



بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات آگروفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم

عباس سلیمانی فرد^{۱*}، رحیم ناصری^۲

۱. مری، گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور

۲. گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، آموزشکده فنی‌مهندسی و کشاورزی دهلران، دانشگاه ایلام

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۲۴

چکیده

به منظور بررسی روابط موجود بین صفات آگروفیزیولوژیکی با عملکرد دانه در گندم نان، تعداد ۱۴ ژنوتیپ تحت شرایط دیم در مزرعه پژوهشی دانشگاه پیام نور مرکز ایلام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به غیر از طول پدانکل و شاخص برداشت، از نظر سایر صفات مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای اکثر صفات تنوع مطلوبی نشان دادند. نتایج آمار توصیفی نشان داد که بیشترین میزان ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی مربوط به عملکرد دانه بود. بررسی ضرایب همبستگی صفات نشان داد که بالاترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با بیوماس بود ($r=+0/85^{**}$). نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام که در آن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در برابر صفات مورد بررسی دیگر به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد، نشان داد که سه صفت بیوماس، شاخص برداشت و وزن هزار دانه به میزان ۹۸ درصد از تغییرات مدل رگرسیونی مربوطه را توجیه کردند. با حذف صفات بیوماس و شاخص برداشت از متغیرهای مستقل، تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام برای عملکرد دانه در شرایط دیم انجام شد. سه صفت میزان پرولین، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد روز تا رسیدگی وارد شده در مدل، حدود ۶۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه در شرایط دیم را توجیه کردند. نتایج تجزیه علیت نشان دادند بیشترین اثرات مستقیم مثبت مربوط به عملکرد بیوماس، تعداد سنبله در مترمربع و شاخص برداشت بود. نتایج حاکی از آن است که تنوع ژنتیکی بالایی در بین ژنوتیپ‌های گندم نان مورد بررسی در شرایط دیم وجود دارد. بیوماس، شاخص برداشت، میزان پرولین، تعداد سنبله در مترمربع و زودرسی را می‌توان به عنوان معیارهای گزینش برای بهبود عملکرد دانه در شرایط دیم معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، تنش خشکی، رگرسیون گام‌به‌گام، شاخص برداشت، عملکرد بیوماس

مقدمه

پایه گزارش وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ سطح زیر کشت گندم در ایران ۶/۱ میلیون هکتار بوده که ۳/۸ میلیون آن معادل ۶۵ درصد دیم بوده و متوسط عملکرد گندم دیم در ایران ۹۲۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (Ministry of Agriculture- Jahad, 2017).

با توجه به این که عملکرد گندم دیم در ایران بسیار پایین بوده و سطح قابل توجهی از مناطق تحت کشت گندم ایران را

گندم (*Triticum aestivum* L) در بین غلات به صورت یک محصول مهم و استراتژیک در جهان مورد توجه است (Naseri, 2017) که بنا بر آمار منتشر شده فائو، میزان تولید جهانی گندم در سال ۲۰۱۷ حدود ۷۷۱/۱ میلیون تن و همچنین سطح زیر کشت آن حدود ۲۱۸/۵ میلیون هکتار و در کشور ایران نیز میزان تولید و سطح زیر کشت آن به ترتیب ۱۴ میلیون تن و ۶/۷ میلیون هکتار رسید (Fao, 2017). بر

روی عملکرد دانه می‌باشند. آلی و ال بانا (Aly and El-Bana, 1994) نیز در تجزیه علیت برای اجزای عملکرد دانه گندم نشان دادند که تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه ۹۸/۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نموده و بیشترین میزان اثر مستقیم را به تعداد سنبله در مترمربع منتسب کردند.

هدف از این تحقیق، بررسی تنوع ژنتیکی در ارقام گندم نان مورد بررسی و تعیین روابط صفات مختلف در شرایط دیم به‌منظور استفاده در برنامه‌های تحقیقاتی آینده بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۴ ژنوتیپ گندم نان (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط دیم در مزرعه پژوهشی دانشگاه پیام نور ایلام با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه و با طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۶ دقیقه، در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ ارزیابی گردیدند. متوسط دما و بارندگی سالانه در طول دوره آزمایش به ترتیب ۱۳/۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۴۵۹/۳ میلی‌متر بود. افزایش دما در اواخر فصل رشد معمولاً با قطع بارندگی همراه و زراعت دیم منطقه را با تنش خشکی مواجه می‌سازد (جدول ۲).

هر واحد آزمایشی شامل هشت ردیف به فاصله ۲۵ سانتی‌متر و طول چهار متر با تراکم کاشت ۲۲۵ بذر در مترمربع بود. فسفر مورد نیاز گیاه از منبع سوپرفسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و به‌منظور تأمین نیتروژن گیاه نیز ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو نوبت زمان کاشت و مرحله شروع ساقه‌دهی به‌صورت سرک استفاده گردید. کشت آزمایش در تاریخ ۸ آبان ۱۳۹۵ به‌صورت دستی انجام شد. در این آزمایش هیچ‌گونه آبیاری انجام نشد و صرفاً به استفاده از نزولات آسمانی اکتفا گردید. در طول دوره رشد گیاه صفات فنولوژیک تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و تعداد روز تا رسیدن ثبت شدند. صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه روی ده بوته تصادفی از هر واحد آزمایش اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تعیین تعداد سنبله در مترمربع، پیش از برداشت نهایی تعداد سنبله‌ها در محدوده یک مترمربع در وسط هر کرت شمارش گردید.

دیم‌زارها تشکیل می‌دهند، بررسی راهکارهای لازم برای افزایش میزان محصول زراعی در واحد سطح ضروری به نظر می‌رسد (Khosravi and Mahmoudi, 2013). بررسی صفات مورفوفیزیولوژیکی و زراعی گندم جهت تعیین اهمیت هر یک از آن‌ها در افزایش عملکرد و استفاده در برنامه‌های به‌زادای از اهمیت خاصی برخوردار است که در نهایت منجر به بهبود عملکرد و معرفی ارقام تجاری تحت شرایط تنش خشکی خواهد شد (Golparvar et al., 2006).

