نشریه علمی زراعت و اصلاح نباتات ایران
جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۵۰-۳۵

ISSN NO: 2008-8485

ارزیابی ژنتیکی صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به خشکی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم

Genetic evaluation of physiological Traits related to drought tolerance in some bread wheat genotypes under rain-fed conditions

زهرا مروتی*[۱]، عزت اله فرشادفر[۲]، محمد حسین رومنا[۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۷

چکیده

به منظور بررسی ارتباط فنوتیپی و ژنوتیپی میان خصوصیات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی و همچنین بررسی تنوع ژنتیکی و برآورد پارامترهای ژنتیکی این شاخصه‌ها در شرایط کشت دیم، ۱۹ ژنوتیپ گندم نان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در طول سال ۹۴-۱۳۹۳ کشت گردید. تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر صفات عملکرد دانه، پایداری غشا، میزان آب نسبی ازدست‌رفته، آب ازدست‌رفته برگ، آب حفظ‌شده برگ، کارایی مصرف آب و میزان سبزینگی برگ در شرایط کشت دیم وجود دارد. نمای چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ - صفت نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۲ (wc-4931) برترین ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه، راندمان مصرف آب، آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده و میزان سبزینگی برگ بود. رابطه ژنتیکی مثبت و معنی‌داری میان راندمان مصرف آب و عملکرد دانه، میان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و آب ازدست‌رفته برگ و میان آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده و درجه سبزینگی برگ مشاهده شد. از طرف دیگر، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالا برای عملکرد دانه، پایداری غشا و راندمان مصرف آب مشاهده شد که حاکی از عمل افزایشی ژن‌ها است. براین‌اساس، با توجه به سهم بالای اثرات افزایشی در صفات پایداری غشا، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب، انتخاب در نسل های اولیه در برنامه اصلاحی پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه: تنوع ژنتیکی، صفات فیزیولوژیک، پارامترهای ژنتیکی، وراثت‌پذیری، GGE biplot.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۳- دانش آموخته دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
*مکاتبه کننده: morovatizahra3@gmail.com

مقدمه

غلات حدود نیمی از غذای جهان را تأمین می‌کنند. گندم به تنهایی بیش از یک‌پنجم غذای انسان، ۲۱ درصد کالری و ۲۰ درصد پروتئین بیش از ۴/۵ میلیارد نفر از جمعیت ۹۴ کشور درحال‌توسعه را تأمین می‌کند (Iqbal, 2019). همچنین گندم به‌عنوان مهم‌ترین غله، دارای سابقه کشت طولانی و بیشترین سطح زیرکشت (یک‌ششم از کل زمین‌های زراعی) گیاهان زراعی در جهان است (Hossain *et al.*, 2012 a and b). مهم‌ترین چالش کشت گندم، تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش خشکی است (Cossani and Reynolds, 2012). از طرفی گندم در دامنه وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک کشت می‌شود (Ali and El-Sadek, 2016).

تنش خشکی عملکرد گندم در نواحی جنوب آسیا را بسیار تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mesgaran *et al.*, 2017; WFP, 2016). با توجه به آمار سازمان خوار و بار جهانی، ۹۰٪ ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است (FAO, 2010). از طرفی با توجه به تغییر اقلیم در آینده، اهمیت برنامه‌های به‌نژادی به منظور تحمل به تنش خشکی روبه‌افزایش است (Mir *et al.*, 2012). بنابراین اصلاح برای تحمل به خشکی در تمامی گیاهان زراعی از جمله گندم با توجه به کشت در دامنه وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک، هدف اصلی اکثر برنامه‌های به‌نژادی است (ارشد و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعه و بررسی جنبه‌های مختلف مرتبط با خشکی در گندم یکی از راه‌کارهای مقابله با عوارض این تنش است. می‌توان با بررسی این شاخص‌ها که با پایداری عملکرد در شرایط تنش مرتبط هستند، صفات مناسب را انتخاب و به کمک آن‌ها اقدام به‌گزینش ژنوتیپ‌ها و درنهایت توسعه ارقامی با عملکرد بالا تحت شرایط تنش خشکی نمود (امیری و همکاران، ۱۳۹۱). تحمل به خشکی یک صفت پیچیده با وراثت‌پذیری پایین و ترکیبی از صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی است (Mwadzingeni *et al.*, 2016). از طرف دیگر انتخاب بر اساس صفات فیزیولوژیک آسان و دقیق بوده و توارث‌پذیری این صفات نسبتاً بالاست. اثرات تنش خشکی در درازمدت به واکنش‌های متابولیکی مرحله رشد، ظرفیت ذخیره‌سازی آب خاک و جنبه‌های فیزیولوژیک گیاه بستگی دارد (Ahmadizadeh, 2014). کوماری و همکاران (Kumari *et al.*, 2018) اظهار نمودند که تنش خشکی و دمای بالای محیط، کاهش قابل‌توجهی بر درجه سبزینگی برگ نسبت به شرایط نرمال در گندم ایجاد نمود و این کاهش در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای تنوع بود. مطالعات نشان داده است که با اعمال تنش خشکی مقدار، میزان آب نسبی ازدست‌رفته و آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در گندم کاهش می‌یابد و صفت فیزیولوژیک محتوای نسبی آب برگ شاخص قابل‌اطمینانی برای نشان دادن وضعیت گیاه تحت شرایط تنش خشکی است (Desoky *et al.*, 2018). ردمن و همکاران (Redman *et al.*, 2016) بیان نمودند تنش خشکی باعث اثرات قابل‌ملاحظه‌ای مانند صدمه به غشای سلولی می‌شود و درجه پایداری غشاء سلولی یکی از بهترین نشانگرهای فیزیولوژیکی تحمل به تنش خشکی است. ناروی‌راد و همکاران (Naroui Rad *et al.*, 2013) گزارش نمودند که ارقام متحمل به تنش خشکی، محتوای آب نسبی برگ

