مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۹، شماره ۴، سال ۱۳۹۲

ارزیابی برخی صفات فیزیولوژیک در لاین‌های گندم نان متحمل به خشکی در شرایط دیم

Evaluation of some Physiological Traits in Drought Tolerant Lines of Bread Wheat in Rainfed Conditions

سیدمحمد علوی سینی[۱]، جلال صبا[۲]، جابر نصیری[۳] و کاظم سلیمانی[۴]

۱ و ۲- به ترتیب کارشناس تحقیقاتی و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۴- کارشناس، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۰

چکیده

علوی سینی، س. م.، صبا، ج.، نصیری، ج. و سلیمانی، ک. **۱۳۹۲.** ارزیابی برخی صفات فیزیولوژیک در لاین های گندم نان متحمل به خشکی در شرایط دیم. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۹:** ۶۵۷ - ۶۳۷.

مطالعه صفات فیزیولوژیک و ارتباط این صفات با هم و با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی می‌تواند به شناسایی صفات موثر در مقاومت به تنش خشکی کمک کند. به منظور بررسی این صفات، پارامترهای تبادلات گازی، وضعیت آبی، خصوصیات برگ پرچم، شاخص محتوای کلروفیل، عملکرد و وزن هزار دانه در بیست ژنوتیپ گندم نان (۱۸ لاین و دو رقم سرداری و آذر۲) دریافتی از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، در ایستگاه کشاورزی دیم قیدار در استان زنجان مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، لاین شماره ۴ و رقم آذر۲ بیشترین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌ها داشتند. ژنوتیپ‌هایی که CO_2 زیر روزنه‌ای پائین و وزن هزار دانه بالاتری داشتند عملکرد بالاتری تولید کردند. بر مبنای همبستگی ژنوتیپی، رابطه معنی‌دار و منفی بین عملکرد دانه و محتوای نسبی آب برگ وجود داشت. تجزیه کلاستر و تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس صفات مورد مطالعه، ژنوتیپ‌ها را در سه کلاستر جداگانه قرار داد. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش مشخص شد که در شرایط دیم ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴، ۸، ۱۳، ۱۷، ۶ و ۱۸ براساس تمامی صفات مورد مطالعه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، خصوصیات برگ پرچم، تبادلات گازی، شاخص محتوای کلروفیل، تحمل به خشکی.

نویسنده مسئول: nassiri.j@gmail.com تلفن: ۰۹۱۳۳۲۲۰۳۹۹

مقدمه

گیاهان در دوره حیات خود با تنش‌های متعددی مواجه می‌شوند، این تنش‌ها رشد، متابولیسم و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به طور کلی در میان این تنش‌ها، خشکی از جمله تنش‌های غیرزیستی مهمی است که عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. تقریبا همه گونه‌های گیاهی به تنش آب تحمل نشان می‌دهند اما این توانایی در بین گونه‌ها و حتی در ارقام داخل هر گونه نیز متفاوت است (Larcher, 2003). گندم در سطح وسیعی از اراضی دیم کشت می شود و از آن جائی که حدود ۳۵٪ سطح کشورهای در حال توسعه را مناطق نیمه خشک در بر گرفته است گزینش ژنوتیپ‌های با سازگاری بهتر به خشکی تولید گندم را افزایش خواهد داد (Rajaram, 2001). امروزه مدل‌های فیزیولوژیکی فرصت مناسبی را برای افزایش اطلاعات فیزیولوژیکی لازم برای برنامه‌های به‌نژادی گیاهان فراهم کرده است (Aggarwal *et al.*, 1996). بر اساس این مدل‌ها، تغییر یک صفت ممکن است افزایش چندانی در پتانسیل عملکرد ایجاد نکند، بلکه این امر مستلزم ترکیب مطلوبی از ظرفیت منبع و مخزن به همراه افزایش طول دوره پر شدن دانه است (Evans and Wardlaw, 1976). همچنین شناخت بهتر اختلاف بین ارقام و چگونگی روابط این تفاوت با عملکرد بالقوه آن‌ها در بهبود عملکرد آتی بسیار مهم است (Dunphy *et al.*, 1979). در حال حاضر مهم‌ترین شاخص مقاومت به خشکی مورد استفاده در برنامه‌های به نژادی گندم، ارزیابی عملکرد دانه در شرایط آبیاری وتنش است اما در صورت شناسایی پایه‌های فیزیولوژیک مقاومت به خشکی به نژادگران می‌توانند از صفات فیزیولوژیکی به عنوان شاخص گزینش در جمعیت‌های بزرگ استفاده کنند (Winter *et al.*, 1988). یک راهکار برای تعیین چنین ابزار گزینشی، مقایسه ژنوتیپ‌های گندم از نظر صفات فیزیولوژیک و ارتباط این صفات با مقاومت به خشکی براساس عملکرد دانه است (Ritchie *et al.*, 1990). گزینش غیر مستقیم یک نوع روش به‌نژادی است که در آن از طریق یک صفت می‌توان بازده ژنتیکی صفت دیگر را که اهمیت اقتصادی دارد بهبود داد (Falconer and Mackay, 1996). اگر این صفت از همبستگی بالا با صفت هدف و وراثت‌پذیری بالا برخوردار و اندازه‌گیری آن راحت‌تر باشد ارزشمند خواهد بود (Rebetzke *et al.*, 2001).

اسیمیلاسیون خالص CO_2 از طریق فرآیند فتوسنتز اولین گام برای تولید بیوماس است (Blanco *et al.*, 2000) خشکی میزان فتوسنتز برگ پرچم را کاهش می‌دهد (Atteya, 2003) اما کاهش در سرعت فتوسنتز به تحمل ارقام به خشکی بستگی دارد (Yourdanov *et al.*, 2001). رینولدز و