عملکرد دانه در غلات یک متغیر وابسته است که توسط یک دسته از مکانیسم‌های فیزیولوژیک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. کارایی انتخاب برای این صفت را می‌توان با گزینش صفات مورفولوژیک مرتبط با عملکرد دانه که ارتباط مستقیم و مثبتی با عملکرد دانه دارند و به‌سرعت و به‌آسانی اندازه‌گیری می‌شوند، افزایش داد (Blum, 1997). با کمک تجزیه رگرسیون مرحله‌ای می‌توان اثر صفات غیر مؤثر یا کم تأثیر را در مدل رگرسیونی بر روی عملکرد حذف نموده و تنها صفاتی را که میزان قابل‌ملاحظه‌ای از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند مورد بررسی قرار داد (Agrama, 1996). همچنین با استفاده از تجزیه علیت می‌توان اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته را مورد بررسی قرار داد. در این روش ضریب همبستگی بین دو صفت به اجزایی که اثرات مستقیم و غیرمستقیم را اندازه‌گیری می‌کنند، تفکیک می‌گردد (Farshadfar, 2004). نتایج تجزیه علیت برای عملکرد دانه نشان داد که بیشترین اثر مستقیم مربوط به سرعت رشد رویشی و شاخص برداشت بود که نشان‌دهنده اهمیت این صفات در عملکرد دانه است (Bahram Nejad and Taleei, 2000). نادری و همکاران (Naderi et al., 2000) با انجام تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در ژنوتیپ‌های گندم نتیجه گرفتند که بیوماس و شاخص برداشت از صفات مؤثر بر عملکرد دانه بوده و انتخاب بر اساس آن‌ها می‌تواند برای بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی مؤثر باشد. سپانلو و همکاران (Sepanlu et al., 2004) در آزمایشی روی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان با استفاده از رگرسیون چندگانه خطی نشان دادند که گزینش برای تعداد سنبله در واحد سطح در شرایط تنش خشکی در افزایش عملکرد دانه بیشترین تأثیر را خواهد داشت. مقدم و همکاران (Moghaddam et al., 1997) در مطالعه روی گندم نان عنوان کردند که تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت دارای بیشترین اثر مستقیم

می‌گیرند. بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی-گراد در آون قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری می‌شود (Gunes et al., 2008). با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده‌هزارم در رابطه ۱ درصد محتوی نسبی آب برگ به دست آمد.

$$RWC\% = \left[\frac{FW-DW}{TW-DW} \right] \times 100 \quad [1]$$

که در آن FW: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، DW: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون TW: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر هستند.

جهت اندازه‌گیری غلظت کلروفیل کل از روش آرنون (Arnon, 1976) و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Lambda استفاده شد. برای اندازه‌گیری پرولین ابتدا برگ‌ها در ورقه‌های آلومینیومی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند. سپس برگ‌ها با هاون خردشده و چند نمونه ۰/۵ گرمی از هر نمونه در ۵ میلی‌لیتر محلول آبی اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد قرار داده و مخلوط حاصل در هاون چینی هموژنیزه گردید. سپس مخلوط هموژنیزه شده توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف شد. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از این محلول با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدیرین مخلوط و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک به هر لوله اضافه شد. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام بن ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بلافاصله پس از خارج کردن از حمام به مدت ۱۵ دقیقه در یخ قرار داده شدند. بعد از این مرحله به هر لوله‌آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولون اضافه و نمونه‌ها با همزن به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه به هم زده شد تا کاملاً یکنواخت شدند. سپس لوله‌ها به مدت ۲ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شده که در این مدت در داخل لوله‌های آزمایش ۲ لایه رویی و زیرین که کاملاً از هم قابل تشخیص بودند تشکیل شد و از لایه رویی برای تعیین غلظت پرولین با توجه به منحنی استاندارد پرولین در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر استفاده شد.

واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی با امید ریاضی میانگین مربعات و بر مبنای میانگین ژنوتیپ برآورد گردیدند. واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، ضرایب تنوع فنوتیپی، ضرایب تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی هر صفت از روابط زیر محاسبه گردید (Chaudhary and Prasad, 1968).

جدول ۱. اسامی ۱۵ ژنوتیپ گندم نان مورد بررسی

شماره	ژنوتیپ	منشأ
Number	Genotype	Origin
1	Sardari-H86	IRAN
2	Azar-2	IRAN
3	Ogosta/sefid	ICARDA
4	Ptzniska/Ut1556	ICARD
5	MARAGHEH-79-80	IRAN
6	Cross/Alborz	IRAN
7	GB254	IRAN
8	WESTON/VE	ICARDA
9	Dougu88/Ghafghaz	ICARD
10	PASTOR	ICARDA
11	TRK13/KAUZ	ICARDA
12	92ZHONG257	ICARDA
13	TURKEYPYT-99-200-13	ICARDA
14	Sardari	IRAN

جدول ۲. میانگین بارندگی و دما در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در منطقه ایلام

Table 2. Results of climatic properties of experimental location in 2016-2017

Months	ماه	میانگین دما	
		میزان بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	(سانتی‌گراد) Temperature (°C)
October	مهر	0.2	20.1
November	آبان	18.4	16.2
December	آذر	6.5	6.6
January	دی	75.9	7.0
February	بهمن	121.7	3.4
March	اسفند	81.4	8.8
April	فروردین	140.1	13.2
May	اردیبهشت	9.7	19.6
Jun	خرداد	0	24.5

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ با استفاده از قیچی از آخرین برگ توسعه‌یافته در مرحله اواخر گلدهی وقتی سنبله‌ها کاملاً پدیدار (۵۹ زادوکس) گردیدند، نمونه‌برداری انجام شد و نمونه‌ها بلافاصله درون یخ قرار گرفته و در آزمایشگاه وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد، سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال قرار

بیوماس، میزان کلروفیل کل، پرولین، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، طول سنبله و وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. این امر حاکی از آن است که صفات ذکر شده نقش تعیین کننده‌ای در تنوع ژنتیکی دارند. همچنین مشاهده می‌شود برآورد مشخصه (پارامتر) های ژنتیکی عملکرد دانه و صفات مورد بررسی که برای همه صفات اندازه ضریب تغییرات فنوتیپی از مقادیر متناظر آن‌ها برای ضریب تغییرات ژنتیکی بالاتر بود که علت آن تأثیر محیط بر بیان این صفات و عملکرد دانه است (جدول ۴). چنین نتیجه‌ای توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Sihpoush et al., 2003; Naroui Rad et al., 2006).