بیشتری را در شرایط تنش داشته و همبستگی بالایی بین این صفت با عملکرد دانه مشاهده‌شده است. براین‌اساس، انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی، براساس این دسته از صفات می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. از طرفی بررسی روابط فنوتیپی و ژنوتیپی میان این صفات و همچنین نحوه توارث و نوع اثرات ژنتیکی و سود ژنتیکی انتخاب ضروری به نظر می‌رسد (Estehghari and Farshadfar, 2014). پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی، بررسی روابط ژنتیکی و فنوتیپی ویژگی‌های فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به تنش خشکی و بررسی پارامترهای ژنتیکی صفات مورد مطالعه و همچنین ارائه روش اصلاحی مناسب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تعداد ۱۹ ژنوتیپ گندم نان در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴ - ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. اسامی و شماره مربوط به هر ژنوتیپ در جدول۲ آمده است. ژنوتیپ‌ها از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. عملیات کاشت در اوایل آبان ۱۳۹۳ به‌صورت دستی و هر کرت شامل ۴ خط ۲ متری به فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. در طول دوره اجرای طرح از هیچ نوع کودی استفاده نشد و مبارزه با علف هرز به‌طور دستی انجام شد. برداشت در اواسط تیرماه سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، از هر ژنوتیپ در هر بلوک با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای عملکرد[۱] دانه برای یک مترمربع محاسبه شد. در صفت درجه سبزینگی برگ[۲] میانگین قرائت محتوای کلروفیل پنج برگ پرچم هر کرت با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مدل 502-SPAD از شرکت مینولتای ژاپن تخمین زده شد. کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II[۳] به روش جنتی و همکاران (Genty *et al.*, 1989)، همچنین میزان پایداری غشاء سلولی[۴] با استفاده از روش بلوم و همکاران (Blum et al., 2001) اندازه گیری شد. محتوای نسبی آب برگ[۵]، میزان آب نسبی ازدست‌رفته[۶]، آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده[۷]، آب ازدست‌رفته برگ[۸] و آب حفظ‌شده برگ[۹] نیز با استفاده از روش‌های معرفی شده توسط کلارک و کایگ (Clarke and McCaig, 1982) بارس (Barrs, 1968) و ایکسینگ و همکاران (Xing *et al.*, 2004) محاسبه گردیدند و نیز راندمان تبخیر و تعرق[۱۰] و کارایی مصرف آب[۱۱] با استفاده از روش ادی و وینز (Ehdaie and Waines, 1993) اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس و ارزیابی تنوع ژنتیکی به ترتیب با نرم‌افزار SAS و GGE biplot انجام شد. همچنین برای ارزیابی تنوع ژنتیکی و محاسبه پارامترهای ژنتیکی به روش تجزیه اجزاء واریانس از

Stress Yield[۱]
leaf greenish value[۲]
Chlorophyll Fluorescence[۳]
Cell membrane stability[۴]
Relative water content[۵]
Relative water[۶]
Excised leaf water retention[۷]
Leaf Water Loss[۸]
Relative water Protective[۹]
Evaporate Transpiration Efficiency[۱۰]
Water Use Efficiency[۱۱]

نرم‌افزار SAS و رویه MANOVA با بهره‌گیری از روابط زیر استفاده گردید (Farshadfar *et al.*, 2013). محاسبات توسط نرم‌افزار Microsoft Excel انجام پذیرفت.

$$VE = \mathrm{MSe}$$

$$VG = \frac{\mathrm{MSg} - \mathrm{MSe}}{\mathrm{r}}$$

$$VP = \mathrm{VG} + \mathrm{VE}$$

$$PCV = 100\sqrt{\frac{\sigma_p^2}{\bar{x}}}$$

$$GCV = 100\sqrt{\frac{\sigma_g^2}{\bar{x}}}$$

$$ECV = 100\sqrt{\frac{\sigma_e^2}{\bar{x}}}$$

$$h_{ab}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

$$\text{coheritability} = \left(\frac{\mathrm{G\ cov}\ X_1\ X_2}{\mathrm{P\ cov}\ X_1\ X_2}\right)100$$

$$GG = \left(i.\frac{\sigma_g^2}{\sqrt{\sigma_p^2}}\right)100/\bar{x}$$

نتایج و بحث

شدت تنش با استفاده از شاخص (SI) ارائه شده توسط فیشر و مورر (Fisher and Maurer, 1978) اندازه‌گیری شد. مقدار بسیار بالای (۰/۷۴) محاسبه شده برای این شاخص حاکی از شدت بسیار بالای تنش خشکی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در منطقه اشاره شده است.

تنوع فنوتیپی میان ژنوتیپ‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه، پایداری غشا، میزان آب نسبی ازدست‌رفته، آب ازدست‌رفته برگ و آب حفظ‌شده برگ، کارایی مصرف آب و میزان سبزینگی برگ وجود داشت که حاکی از وجود تنوع کافی میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود (جدول۱). نتایج مقایسات میانگین برای ژنوتیپ‌ها ازنظر صفات موردنظر نشان داد که حداکثر و حداقل مقدار عملکرد دانه ($gr.\ m^{-2}$) مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۲ (۱۱۹/۷۵)

و ژنوتیپ شماره ۱۷ (۹/۴۳) بود (جدول۲). همچنین به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار صفات آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ (۰/۴۶) و شماره ۹ (۰/۳۴) می‌باشد. در مطالعه صفت محتوای نسبی آب برگ مشخص شد، ژنوتیپ شماره ۱۷ (۰/۷۳) بیشترین و ژنوتیپ شماره۱ (۰/۶۲) کمترین مقدار این صفت را داشتند. ژنوتیپ شماره ۱۷ (۰/۳۴) و ژنوتیپ شماره ۸ (۰/۰۶) به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار میزان آب نسبی ازدست‌رفته را نشان دادند. مقایسات میانگین مشخص ساخت، ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ (۰/۳۰) و شماره ۱۵ (۰/۱۷) برای صفت آب ازدست‌رفته برگ و ژنوتیپ‌های شماره ۶ (۰/۳۲) و شماره ۱۶ (۰/۰۹) برای صفت آب حفظ‌شده برگ به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار را نشان دادند. در صفات درجه سبزینگی برگ ژنوتیپ‌های شماره ۵ (۵۱/۲۶) و شماره ۱۹ (۴۳/۹۰)، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II ژنوتیپ‌های شماره ۱۸ و ۱۴ (۰/۷۷۶) و شماره ۱۳ (۰/۵۴۶) و در صفت پایداری غشاء سلولی ژنوتیپ‌های شماره ۹ (۲۵۲/۵۰) و شماره ۸ (۵۴/۰۷) به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار را داشتند. در صفات راندمان مصرف آب ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ (۰/۵۲) و شماره ۱۷ (۰/۰۴) و کارایی تبخیر و تعرق شماره ۴ (۱۶/۰۵) و شماره ۱۷ (۸/۸۱) نیز به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار را نشان دادند. ژنوتیپ شماره ۱۲ بیشترین مقدار عملکرد دانه، راندمان مصرف آب و آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده را داشت و از نظر اکثر صفات مورد بررسی مقادیر بالایی را نشان داد. براین‌اساس ژنوتیپ شماره ۱۲ متحمل‌ترین ژنوتیپ در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. از طرف دیگر ژنوتیپ شماره ۱۷ کمترین مقدار عملکرد دانه، راندمان مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق را داشت. همچنین از نظر میزان آب نسبی ازدست‌رفته نیز بیشترین مقدار در بین ژنوتیپ‌ها را نشان داد. بنابراین در مجموع، ژنوتیپ شماره ۱۷ ضعیف‌ترین ژنوتیپ میان دیگر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است.

