعداد گلچه در سنبلک (X ₆)	
۰/۴۴۹	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	-	-۰/۰۱۱	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲۰۱	۰/۳۱۱	-۰/۰۶۲	تعداد پنجه در متر مربع (X ₇)	
۰/۴۹۹*	۰/۰۳۸	-	-۰/۰۱۵	-۰/۰۱۹	-۰/۰۹۳	۰/۰۲۴	-۰/۰۰۵	-۰/۰۶۵	۰/۵۶۲	۰/۰۷۳	ارتفاع گیاه (X ₈)	
۰/۷۳۱**	-	۰/۰۲۷	-۰/۰۱۲	-۰/۰۲۵	-۰/۱۰۸	۰/۰۳۳	-۰/۰۰۹	۰/۰۸۲	۰/۶۴۰	۰/۱۰۳	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X ₉)	
-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۴	۰/۰۵۱	-۰/۰۱۸	-۰/۰۹۱	-۰/۰۲۱	۰/۰۳۱	-۰/۰۰۲	-۰/۶۸۵	-	۰/۷۳۷	عملکرد زیست توده (X ₁)	تنش خشکی
۰/۷۳۲**	۰/۲۶۱	-۰/۰۴۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۵۵	۰/۰۲۴	-۰/۰۸۵	-	-۰/۴۶۵	۱/۰۸۶	شاخص برداشت (X ₂)	
۰/۸۷۴**	۰/۳۰۲	-۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	-۰/۰۵۱	-۰/۰۸۱	۰/۰۷۳	-	۰/۶۶۳	۰/۰۱۳	-۰/۱۳۹	وزن هزار دانه (X ₃)	
-۰/۴۳۷	-۰/۲۸۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲۶	۰/۱۳۵	۰/۱۱۹	-	۰/۰۸۲	-۰/۲۱۲	-۰/۱۸۵	-۰/۱۲۴	تعداد دانه در سنبله (X ₄)	
-۰/۴۷۲	-۰/۳۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۶۷	-	-۰/۰۸۱	۰/۰۶۲	-۰/۳۲۹	-۰/۰۸۶	۰/۱۸۲	تعداد سنبلک در سنبله (X ₅)	
-۰/۳۰۴	-۰/۱۵۳	-۰/۰۳۷	۰/۰۳۰	-	۰/۰۶۴	-۰/۰۸۸	۰/۰۳۸	۰/۰۰۹	-۰/۳۵۶	۰/۱۸۹	تعداد گلچه در سنبلک (X ₆)	
۰/۰۱۸	۰/۱۰۵	۰/۰۲۰	-	-۰/۰۸۸	-۰/۰۴۹	۰/۰۵۰	۰/۰۲۶	-۰/۱۹۳	۰/۲۱۰	-۰/۰۶۴	تعداد پنجه در متر مربع (X ₇)	
-۰/۱۱۴	-۰/۰۹۳	-	-۰/۰۱۰	-۰/۰۵۶	۰/۰۱۲	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۹	-۰/۴۱۰	۰/۳۰۱	۰/۱۲۵	ارتفاع گیاه (X ₈)	
-۰/۸۰۹**	-	۰/۰۲۶	۰/۰۱۵	۰/۰۶۵	۰/۱۲۸	-۰/۰۷۸	۰/۰۹۵	-۰/۶۳۸	۰/۰۲۴	-۰/۴۴۵	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X ₉)	

اثر باقی مانده در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۰/۲۹۱ و ۰/۲۶۳ بود.