همکاران (Reynolds *et al.*, 2005) گزارش کردند که کاهش تبادلات گازی در اثر تنش خشکی باعث بالا رفتن دمای برگ و کاهش غلظت CO_2 در برگ می‌شود که این امر موجب افزایش رادیکال‌های آزاد مضر و خسارت ناشی از ممانعت نوری می‌شود. همچنین مشخص شده است که سرعت فتوسنتز با هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی و کاهش دمای کانوپی رابطه مثبت و با سطح برگ رابطه منفی دارد (Blanco *et al.*, 2000). تحقیقات نشان داده است که تنش آبی میزان کلروفیل برگ را نیز کاهش می‌دهد (Castrillo and Calcargo 1998؛ Behera *et al.*, 2002 ؛Yang *et al.*, 2001؛ Yang *et al.*, 2003). محتوای کلروفیل همبستگی مثبتی با بیوماس و وزن دانه در گیاه دارد. اُفت دمای گیاهی نیز همبستگی مثبتی با محتوای کلروفیل دارد (Zaharieva *et al.*, 2001). جیانگ و هوانگ (Jiang and Huang, 2001) اشاره کردند که محتوای نسبی آب برگ (RWC) و محتوای کلروفیل با تدوام خشکی و گرما کاهش می‌یابد که مقدار کاهش در این صفات بسته به نوع گونه و مدت زمان تنش متفاوت است. هدف از تحقیق حاضر بررسی صفات فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های مختلف گندم و همچنین بررسی ارتباط بین این صفات در شرایط دیم و تعیین تنوع مفید برای مقاومت به خشکی در بین این ژنوتیپ‌ها برای استفاده در مطالعات آتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم زنجان واقع در شهرستان خدابنده (قیدار) واقع در طول جغرافیایی '۴۹ °۴۸، عرض جغرافیایی '۸ °۳۶ و ارتفاع ۱۸۷۵ متر از سطح دریای آزاد انجام شد. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی تا رسی سیلتی بود. یک قطعه زمین برای پیاده کردن آزمایش انتخاب شد و پس از شخم، دیسک و تسطیح، ۸۰ کرت ۵ ×۱ مترمربعی در آن ایجاد شد. کود نیتروژن (اوره) به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در دو نوبت به زمین داده شد. به علت بالا بودن میزان فسفر و پتاس خاک، از کودهای فسفر و پتاسیم استفاده نشد. اجرای آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. طرح آزمایشی مورد استفاده دارای چهار تکرار بود و لاین‌های گندم نان (۱۸ لاین به اضافه دو رقم سرداری و آذر۲ به عنوان شاهد)، دریافتی از مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، تیمارهای این آزمایش را تشکیل دادند. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف به طول ۵ متر و به فاصله ۱۷سانتی‌متر از هم بود و بذرها روی ردیف‌ها در عمق۶ سانتی‌متری با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع کاشته شدند. پس از ظهور برگ پرچم، صفات فیزیولوژیکی زیر اندازه‌گیری شد:

شاخص محتوای نسبی کلروفیل برگ

شاخص محتوای نسبی کلروفیل در ساعت ۱۰ صبح در شش بوته به طور تصادفی از دو ردیف وسطی هرکرت از قسمت میانی برگ پرچم با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج قابل حمل مدل CCM-۲۰۰ در مرحله پر شدن دانه اندازه‌گیری شد (Behera *et al*., 2002).

فتوسنتز، CO_2 زیر روزنه‌ای، تعرق، هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی

این صفات همزمان با استفاده از دستگاه آنالیز مادون قرمز (IRGA) مدل LCA4 (شرکت ADC. UK) در مرحله پر شدن دانه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در هر کرت روی سه برگ پرچم به طور تصادفی به مدت ۴۵ ثانیه انجام شد. کارایی مصرف آب فتوسنتزی از تقسیم فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای به دست آمد.

محتوای نسبی آب برگ، وزن مخصوص برگ پرچم و سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده شده

برای محاسبه این صفات تعداد ده برگ پرچم از هر کرت از دو ردیف وسطی با رعایت اثر حاشیه در زمان پر شدن دانه انتخاب شد و این برگ‌ها در داخل کیسه‌های نایلونی در داخل کلمن یخ سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند. ابتدا وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد سپس برگ‌ها به اتاقک رشد منتقل شدند و به مدت ۲ ساعت در رطوبت ۵۰ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و نمونه‌ها توزین شدند. بعد از این مرحله نمونه‌ها در داخل ظروف پتری حاوی آب مقطر در دمای اتاق و تاریکی مطلق قرار گرفتند و بعد از ۲۴ ساعت وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای محاسبه سطح برگ نمونه‌ها از دستگاه سنجش سطح برگ استفاده شد. در نهایت نمونه‌های برگی به آون با دمای ۷۰ درجه منتقل شدند و بعد ازمدت ۲۴ ساعت وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. از فرمول‌های زیر برای محاسبه محتوای نسبی آب، سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده و وزن مخصوص برگ پرچم استفاده شد (Bajji *et al*., 2001؛ Ritchie *et al*., 1990).

محتوای نسبی آب = [(وزن تر - وزن خشک)/(وزن آماس - وزن خشک)]×۱۰۰

سرعت از دست رفتن آب = $[(W_0 - W_1) / (T_0 \times W_d)] \times 100$
(گرم آب بر کیلوگرم ماده خشک در دقیقه)

که در آن W_0 وزن اولیه، W_1 وزن بعد از قرار دادن برگ‌ها در اتاقک رشد، W_d

وزن خشک برگ‌ها، T مدت قرار دادن برگ‌ها در اتاقک رشد (۱۲۰ دقیقه) بود (McCaig and Romogosa, 1991).

(مترمربع/گرم) (سطح برگ/ وزن خشک) = وزن مخصوص برگ پرچم

برای تعیین وزن هزار دانه ده ساقه اصلی از هر کرت انتخاب و دانه‌ها پس از جدا شدن با ترازوی دقیق توزین شدند و وزن هزار دانه محاسبه شد. برای تعیین عملکرد نهایی دانه، باقیمانده خطوط کاشت در هر کرت با در نظر گرفتن اثر حاشیه در پایان آزمایش و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی برداشت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

بعد از بررسی فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC، تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها و تجزیه به مولفه‌های اصلی توسط نرم‌افزار آماری SAS و محاسبه ی همبستگی بین صفات و تجزیه کلاستر با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

آمار هواشناسی ایستگاه محل آزمایش در اسامی ژنوتیپ‌های گندم نان مورد استفاده به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده اند.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۳ آمده است. لاین‌ها و ارقام مورد آزمایش از نظر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سطح برگ پرچم، محتوای کلروفیل، وزن مخصوص برگ پرچم و محتوای نسبی آب در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. این امر نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی لاین‌ها از نظر این صفات بود. ولی لاین‌ها و ارقام از نظر صفات سرعت فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، CO_2 زیر روزنه‌ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. مقدار بارندگی در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در منطقه قیدار ۳۶۳/۹ میلی‌متر بود (جدول ۱). آمار بلند مدت هواشناسی منطقه نیز نشان می‌دهد که نوع تنش در منطقه از نوع تنش انتهای فصل است که این تنش موجب کاهش عملکرد گیاهان کشت شده در شرایط دیم می‌شود. از آن جایی که دوره آخر رشد مصادف با تشکیل و پر شدن دانه‌هاست، بنابراین اهمیت گزینش ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در چنین شرایطی عملکرد مناسبی را تولید کنند آشکار می‌شود. مقایسه میانگین‌های صفات نیز تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را از نظر صفات مذکور نشان داد (جدول ۴). با توجه به این که وجود تنوع پایه و اساس انجام گزینش ارقام برتر و مطلوب است، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌تواند تنوع مورد نظر را برای

جدول ۱- آمار هواشناسی مربوط به ایستگاه تحقیقات کشاورزی قیدار در فصل زراعی ۸۵-۱۳۸۴

Table 1. Meteorological date of Agricultural Research Station of Gheidar during 2005-06 cropping season