یکی از مکانیسم‌های اصلی مقاومت به خشکی در گیاهان کاهش تعرق از طریق بستن روزنه‌ها است که باعث می‌شود میزان آب حفظ‌شده در برگ افزایش یابد. در نتیجه ارقامی که آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده بالاتری داشته باشند، نسبت به تنش خشکی مقاوم‌تر هستند (یاقوتی پور و فرشادفر، ۱۳۹۷). بررسی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس نتایج حاصل از بای‌پلات ژنوتیپ و صفات[1] نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۲۵/۸ و ۲۱/۵ درصد و درمجموع ۴۷/۳ درصد کل تنوع ژنتیکی و فنوتیپی را توجیه می‌کنند. بای‌پلات چندضلعی ژنوتیپ و صفت (شکل ۱- A) به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و یافتن الگوهای متقابل بین ژنوتیپ‌ها و صفات استفاده شد. نتایج بای‌پلات چندضلعی ژنوتیپ و صفت نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۷، ۱۶، ۴، ۱۲ و ۱۳ که در رئوس این چندضلعی قرار دارند، ژنوتیپ‌های برتر برای صفات بخش خود می‌باشند. ژنوتیپ شماره ۱۲ برترین ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه، راندمان مصرف آب، آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده و میزان سبزینگی برگ بود. از طرفی، ژنوتیپ شماره ۱۷ با پایین‌ترین مقدار عملکرد و راندمان مصرف آب، در دورترین

[1] GT biplot

فاصله نسبت به این صفات در بای‌پلات چندضلعی ژنوتیپ و صفت قرار دارد. همچنین ژنوتیپ شماره ۱۷ در یک بخش با صفت میزان آب نسبی ازدست‌رفته قرار دارد که طبیعتاً حاکی از میانگین بالاتر این ژنوتیپ برای این صفت است. صفات محتوای نسبی آب برگ و آب ازدست‌رفته برگ که در بخش مرتبط با ژنوتیپ شماره ۱۶ قرار گرفتند نیز بالاترین مقدار خود را در این ژنوتیپ نشان دادند. صفت کارایی تبخیر و تعرق در بخش مرتبط با ژنوتیپ شماره ۴ قرار گرفت که بالاترین مقدار میانگین را در این ژنوتیپ نشان داد. در بخش مرتبط با ژنوتیپ شماره ۶ هیچ صفتی مشاهده نشد ولی نزدیک‌ترین صفت به این ژنوتیپ صفت آب حفظ‌شده برگ است که تنها صفت قرار گرفته در بخش مرتبط با ژنوتیپ شماره ۱۳ می‌باشد. از طرفی بالاترین مقادیر میانگین برای این صفت به ترتیب در ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۳ مشاهده شد. کوماری و همکاران (Kumari *et al.*, 2018) بیان نمودند که ژنوتیپ‌های تحت تاثیر تنش رفتار متفاوتی نشان می‌دهند. ناواز و همکاران (Nawaz *et al.*, 2014) بیان داشتند که تنش خشکی آخر فصل در مقایسه با تنش خشکی در اوایل فصل تاثیرات بیشتری را بر تنظیم آب، جذب عناصر غذایی از خاک رشد و عملکرد در گندم دارد. موئیدی و همکاران (Moayedi *et al.*, 2010) نیز بر تاثیر معنی دار خشکی بر کاهش محتوای کلروفیل برگ، پایداری غشای سلول و محتوای آب نسبی اشاره کرده است. صدیق و همکاران (Siddique *et al.*, 2000) متوسط کاهش ۴۳ درصدی محتوای نسبی آب برگ را تحت شرایط تنش خشکی در گندم گزارش کردند. کاهش محتوای نسبی آب برگ موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. کمبود آب در برگ‌ها موجب القای تنظیم اسمزی شده که آب گیری مجدد را به دنبال خواهد داشت. توانایی تنظیم اسمزی در گیاهان موجب افزایش کارایی مصرف آب خواهد شد (Ahmad *et al.*,2018). کیوان (Keyvan, 2010) بیان داشت مقادیر بیشتر رطوبت نسبی در برگ‌ها در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان معیار مقاومت به خشکی در نظر گرفته شود. از طرف دیگر خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Alaei 2011; Arjenaki *et al.*, 2012). همبستگی مثبتی میان کلروفیل، طول دوره پرشدن دانه و تعداد دانه در هر سنبله گزارش شده است (Kilic and Tacettin, 2010).

روابط فنوتیپی و ژنوتیپی میان صفات

گزینش عملکرد به تنهایی به علت کمی و پیچیده بودن این صفت و تاثیر بسیار زیاد محیط بر آن معمولاً به نتایج ثمربخشی منتهی نمی‌شود. انتخاب صفات مرتبط و همراه با تاثیر مثبت بر عملکرد می‌تواند به گزینش ژنوتیپ‌های ایده‌آل کمک شایانی کند. بر این اساس شناخت ارتباط میان صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Estehghari and Farshadfar, 2014).

از بای‌پلات ژنوتیپ و صفات در نشان دادن شدت و جهت روابط فنوتیپی بین صفات استفاده می‌شود. در نمایش برداری بای‌پلات ژنوتیپ و صفات (شکل ۱- B)، برای هر صفت بردارهای از مبدأ بای‌پلات خارج‌شده و به علائم صفات می‌رسد. زاویه میان بردارهای دو صفت نشان‌دهنده ارتباط فنوتیپی میان آن دو است. همچنین بای‌پلات ژنوتیپ و صفات در گزینش غیرمستقیم صفت هدف همانند صفت چندژنی مانند عملکرد و یا صفاتی که اندازه‌گیری آن‌ها هزینه‌بر است،

می‌تواند کارا باشد (Yan and Tinker, 2005; Yan and Fregeau-Reid, 2008). براساس بای‌پلات ژنوتیپ و صفات (شکل ۱- B) صفات عملکرد دانه و راندمان مصرف آب بردارهایی مماس بر هم داشتند. بنابراین این دو صفت ارتباط ژنوتیپی و فنوتیپی بسیار بالایی نیز خواهند داشت. همچنین صفات کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و آب ازدست‌رفته برگ که زاویه کمی بین دو بردارشان دیده می‌شود، نیز ارتباط ژنوتیپی و فنوتیپی بالایی دارند. از طرفی صفات عملکرد دانه و راندمان مصرف آب با صفت میزان آب نسبی ازدست‌رفته در یک راستا با زاویه باز قرار دارند که نشان از ارتباط ژنتیکی و فنوتیپی منفی بین آن‌هاست. بردارهای صفات آب ازدست‌رفته برگ و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II با بردار صفت آب حفظ‌شده برگ زاویه باز داشتند که نشانگر ارتباط ژنتیکی و فنوتیپی منفی میان این صفات است. این نتایج با جدول همبستگی ژنتیکی مطابقت داشت. همچنین زاویه ۹۰ درجه‌ای میان بردارهای صفات عملکرد دانه و راندمان مصرف آب با صفات آب ازدست‌رفته برگ و آب حفظ‌شده برگ حاکی از عدم ارتباط فنوتیپی و ژنوتیپی معنی‌دار بین این صفات است.