توارث پذیری عمومی بین ۳۲/۳۵ و ۹۸/۴۶ به ترتیب مربوط به طول پدانکل و عملکرد دانه بود (جدول ۴). دلیل بالا بودن توارث‌پذیری عملکرد دانه رابطه نزدیک ژنوتیپ و فنوتیپ و سهم به نسبت کوچک محیط در شکل دادن فنوتیپ است که با گزارش کانونی (Kanouni, 2016) در بررسی بر روی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط دیم مطابقت دارد. همچنین به دلیل این که آزمایش در یک سال و یک مکان انجام شده است، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط روی واریانس ژنوتیپی اضافه می‌شود و در نتیجه توارث پذیری عمومی برای عملکرد دانه زیاد خواهد شد. بالا بودن توارث پذیری عمومی در عملکرد دانه در آزمایش نارویی راد و همکاران (Naroui Rad et al., 2006) در بررسی بر روی ۱۰۵ ژنوتیپ گندم بومی منطقه سیستان نیز تأیید شده است. توارث پذیری عمومی برای اغلب صفات به جز صفات طول پدانکل و شاخص برداشت بالا بود. وجود تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری بالا برای صفات سبب افزایش بازده ناشی از گزینش در بهبود صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی هستند، خواهد شد. همبستگی ساده بین صفت عملکرد دانه با صفات عملکرد بیوماس، شاخص برداشت تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، میزان محتوی نسبی آب برگ، میزان پرولین و کلروفیل کل مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). در این میان بالاترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفت عملکرد دانه با صفت عملکرد بیوماس بود (** $r=0/85$). همبستگی بین تعداد روز تا رسیدگی با تعداد روز تا سنبله‌دهی مثبت و معنی‌دار (** $r=0/68$) بود و نشان داد که ژنوتیپ‌های که دیرتر سنبله می‌دهند دیررس می‌باشند. از سوی دیگر همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد روز تا رسیدگی به صورت منفی و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ که این امر نشان

$$\delta^2g = \frac{MS_g - MS_e}{r} \quad [1]$$

$$\delta^2p = \delta^2g + \frac{\delta^2e}{r} \quad [2]$$

$$PCV = \frac{\sqrt{VP}}{\bar{X}} \times 100 \quad [3]$$

$$GCV = \frac{\sqrt{VG}}{\bar{X}} \times 100 \quad [4]$$

$$h^2 = \frac{\delta^2g}{\delta^2P} \quad [5]$$

برای تعیین بیوماس و عملکرد دانه در تیمارها، در زمان رسیدگی کامل محصول، عملیات برداشت با حذف دو خط کناری از سطحی معادل ۶ مترمربع صورت گرفت و سپس بیوماس و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار تعیین گردیدند. شاخص برداشت دانه از تقسیم عملکرد دانه بر بیوماس محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری انجام شده شامل تجزیه واریانس برآورد واریانس ژنتیکی، فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنتیکی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی، رگرسیون مرحله‌ای چند متغیره خطی (گام به گام)، تجزیه علیت برای انجام تجزیه آماری از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۱۳ و SAS نسخه ۸ استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها برای تمام صفات مورد مطالعه به‌غیر از طول پدانکل و شاخص برداشت تحت شرایط دیم اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد که نشان‌دهنده تنوع موجود در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای صفات اندازه‌گیری شده است (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بیشترین مقدار ضرایب تنوع فنوتیپی مربوط به صفات عملکرد دانه، بیوماس، پرولین، تعداد دانه در سنبله و میزان کلروفیل کل بود. این نشان می‌دهد که صفات فوق نقش تعیین کننده‌ای در تنوع فنوتیپی دارند. همچنین کمترین مقدار ضرایب تنوع فنوتیپی را صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن هزار دانه، طول پدانکل، شاخص برداشت، و صفت فیزیولوژیکی محتوای نسبی آب برگ به خود اختصاص دادند. بیشترین مقدار ضرایب تنوع ژنتیکی را صفات عملکرد دانه،

می‌دهد ژنوتیپ‌های زودرس‌تر دارای عملکرد دانه بیشتر بودند و این نتایج با گزارش‌های ارائه‌شده توسط زارعی و همکاران (Zarei et al., 2011) مطابقت داشت، پس یکی از استراتژی‌های انتخاب ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی باید انتخاب ژنوتیپ‌های زودرس با عملکرد مطلوب باشد.

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد دانه و سایر صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم

Table 3. Analysis of variance for grain yield and agronomic traits of bread wheat genotypes under dryland conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean squares				میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	طول پدانکل peduncle height	تعداد سنبله در مترمربع Spike.m ²	وزن هزار دانه 1000-grain weight	تعداد دانه در سنبله Grain.spike ¹	محتوای نسبی آب برگ RWC
تکرار Replication	2	1339.48	1.109	162.63	49238.83	119.91	206.54	75.35
رقم Cultivar	13	630.45**	1.583**	43.78 ^{ns}	13872.32**	68.69**	135.69**	191.75**
اشتباه Error	26	70.36	0.44	30.68	3813.01	10.33	46.79	46.45
ضریب تغییرات (درصد) C.V%		11.75	11.97	17.40	15.92	8.07	19.23	10.51

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean squares				میانگین مربعات		
		میزان کلروفیل کل Total chlorophyll l content	میزان پروлін Proline content	عملکرد دانه Grain yield	بیوماس Biomass	شاخص برداشت Harvest index	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity
تکرار Replication	2	43.68	1.25	90251.76	2650491.29	98.48	168.50	764.45
رقم Cultivar	13	128.98**	1.76**	2375352.16**	6536723.62**	91.55 ^{ns}	47.02**	83.48*
اشتباه Error	26	33.98	0.56	36478.19	689155.99	52.64	13.16	36.45
ضریب تغییرات (درصد) C.V%		19.16	21.17	16.46	15.75	14.96	3.10	3.60

^{ns}, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

Ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

عملکرد دانه در شرایط دیم بیانگر این است که برای داشتن عملکرد دانه بالا به یک رشد سبزینه (ماده خشک) مناسب با توان خوب انتقال مواد فتوسنتزی از رشد سبزینه (ماده خشک) به دانه در جهت افزایش شاخص برداشت نیاز است. همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، وزن هزار دانه با عملکرد دانه در شرایط دیم (جدول ۵) بیانگر اهمیت این جزء از عملکرد در شرایط محدودیت رطوبت است؛