Parameter	پارامتر	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	Jun.
RH (%)	رطوبت نسبی	50.0	77.0	68.0	88.0	68.0	68.0	79.0	75.0	54.0	56.0
Rainfall (mm)	بارندگی	0.4	29.3	17.0	77.3	144.4	10.6	39.2	36.2	5.5	4.0
Min. temp. (°C)	درجه حرارت حداقل	10.4	2.2	0.9	-7.1	-3.9	0.3	4.0	8.8	13.2	16.4
Max. temp. (°C)	درجه حرارت حداکثر	22.9	11.3	12.0	0.9	4.4	11.5	15.2	20.0	27.4	34.6

جدول ۲- ژنوتیپ‌های گندم نان مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Bread wheat genotypes used in experiment

Genotype No.	Name/Pedigree	Origin
1	VORONA/HD24-12//KREMENA/LOV29 TE24 TCI97-0AP-0AP-5AP-0AP-6MAR	ICARDA
2	TAST/TORIM/3/MLC/4/CWW339.5/SPN/5 TCI97-0AP-0AP-5AP-0AP-1MAR	DARI
3	BJN C 79/4/KVZ/CUT75/3/YMH//61.15 TCI97-0AP-0AP-6AP-0AP-2MAR	DARI
4	TIRCHMIR1/LCO//CA 8055/9/P TCI98--0042-0AP-0AP-OMAR-7MAR	DARI
5	F6 Mar 45-2	DARI
6	DARI-2/DARI-23	DARI
7	DARI-2/DARI-23	DARI
8	GB-SARA-27	DARI
9	GB-SARA-240	DARI
10	GB-SARA-244	DARI
11	GB-SARA-291	DARI
12	GB-SARA-235	DARI
13	Shahi/T-C(22) IRW-MR	DARI
14	Adl/Golestan IRW-MR	DARI
15	TIRCHMIR1/LCO//SABALAN TCI97-0AP-0AP-2AP-0AP-1MAR	DARI
16	UNKNOWN-4AP-0AP-5MAR	DARI
17	TAST/SPRW//BLL/7/SOTY/SUT//LER/4/ TCI97-0AP-0AP-18AP-OAP-1MAR	DARI
18	ORE F1.158/FDL//BLO/3/SHI4414/CRO TCI97-0AP-0AP-3AP-0AP-1MAR	DARI
19	Sardari	Iran
20	Azar-2	Iran

DARI: Dryland Agriculture Research Institute
ICARDA: International Center for Agricultural Research in Dryland Areas

۶۴۲

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی در بیست ژنوتیپ گندم نان

Table 3. Analysis of variance of grain yield and physiological traits in twenty bread wheat genotypes

			میانگین مربعات MS											
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	تعرق Transpiration	هدایت روزنه ای Stomatal conductance	زیر روزنه ای CO_2 Intercellular CO_2 concentration	کارایی مصرف آب فتوسنتزی PWUE	سطح برگ Leaf area	محتوای کلروفیل Chlorophyll content	وزن مخصوص برگ پرچم SLDW	محتوای نسبی آب RWC	سرعت از دست دادن آب از برگ های بریده RWL	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield
Block	بلوک	3	0.18	0.057*	0.110**	0.620	0.489**	608.62	0.92	416.70**	54.70	7.26**	25.55	56708.23
Genotype	ژنوتیپ	19	0.06	0.027	0.026	0.077	0.064	3886.42**	43.01**	132.59**	107.45**	0.59*	85.11**	291385.87**
Error	خطا	57	0.06	0.023	0.029	0.065	0.051	683.78	16.46	58.09	36.61	0.33	12.59	113535.29
CV%	درصد ضریب تغییرات		7.61	5.060	12.410	12.010	11.530	23.86	18.89	10.55	9.21	21.21	10.22	15.80

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

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

PWUE: Photosynthetic Water Use Efficiency; SLDW: Specific Leaf Dry Weight; RWC: Relative Water Content; RWL: Rate Water Loss.

انتخاب برترین‌ها تامین کند. نتایج مطالعه همبستگی بین صفات نشان داد که هیچ یک از صفات همبستگی فنوتیپی معنی‌داری با عملکرد دانه ندارند(جدول ۵)، ولی همبستگی‌های ژنتیکی رابطه عملکرد دانه با صفات محتوای نسبی آب، CO_2 زیر روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوسنتزی را منفی و معنی‌دار و رابطه آن را با وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار نشان داد. رینولدز و همکاران (Reynolds *et al*., 2005) بیان داشتند که ضرایب همبستگی ژنتیکی اهمیت بیشتری از ضرایب همبستگی فنوتیپی دارند، زیرا در همبستگی‌های ژنتیکی اثر عوامل خارجی که در ایجاد ارتباط غیر واقعی بین صفات دخالت داشته‌اند، حذف و یا به حداقل مقدار خود می‌رسند. به عقیده بلوم (Blum, 2005) خصوصیات رشد و نموی اندام هوایی نظیر سطح برگ ممکن است در مقاومت گیاه در برابر تنش مهم‌تر از ریشه باشند. اغلب ارقامی که برای محیط‌هایی با محدودیت آب برای عملکرد در شرایط تنش گزینش شده‌اند به لحاظ ساختاری سطح برگ کمی دارند. گیاهانی که اندازه کوچک و سطح برگ کمتری دارند مصرف آب کم‌تر و بالتبع پتانسیل عملکرد پائین‌تری دارند. اگر گزینش باعث نگهداری سطح برگ بالا در یک گیاه شود به موجب آن پتانسیل عملکرد هم بالا می‌رود. ولی در این مطالعه ژنوتیپ‌ها از نظر سطح برگ رابطه معنی‌داری با عملکرد دانه نشان ندادند. انتخاب ژنوتیپ‌هایی که بیشترین وزن برگ پرچم و کوچک‌ترین سطح برگ را دارند از مزیت خاصی برخوردار است زیرا این قابلیت موجب عدم محدودیت فعالیت‌های فتوسنتزی در شرایط تنش رطوبت می‌شود. افزایش وزن مخصوص برگ پرچم ممکن است ناشی از افزایش بافت‌های فتوسنتزی در هر واحد سطح برگ و همچنین کارایی مصرف تشعشع بهبود یافته باشد (Shearman *et al*., 2005). مراه (Merah, 2001) گزارش کرد که وزن خشک مخصوص برگ که با ضخامت برگ همبستگی مثبتی دارد از طریق حفظ آب بیش‌تر به ازای واحد سطح برگ باعث بهبود ویژگی‌های وضعیت آبی گیاه می‌شود. در این مطالعه همبستگی RWC با SLDW مثبت و معنی‌دار بود و با سطح برگ منفی و معنی‌دار بود که نشان‌دهنده این است که هر چه سطح برگ بیش‌تر باشد گیاه آب بیش‌تری از دست می‌دهد. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌هایی که سطح برگ کم‌تری دارند به وضعیت RWC بالاتری منجر می‌شود، هر چند با کاهش سطح برگ سطح فتوسنتزی هم پائین‌تر می‌آید. نظر به اینکه محدودیت آب در شرایط تنش دلیل اصلی کاهش عملکرد است بایستی ژنوتیپ‌هایی را گزینش کرد که سطح برگ کمتر و در عین حال هدایت روزنه‌ای و تعرق بیش‌تری دارند که منجر به فتوسنتز بالا و در نهایت تولید بالا خواهد شد. رابطه بین فتوسنتز و محتوای کلروفیل در این مطالعه منفی ولی معنی‌دار نبود. یانگ و همکاران (Yang *et al*., 2001)