به منظور تشخیص همبستگی بخش وراثت پذیر (ژنتیکی) از میزان همبستگی کل (فنوتیپی)، جدول همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی صفات آورده شد (جدول ۳) که برطبق آن همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین عملکرد دانه و راندمان مصرف آب (۱/۰۰، ۱/۰۰) مثبت و معنی‌داری بود که با نتایج حاصل از بای‌پلات ژنوتیپ و صفات (شکل ۱- B) مطابقت دارد. همچنین عملکرد دانه با صفت میزان آب نسبی ازدست‌رفته (۰/۵۱-) همبستگی ژنتیکی منفی معنی‌دار داشت. میان صفات آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده با درجه سبزینگی برگ همبستگی ژنتیکی مثبت معنی‌دار (۰/۹۱) و میان صفات آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده و آب ازدست‌رفته برگ نیز همبستگی فنوتیپی منفی و معنی‌دار (۰/۶۴-) دیده شد. میان دو صفت میزان آب نسبی ازدست‌رفته و آب حفظ‌شده برگ (۰/۵۵-) همبستگی ژنتیکی منفی وجود داشت. همچنین میان صفات آب ازدست‌رفته برگ و آب حفظ‌شده برگ (۰/۹۴-) و میان صفات آب ازدست‌رفته برگ و فتوشیمیایی فتوسیستم II (۰/۷۶) به ترتیب همبستگی ژنتیکی منفی و مثبت معنی‌دار و میان صفات آب ازدست‌رفته برگ و آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده (۰/۶۴-) همبستگی فنوتیپی منفی معنی‌دار مشاهده شد. صفت درجه سبزینگی برگ نیز با صفت کارایی تبخیر و تعرق (۱≈) و راندمان مصرف آب (۰/۵۵) همبستگی ژنتیکی مثبت داشت که در اکثر موارد با نتایج حاصل از بای‌پلات ژنوتیپ و صفات (شکل ۱- B) مطابقت دارد.

یاقوتی‌پور و فرشادفر (۱۳۹۷) در مطالعات خود بیان کردند، محتوی آب نسبی برگ با محتوای آب برگ همبستگی منفی و بسیار معنی دار و با آب نگهداری شده در برگهای بریده شده همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. استقاری و فرشادفر (Estehghari and Farshadfar, 2014) همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی، میزان آب نسبی ازدست‌رفته، آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده، محتوای نسبی آب برگ و کارایی تبخیر و تعرق گزارش داده و بیان نمودند که انتخاب

هر یک از صفات به طور همزمان بر صفت دیگر تاثیر مثبت می‌گذارد. هاشمی نسب و همکاران (Hasheminasab *et al.*, 2012) بیان کردند که این صفات در غربالگری ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی موثر هستند. همچنین بیان نمودند که ارتباط قابل توجهی بین توانایی حفظ محتوای برگ و تحمل به خشکی وجود دارد. علاوه بر این، هاشمی نسب و همکاران (Hasheminasab *et al.*, 2012) گزارش کردند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پایداری غشا با آب حفظ‌شده برگ و محتوای نسبی آب برگ و میان میزان بالای تنظیم اسمزی و پایداری غشا در شرایط تنش خشکی وجود دارد.

تنوع و پارامترهای ژنتیکی و فنوتیپی

کنترل ژنتیکی اکثر صفات مهم اقتصادی و به نژادی اغلب پیچیده و بسیار تحت تاثیر محیط است. بنابراین تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی می‌تواند موجب شود اثرات ژنوتیپ و محیط جداگانه مورد بررسی قرار گیرند (ارشد و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به جدول پارامترهای ژنتیکی (جدول ۴)، در صفت پایداری غشا بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی (h^2bs =۰/۹۸)، پیشرفت ژنتیکی (GG =۱۰۱/۲۱)، وراثت‌پذیری توام با صفت عملکرد دانه (c-h^2bs =۰/۹۲)، تغییرات فنوتیپی (PCV =۵۰/۱۶) و ژنتیکی (GCV =۴۹/۶۵) دیده شد و همچنین سهم بیشتر تنوع فنوتیپی در این صفت تحت شرایط مورد بررسی به بخش ژنتیکی اختصاص داده شده است. کمترین مقادیر پیشرفت ژنتیکی (GG =۳/۷۲)، و ضریب تغییرات در صفت درجه سبزینگی برگ دیده شد. کمترین مقادیر تنوع (فنوتیپی، ژنتیکی و محیطی) و وراثت پذیری عمومی (h^2bs =۰/۰۳) و وراثت‌پذیری توام (c- =۰/۳۴ h^2bs) به ترتیب در صفات محتوای نسبی آب برگ و محتوای نسبی آب برگ دیده شد.

تنوع مشاهده‌شده در بین صفاتی که میزان PCV و GCV به هم نزدیکی دارند، از نوع ژنتیکی است. از طرفی هرچقدر اختلاف بین میزان PCV و GCV بیشتر باشد نشان‌دهنده تأثیر بیشتر محیط بر روی این صفات می‌باشد (Khalili and Naghavi, 2018). بر این اساس در بین صفات مورد مطالعه صفت پایداری غشا، میزان PCV و GCV نزدیکی داشته بنابراین تنوع مشاهده شده در این صفت از نوع ژنتیکی است. صفت کارایی تبخیر و تعرق نیز بیشترین مقدار اختلاف بین میزان PCV و GCV را دارد که به بیشترین میزان تاثیرپذیری از محیط را دارا می‌باشد. در برخی موارد، برآورد واریانس بعضی از صفات به دلایل گوناگون نظیر اشتباه نمونه‌برداری، پایین بودن تعداد داده‌ها، استفاده از مدل‌های آماری نادرست یا عدم وجود تنوع کافی منفی می‌شود (Bker, 1986). در این مطالعه نیز، هنگام برآورد پارامترهای ژنتیکی، صفت محتوای نسبی آب برگ چنین موردی مشاهده شد، که به‌جای واریانس صفت مربوطه، عدد صفر منظور شد و هیچ تفسیر خاصی به‌منظور برآورد تنوع ژنتیکی روی این صفت صورت نگرفت. اگرچه وجود وراثت پذیری بالا، موثر بودن گزینش را بر اساس کارایی فنوتیپی نشان می دهد ولی هیچ اطلاعاتی در مورد بهبود صفت مورد نظر با گزینش بهترین افراد نمی‌دهد که این مورد با استفاده از پیشرفت ژنتیکی امکان‌پذیر است (یاقوتی پور و فرشادفر، ۱۳۹۷). وراثت‌پذیری به همراه پیشرفت ژنتیکی از پارامترهای مهم انتخاب روش اصلاحی هستند که اگر باهم به‌کاربرده شوند کارایی بسیار بالایی در توسعه ارقام دارند (Khalili and Naghavi, 2018).

