



## بررسی سازگاری و شاخص‌های تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان

حبيب اله سوقی<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۸

### چکیده

تنش خشکی یکی از عوامل مهم محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل تنش خشکی در گندم، ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش گندم در سه سال زراعی از ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. ژنوتیپ‌های مورد نظر در دو سال اول فقط در شرایط آبیاری معمول ولی در سال سوم آزمایش در دو شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری پس از گلدهی بررسی شدند. هشت شاخص تحمل تنش شامل شاخص حساسیت به تنش خشکی (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین هندسی تولید (GMP)، میانگین حسابی (MP)، شاخص تحمل خشکی (STI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، شاخص عملکرد (YI) و شاخص اندازه برتری (Pi) مورد محاسبه قرار گرفتند. تجزیه واریانس مرکب بر روی عملکرد دانه برای اثر سال و ژنوتیپ اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد را نشان داد ولی اثر متقابل ژنوتیپ × سال از نظر آماری معنی‌دار نبود. تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد، به طوریکه بیشترین کاهش عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۶ با ۷۰ درصد بود. ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۷، ۴ و ۱۴ در شرایط تنش خشکی به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند. با توجه به مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در تجزیه واریانس مرکب، لاین شماره ۱۴ با متوسط عملکرد سه ساله ۶۷۷۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری معمول و بر اساس شاخص‌های تنش خشکی ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱۷ در شرایط تنش خشکی توصیه می‌گردد.

واژه های کلیدی: عملکرد دانه، تنش خشکی، پایداری، لاین امیدبخش، گندم

سوقی، ح. ۱۳۹۷. بررسی سازگاری و شاخص‌های تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۴: ۳۰-۲۱.

۱- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان،

ایران. پست الکترونیک: hab3asog@yahoo.com

## مقدمه

تولید جهانی گندم در سال ۲۰۱۳ حدود ۷۱۵ میلیون تن برآورد شد که ایران با تولید بیش از ۱۴ میلیون تن در جایگاه دوازدهم قرار گرفت (فانو، ۲۰۱۵). گندم به عنوان عمده‌ترین محصول زراعی ایران به طور متوسط در سطحی نزدیک به ۷ میلیون هکتار از اراضی کشور را به خود اختصاص داده است که سهم گندم آبی از این سطح ۳۷ درصد و سهم گندم دیم ۶۳ درصد است. متوسط عملکرد در زراعت دیم ۱/۱ تن در هکتار و در زراعت آبی ۳/۷ تن در هکتار است (فانو، ۲۰۱۵).

بخش قابل توجهی از اراضی کشور در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است و در بیشتر مناطق کشور که گندم کشت می‌شود به ویژه در زمان بعد از گلدهی پر شدن با تنش خشکی مواجه می‌شود (نوری قنبلانی و همکاران، ۲۰۰۹). ژنوتیپ‌های گندم بر اساس صفات مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک دارای تحمل متفاوت نسبت به تنش خشکی هستند. مطالعه‌ای که توسط برار و همکاران (۱۹۹۰) انجام شد، نشان داد که شدت تنش خشکی بر تمام مراحل رشد گندم تاثیرگذار است و پاسخ گیاه به تنش، بستگی به شدت تنش و مرحله رشد گیاه دارد. برای انتخاب بر اساس عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص، عملکرد گیاه را در دو محیط تنش و بدون تنش در بر می‌گیرد. شاخص‌های کمی تحمل به خشکی توسط محققین مختلفی معرفی و به کار گرفته شده‌اند. فرناندز (۱۹۹۲) در معرفی شاخص‌های کمی تحمل به خشکی اظهار می‌دارد که هر چقدر عملکرد تحت شرایط تنش به عملکرد تحت شرایط بدون تنش نزدیک‌تر باشد، حساسیت رقم به خشکی کمتر بوده و در نتیجه مقدار کاهش عملکرد و به تبع آن شاخص حساسیت به تنش آن رقم کوچکتر می‌شود. فرناندز (۱۹۹۲) ژنوتیپ‌ها را بر اساس واکنش آنها در شرایط تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم کرد. الف) ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط عملکرد زیاد تولید می‌کنند. ب) ژنوتیپ‌هایی که عملکرد آنها فقط در محیط مطلوب زیادت‌تر می‌شود. ج) ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش‌دار از عملکرد نسبتاً زیادی برخوردار هستند. د) ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای عملکرد پایین‌تر هستند. مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش شاخصی است که می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه الف را از سایر گروهها تشخیص دهد، زیرا پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مربوط به این گروه بیشتر است.