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه و صفات بیولوژیک بیست ژنوتیپ گندم نان در شرایط دیم

Table 4. Mean comparison of grain yield and physiological traits in twenty bread wheat genotypes in dryland condition

شماره ژنوتیپ	سطح برگ	محتوای نسبی آب	سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده	وزن مخصوص برگ پرچم	محتوای کلروفیل	سرعت فتوسنتز	تعرق	هدایت روزنه ای	زیر روزنه ای CO_2	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
Genotype no.	Leaf area (cm^2)	RWC (%)	RWL (gH_2/kg dw.min)	SLDW (g/m^2)	Chlorophyll content	Photosynthesis rate (μ mol CO_2 m^{-2} s^{-1})	Transpiration (mmol m^{-2} s^{-1})	Stomatal conductance (mol m^{-2} s^{-1})	Intercellular CO_2 concentration (μ mol CO_2 mol^{-1})	PWUE (μ mol CO_2 H_2O^{-1})	1000grain weight (g)	Grain yield ($kgha^{-1}$)
1	16.15	58.44	2.75	61.82	22.51	3.77	1.06	0.03	208.65	75.35	27.22	1568.63
2	7.90	67.33	3.07	73.40	17.74	3.88	1.07	0.03	144.29	82.22	37.81	2083.33
3	12.48	69.63	2.88	71.61	28.25	4.20	0.81	0.02	147.44	163.56	30.57	1887.25
4	12.13	57.55	2.72	65.12	23.77	4.59	1.24	0.03	147.08	106.94	35.41	2696.08
5	12.80	75.72	2.19	67.14	23.90	3.65	0.86	0.02	157.79	90.61	36.03	2328.43
6	10.60	67.18	3.11	76.01	20.15	4.62	1.13	0.03	109.98	110.91	39.94	2132.35
7	12.28	59.16	2.86	66.57	19.50	3.73	0.88	0.02	133.55	104.43	34.30	2352.94
8	12.55	68.66	2.69	71.41	21.55	4.45	1.22	0.03	149.60	110.88	38.24	2328.43
9	8.55	69.76	2.63	73.98	21.06	3.37	0.90	0.02	211.05	83.49	40.33	2156.86
10	5.90	66.88	2.24	80.37	15.47	3.96	1.00	0.02	137.43	115.46	38.89	2083.33
11	9.03	65.99	1.93	71.13	22.86	2.98	0.59	0.04	224.94	76.01	35.67	2205.88
12	6.50	72.61	2.05	87.02	21.11	5.03	1.11	0.02	79.59	171.40	40.72	1985.29
13	9.55	65.02	2.38	73.05	27.05	3.67	0.78	0.02	170.31	106.44	32.81	2254.90
14	8.50	74.18	2.47	71.30	17.73	3.75	0.93	0.02	164.12	106.97	32.81	1813.73
15	10.93	62.43	2.07	69.01	16.81	4.64	1.22	0.03	154.30	109.54	24.93	1789.22
16	13.10	7360	3.03	70.86	22.39	4.38	0.98	0.02	164.57	122.41	33.72	2107.84
17	15.45	62.22	3.30	74.23	21.92	3.83	0.90	0.02	222.41	122.97	30.14	2107.84
18	15.40	64.03	2.91	70.69	21.64	4.30	1.20	0.04	190.75	88.45	29.72	1960.78
19	6.08	68.73	2.78	8.86	18.90	3.50	0.93	0.02	157.86	85.11	41.25	2156.86
20	13.30	60.53	3.11	68.76	25.18	3.90	0.83.	0.03	132.38	108.75	33.79	2647.06
LSD 0.05	3.70	8.57	0.81	10.79	5.74	0.36	0.21	0.24	0.36	0.32	5.02	477.11

RWC: Relative Water Content; RWL: Rate Water Loss; SLDW: Specific Leaf Dry Weight; PWUE: PhotosyntheticWater Use Efficiency.

For pedigree of genotypes see Table

برای شجره ژنوتیپ ها به جدول ۲ مراجعه شود.

2.

جدول ۵- ضرایب همبستگی فنوتیپی (اعداد بالای قطر) و ژنوتیپی (اعداد پائین قطر) صفات مورد مطالعه در بیست ژنوتیپ گندم نان

Table 5. Phenotypic correlation coefficients (values on upper triangular matrix) and genotypic correlation coefficients (values on lower triangular matrix) of studied traits in twenty bread wheat genotypes

	Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	RWC		-0.14	-0.54*	0.64**	-0.22	0.15	-0.01	-0.24	-0.18	0.38	0.36	-0.35
2	RWL	0.25*		0.50*	-0.27	-0.04	0.26	0.32	0.04	0.03	0.00	-0.36	-0.02
3	Leaf area	-0.64**	0.92**		-0.72**	0.46*	0.11	0.12	0.22	0.37	-0.07	-0.67**	0.00
4	SLDW	0.88	-0.62	-0.78**		-0.31	0.19	0.02	-0.28	-0.40	0.44	0.62**	-0.10
5	Chlorophyll content	-0.14	-0.05	0.46**	0.19		-0.07	-0.40	-0.11	0.15	0.23	-0.20	0.30
6	Photosynthesis rate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.78**	0.12	-0.66**	0.64**	-0.06	-0.06
7	Transpiration rate	0.99**	0.98**	0.99**	0.97**	0.98**	0.00		0.33	-0.36	0.10	-0.04	-0.15
8	Stomatal conductance	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.19	-0.45*	-0.19	-0.05
9	Intercellular CO_2 concentration	0.98**	0.00	0.99**	0.99**	0.58**	0.00	-0.34**	0.00		-0.57*	-0.40**	-0.21
10	PWUE	0.99**	-0.33**	-0.19	0.98**	0.58**	0.00	0.00	0.00	0.97**		0.02	-0.07
11	1000 grain weight	-0.55**	0.34**	-0.72**	0.77**	-0.17	0.00	-0.53**	0.00	0.00	0.38**		0.42
12	Grain yield	-0.27*	0.14	-0.18	0.17	0.14	0.00	-0.19	0.00	-0.98**	-0.76**	0.40**	

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

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

PWUE: Photosynthetic Water Use Efficiency; SLDW: Specific Leaf Dry Weight; RWC: Relative Water Content; RWL: Rate Water Loss.