برآورد پیشرفت ژنتیکی در درک فعالیت ژن‌های درگیر در بیان صفات پلی ژنتیک مؤثر است. مقادیر بالای آن نشان‌دهنده اثرات افزایشی ژن‌ها و مقادیر پایین آن بیانگر فعالیت غیر افزایشی ژن‌ها است (Khalili and Naghavi, 2018). با توجه به مطالب ذکرشده صفات پایداری غشا، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب که دارای وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالای می‌باشند توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل‌شده و انتخاب در نسل‌های اولیه بر روی صفات مذکور پیشنهاد می‌شود. این نتیجه با نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش ۲۰ رقم گندم دوروم، یاقوتی پور و فرشادفر (۱۳۹۷) مطابقت داشته و با نتایج حاصل از آزمایش رنجبر (Ranjbar, 2017)، بر روی ۳۰ ژنوتیپ گندم نان مغایرت داشت. از طرفی مقادیر بالای وراثت‌پذیری لزوماً به معنای این نیست که صفت بازده ژنتیکی بالایی دارد، اگر وراثت‌پذیری بالا همراه با پیشرفت ژنتیکی پایین باشد همانند صفت آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده در این آزمایش نشان‌دهنده اثرات اپیستاتیک یا غالبیت و غیر افزایشی است و احتمالاً اصلاح از طریق هتروزیس می‌تواند مناسب باشد (Khalili and Naghavi, 2018). همچنین وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی پایین که در صفات کارایی تبخیر و تعرق و درجه سبزینگی برگ دیده می‌شود نشان‌دهنده اثرات غیر افزایشی ژن‌ها و تأثیر بیشتر محیط است، درنتیجه کارایی انتخاب در این دو صفت بسیار پایین است (Khalili and Naghavi, 2018). در مقابل استقاری و فرشادفر(Estehghari and Farshadfar, 2014) وراثت‌پذیری توام بالایی بین میزان آب نسبی ازدست‌رفته با عملکرد دانه و کارایی مصرف آب مشاهده کردند.

نتیجه گیری کلی

طبق نتایج ذکرشده در این آزمایش در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر اکثر صفات تنوع قابل‌ملاحظه‌ای وجود داشت. همچنین بین صفت عملکرد دانه با برخی از صفات فیزیولوژیک مورد ارزیابی در تنش خشکی ارتباط ژنتیکی و فنوتیپی بالا دیده شد. از آنجاکه تحمل به خشکی و عملکرد از صفات پیچیده با وراثت‌پذیری پایین بوده و نیز انتخاب براساس صفات فیزیولوژیک به منظور افزایش عملکرد آسان و دقیق می‌باشد. در نتیجه مطالعه این صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی، براساس این صفات بسیار موفقیت‌آمیزاست. همچنین با توجه به سهم بالای اثرات افزایشی در صفات پایداری غشا، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب، انتخاب در نسل های اولیه در برنامه اصلاحی پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به سهم بالای اثرات غیرافزایشی در صفت آب نگهداری شده در برگ‌های بریده‌شده، اصلاح بر اساس هتروزیس و تولید هیبرید پیشنهاد می‌شود.

جدول۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک گندم نان در شرایط دیم

Table 1- Analysis of Variance of Physiological Traits of Bread Wheat in Dryland Conditions

S.O.V	df	RWP	LWL	RWL	RWC	ELWR	YS
Block	2	0.001^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.015*	0.001 ^{ns}	251.058 ^{ns}
Genotypes	18	0.12 *	0.004*	0.013**	0.003 ^{ns}	0.002^{ns}	1648.018**
Error	36	0.004	0.001	0.002	0.004	0.001	343.324
S.O.V	df	ETE	WUE	CMS	FV/FM	LGV	
Block	2	16.44^{ns}	0.004 ^{ns}	0.153 ^{ns}	0.019 ^{ns}	2.746 ^{ns}	
Genotypes	18	11.94 ^{ns}	0.013**	13386.00**	0.010 ^{ns}	989.14*	
Error	36	7.94	۰.۲۳٤	91.85	0.006	046.7	

ns، *، **: غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, *, **: Non-significant Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

S.O.V: منابع تغییرات، df: درجه آزادی، YS: عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)، ELWR : آب نگهداری شده در برگهای بریده شده (درصد)،RWC : محتوی آب نسبی برگ (درصد)، RWL : میزان آب نسبی ازدست‌رفته (درصد)،LWL : آب از دست‌رفته برگ(درصد)،RWP : آب حفظ‌شده برگ (درصد)،LGV : درجه سبزینگی برگ، FV/FM : کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، CMS : پایداری غشا، WUE : راندمان مصرف آب (گرم بر متر مکعب)، ETE: راندمان تبخیر و تعرق (گرم بر متر مکعب).

S.O.V: Source of variation, df: Degree of freedom, YS: Stress Yield (gr m^{-2}), ELWR: Excised leaf water retention(%), RWC: Relative water content(%), RWL: Relative water(%), LWL: Leaf Water Loss(%), RWP: Relative water Protective(%), LGV: leaf greenish value, FV/FM: Chlorophyll Fluorescence, CMS: Cell membrane stability, WUE: Water Use Efficiency(kg m^{-3}), ETE: Evaporate Transpiration Efficiency(kg m^{-3}).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک گندم نان در شرایط دیم

Table 2. Comparison of mean physiological traits of Bread wheat in rainfed conditions

Codes	Names	ETE (kg m^{-3})	WUE (kg m^{-3})	CMS	FV/FM	LGV	RWP (%)	LWL (%)	RWL (%)	RWC (%)	ELWR (%)	YS (gr m^{-2})
1	wc-47456	12.40	0.10	199.53	0.71	46.13	0.24	0.19	0.21	0.62	0.43	24.30
2	Pishtaz	14.29	0.30	85.00	0.67	47.03	0.28	0.24	0.13	0.63	0.42	69.66
3	wc-4566	9.43	0.18	156.62	0.67	46.80	0.25	0.22	0.14	0.72	0.42	41.66
4	wc-46697-II	16.05	0.26	256.46	0.74	50.53	0.14	0.30	0.18	0.72	0.40	59.95
5	wc-47367	15.17	0.22	85.97	0.64	51.26	0.22	0.25	0.19	0.67	0.41	51.47
6	wc-4780	12.85	0.16	140.07	0.65	44.16	0.32	0.20	0.19	0.65	0.44	36.80
7	wc-47636	13.83	0.28	106.96	0.76	46.40	0.22	0.20	0.19	0.69	0.42	64.47
8	wc-47381	10.08	0.26	54.07	0.67	49.36	0.27	0.20	0.06	0.70	0.44	60.14
9	wc-4584	11.76	0.24	252.50	0.74	44.46	0.29	0.23	0.11	0.68	0.34	55.99
10	wc-4530	13.46	0.27	69.62	0.67	45.20	0.17	0.25	0.09	0.63	0.40	61.63
11	wc-47341	12.58	0.13	230.64	0.72	46.43	0.26	0.23	0.17	0.64	0.44	28.99
12	wc-4931	13.06	0.52	167.49	0.64	49.93	0.26	0.20	0.17	0.65	0.46	119.75
13	wc-5053	13.07	0.21	125.67	0.54	49.27	0.30	0.19	0.20	0.65	0.45	48.55
14	wc-47619	10.80	0.33	80.40	0.77	45.46	0.17	0.25	0.24	0.70	0.42	76.85
15	wc-47360	11.59	0.33	86.01	0.75	49.63	0.20	0.17	0.14	0.65	0.43	74.98
16	wc-47628	11.99	0.22	113.63	0.73	46.33	0.09	0.30	0.30	0.73	0.40	50.88