شاخص حساسیت به تنش SSI (فیشر و ماورر، ۱۹۷۸) نسبتی است از عملکرد ژنوتیپی تحت شرایط تنش و بدون تنش

که برای تعیین شدت هر آزمایش تعدیل شده است و مشخص شده است که با عملکرد و دمای کانوی در گندم همبستگی دارد (رشید و همکاران، ۱۹۹۹) و از آنجایی که کاهش عملکرد ژنوتیپ‌های دارای SSI کمتر از یک در شرایط تنش از مقدار میانگین کاهش عملکرد همه ژنوتیپ‌ها کمتر است نسبت به تنش مورد مطالعه متحمل می‌باشند (فیشر و ماورر، ۱۹۷۸). بر اساس پیشنهاد خانان چوپرا و ویزوانتان (۱۹۹۹) با استفاده از شاخص SSI ژنوتیپ‌ها را می‌توان به سه گروه متحمل  $SSI \leq 0.5$  و نسبتاً متحمل  $0.5 < SSI \leq 1$  و حساس  $SSI > 1$  طبقه بندی نمود. شاخص‌های تولید متوسط (MP) و تحمل (TOL) نیز از دیگر شاخص‌هایی هستند که برای تمایز تحمل ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد هر دو محیط تنش و طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند (مک کیچ و کلارک، ۱۹۸۲، حسین و همکاران، ۱۹۹۰). گزینش بر اساس شاخص تحمل (TOL)، ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل پایین عملکرد تحت شرایط بدون تنش و عملکرد بالا تحت شرایط تنش را انتخاب می‌کند. بزرگترین مقدار TOL گویای بزرگترین مقدار کاهش عملکرد تحت شرایط تنش و بیشترین حساسیت به تنش می‌باشد (سی وسه مرده و همکاران، ۲۰۰۶). فرناندز (۱۹۹۲) شاخص تحمل تنش (STI) را معرفی کرد. وی عقیده داشت که شاخص تحمل به تنش شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها جهت دستیابی به عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. این شاخص ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد بالا تحت شرایط تنش و بدون تنش هستند از سایر گروه‌ها جدا می‌کند. فرناندز (۱۹۹۲) شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی عملکرد (GMP) ارائه کرد که حساسیت کمتری نسبت به عملکرد در شرایط معمول و تنش دارد.

اندازه برتری (Pi) یکی دیگر از شاخص‌های پیشنهادی لین و همکاران (۱۹۸۶) است که عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را مقایسه می‌نماید. این روش ژنوتیپ‌های بالاترین عملکرد در هر محیطی را شناسایی و به عنوان نقطه مرجع مورد بهره‌برداری قرار می‌دهد. ژنوتیپی که بیشترین اختلاف عملکردی با نقطه مرجع داشته باشد مقدار Pi بالاتری به خود اختصاص می‌دهد. شاخص‌های پیشنهادی دیگر شامل شاخص پایداری عملکرد (YSI) بوسلاما و شاپوق (۱۹۸۴) و شاخص عملکرد (Yi) گاوازی و همکاران (۱۹۹۷) است که به ترتیب جهت ارزیابی و غربال ژنوتیپ‌های متحمل به گرما و خشکی در سویا و غلات زمستانه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تقیان و ابوالوفا (۲۰۰۳) همبستگی مثبت و معنی‌دار  $Yp$  و  $Ys$  با STI،

کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شدند. ژنوتیپ های مورد مطالعه شامل لاین های جدید می باشند که برای معرفی به زارعین استان گلستان گزینش شده اند. در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ این ژنوتیپ ها فقط در شرایط معمول آبیاری و بدون تنش خشکی بررسی شدند و سپس در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در قالب دو آزمایش جداگانه یک آزمایش در شرایط معمول آبیاری و آزمایش دیگر در شرایط قطع آبیاری بعد از گلدهی مورد بررسی قرار گرفتند و شاخص های تنش خشکی مورد محاسبه قرار گرفتند، تا ژنوتیپ برتر برای شرایط مطلوب آبیاری و تنش خشکی معرفی شده و مورد استفاده زارعین استان گلستان قرار گیرند. مشخصات جغرافیایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان به ترتیب ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی است. ارتفاع ایستگاه نیز ۵/۵ متر بالاتر از سطح دریا است. میزان متوسط بارندگی سی ساله ایستگاه گرگان ۵۲۳ میلی متر است.