گزارش کردند که کاهش در میزان فتوسنتز همیشه با کاهش در میزان کلروفیل همراه نیست. همان طور که از نتایج مشخص است در اثر تنش خشکی با افزایش CO_2 زیر روزنه ای فتوسنتز برگ پرچم کاهش معنی‌داری پیدا کرده، با توجه به این‌که رابطه CO_2 زیر روزنه‌ای با هدایت روزنه‌ای مثبت هر چند غیر معنی‌دار است می‌توان کاهش در سرعت فتوسنتز را به محدودیت‌های غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز از قبیل کارایی آنزیم رابیسکو نسبت داد. نتایج دیگر محققین نیز نشان می‌دهد تنش خشکی متابولیسم مزوفیل را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Cornic and Fresneau, 2002؛ Lawlor, 2002 ؛Tang *et al*., 2002). با توجه به این که بسته شدن روزنه ها اولین سد دفاعی در مقابل خشکی است (Atteya, 2003) و ورود CO_2 به داخل برگ ها را کاهش می‌دهد (Cornic, 1994). کاهش تبادلات گازی در اثر تنش خشکی باعث بالا رفتن دمای برگ و کاهش غلظت CO_2 در برگ می‌شود که باعث افزایش شاخص تجمع رادیکال‌های آزاد مضر و خسارت ممانعت نوری می‌شود (Reynolds *et al*., 2005). بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش روزنه‌های خود را باز نگهدارند می‌توانند از عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز تا حدی جلوگیری کرده و نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر فتوسنتز بیش‌تری داشته و در نهایت عملکرد بالاتری داشته باشند.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد رابطه بین هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب فتوسنتزی منفی و معنی‌دار بود. از آن جائی که که کارایی مصرف آب فتوسنتزی به صورت نسبت سرعت فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای تعریف می‌شود قابل پیش‌بینی است که با بسته شدن روزنه‌ها ابتدا افزایش یابد که دلیل این امر کاهش بیش‌تر هدایت روزنه‌ای نسبت به فتوسنتز است، اما بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش شدید انتقال حرارت و تبادلات گازی می‌شود که در نهایت به کاهش کارایی مصرف آب فتوسنتزی می‌شود (Martin and Ruis-Torres, 1992).

در این آزمایش لاین‌های شماره ۱۱ و ۱۷ دارای CO_2 زیر روزنه‌ای بیش‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند و لاین شماره ۱۲ کم‌ترین CO_2 زیر روزنه‌ای را داشت (جدول ۴). همبستگی ژنتیکی منفی و معنی‌دار CO_2 زیر روزنه‌ای را با تعرق و عملکرد دانه نشان داد (جدول ۵). این رابطه نشان‌دهنده این موضوع است که هر چه تعرق و هدایت روزنه‌ای بیش‌تر باشد دمای برگ کاهش یافته و در نتیجه از تجمع رادیکال‌های آزاد مضر که باعث خسارت ممانعت نوری می‌شوند جلوگیری به عمل می‌آورند. بسته شدن روزنه باعث کاهش غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای شده و سرعت جذب و تحلیل CO_2 در برگ‌ها را کاهش می‌دهد. بدین طریق با کاهش عرضه CO_2، فتوسنتز کاهش می‌یابد (Ramanjulu *et al*., 1998؛ Lawlor and Cornic, 2002).

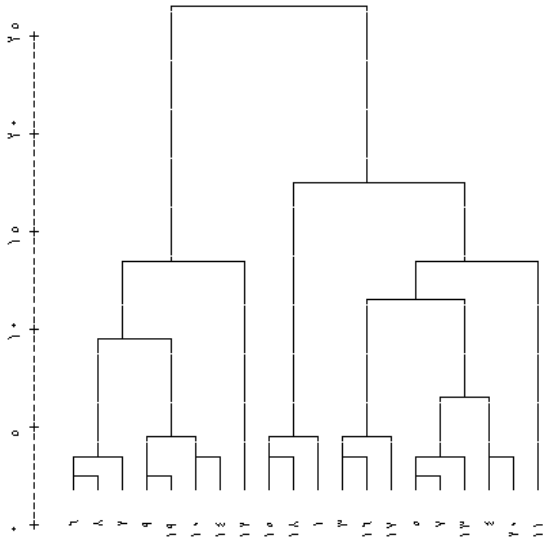
ژنوتیپ‌های با هدایت روزنه‌ای و تعرق بالا از محدودیت‌های روزنه‌ای وغیر روزنه‌ای فتوسنتز ممانعت به عمل می‌آورند و در نتیجه این ژنوتیپ‌ها فتوسنتز بالایی داشته و در نهایت عملکرد بالایی خواهند داشت (Fischer *et al.*, 1998). بنابراین گزینش برای ژنوتیپ‌های با CO_2 زیر روزنه‌ای پائین به طور غیر مستقیم می‌تواند در حصول عملکرد بالا مفید باشد، هر چند ژنوتیپ‌هایی که از وضعیت آبی بهتری برخوردار باشند از فتوسنتز و تعرق بالاتری نیز برخوردار بوده و عملکرد بیش‌تری در شرایط تنش خواهند داشت (Merah, 2001). با وجود این برخی نتایج نشان می‌دهند که حفظ محتوای آب نسبی ممکن است با تحمل به خشکی در ارتباط نباشد. در این مطالعه RWC با عملکرد رابطه ژنتیکی منفی و معنی‌دار داشت. این نتیجه با نتایج مارتین و همکاران (Martin *et al.*, 1997) مطابقت داشت. محتوای بالای RWC ژنوتیپ‌ها ناشی از دو مورد است، یا این ژنوتیپ‌ها با خصوصیاتی که دارند با بستن روزنه‌های خود و تعرق کم‌تر در شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب خود را در سطح بالایی نگه می‌دارند و یا به لحاظ داشتن سیستم ریشه‌ای قوی‌تر می‌توانند آب را از اعماق خاک جذب کرده و به اندام‌های هوایی منتقل کنند و محتوای نسبی آب خود را در سطح بالایی حفظ کنند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش محتوای نسبی آب بالایی دارند نمی‌توانند مقاومت بالایی به خشکی داشته باشند و بایستی صفات دیگر از قبیل عمق نفوذ ریشه، هدایت روزنه‌ای، تعرق و فتوسنتز نیز بررسی شود. همان طور که مشخص است ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش محتوای نسبی آب بالاتری داشته باشند و تحت این شرایط بتوانند هدایت روزنه‌ای بالا و به دنبال آن فتوسنتز بالایی داشته باشند می‌توانند عملکرد بالایی در این شرایط تولید کنند و مقاومت بالایی به خشکی داشته باشند. لاین شماره ۱۴ با داشتن بالاترین میزان محتوای نسبی آب دارای تعرق و هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز کم تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود و عملکرد کم‌تری تولید کرد. همچنین در لاین شماره ۱ به علت هدایت روزنه‌ای و تعرق نسبتاً بالاتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها و به خاطر محتوای نسبی آب پائین این لاین، محدودیت‌های غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز باعث افزایش Co_2 زیر روزنه‌ای و کاهش فتوسنتز شده که در نهایت عملکرد پائین‌تر این لاین را به دنبال داشت. هر چند محتوای نسبی آب بالا یک واکنش سازگاری به تنش خشکی است ولی از آنجائیکه در شرایط تنش هدف افزایش عملکرد است، ژنوتیپ‌هایی مهم هستند که علاوه بر این که دارای صفات سازگار به تنش باشند، عملکرد بالایی نیز داشته باشند. بنابراین یک صفت به تنهایی نمی‌تواند مبنای گزینش قرار گیرد. نتایج محاسبه ضرایب همبستگی نشان داد که سرعت از دست دادن آب از برگ‌های بریده با عملکرد رابطه معنی‌داری ندارد این نتیجه با