17	wc-4640	8.81	0.04	70.14	0.71	47.73	0.23	0.22	0.34	0.71	0.40	9.43
18	wc-4823	10.28	0.29	64.66	0.77	45.80	0.176	0.25	0.20	0.67	0.42	66.50
19	wc-5047	9.79	0.24	191.53	0.68	43.90	0.12	0.27	0.16	0.65	0.43	55.30
LSD 0/01		6.25	0.17	21.28	0.17	5.89	0.15	0.08	0.10	0.15	0.08	41.14
Max		16.05	0.52	256.45	0.77	51.26	0.32	0.30	0.34	0.73	0.46	199.75
Min		8.81	0.04	54.07	0.54	43.90	0.09	0.17	0.06	0.62	0.34	9.43
Me		11.97	1.09	135.64	0.70	47.14	0.22	0.22	0.18	0.67	0.42	55.63

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی (بالا خارج از قطر ماتریس) و ژنتیکی (پایین خارج از قطر ماتریس) صفات مورد مطالعه

Table 3- Phenotypic (Uppper off-diagonal matrix) and Genetic (Lower off-diagonal matrix) Correlation coefficients of the studied traits

	YS	CMS	ELWR	RWC	RWL	LWL	RWP	WUE	ETE	LGV	FV/FM
YS		-0.11	0.04	-0.03	-0.21	-0.04	-0.04	1.00**	0.12	0.09	-01.01
CMS	-0/14		-0.27	-0.04	-0.08	0.08	0.04	-0.13	0.11	-0.08	-0.03
ELWR	0/33	-0/18		-0.39	-0.10	-0.64**	0.12	-0.05	-0.45	-0.13	-0.46*
RWC	<<1$	<<1$	<<1$		0.24	-0.06	-0.12	-0.10	0.03	-0.13	0.13
RWL	-0.51*	-0.12	0.20	<<1$		0.23	-0.09	-0.23	-0.01	0.08	0.21
LWL	0.03	0.17	-0.12	<<1$	0.20		-0.06	0.01	0.16	-0.08	0.05
RWP	-0.20	0.08	0.25	<<1$	-0.55**	-0.94**		-0.06	-0.01	0.10	-0.22
WUE	1.00**	-0.13	0.37	<<1$	-0.50*	0.06	-0.19		0.09	-0.01	-0.07
ETE	0.17	0.39	0.20	<<1$	-0.46*	0.44	-0.21	0.21		0.05	0.16
LGV	0.47*	-0.17	0.91**	<<1$	-0.18	-0.27	0.03	0.55*	1. 21**$		-0.15
FV/FM	0.13	-0.04	-0.08	<<1$	0.23	0.76**	-0.81**	0.17	0.12	0.14	

* و **: معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ $: با توجه به میزان واریانس ژنتیکی ، همبستگی ژنتیکی یک تخمین پایه بود.

*; **: Significant at 5% and 1% level of probability. $: Due to the amount of genetic variance, genetic correlation was a based estimate.

جدول ۴- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات فیزیولوژیک در شرایط دیم

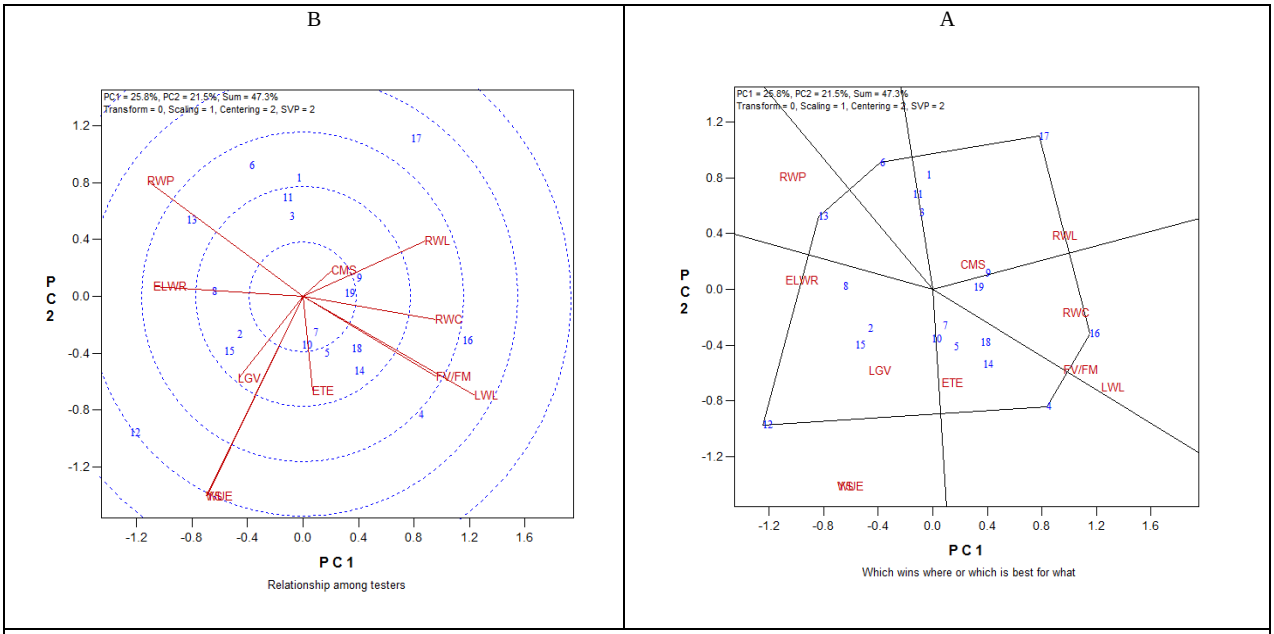
Table 4- Estimation of Genetic Parameters of Physiological Traits in Dryland Conditions