ضریب همبستگی بین عملکرد بیوماس با صفت تعداد سنبله در مترمربع و میزان محتوای نسبی آب برگ به صورت مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با صفات عملکرد بیوماس، شاخص برداشت و وزن هزار دانه توسط گل پرور و همکاران (Golparvar et al., 2006) نیز گزارش شده است. همبستگی‌های قوی، مثبت و معنی‌دار صفات عملکرد بیوماس و شاخص برداشت با

در مطالعه انجام‌شده در شیراز با ۱۶ ژنوتیپ گندم نان، نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با محتوای آب نسبی برگ پرچم در شرایط تنش خشکی انتهایی فصل گزارش شد (Ahmadi Lahigani and Emam, 2012). همبستگی این صفت با عملکرد نمی‌تواند برای هر مطالعه‌ای مورد انتظار باشد، چون در شرایط تنش خشکی، صفات و عوامل بسیاری بر عملکرد دخالت دارند، ولی باوجود این، نگهداری بیشتر آب در برگ واکنش مثبتی به تنش خشکی است (Blum, 1997).

که با گزارش قندی و جلالی (Ghandi and Jalali, 2013) مطابقت دارد. همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌گردد بین عملکرد دانه و محتوای نسبی آب برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد ($r=0.53^{***}$) که با گزارش محمدی و فرشادفر (Mohammadi and Farshadfar, 2003) که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد در شرایط دیم با محتوای نسبی آب برگ گزارش نمودند، مطابقت دارد.

جدول ۴. اجزای واریانس، ضرایب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی و توارث‌پذیری عمومی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 4. Variation components, genotypic and phenotypic coefficients of variation and broad sense heritability of different traits in bread wheat genotypes

صفات Traits	اجزای واریانس Variation components		ضریب تنوع % Coefficients of variation		توارث‌پذیری عمومی Broad sense heritability
	ژنوتیپی Genotypic	فنوتیپی phenotypic	ژنوتیپی Genotypic	فنوتیپی Phenotypic	
تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	11.28	15.67	2.59	3.05	72.01
تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	15.68	27.83	2.34	3.12	56.34
ارتفاع بوته Plant height	71.78	107.23	8.47	10.35	66.94
طول پدانکل Peduncle height	5.81	17.96	7.19	12.65	32.35
طول سنبله Spike length	0.28	39	9.67	11.38	72.20
تعداد سنبله در مترمربع Spike.m ⁻²	2514.8	3468.08	12.93	15.18	72.51
تعداد دانه در سنبله Grain.Spike ⁻¹	22.22	33.92	16.01	19.78	65.52
وزن هزار دانه 1000-grain weight	14.59	17.17	9.58	10.39	84.96
محتوای نسبی آب برگ RWC	48.43	63.91	11.18	12.84	75.77
میزان پرولین Proline content	31.66	42.99	19.62	22.86	73.65
میزان کلروفیل کل Total chlorophyll content	0.28	0.35	19.01	21.22	80.18
عملکرد دانه Grain yield	584718	593838	33.89	34.15	98.46
بیوماس Biomass	1461892	1634181	24.43	25.83	89.64
شاخص برداشت Harvest index	9.73	2.88	6.86	10.52	42.5

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات برای ۱۵ ژنوتیپ مورد بررسی

Table 5. Correlation coefficients between the studied traits of 15 genotypes

Traits	صفات	1	2	3	4	5	6	7
1	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	1						
2	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	0.68**	1					
3	ارتفاع بوته Plant height	0.25	0.38*	1				
4	طول سنبله Spike length	0.19	0.16	0.69**	1			
5	طول پدانکل Peduncle height	0.32	0.51**	0.70**	-0.22	1		
6	تعداد دانه در سنبله Grain.Spike ⁻¹	0.22	0.28	0.10	0.37*	0.09	1	
7	وزن هزار دانه 1000-grain weight	0.05	0.09	0.11	-0.05	-0.04	-0.29	1
8	تعداد سنبله در مترمربع Spike.m ⁻²	0.08	0.09	0.08	-0.04	-0.05	0.11	-0.09
9	محتوای نسبی آب برگ RWC	-0.23	-0.26	-0.17	-0.24	-0.36*	-0.12	-0.28
10	میزان پرولین Proline content	-0.41*	-0.49**	-0.22	0.03	-0.43*	-0.31	-0.06
11	میزان کلروفیل کل Total chlorophyll content	-0.04	-0.12	-0.07	-0.04	-0.10	0.03	-0.48**
12	بیوماس Biomass	-0.14	-0.32	-0.15	-0.03	-0.32	-0.13	-0.09
13	شاخص برداشت Harvest index	-0.18	-0.50**	-0.24	-0.28	-0.26	0.21	0.1
14	عملکرد دانه Grain yield	-0.20	-0.53**	-0.17	-0.14	-0.31	-0.25	0.36*

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

Traits	صفات	8	9	10	11	12	13	14
8	تعداد سنبله در مترمربع Spike.m ⁻²	1						
9	محتوای نسبی آب برگ RWC	0.58**	1					
10	میزان پرولین Proline content	0.25	0.23	1				
11	میزان کلروفیل کل Total chlorophyll content	0.21	0.50**	0.27	1			
12	بیوماس Biomass	0.66**	0.51**	0.48**	0.53**	1		
13	شاخص برداشت Harvest index	0.17	0.12	0.27	0.19	0.11	1	
14	عملکرد دانه Grain yield	0.51**	0.55**	0.61**	0.52**	0.85**	0.57**	1

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

Ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% level f probability, respectively.