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

تجزیه مسیر

به منظور تبیین روابط علی بین صفات موثر بر عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش، ضرایب همبستگی به وسیله‌ی روش تجزیه‌ی مسیر به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تخصیص یافت. نتایج تجزیه‌ی مسیر نشان داد که عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت به ترتیب دارای بالاترین اثر مثبت (۰/۸۱۲ و ۰/۶۲۷) بر عملکرد دانه در شرایط مطلوب رطوبتی بودند (جدول ۹). همچنین، در شرایط تنش نیز به ترتیب شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده بالاترین اثر مثبت (۱/۰۸۶ و ۰/۷۳۷) را بر عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۹). جالب توجه است که این روش آماری نیز نقش شاخص برداشت در عملکرد دانه را برجسته‌تر از عملکرد زیست‌توده در شرایط تنش در مقایسه با شرایط مطلوب، نشان می‌دهد. یا به عبارتی ژنوتیپ‌هایی که در این شرایط بوسیله‌ی مکانیسم‌هایی مانند انتقال مجدد یا زودرسی درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی را به سنبله‌ها اختصاص می‌دهند (شاخص برداشت بالاتر)، عملکرد دانه‌ی بیشتری خواهند داشت. محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نقش بیشتر شاخص برداشت نسبت به عملکرد زیست‌توده را در عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. در شرایط تنش خشکی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز دارای اثر قابل توجه منفی مستقیم (۰/۴۴۵-) بر عملکرد دانه بود (جدول ۹). ون جینکل و همکاران (۱۹۹۸) نیز ارتباط بین عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را در شرایط تنش منفی گزارش کردند.

در شرایط مطلوب رطوبتی، بالاترین اثر غیر مستقیم در صفات تعداد دانه در سنبله (۰/۴۳۰)، تعداد سنبلچه در سنبله (۰/۴۳۷)، تعداد گلچه در سنبلچه (۰/۴۸۰)، ارتفاع بوته (۰/۵۶۲) و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۰/۶۴۰) بدست آمد، که همگی از طریق تاثیر مثبت بر عملکرد زیست‌توده، باعث افزایش عملکرد دانه شدند (جدول ۹). در شرایط تنش خشکی، بیشترین اثر غیر مستقیم در صفات عملکرد زیست‌توده (۰/۶۸۵-)، شاخص برداشت (۰/۴۶۵-)، وزن هزار دانه (۰/۶۶۳)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۰/۶۳۸-) و ارتفاع بوته (۰/۴۱۰-) مشاهده شد. که عملکرد زیست‌توده، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع بوته از طریق شاخص برداشت، عملکرد دانه را کاهش دادند. همچنین، شاخص برداشت نیز از طریق عملکرد زیست‌توده بر عملکرد دانه تاثیر منفی داشت. اما، وزن هزار دانه از طریق افزایش شاخص برداشت عملکرد دانه را افزایش داد.

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه‌ی مسیر، به نظر می‌رسد که در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد زیست‌توده که دارای بیشترین تاثیر مستقیم بر عملکرد دانه بوده و سایر صفات (تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد گلچه در سنبلچه) نیز از طریق آن باعث افزایش عملکرد دانه شده‌اند، به عنوان مهمترین صفت معرفی می‌شود و پس از آن شاخص برداشت با بیشترین تاثیر مستقیم بر عملکرد دانه قرار دارد (جدول ۹). در شرایط تنش خشکی، شاخص برداشت به عنوان مناسبترین صفت تاثیر گذار بر عملکرد دانه انتخاب می‌شود. زیرا، این صفت دارای بیشترین تاثیر مستقیم بر عملکرد دانه بوده و وزن هزار دانه و تعداد روز تا رسیدگی از طریق آن عملکرد دانه را به ترتیب افزایش و کاهش دادند. همچنین، عملکرد زیست‌توده از طریق آن عملکرد دانه را کاهش داد. در مرحله‌ی دوم، عملکرد زیست‌توده دومین صفتی بود که تاثیر مستقیم و مثبت بالایی بر عملکرد دانه داشت و شاخص برداشت نیز از طریق آن عملکرد دانه را کاست. در نهایت، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با تاثیر گذاری مستقیم و منفی بالا بر عملکرد به عنوان سومین صفت معرفی می‌شود (جدول ۹).

به طور کلی، روشهای مختلف آماری استفاده شده در این آزمایش نشان داد که در شرایط مطلوب رطوبتی عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت مهمترین متغیرهای اثرگذار بر عملکرد دانه بودند. اما، در شرایط تنش خشکی علاوه بر این صفات، صفت زودرسی نیز به عنوان دیگر صفت مهم تاثیر گذار بر عملکرد وارد شد (جدول ۱۰).