Traits	Mean	σ^2_G	σ^2_p	σ^2_e	CovG (YS,i)	Covp (YS,i)	h^2bs	c-h2bs	PCV	GCV	ECV	GG
YS	55.63	434.89	778.20	343.31	--	--	0.56	--	50.14	37.48	33.31	57.73
CMS	134.7	4431.30	4523.14	91.84	-189. 8	-205.9	0.98	0.92	50.16	49.65	7.15	101.24
ELWR	0.42	0.0007	0.0009	0.0003	0.18	0.04	0.70	4.85	7.21	6.05	3.39	10.45
RWC	0.67	0000	0.0039	00040	-0.10	-0.36	0.03	1.90	9.26	----*	9.40	----*
RWL	0.18	0.0036	0.0061	0.0025	-0.64	-0.45	0.59	1.42	42.50	32.65	27.21	51.67
LWL	0.23	0.0008	0.0024	0.0016	0.02	0.06	0.34	0.34	21.39	12.46	13.37	15.03
RWP	0.23	0.0025	0.0071	0.0046	-0.21	-0.09	0.35	2.23	37.35	22.19	30.04	27.16

WUE	0.24	0.01	0.01	0.01	1.90	3.34	0.58	0.57	49.57	37.75	32.13	59.23
ETE	11.98	1.33	9.28	7.95	4.17	10.35	0.14	0.40	25.44	9.62	23.55	7.50
LGV	47.15	2.65	9.67	7.03	16.07	7.54	0.27	2.13	6.60	3.45	5.62	3.72
FV/FM	0.70	0.0021	0.01	0.01	0.13	-0.03	0.30	4.48	12.14	6.60	10.19	7.38

Mean: میانگین هر صفت، σ^2_G: تنوع ژنتیکی، σ^2p: تنوع فنوتیپی، σ^2e: تنوع محیطی، h^2bs: وراثت پذیری، $c\text{-}h^2bs$: وراثت پذیری توام، ECV: ضریب تغییرات فنوتیپی، GCV: ضریب تغییرات ژنتیکی، ECV: ضریب تغییرات محیطی، GG: پیشرفت ژنتیکی، YS: عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)، ELWR : آب نگهداری شده در برگهای بریده شده (درصد)،RWC : محتوی آب نسبی برگ (درصد)، RWL : میزان آب نسبی ازدست‌رفته (درصد)، LWL: آب از دست‌رفته برگ(درصد)،RWP : آب حفظ‌شده برگ (درصد)،LGV : درجه سبزینگی برگ، FV/FM : کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، CMS : پایداری غشا، WUE : راندمان مصرف آب (گرم بر متر مکعب)، ETE: راندمان تبخیر و تعرق (گرم بر متر مکعب). * : با توجه به میزان واریانس ژنتیکی و همبستگی ژنتیکی یک تخمین پایه بود.

Mean: Mean of each trait; σ2G: Genotypic variance, σ2p: Phenotypic variance, σ2e: Environmental variance, h2 bs: broad sense heritability, c-h2 bs: broad sense co-hertability, PCV: phenotypic coefficient of variation, GCV: genotypic coefficient of variation, ECV: environmental coefficient of variation, GG: genetic gain, YS: Stress Yield(gr m¬2), ELWR: Excised leaf water retention(%), RWC: Relative water content(%), RWL: Relative water(%), LWL: Leaf Water Loss(%), RWP: Relative water Protective(%), LGV: leaf greenish value, FV/FM: Chlorophyll Fluorescence, CMS: Cell membrane stability, WUE: Water Use Efficiency(kg m-3), ETE: Evaporate Transpiration Efficiency(kg m-3) . *: Due to the amount of genetic variance, genetic correlation was a based estimate.



شکل۱- بای پلات ژنوتیپ - صفات (A) و بای پلات ارتباط بین صفات فیزیولوژیکی (B)

Fig. 1- biplot genotypes- traits (A) and biplot relationship among physiological traits (B)

فهرست منابع

References

ارشد، ی.، م. زهراوی و ع. سلطانی. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات صفات زراعی تحت شرایط تنش خشکی در توده‌های گندم نان. مجله پژوهش‌های به‌زراعی. ۱۰(۳): ۲۱۹-۲۳۷.

امیری، ر.، ص. بهرامی‌نژاد و ش، ساسانی. ۱۳۹۱. ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس صفات فیزیولوژیک در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. تحقیقات غلات. ۲ (۴): ۳۰۵-۲۸۹.

فرشادفر، ع.، و ر، امیری. ۱۳۹۷. بررسی مقاومت به خشکی لاین‌های مختلف گندم نان با استفاده از صفات آگروفیزیولوژیک و شاخص انتخاب جامع. تنش های محیطی در علوم زراعی. ۱۱ (۱): ۹۱-۷۹.

یاقوتی پور. آ و ع، فرشادفر. ۱۳۹۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپهای گندم دوروم *(Triticum durum L.)* براساس صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در شرایط بدون تنش. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی.۱۰ (۳۷): ۴۸-۳۵.

Ahmad, Z., E. A. Waraich, S. Akhtar, S. Anjum, T. Ahmad, W. Mahboob, O. B. Abdul Hafeez, T. Tapera, M. Labuschange, and M. Rizwan. 2018. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches. Acta physiologiae plantarum. 40(4), 80.

Ahmadizadeh, M., M. Valizadeh, H. Shahbazi, and A. Nori. 2014. Behavior of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions in the greenhouse. African Journal of Biotechnology. 11 (8): 1912-1923.

Ali, M. B., and A. N. El-Sadek. 2016. Evaluation of drought tolerance indices for wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigated and rainfed conditions. Communications in Biometry and Crop Science. 11(1): 77-89.

Alaei, Y. 2011. The effect of amino acids on leaf chlorophyll content in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Middle East Journal of Scientific Research. 10: 99–101.

Arjenaki, FG., R. Jabbari, and A. Morshedi. 2012. Evaluation of drought stress on relative water content, chlorophyll content and mineral elements of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4: 726–729.

Barrs, H. D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In: T.T. Kozolvski (Ed.), Water Deficits and Plant Growth. Academic Press. 1: 235–368.

Bker, R. J. 1986. Selection Indices in Plant Breeding. Contemporary Research Center Publishing. 218p.

Blum, A., N. Klueva, and H. T. Nguyen. 2001. Wheat cellular thermotolerance is related to yield under stress. Euphytica. 117: 117-123.

Clarke, J. M., and T. N. McCaig. 1982. Excised- leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. Canadian Journal Plant Science. 62: 571-578.

Cossani, C. M., and, M. P. Reynolds. 2012. Physiological traits for improving heat tolerance in wheat. Plant Physiology. 160 (4): 1710-1718.

Desoky, E. M., N. M. El-Sarkassy, and S. A. Ibrahim. 2017. Integrated Application of Proline or Potassium in Alleviating the Adverse Effects of Irrigation Intervals on Wheat Plants. Journal of Plant Production Mansoura University. 8 (10): 1045 – 1055.

Ehdaie, B., and JG. Waines. 1993. Variation in wateruse efficiency and its components in wheat. I. Wellwatered pot experiment. Crop Science. 33: 294–299.