در این مطالعه به منظور بررسی صفت دارای اثر بیشتر و نیز حذف اثر صفات غیر مؤثر و یا کم تأثیر در توجیه تغییرات عملکرد دانه در شرایط دیم، از رگرسیون گام‌به‌گام در دو مرحله استفاده شد. در مرحله اول، هنگامی که عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند، صفت عملکرد بیوماس به‌عنوان اولین صفت وارد مدل گردید و ۶۶ درصد تغییرات متغیر وابسته یعنی صفت عملکرد دانه را توجیه نمود. بعد از آن صفت شاخص برداشت وارد مدل شده و دو صفت مذکور در مجموع ۹۸ درصد تغییرات را توجیه نمودند (جدول ۶). صفت وارد شده دیگر در مدل، شامل وزن هزار دانه بود که درصد ناچیزی از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند (جدول ۶). مدل نهایی عملکرد دانه در این مرحله از تجزیه بر حسب صفات مذکور در جدول ۶ مشاهده می‌شود. نتایج این تجزیه با نتایج همبستگی ساده مطابقت داشت، به طوری که صفت عملکرد بیوماس و شاخص برداشت بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط دیم داشتند.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بین پرولین با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار پرولین با عملکرد دانه نشان‌دهنده اهمیت القای آن در شرایط دیم است. بین مجموع کلروفیل a و b با عملکرد دانه ($r = 0.52^{**}$)، عملکرد بیوماس ($r = 0.53^{**}$) و محتوی نسبی آب برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵). کاستریلو و ترجیلو (Castrillo and Trujillo, 1994) نیز همبستگی مثبتی را بین محتوای آب نسبی برگ و غلظت کلروفیل و فعالیت آنزیم رابیسکو مشاهده کردند. چراکه نتایج مطالعات نشان می‌دهد جهت ساخت کلروفیل در برگ محتوی نسبی آب برگ بایستی بالا باشد (Lack, 2013). به دلیل ارتباط مستقیم و حیاتی با چرخه‌های تولید انرژی تغییر در میزان کلروفیل منعکس‌کننده میزان آسیب‌های غیر روزنه‌ای به فتوسنتز بوده و می‌تواند معیاری برای گزینش در سطح تحمل متابولیک باشد.

جدول ۶. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم

Table 6. Stepwise regression analysis of grain yield in bread wheat genotypes under dryland conditions

Fixed variables	متغیر ثابت	ضرایب رگرسیون (B)	مقدار t (t-value)	فاکتور تورم واریانس (VIF)	R ² partial تصحیح شده جزئی
Intercept	عرض از مبدأ	-2417.69	-16.56**	-	-
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.40	36.29**	1.41	0.66
Harvest index	شاخص برداشت	48.85	26.41**	1.07	0.21
1000-grain weight	وزن هزار دانه	7.45	2.74**	1.04	0.11

$$GY = -2362.82 + 0.42 (BY) + 49.82 (HI) + 6.98 (TGW) = \text{Final Model}$$

ضریب تبیین تصحیح شده (Adjusted R Square) = 0.98

صفاتی هستند که در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام وارد مدل شده و درصد بالایی از عملکرد را توجیه می‌کنند. در مطالعه گل پرور و همکاران (Golparvar et al., 2006) نیز شاخص برداشت و عملکرد بیوماس به‌عنوان صفات مؤثر در توجیه تغییرات عملکرد گزارش شده‌اند. با توجه به این‌که صفات شاخص برداشت و عملکرد بیوماس دربرگیرنده عملکرد دانه است، به‌منظور شناسایی سایر صفات مؤثر بر عملکرد دانه، در مرحله دوم با حذف صفات عملکرد بیوماس و شاخص برداشت از متغیرهای مستقل، تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام برای عملکرد دانه در شرایط دیم انجام شد. نتایج نشان داد که

به نظر می‌رسد که با افزایش عملکرد بیوماس سطح برگ یا منبع فتوسنتز کننده و نیز مخزن یا محل ذخیره مواد در گیاه افزایش می‌یابد که در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. در بین اجزای عملکرد مورد بررسی تنها وزن هزار دانه وارد مدل شده است که این امر نشان می‌دهد، با توجه به این‌که وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد دانه است که تشکیل می‌شود، به‌عنوان یک عامل تعدیل‌کننده توانسته است کاهش سایر اجزا را به‌نوعی جبران نماید. امینی و همکاران (Amini et al., 2005) در تحقیق مشابهی بر روی گندم‌های بومی، گزارش نمودند که دو صفت بیوماس و شاخص برداشت،

کاملاً منطقی و قابل‌انتظار است. از سوی دیگر هرچه تعداد روز تا رسیدگی افزایش یابد عملکرد دانه کاهش می‌یابد. مصطفی و همکاران (Mostafa et al., 1996) با اعمال ده روز تنش خشکی در مرحله ظهور سنبله ارقام زودرس و متوسط رس، مشاهده کردند که عملکرد یک رقم زودرس با اجتناب از خشکی فقط ۴ درصد، ولی ارقام متوسط رس ۱۸ تا ۴۴ درصد کاهش یافت. با توجه به همبستگی بالای بین برخی متغیرهای وارد شده در مدل، برای تعیین وجود احتمال پدیده هم خطی از فاکتور تورم واریانس (Variance Inflation factor: VIF) استفاده شده (جدول ۶ و ۷). اگر این مقدار بزرگ‌تر از ۱۰ باشد نشان‌دهنده وجود پدیده هم خطی بین متغیرهای مستقل است (Farshadfar and Javadinia, 2011). فاکتور تورم واریانس (VIF) برای متغیرهای وارد شده در مدل‌ها محاسبه شد که این مقدار برای تمام متغیرها کمتر از ۱۰ و نشانگر عدم وجود پدیده هم خطی بین متغیرهای موجود بود. تجزیه علیت تنها برای متغیرهای وارد شده به مدل رگرسیونی انجام شد؛ بنابراین در شرایطی که تمام صفات مورد بررسی به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند، سه متغیر بیوماس، شاخص برداشت و وزن هزار دانه وارد مدل شدند (جدول ۸). طبق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه ضرایب علیت برای عملکرد دانه با سایر صفات، صفات عملکرد بیوماس، شاخص برداشت و وزن هزار دانه اثرات مستقیم مثبت و بالایی بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۸).