نتـایج جعفـری (Jaafari, 2000) و چانـدرا و اسـلام (Chandra and Islam, 2003) مطابقـت داشـت. هـر چـه سـرعت از دسـت دادن آب از بـرگ‌هـای بریـده کـم‌تـر باشـد نـشان مـی‌دهـد کـه بـرگ‌هـا توانـایی بـالایی بـرای حفـظ آب در شـرایط تـنش دارنـد. چانـدرا و اسـلام (Chandra and Islam, 2003) بـه ایـن نتیجـه رسیدند که ژن‌های افزایشی نقش از دست رفـتن آب از بـرگ‌هـای بریـده را بـر عهـده دارنـد و عموماً بین از دست رفتن آب از برگ‌های بریده و عملکرد همبستگی منفی وجـود دارد. بنـابراین انتخاب ژنوتیپ‌هایی کـه کـم‌تـرین RWL را در شرایط خشکی دارند مناسب خواهد بـود. رابطـه منفـی ومعنـی‌دار بـین سـطح بـرگ و RWC بـه علت رابطه مثبت سـطح بـرگ و تعـرق و رابطـه مثبت و معنی‌دار سطح برگ و RWL است زیرا برگ‌هایی که سطح کم‌تری داشته باشـند تعـرق کم‌تری دارند. یک اثر عمومی تکامـل در طـول تنش آب، تولید یک کوتیکول ضخیم‌تـر اسـت کـه از دسـت دادن آب از اپیـدرم را کـاهش می‌دهد.

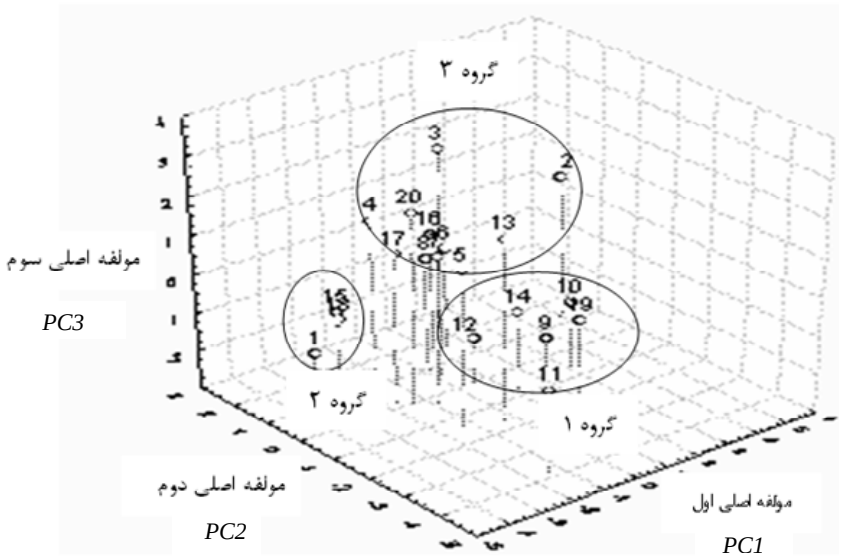
به طور کلی، افزایش وزن مخـصوص بـرگ پـرچم (SLDW) مـی‌توانـد بـه خـاطر تجمـع کربوهیـدرات‌هـا و تغییـر در چگـالی بافـت مزوفیلی و یا ضخامت برگ در نظر گرفتـه شـود (Araus, 1996). افزایش ضخامت بـرگ باعـث افزایش وزن مخصوص بـرگ پـرچم (SLDW) و کاهش RWL و بالا رفتن RWC می‌شود ولی در این مطالعه RWC بالا در ارتبـاط بـا عملکـرد دانه بالا نبود. این موضوع را مـی‌تـوان ایـن طـور عنوان کرد که رابطه عملکرد دانه با سطح بـرگ مثبت است و RWC با سطح برگ رابطه منفی و معنی‌دار دارد یعنی گیاهانی کـه ظرفیـت بـالایی برای حفظ آب دارند با بـستن روزنـه‌هـای خـود هـدایت روزنـه‌ای، تعـرق و فتوسـنتز را کـاهش می‌دهند و در نهایت عملکرد کم‌تری هم دارند. لایـن‌هـای شـماره ۱۸، ۱۵ و ۱ دارای وزن هـزار دانـه پـایین و لایـن‌هـای شـماره ۹، ۱۰ و رقـم سرداری (شماره ۱۹) نسبت بـه سـایر ژنوتیـپ‌هـا وزن هزار دانه بالاتری داشتند. همبستگی ژنتیکی وزن هزار دانه بـا صـفات وزن مخـصوص بـرگ پـرچم و کـارایی مـصرف آب فتوسـنتزی و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار و با سطح بـرگ و شدت تعرق منفی و معنی‌دار بود. بالا بـودن وزن مخصوص برگ پـرچم بـه بهـای کـاهش سـطح بـرگ انجـام مـی‌شـود. بنـابراین بـا افـزایش وزن مخـصوص بـرگ پـرچم، سـطح بـرگ و تعـرق کاهش یافته و گیاه به لحاظ این که در دوره پـر شـدن دانـه آب کـافی در اختیـار دارد وزن دانـه بالاتری نیز خواهد داشت. رقم سرداری یکـی از ارقام مقاوم به خشکی است که برای شرایط دیم انتخاب شده است بنابراین گزینش ژنوتیـپ‌هـای با وزن هـزار دانـه بـالا، سـطح بـرگ و Co_2 زیـر روزنه‌ای پائین در شرایط دیم می‌توانـد منجـر بـه افـزایش عملکـرد شـود. نتـایج نـشان داد کـه ژنوتیپ‌های شـماره ۱، ۱۵ و ۱۸ مقـدار عملکـرد پـایین‌تـر و ژنوتیـپ‌هـای شـماره ۴ و ۲۰ مقـدار عملکرد بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند.