نتیجه‌گیری

صفت شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده به عنوان مناسبترین صفات موثر در عملکرد دانه برای برنامه‌های به نژادی در مناطق جنوبی کشور در هر دو شرایط رطوبتی پیشنهاد می‌گردد. البته تاثیر این دو صفت در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی یکسان نبود. عملکرد زیست‌توده در شرایط مطلوب رطوبتی در مقایسه با شرایط تنش نقش بیشتری در عملکرد دانه داشت و در شرایط تنش خشکی نقش شاخص برداشت برجسته‌تر از عملکرد زیست‌توده بود. به عبارت دیگر، به نژادگران برای بهبود عملکرد دانه در واحد سطح در شرایط گرم و خشک جنوب کشور که همواره دوره‌ی پر شدن دانه با تنش خشکی روبرو است، باید ژنوتیپ‌هایی را انتخاب کنند که دارای شاخص برداشت بالا بوده و زودرس هستند.

جدول ۱۰- مهمترین صفات اثر گذار بر عملکرد دانه‌ی گندم که با روش‌های مختلف آماری در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی پس از گلدهی در دو سال زراعی تعیین شده‌است

رژیم آبیاری	صفات	همبستگی ساده	رگرسیون خطی چند گانه	رگرسیون گام به گام	تجزیه علیت
مطلوب رطوبتی	عملکرد زیست توده (X ₁)	√	√	√	√
	شاخص برداشت (X ₂)	√	√	√	√
	وزن هزار دانه (X ₃)				
	تعداد دانه در سنبله (X ₄)	√			
	تعداد سنبلک در سنبله (X ₅)	√			
	تعداد گلچه در سنبلک (X ₆)	√			
	تعداد پنجه در متر مربع (X ₇)				
	ارتفاع گیاه (X ₈)				
	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X ₉)	√			
تنش خشکی	عملکرد زیست توده (X ₁)		√	√	√
	شاخص برداشت (X ₂)		√	√	√
	وزن هزار دانه (X ₃)		√		
	تعداد دانه در سنبله (X ₄)				
	تعداد سنبلک در سنبله (X ₅)				
	تعداد گلچه در سنبلک (X ₆)				
	تعداد پنجه در متر مربع (X ₇)				
	ارتفاع گیاه (X ₈)				
	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X ₉)		√		√

منابع

- افیونی، د.، ا. اله دادی، غ. اکبری و گ. نجفیان. ۱۳۹۴. بررسی تحمل ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) به تنش خشکی انتهای فصل بر اساس برخی صفات زراعی. مجله علمی پژوهشی خشکبوم. جلد ۵، شماره ۱: ۱۶-۱.
- امام، س. ۱۳۹۰. زراعت غلات. چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز. ۱۹۰ صفحه.
- دستفال، م.، و. براتی، ی. امام، ح. حقیقت نیا و م. رمضان پور. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲۷، شماره ۲: ۲۱۷-۱۹۵.
- محمدی، ح.، ع. احمدی، ف. مرادی، ع. عباسی، ک. پوستینی، م. جودی و فواد فاتحی. ۱۳۹۰. ارزیابی صفات مهم برای بهبود عملکرد گندم تحت تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۴۲، شماره ۲: ۳۷۳-۳۸۵.
- Austin, R. B., J. Bingham, R. D. Blackwell, L. T. Evans, M. A. Ford, C. L. Morgan and M. Taylor. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. J. Agri. Sci. 94:675-689.
- Bano, S., A. A. Kaleri, R. Keerio, Sh. Memon, R. R. Kaleri, R. Akram, A. L. Laghari, I. A. Chandio and S. Nazeer. 2017. Analysis of correlation and regression among M2 wheat mutant population for yield and its associated traits. J. Basic & App. Sci. 13:522-526.
- Bhutto, A. H., A. A. Rajpar, Sh. A. Kalhor, A. Ali, F. A. Kalhor, M. Ahmed, S. Raza, N. A. Kalhor. 2016. Correlation and regression analysis for yield traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Natural Sci. 8: 96-104.