Estehghari, M. R., and Farshadfar, E. 2014. Evaluation of phenotypic variability, genetic parameters, heritability and genetic gain in bread wheat genotypes under rainfed conditions. International Journal of Biosciences. 4 (12): 193-201.

Farshadfar, E., H. Romena, and H. Safari. 2013. Evaluation of variability and genetic parameters in agro-physiological traits of wheat under rain-fed condition. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5 (9): 1015-1021.

Fisher, R. A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. Australian Journal Agriculture Research. 29: 897-912.

FAO. 2010. Food and Agriculture Organization. Statistics: FAOSTAT agriculture. Retrieved November, 2010. From http://fao.org/crop/statistics.

Genty, B., JM. Briantais, and NR. Baker. 1989. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochimica et Biophysica Acta. 990: 87-92.

Hasheminasab, H., M. T. Assad, A. Aliakbari, and S. R. Sahhafi. 2012. Evaluation of some physiological traits associated with improved drought tolerance in Iranian wheat. Annals of Biological Research. 3 (4): 1719-1725

Hossain, A., J. A. Teixeira da Silva, M. V. Lozovskaya, and Zvolinsky, V. P. 2012a. High temperature combined with drought affect rainfed spring wheat and barley in South-Eastern Russia: I. Phenology and growth. Saudi Journal of Biological Sciences. 19 (4): 473–487.

Hossain, A., J. A. Teixeira da Silva, M. V. Lozovskaya, V. P. Zvolinsky, and V. I. Mukhortov. 2012b. High temperature combined with drought affect rainfed spring wheat and barley in south-eastern Russia: Yield, relative performance and heat susceptibility index. Journal Plant Breeding Crop Science. 4 (11): 184–196.

Iqbal, J. 2019. Morphological, Physiological, and Molecular Markers for the Adaptation of Wheat in Drought Condition. Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering. 2 (1): 1-13.

Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences. 8: 1051–1060.

Khalili, M., and M. R. Naghavi, 2018. Evaluation of Genetic Diversity of Spring Wheat Cultivars for Physiological and Agronomic Traits under Drought Stress. Journal of Crop Breeding. 10 (25): 138-151.

Kilic, H., and Y. Tacettin. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (Triticum turgidum ssp. durum). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38: 164–170.

Kumari, S., S. Kumar, P. Prakash, and A. Singh. 2018. Effect of individual and combined drought and high temperature stress condition on chlorophyll contents and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7 (1): 2369-2374.

Mesgaran, M. B., K. Madani, H. Hashemi, and P. Azadi. 2017. Iran's land suitability for agriculture. Scientific reports. 7 (1): 70-76.

Mir, R. R., M. Zaman-Allah, N. Sreenivasulu, R. Trethowan, and R. K. Varshney. 2012. Integrated genomics physiology and breeding approaches for, improving drought tolerance in crops. Theoretical and Applied Genetics. 125 (4): 625–645.

Moayedi, A. A., A. N. Boyce, and S. S. Barakbah. 2010. The performance of durum and bread wheat genotypes associated with yield and yield component under diferent water defcit conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 4 (1): 106–113.

Mwadzingeni, L., H. Shimelis, E. Dube, M. D. Laing, and T. J. Tsilo. 2016. Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. Journal of Integrative Agriculture. 15 (5): 935-943.

Naroui Rad, M. R., M. Abdul Kadir, M. Y. Rafii, H. Z. E. Jaafa, and M. Danaee, 2013. Gene action for physiological parameters and use of relative water content (RWC) for selection of tolerant and high yield genotypes in F2 population of wheat. Australian Journal of Crop Science. 7 (3): 407-413.

Nawaz, F., M. Y. Ashraf, R. Ahmad, E. A. Waraich, and R. N. Shabbir. 2014. Selenium (Se) regulates seedling growth in wheat under drought stress. Advanced Chemistry. 2014: 1–7.

Ranjbar, H. 2017. Genetic Diversity of Bread Wheat under Drought Conditions. Journal of New Ideas on Science and Technology. 1 (2): 1-7.

Rehman, S. U., M. Bilal, R. M. Rana, M. N. Tahir, M. K. N. Shah, H. Ayalew, and G. Yan. 2016. Cell membrane stability and chlorophyll content variation in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under conditions of heat and drought. Crop and Pasture Science. 67 (7): 712-718.

Siddique, M. R. B., A. Hamid, and M. S. Islam. 2000. Drought stress efects on water relations of wheat. Botanical bulletin of Academia Sinica. 41: 35–39.

WFP (World food programme). 2016. Food and nutrition security in Iran: A Summary Report. WFP Iran Country Office, avalible: https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000021105/download/.

Xing, H., L. Tan, L. An, Z. Zhao, S. Wang, and C. Zhang. 2004. Evidence for the involvement of nitric oxide and reactive oxygen species in osmotic stress tolerance of wheat seedlings: inverse correlation between leaf abscisic acid accumulation and leaf water loss. Plant Growth Regulation. 42: 61–68.

Yan, W., and J. Fregeau-Reid. 2008. Breeding line selection based on multiple traits. Crop Science. 48 (2): 417-423.

Yan, W., and N. Tinker. 2005. An intergraded analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype×environment interaction. Crop Science. 45: 1004-1016.

Genetic evaluation of physiological Traits related to drought tolerance in some bread wheat genotypes under rain-fed conditions

Z. Morovati[*1], E. Farshadsfar[2] and M. H Romena[3]

Received date: 2 June 2019 Accepted date: 5 February 2020

Abstract

In order to investigate phenotypic and genotypic correlations between physiological characteristics related to drought tolerance and genetic variation and estimating the genetic parameters of these indices in rain-fed condition, 19 genotypes of bread wheat were cultivated in a randomized complete block design with three replications in the research field of Agricultural Research Campus Natural Resources of Razi University of Kermanshah, Iran during 2014-15. analysis of variance (ANOVA) showed significant differences for the grain yield (YS), the cell membrane stability (CMS), the relative water loss (RWL), the leaf water loss (LWL), the relative water protective (RWP), the water use efficiency (WUE) and the leaf greenish value (LGV) under rain-fed condition. The polygon view of GT biplot showed that genotype no. 12 (wc-4931) was the best genotype compared to other genotypes due to YS, WUE, ELWR and LGV. A high positive genetic and phenotypic relation was observed between WUE and Ys, FV/FM and LWL and, ELWR and LGV. In other hand, High heritability and genetic gain were observed for YS, CMS and WUE that reflect the additive gene action. Accordingly, due to the high propotion of additive effects in CMS, YS and WUE, it was suggested that the evaluation of genotypes must be done at erarly generarion of inbreeding.

Keywords: Genetic diversity, Physiological traits, Genetic parameters, Heritability, GGE biplot.

1- M.Sc. graduated student of Department of Production Engineering and Plant Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.
2- Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.
3- Ph.D. graduated student of Department of Production Engineering and Plant Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.
*Coresponding Author: morovatizahra3@gmail.com