میزان پرولین، اولین صفتی بود که وارد معادله رگرسیونی شد و به‌تنهایی ۳۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود (جدول ۷). بعد از آن تعداد سنبله در مترمربع و تعداد روز تا رسیدگی صفات بعدی بودند که وارد معادله رگرسیونی شدند و به همراه پرولین ۶۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در بین صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی میزان پرولین بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند، تجمع پرولین یک پاسخ فیزیولوژیکی بسیار رایج در بسیاری از گیاهان به دامنه وسیعی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی است (Geravandi et al., 2011). پرولین، تحت شرایط تنش می‌تواند عملکردهای متفاوتی مانند ایجاد تعادل اسمزی، حفاظت از ساختار پروتئینی و غشاء سلول، تثبیت ساختارهای درون سلولی و حذف رادیکال‌های آزاد را داشته باشد در درون سلول‌های گیاهی پرولین به‌عنوان ماده حفظ تعادل اسمزی بین سیتوپلاسم و واکوئل عمل می‌کند. صفت تعداد سنبله در مترمربع با ضریب رگرسیونی مثبت و معنی‌داری وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام گردید (جدول ۷) که نشان‌دهنده اهمیت این صفت در توجیه تغییرات عملکرد دانه در شرایط دیم است. همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود صفت تعداد روز تا رسیدگی با ضریب رگرسیونی منفی وارد مدل شده و از طرفی دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد دانه نیز بود. با توجه به این‌که گیاه دوران رشد و نمو خود را سریع‌تر انجام می‌دهد تا به دوران بحران کم‌آبی گرفتار نیاید این نتیجه

جدول ۷. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه بعد از حذف صفت بیوماس و شاخص برداشت از متغیرهای مستقل در ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم

Table 7. Stepwise regression analysis for grain yield after removing biomass and harvest index from independent variable in bread wheat genotypes under dryland conditions

Fixed variables	متغیر ثابت	ضرایب رگرسیون (B)	مقدار t (t-value)	فاکتور تورم واریانس (VIF)	R ² partial تصحیح‌شده جزئی
Intercept	عرض از مبدأ	2784.59	1.36 ^{ns}	-	-
Proline content	میزان پرولین	30.99	2.75 ^{**}	1.49	0.36
Spike.m ⁻²	تعداد سنبله در مترمربع	3.89	4.28 ^{**}	1.14	0.11
Day to maturity	تعداد روز تا رسیدگی	-51.07	-4.61 ^{**}	2.12	0.13

$$G Y = 2784.59 + 30.99 (\text{Pro}) + 3.89 (\text{NS}) - 51.07 (\text{DM}) \quad \text{Final Model}$$

ضریب تبیین تصحیح‌شده (Adjusted R Square) = 0.62

نتیجه با نتایج به‌دست‌آمده از همبستگی ساده و رگرسیون گام‌به‌گام مطابقت داشت، به‌طوری‌که این صفات همبستگی مثبت و بسیار بالایی با عملکرد دانه داشتند. در این مطالعه

عملکرد بیوماس دارای بیشترین مقدار مثبت اثر مستقیم بوده و بعد از آن صفت شاخص برداشت (۰/۴۳) دارای بیشترین مقدار مثبت اثر مستقیم است (جدول ۸). این

بالا دو صفت عملکرد بیوماس و شاخص برداشت بر عملکرد دانه بود، لذا می‌توان نتیجه گرفت این صفت نقش بالائی در بهبود عملکرد دانه دارند. نتایج حاصل با نتایج نادری و همکاران (Naderi et al., 2000) که دو صفت شاخص برداشت و عملکرد بیوماس را به‌عنوان صفات مؤثر معرفی نموده بودند، مطابقت دارد. وزن هزار دانه اثر مستقیم مثبت (۰/۳۸) بر روی عملکرد دانه داشت و از طرف دیگر اثرات غیرمستقیم بالایی نداشت، با توجه به اثر مستقیم آن بر عملکرد دانه همبستگی مثبتی نیز با عملکرد دانه (۰/۳۶) داشت (جدول ۸).

بیشترین اثر مستقیم و مثبت از طریق بیوماس بود (جدول ۸). تأثیر غیرمستقیم مثبت بر روی این صفت از طریق صفت شاخص برداشت، ناچیز و کم بود (جدول ۸) و صفت وزن هزار دانه دارای تأثیر غیرمستقیم منفی ناچیز بر روی صفت عملکرد بیوماس بود (جدول ۸). به همین دلیل گزینش بر مبنای این صفت در جهت افزایش عملکرد دانه مفید خواهد بود. صفت شاخص برداشت نیز با همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه و همین‌طور اثر مستقیم مثبت (۰/۴۳) و بالا بود (جدول ۸) و تأثیر غیرمستقیم از طریق صفات عملکرد بیوماس و وزن هزار دانه بسیار ناچیز بود. در این بررسی مشخص شد بیشترین تأثیر در نتیجه اثر مستقیم، مثبت و

جدول ۸. تجزیه علیت بر اساس ضرایب همبستگی صفات وارد شده در مدل رگرسیون بر عملکرد دانه در شرایط دیم

Table 8. Path analysis based on correlation coefficient in regression model on grain yield under dryland conditions

Trait	صفت	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect			ضریب همبستگی با عملکرد دانه Correlations with grain yield
			بیوماس Biomass	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight	
Biomass	بیوماس	0.83	-----	0.04	-0.03	0.85**
Harvest index	شاخص برداشت	0.43	0.09	-----	0.04	0.56**
1000-grain weight	وزن هزار دانه	0.38	-0.07	0.05	-----	0.36*
Residual	باقی‌مانده	0.11				

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

همبستگی مثبت داشت، همچنین بر اساس گزارش این محققان، تعداد سنبله در مترمربع آثار مستقیم و مثبتی روی عملکرد دانه در شرایط تنش آبی اواخر فصل رشد داشته است. آلی و ال‌بانا (Aly and El-Bana, 1994) نیز در تجزیه علیت برای اجزای عملکرد گندم نان نشان دادند که بیشترین میزان اثر مستقیم بر عملکرد دانه را به تعداد سنبله در مترمربع مرتبط دانستند. اگرچه میزان پرولین اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد و دارای ضریب همبستگی بالایی با عملکرد دانه است، اما تجزیه علیت نشان داد میزان پرولین اثر مستقیم مثبت و متوسطی (۰/۳۴) را بر عملکرد دانه داشت و اثر غیرمستقیم مثبت از طریق تعداد سنبله در مترمربع (۰/۱۱) و تعداد روز تا رسیدگی (۰/۱۴) بر عملکرد دانه داشت (جدول ۹). این امر نشان می‌دهد، تجمع میزان پرولین در شرایط دیم به گیاه کمک می‌کند که در دوره کوتاهی رشد خود را بازیابی کند و بنابراین از طریق اثر مثبت بر تعداد سنبله در مترمربع و تعداد روز تا رسیدگی بر عملکرد دانه