- Garcia del Moral, L. F., J. M. Ramos, M. B. Garcia del Moral and M. P. Jim Acnez-Tejada. 1991. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Sci.* 31:1179-1185.
- Giunta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 33:399-409.
- Gonzalez, A., I. Martin and L. Ayerbe. 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress: phenology, growth and yield. *Aust. J. of Agri. Res.* 58:29-37.
- Hay, R.K.M. and A.J. Walker. 1989. *An Introduction to the Physiology of Crop Yield.* Longman Scientific and Technical. Harlow, England.
- Leilah, A. A. and S. A. Al-Khateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *J. Arid Environ.* 61:483-496.
- Ludlow, M. M. and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Adv. in Agron.* 43:107-153.
- Reynolds, M., J. Foulkes, G. A. Slafer, P. Berry, M. A. J. Parry, J. W. Snape and W. J. Angus. 2009. Raising yield potential in wheat. *J. Exp. Bot.* 68:183-190.
- Seropian, C. and C. Planchon. 1984. Physiological responses of six bread wheat and durum wheat genotypes to water stress. *Euphytica.* 33:757-767.
- Sinebo, W. 2002. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. *Crop Sci.* 42: 428 – 437.
- Turner, N. C. 1997. Further progress in crop water relations. *Adv. in Agron.* 58: 293-338.
- Van Ginkel, M., D. S. Calhoun, G. Gebeyehu, A. Miranda, C. Tian-you, R. Pargas Lara, R. M. Trethwan, K. Sayre, J. Crossa, and S. Rajaram. 1998. Plant traits related to yield of wheat in early, late, and continuous drought conditions. pp. 167-179, In: H.J. Braun, F. Altay, W.E. Koronstad, S.P.S. Beniwal, A. McNab (eds.), *Wheat: Prospects for global improvement.* Kluwer Publishers, Netherlands.
- Voltas, J., F.A. Van Eeuwijk, A. Sombrero, A. Lafarga, E. Igarua and I. Romagosa. 1999. Integrating statistical and eco-physiological analyses of genotype by environment interaction for grain filling of barley. I. individual grain weight. *Field Crops Res.* 62:63-74.
- Zadocks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals of cereals. *Weed Res.* 14:11-16.

Determination the most suitable effective traits on grain yield of bread wheat genotypes under normal and drought conditions in Darab region, Fars Province

V. Barati¹, E. Bijanzadeh², R. Naderi²

Received: 2017-5-29 Accepted: 2018-2-24

Abstract

Drought stress is the most limiting factor for producing wheat grain yield, especially in the southern Iran. In order to recognize the most influential appropriate agronomic traits on grain yield of promising wheat genotypes (16 line) under normal irrigation and drought stress conditions, this study was arranged by split-plot design with three replicates at Darab, Fars province in 2012-2013 and 2013-2014. Drought stress was started after anthesis and continued to physiological maturity. Days to physiological maturity was counted during growing seasons. At the end of growing seasons, 1000-kernal weight, grain no. per spike, spikelet no. per spike, floret no. per spikelet, tiller no. per unit area, crop height, grain yield, above ground biological yield (BY) and harvest index (HI) were measured. Four statistical methods including simple correlation, multiple linear regression, stepwise regression and path analysis were used for determined the relationship between the above mentioned traits and grain yield under the two irrigation treatments. Results showed that the highest grain yield (8418 kg ha⁻¹) and biological yield (20846 kg ha⁻¹) was belonged to genotype number 2 (Bow"s"/Cm 34798/3/snb...). However, the lowest reduction of grain yield (24.9%) and biological yield (21.6%) by drought stress was achieved in genotypes number 1 (local check: Chamran) and 16 (Chen/E\Aegilops Squarrosa (Taus)//Bcn/3/Vee#7...), respectively. The BY (18304 kg ha⁻¹) and HI (42.4%) for normal irrigation, and for drought condition, days to physiological maturity (146 days), BY (12824 kg ha⁻¹) and HI (40.4%) were the most important influential traits on yield (7616 kg ha⁻¹ and 4673 kg ha⁻¹ for normal and drought conditions, respectively). Based on the most statistical analysis, the BY role on grain yield was lower at drought condition than normal irrigation. Also, improving grain yield was attributed to HI under drought condition.

Key words: Multiple liner regression, path analysis, simple correlation, stepwise regression.

1- Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Darab College of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Shiraz, Iran

2- Associated Professor, Department of Agrotechnology, Darab College of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Shiraz, Iran