بنابراین از نظر مقدار عملکرد دانه می‌توان گفت ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا، مقاومت بالایی به خشکی دارند.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آماری چند متغییره برای به‌نژادگران گندم می‌تواند دارای ارزش کاربردی باشد، از این نظر که ممکن است ژنوتیپ‌ها بسته به هدف به‌نژادی از کلاسترهای مختلف انتخاب شود و همچنین برای تعریف استراتژی‌ها در جهت جمع‌آوری ژرم‌پلاسم کمک می کند (Faris *et al.*, 2006). تجزیه کلاستر بر اساس صفات فیزیولوژیک در فاصله ۱۵، ژنوتیپ‌ها را در سه کلاستر جداگانه قرار داد (شکل ۱). به طوری که ژنوتیپ‌های شماره ۱۱، ۲۰، ۴، ۱۳، ۷، ۵، ۱۷، ۱۶ و ۳ در کلاستر اول، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۸ و ۱۵ در کلاستر دوم و ژنوتیپ‌های شماره۶، ۸، ۲، ۹، ۱۹، ۱۰، ۱۴ و ۱۲ در کلاستر سوم قرار گرفتند. تجزیه کلاستر بر اساس صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های دریافتی از ایستگاه سرارود (شماره ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲) بودند (به جز ژنوتیپ شماره ۱۱) به همراه رقم سرداری در کلاستر سوم و ژنوتیپ‌هایی را که دارای والدین خارجی بودند در دو کلاستر قرار داد. با توجه به یافته‌های جانسون و ویکرن (Johnson and Wichern, 2002) بررسی اهمیت صفات در مولفه‌های اصلی مختلف امکان‌پذیر است. تجزیه مولفه‌های اصلی متغیرهای جدیدی را ایجاد می‌کند که تنوع گروهی از متعییرها را بیان می‌کنند (Johnson and Wichern, 2002). شکل ۲ بر اساس سه مولفه اول نشان داد که ژنوتیپ‌های یکی از گروه‌ها (به جز لاین شماره ۱۴ و رقم سرداری) همه مربوط به بانک ژن ایستگاه دیم سرارود هستند. در گروه ۲ ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۵ و ۱۸ قرار گرفتند که هر سه دارای والد خارجی بودند. ژنوتیپ‌هایی که در گروه ۳ قرار گرفتند (به جز لاین شماره ۶، ۷ و رقم آذر۲) همه دارای والدین خارجی بودند. همان طور که مشاهده می‌شود تجزیه به مولفه‌های اصلی هر چند ۷۰ درصد اطلاعات را در اختیار داشت همانند تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را بر اساس والدین به خوبی جدا کرد. همان طور که مشخص است ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۷ (ژنوتیپ‌های مربوط به مؤسسه دیم) و رقم آذر۲ هم بر اساس تجزیه کلاستر و هم بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی در گروه لاین‌های دارای والدین خارجی قرار گرفتند این موضوع نشان‌دهنده قرابت بالای ژنوتیپ‌های مذکور با لاین‌های خارجی می‌باشد. همچنین ژنوتیپ‌های مربوط به بانک ژن ایستگاه دیم سرارود قرابت بالایی با رقم سرداری نشان دادند. جهت حصول اطمینان از اختلافات بین کلاسترها، تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی برای کلیه صفات، صفات زراعی و صفات فیزیولوژیک انجام شد، به طوری که کلاسترها تیمارهای آزمایش و افراد داخل هر کلاستر تکرارهای هر تیمار به حساب آمدند. نتایج تجزیه آماری چند متغیره اختلاف معنی‌داری در



شکل ۱- دندروگرام بیست ژنوتیپ گندم نان با استفاده از روش Ward
Fig. 1. Dendrogram of twenty bread wheat genotypes using Ward method



شکل۲- گروه بندی بیست ژنوتیپ گندم نان بر اساس سه مولفه اول
(شماره‌ها نشان دهنده ژنوتیپ هستند)
Fig. 2. Grouping of twenty bread wheat genotypes based on the first three principal components (Numbers are genotypes)
برای شجره ژنوتیپ‌ها به جدول ۲ مراجعه شود. For pedigree of genotypes see Table 1.

سطح احتمال یک درصد بین کلاسترها نشان داد (جدول ۶). این موضوع نشان می‌دهد که

جدول ۶- مقدار، درصد واریانس، درصد واریانس تجمعی مقادیر ویژه مولفه های اصلی در بیست ژنوتیپ گندم نان

Table 6. Value, percentage of variance and cumulative percent of variance Eigen value for the first three components of the twenty bread wheat genotypes

صفات Traits	مقدار مولفه Amount of component		
	مولفه اصلی سوم PC3	مولفه اصلی دوم PC2	مولفه اصلی اول PC1
RWC	-1.33	0.64	-3.73
RWL	-1.86	0.05	0.60
Leaf area	2.84	0.69	0.27
SLDW	1.03	1.47	-1.01
Chlorophyll content	1.03	-1.33	-1.27
Photosynthesis rate	-0.36	1.63	1.49
Transpiration rate	0.79	-0.23	-0.82
Stomatal conductance	-0.21	1.24	0.46
Intercellular CO_2 concentration	-0.72	-2.25	0.32
PWUE	-1.02	0.87	2.76
1000 grain weight	-0.90	-3.78	-1.33
Grain yield	0.72	1.34	5.03
Variance percent	14.90	22.40	32.40
Cumulative variance percent	69.70	54.80	32.40

RWC: Relative Water Content; RWL: Rate Water Loss; SLDW: Specific Leaf Dry Weight; PWUE: PhotosyntheticWater Use Efficiency.

ژنوتیپ‌های کلاسترهای مختلف از نظر صفات مورد مطالعه تفاوت بالایی دارند بنابراین می‌توان عنوان کرد که تجزیه کلاستر و تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس صفات مورد مطالعه اختلافات بین ژنوتیپ‌ها را بهتر نشان می‌دهد و استفاده از این صفات در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها می‌تواند مفید فایده واقع شود. با توجه به مطالعات بیئر و همکاران (Beer *et al*., 1993) احتمال وجود آلل‌های مطلوب در مکان‌های ژنی مختلف در ژنوتیپ‌هایی که با هم ارتباطی ندارند بالاست.

در نهایت، به منظور رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها، از روش آروناچالام و باندیوپادیای (Arunachalam and Bandyopadhyay, 1984) استفاده شد (جدول ۷).

به طور کلی، ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۱۳ در رتبه یک قرار گرفته و بیشترین مقدار را بر اساس روش آروناچالام و باندیوپادیای به خود اختصاص دادند و دو ژنوتیپ شماره ۸ و ۱۷ و ژنوتیپ شماره ۲ به تنهایی، رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند. این بدین معنی است که این ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم بر اساس صفات مورد مطالعه سازگاری بهتری دارا هستند. در ضمن، کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ و ۱۶ بود که به ترتیب در رتبه ۱۰ و ۹ قرار گرفتند (جدول ۸) که به عنوان

جدول ۷- تجزیه واریانس چندمتغیره صفات مورد مطالعه برای تائید نتایج گروه بندی
Table 7. Multivariate analysis of variance of studied traits for verifying grouping results

آزمون	درجه آزادی تیمار	درجه آزادی اشتباه	مقدار		
Test	Treatment df.	Error df.	Value	F	P value
Wilks lambda	2	17	0.416	7.5	0.002
Pillai	2	17	0.584	7.5	0.002
Hotelling	2	17	1.406	7.5	0.002
Roy's largest root	2	17	1.406	7.5	0.002

جدول ۸- رتبه بندی ژنوتیپ ها بر اساس صفات مورد مطالعه (آروناچالام و باندیوپادیای، ۱۹۸۴)
Table 8. Genotypes ranking on the basis of studied traits (Arunachalam and Bandyopadhyay, 1984)

Genotype	Value	Rank	Genotype	Value	Rank
1	36	5	11	36	5
2	41	3	12	35	6
3	33	8	13	43	1
4	43	1	14	31	10
5	36	5	15	34	7
6	37	4	16	32	9
7	36	5	17	42	2
8	42	2	18	37	4
9	33	8	19	36	5
10	35	6	20	36	5

ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه در شرایط دیم منطقه قیدار شناسایی شدند. سایر ژنوتیپ‌ها رده‌های حدواسط را به خود اختصاص دادند. در مجموع، لاین‌های شماره ۴، ۱۳، ۲، ۸، ۱۷، ۱۸ و ۶ از نظر کلیه صفات مورد مطالعه بر اساس روش آروناچالام و باندیوپادیای (۱۹۸۴) نسبت به ارقام شاهد (دارای رتبه ۵) و سایر لاین‌ها در شرایط تنش برتری نشان دادند.