اصولاً چنانچه همبستگی بین متغیر مستقل و وابسته تقریباً برابر اثر مستقیم باشد، در آن صورت همبستگی رابطه واقعی خود را نشان می‌دهد و انتخاب مستقیم از طریق این صفت مؤثر خواهد بود. صفات، عملکرد بیوماس، شاخص برداشت و وزن هزار دانه به دلیل اثر مستقیم و مثبت می‌تواند معیارهای مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در شرایط دیم باشد. به‌منظور شناسایی سایر صفات مؤثر بر عملکرد دانه، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام بعد از حذف بیوماس و شاخص برداشت انجام گرفت با توجه به این‌که صفات بیوماس و شاخص برداشت دربرگیرنده عملکرد دانه هستند. از این‌رو تجزیه علیت صفات وارد شده در مدل رگرسیون بعد از حذف این صفات بر عملکرد دانه انجام شد (جدول ۹). نتایج نشان داد که صفت تعداد سنبله در مترمربع دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود (جدول ۹). اوکویاما و همکاران (Okuyama et al., 2004) در گندم نشان دادند که عملکرد دانه با تعداد سنبله در مترمربع

طریق تعداد سنبله در مترمربع (۰/۰۴) مثبت و ناچیز بود (جدول ۹).

بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان عملکرد بیوماس، شاخص برداشت، میزان پرولین، تعداد سنبله در مترمربع و زودرسی را به‌عنوان معیارهای گزینش برای بهبود عملکرد دانه در شرایط دیم (تنش خشکی) معرفی نمود.

تأثیرگذار باشد، ولی باین‌حال گزارش شده که در شرایط خشکی طولانی مدت اثرات مفید آن قابل توجه نبوده و تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد دانه خواهد گذاشت زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به سمت فرایندهایی غیر از پر شدن دانه منحرف می‌کند (Sanchez et al., 1998). تعداد روز تا رسیدگی دارای اثر مستقیم منفی (۰/۴۶-) بود؛ و اثر غیرمستقیم آن از طریق میزان پرولین (۰/۱۱-) منفی و از

جدول ۹. تجزیه علیت بر اساس ضرایب همبستگی صفات واردشده در مدل رگرسیون بعد از حذف بیوماس و شاخص برداشت در شرایط دیم

Table 9. Path analysis based on correlation coefficient in regression model after removing biomass and harvest index under rainfed conditions

Trait	صفت	اثر مستقیم Direct Effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect			ضریب همبستگی با عملکرد دانه Correlations with grain yield
			میزان پرولین Proline content	تعداد سنبله در مترمربع Spike.m ⁻²	وزن هزار دانه 1000-grain weight	
Proline content	میزان پرولین	0.34	-----	0.11	0.15	0.61**
Spike.m ⁻²	تعداد سنبله در مترمربع	0.46	0.09	-----	-0.04	0.50*
Days to maturity	تعداد روز تا رسیدگی	-0.46	-0.11	0.04	-----	-0.53**
Residual	باقی مانده	0.55				

*, ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

مورد استفاده قرار گیرند. همچنین پیشنهاد می‌شود که در گزینش برای افزایش عملکرد در شرایط دیم (تنش خشکی) به کاهش زمان تعداد روز تا رسیدگی در ژنوتیپ‌های گندم نان توجه ویژه‌ای شود.

تشکر و قدردانی

کلیه هزینه‌ها و امکانات اجرایی این طرح توسط دانشگاه پیام نور استان ایلام تأمین شده است که بدین‌وسیله صمیمانه قدردانی می‌گردد. همچنین از زحمات جناب دکتر امیر میرزایی ریس بخش امور زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش و منابع طبیعی استان ایلام بابت پیشنهادات سازنده قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار از نظر همه صفات مورد مطالعه نشان دادند که بیانگر وجود تنوع کافی در بین آنها است. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات بیوماس، شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع، میزان پرولین و تعداد روز تا رسیدگی دارای سهم بالا و مؤثر در عملکرد دانه بوده و بیشترین اثرات مستقیم نیز مربوط به بیوماس، شاخص برداشت و تعداد سنبله در مترمربع بود؛ بنابراین بیوماس و شاخص برداشت و تعداد سنبله در مترمربع به‌عنوان شاخص‌های زراعی، میزان پرولین به‌عنوان صفت فیزیولوژیکی در شرایط دیم می‌تواند توسط به‌نژادگران برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گندم نان

منابع

- Agrama, H.A.S., 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. *Plant Breeding*. 115, 343- 346.
- Ahmadi Lahigani, M.J., Emam, Y., 2012. Response of wheat genotypes to drought stress using the end of the season Physiological Indices. *Journal of Crop Production and Processing*. 3 (9), 164-175. [In Persian with English Summary].
- Aly, R.M., El-Bana, A.Y., 1994. Grain yield analysis for nine wheat cultivars grown in newly cultivated sandy soil under different n fertilization levels. *Journal of Agricultural Research*. 21, 67-77.
- Amini, A., Esmailzade-Moghadam, M., Vahabzadeh, M., 2005. Genetic diversity based on agronomic performance among Iranian wheat landraces under moisture stress. The 7th International Wheat Conference, Nov. 27, Dec 2, 2005. Mardel Plata, Argentina.
- Arnon, D.I., 1976. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoxidase in *Beta vulgaris* L. *Plant Physiology*. 45, 1-15.
- Bahram nejad, B., Taleei, A.R., 2000. Study and determine the correlation between yield and agronomic, morphological and physiological traits by path analysis method in morphotypes of wheat. *Proceedings of the Sixth Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran*. pp: 85-86. [In Persian with English Summary].
- Blum, A., 1997. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*. 20, 135- 148.
- Castrillo, M., Trujillo, I., 1994. Ribulose-1-5, biphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein contents in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering. *Photosynthetic*. 30, 175-181.
- Chaudhary, L.B., Prasad, B., 1968. Genetic variation and heritability of quantitative characters in Indian mustard (*Brassica Juncea*). *Indian Journal of Agricultural Science*. 38, 820-825.
- FAO, 2017. [Fao.org/faostat/en/#data/QC](http://faostat.org/en/#data/QC).
- Farshadfar, E., 2004. *Multivariate principles and procedures of statistics*. Taghbostan Publication. [In Persian].
- Farshadfar, E., Javadinia, M.J., 2011. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. *Seed and Plant Improvement Journal*. 25 (4), 517-537. [In Persian with English Summary].
- Ghandi, A., and Jalali, A.H., 2013. Effects of moderate terminal drought stress on wheat agronomic characteristics. *Journal of Crop Production*. 6 (2), 117-134. [In Persian with English Summary].
- Golparvar, A.R., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Ahmadi, A., Harvan, E.M., 2006. Factor analysis of morphological and morpho-physiological traits in bread wheat genotypes under drought and non-drought stress conditions. *J. Pajouhesh and Sazandegi*. 72, 52-59. [In Persian with English Summary].
- Geravandi, M., Farshadfar, E., Kahrizi, D., 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology* 58 (1), 69-75.
- Gunes, A., Inal, A., Adak, M.S., Bagci, E.G., Cicek, N., Eraslan, F., 2008. Effect of drought stress implemented at pre-or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. *Russian Journal of Plant Physiology*. 55 (1), 59-67.
- Kanouni, H., 2016. Genetic variability, heritability, and interrelationships between seed yield and related components of chickpea genotypes under dryland. *Iranian Journal of Filed Crop Science*. 47 (1), 155-163. [In Persian with English Summary].
- Khosravi, H., Mahmoudi, H., 2013. Evaluation of effects of *Azotobacter* inoculation and manure on growth of rainfed wheat. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 3 (2), 205-219. [In Persian with English Summary].
- Lack, S., 2013. Evaluation of effective physiological traits on grain yield of corn at different levels of irrigation, nitrogen and plant density. *Journal of Crop Physiology*. 5 (19), 17-33. [In Persian with English Summary].
- Ministry of Agriculture-Jahad. 2017. *Agricultural statistic. 2016-17*. [In Persian].
- Moghaddam, M., Ehdaie, B., Waines, J.G., 1997. Genetic variation and interrelationships of agronomic characters in landraces of bread wheat from southern Iran. *Euphytica*. 95, 361-369.

- Mohammadi, R., Farshadfar, E., 2003. Determination of chromosomes controlling physiological traits associated to drought tolerance in rye. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 5 (2), 117-135. [In Persian with English Summary].
- Mostafa, M., Boersma, A.L., Kronstedt, W.E., 1996. Responses of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Science*. 36, 982-986.
- Naderi, A., Majidi, E., Hashemi-Dezfuli, A., Nourmohamadi, G., Rezaie, A., 2000. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation in grain of spring wheat genotypes under optimum and post-anthesis drought stress conditions. I. Grain yield and its related traits. *Iranian Journal of Crop Science*. 2, 58-66. [In Persian with English Summary].
- Naroui Rad, M.R., Farzanjo, M., Fanay, H.R., Arjmandy Nejad, A., Ghasemi, A., Polshokaneh, M.R., 2006. The study genetic variation and factor analysis for morphological characters of wheat native accessions of Sistan and Baluchistan. *Pajouhesh & Sazandeg*. 73, 50-57. [In Persian with English Summary].
- Naseri, R., 2017. Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on morpho-physiological traits and yield of two wheat cultivars under dryland farming. Faculty of Agriculture. P.hD. Thesis. 336p. [In Persian].
- Okuyama, L.A., Ferizzi, L.C., Neto, J.F.B., 2004. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. *Ciencia Rural, Santa Maria*. 34 (6), 1701-1708.
- Sanchez, F.J., Manzanares, M., De Andres E. F., Tenorio J.L., Ayerbe, L., 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in responses to water stress. *Field Crops Research*. 59, 225-235.
- Sepanlu, G., Galeshi, S., Zeinali, A., 2004. Effect of water stress on yield and yield components at different growth stages. *Agricultural Science and Technology* 4, 91-101. [In Persian with English Summary].
- Sihpoush, M.R., Emam, Y., Saydi, A., 2003. Genotypic variation, heritability, genotypic and phenotypic correlation coefficients of grain yield, its components and some morpho-physiological characters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 9(35), 50-64. [In Persian with English Summary].
- Zarei, S., Amini, A., Mahfoozi, S., Bihamta, M.R., 2011. Study of genetic diversity for morpho-physiological and agronomic traits of Iranian local wheat genotypes under drought stress conditions. *Electronic Journal Crop Production*. 4(4), 123-138. [In Persian with English Summary].



Original article

Evaluation of relationships between grain yield and agro-physiological traits of bread wheat genotypes under rainfed conditions

A. Soleymani Fard^{1*}, R. Naseri²

1. Faculty member, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Department of Plant Production Technology, Dehloran Faculty of Agriculture and Engineering, Ilam University, Ilam, Iran

Received 13 February 2019; Accepted 13 April 2019

Abstract

In order to investigate the relationships between agro-physiological traits and grain yield in bread wheat, 14 genotypes under rainfed conditions a field experiment was conducted as in a randomized complete block design with three replications in the research farm of Payame Noor University of Ilam with three replications in the 2016-2017 cropping season. The results of this study showed that the studied genotypes, except for peduncle length and harvest index, were significantly different from each other in terms of other studied traits. The studied genotypes showed good diversity for most traits. The results of descriptive statistics showed that the highest coefficients of phenotypic and genotypic changes were related to grain yield. Examination of correlation coefficients of traits showed that the highest positive and significant correlation coefficient was between grain yield and biomass ($r = 0.85^{**}$). The results of stepwise regression analysis in which grain yield was considered as a dependent variable against other studied traits as independent variables, showed that the three traits of biomass, harvest index and 1000-grain weight accounted for 98% of the model changes. They justified the relevant regression. By removing biomass traits and harvest index from independent variables, stepwise regression analysis was performed for grain yield in rainfed conditions. The three traits of proline content, number of spikes per square meter and number of days to maturity in the model explained about 62% of the changes in grain yield in rainfed conditions. The results of path analysis showed that the most direct positive effects were related to biomass yield, number of spikes per square meter and harvest index. The results indicate that there is a high genetic diversity among the bread wheat genotypes studied in dryland conditions. Biomass, harvest index, proline content, number of spikes per square meter and early maturity can be introduced as selection criteria for improving grain yield in dryland conditions.

Keywords: Drought stress, Harvest index, Path analysis, Step-wise regression, Yield biomass

*Correspondent author: Abas Soleymani Fard; E-Mail: soleymani877@gmail.com