References

Aggarwal, P. K., Kropff, M. J., Matthews, R. B., and McLaren, C. G. 1996. Using simulation models to design new plant types and to analyse genotype by environment interaction in rice. pp. 403-418. In: Cooper, M., and Hammer, G. L. (eds.) Plant Adaptation and Crop Improvement. CAB Int., Wallingford, UK.

Araus, J. L. 1996. Integrative physiological criteria associated with yield potential. pp.

150-167. In: Reynolds, M. P., Rajaram, S., and McNab, A. (eds.) Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. CIMMYT Mexico DF.

Arunachalam, V., and Bandyopadhyay, A. 1984. A method to make decisions jointly on a number of dependent characters. Indian Journal of Genetics 44: 419-424.

Atteya, A. M. 2003. Alteratin of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology 29: 63- 76**.**

Bajji, M., Lutts, S. J., and Kinet, M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669–681.

Beer, S. C., Goreda, J., Phillips, T. D., Murphy, J. P., and Sorrels, M. E. 1993. Assessment of genetic variation in *Avena sterilis* using morphological traits, isozymes, and RFLPs. Crop Science 33: 1386–1393.

Behera, R. K., Mishra, P. C., and Chouldhury, N. K. 2002. High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. Journal of Plant Physiology 159: 967-973.

Blanco, D. I. A., Rajaram, S., Kronstad, W. E., and Reynolds, M. P. 2000. Physiological performance of synthetic hexaploid wheat derived populations. Crop Science 40: 1257-1263.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159–1168.

Castrillo, M., and Calcargo, A.M. 1998. Effects of water stress and rewatering on Ribulose-1,5 bisphosphate carboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. Journal of Horticultural Science 64: 717-724.

Chandra, D., and Islam, M. A. 2003. Genetic variation and heritability of excised-leaf water loss and its relationship with yield and yield components of F bulks in five wheat crosses. Journal of Biological Sciences 3: 1032-1039.

Cornic, G. 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. pp. 293-313. In: Baker, N. R., and Bowyer, J. R. (eds.) Photoinhibition of Photosynthesis. Bios Scientific Publishers, Oxford, UK.

Cornic, G., and Fresneau, C. 2002. Photosynthetic carbon reduction and carbon

oxidation cycles are the main electron sinks for photosystem II activity during a mild drought. Annals of Botany 89: 887-894.

Dunphy, E. J., Hanway, J. J., and Green, D. E. 1979. Soybean yield in relation to days between specific developmental stages. Agronomy Journal 71: 917 – 920.

Evans, L., and Wardlaw, I. F. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Advances in Agronomy 22: 301 -359.

Falconer, D. S., and Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics, 4th edn. Longman Group Ltd. Essex, UK. 513 pp.

Faris, H., Merker, A., Singh, H., Belay,G., and Johansson, E. 2006. Multivariate analysis of diversity of tetraploid wheat germplasm from Ethiopia. Journal of Genetic Resources and Crop Evolution 53: 1089–1098.

Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M., Candon, A. G., and Saavedra, A. L. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Science 38: 1467-1475.

Jiang, Y., and Huang, B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.

Johnson, R. A., and Wichern, D. W. 2002. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

Larcher, W. 2003. Physiological Plant Ecology. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.

Lawlor, D. W. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. Annals of Botany 89: 871- 885.

Lawlor, D. W., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell and Environment 25: 275- 294.

Martin, B., and Ruis-Torres, N. A. 1992. Effects of water- deficit stress on photosynthesis, its component and component limitations and on water use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology 100: 733-739.

Martin, M., Morgan, J. A., Zebri, G., and Lecain, R. D. 1997. Water stress rate effects on osmotic adjustment and cell wall properties in winter wheat. Italian Journal of Agronomy 1: 1-20.

McCaig, T. N., and Romogosa, I. 1991. Water status measurements of excised wheat leaves: Position and age effects. Crop Science 31: 1583-1588.

Merah, O. 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. Journal of Agricultural Science 137: 139-145.

Rajaram, S. 2001. Prospects and promise of wheat breeding in the 21st centry. Euphytica 119: 3- 15.

Ramanjulu, S., Sreenivasalu, N., Giridhara, K., and Sudhakar, C. 1998. Photosynthetic characteristics in mulberry during water stress and rewatering. Photosynthetica 35: 259- 263.

Rebetzke, G. J., Condon, A. G., Richards, R. A., and Read, J. J. 2001. Phenotypic variation and sampling for leaf conductance in wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding populations. Euphytica 121: 335-341.

Reynolds, M. P., Mujeeb-Kazi, A., and Sawkins, M. 2005. Prospects for utilising plant- adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought – and salinity- prone environments. Annals of Applied Biology 146: 239-259.

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., and Holdy, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchenge parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

Shearman, V. J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., and Foulkes, M. J. 2005. Physiological process associated with wheat yield progress in the UK. Crop Science 45: 175–185.

Tang, A. C., Kawamitsu, Y., Kanechi, M., and Boyer, J. S. 2002. Photosynthesis oxygen evolution of low water potential in leaf discs lacking an epidermis. Annals of Botany 89: 861-870.

Winter, S. R., Musick, J. T., and Porter, K. B. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought resistant winter wheat. Crop Science 28: 512-516.

Yang, J. C., Zhang, J. H., Wang, Z. Q., and Liu, L. 2001. Water deficit- induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agronomy Journal 93: 196-206.

Yang, J. C., Zhang, J. H., Wang, Z. Q., and Liu, L. 2003. Postanthesis water deficits enhance grain filling in two-line hybrid rice. Crop Science 43: 2099-2108.

Yourdanov, I., Tsonev, T., Velikova, V., Georgieva, K., Ivanov, P., Tsenov, N., and Petrova, T. 2001. Changes in CO_2 assimilation, transpiration and stomatal resistance of different wheat cultivars experiencing drought under field conditions. Journal of Plant Physiology 27: 20-33.

Zaharieva, M., Gaulin, E., Havaux, M., Acevedo, E., and Monneveux, P. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geninculate* Roth. Crop Science 41: 1321-1329.