MP و GMP را در گندم گزارش کردند و نتیجه گیری کرده که شاخص های STI، MP و GMP می توانند از مناسبترین شاخص ها برای ارزیابی و شناسایی ارقام تحت تنش کمبود آب در برنامه های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند. عبدلی و سعیدی (۲۰۱۲) نیز سه شاخص مذکور را شاخص هایی دانستند که می توانند برای انتخاب ارقامی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی هستند، مورد استفاده قرار داد. این بررسی به منظور ارزیابی شاخص های مختلف تنش، انتخاب ژنوتیپ برتر برای آبیاری معمول و تنش خشکی و در نهایت توصیه آن به زارعین انجام می شود.

#### مواد و روش ها

در این تحقیق ۱۹ ژنوتیپ پیشرفته گندم نان به همراه رقم مروارید به عنوان شاهد (جدول شماره یک) در سال های زراعی ۹۲-۱۳۹۱، ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ و به مدت سه سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در قالب طرح بلوک های

جدول ۱- شماره و شجره ژنوتیپ های مورد بررسی

شماره	شجره	شماره	شجره
۱	مروارید	۱۱	WHEAR/CHAPIO/3/C80.1/...
۲	ATRAK/WANG-SHUI-BAI CHAMRAN/ZAGROS	۱۲	CNDO/R143//ENTE/MEXI_2/3/...
۳		۱۳	PGO/SERI//BAU/3/DUCULA
۴	ZAGROS/ARVAND//CATBIRD/3/SHIROODI	۱۴	PF74354//LD/ALD/4/2*BR12*2/3/...
۵	ZAGROS/ARVAND//CATBIRD/3/SHIROODI	۱۵	NANJING2149/KAUZ/4/JUP/ALD"S"/... ..
۶	PFAU/SHANGHAI#3/3/NAI60/HN//SY/4/...	۱۶	SABUF/7/ALTAR 84/AE.SQUARROSA ...
۷	KAUZ/CMH77.308//BAU/3/SHANGHAI/4/...	۱۷	MILAN/S87230//BABAX
۸	PFAU/MILAN/5/CHEN/...	۱۸	MILAN/ATTILA//ATTILA-4Y
۹	PFAU/MILAN/3/SKAUZ/KS94U215//SKAUZ	۱۹	CAL/NH//H567.71/3/SERI/4/CAL/NH// ...
۱۰	TILHI/5/PF74354//LD/ALD/4/2*BR12*2/3/... /...	۲۰	BABAX/LR42//BABAX*2/3/VIVITSI

اساس آزمایش تجزیه خاک و فرمول کودی تعیین شدند. عملیات خاک ورزی شامل شخم، دیسک، لولر و ایجاد فارو در زمین در هر دو آزمایش اجراء شد و کشت آزمایش ها با بذرکار خطی در آذر ماه هر سال انجام گرفت. مبارزه با علف های هرز پهن برگ با علف کش گرانستار به میزان ۲۵ گرم در هکتار و مبارزه با علف های هرز باریک برگ با علف کش تاپیک به میزان ۱ لیتر در هکتار و در مرحله پنجه زنی انجام شد. هر آزمایش در زمان

در هر آزمایش کرت های آزمایش شامل ۶ خط به فاصله ۲۰ سانتی متر و به طول ۶ متر، بوده و مساحت کاشت برابر با ۷/۲ متر مربع ( $6 \times 1/2 = 7/2 \text{ m}^2$ ) و مساحت برداشت با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت ( $5 \times 1/2 = 6 \text{ m}^2$ ) بود. همچنین در دو طرف آزمایش یک کرت به عنوان حاشیه کاشته شد. میزان بذر لازم برای هر تیمار بر اساس وزن هزار دانه و بر حسب ۳۵۰ دانه در متر مربع محاسبه و میزان کود لازم بر

برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل تنش خشکی بر اساس عملکرد دانه شاخص‌های تحمل تنش (مک کیچ و کلارک، ۱۹۸۲، حسین و همکاران ۱۹۹۰)، میانگین حسابی (مک کیچ و کلارک، ۱۹۸۲، حسین و همکاران ۱۹۹۰)، میانگین هندسی (فرناندز، ۱۹۹۲)، شاخص تحمل تنش (فرناندز، ۱۹۹۲)، شاخص حساسیت به تنش (فیشر و ماورر، ۱۹۷۸)، شاخص پایداری عملکرد (بوسلاما و شاپوق، ۱۹۸۴)، شاخص عملکرد (گاوازی و همکاران، ۱۹۹۷) و شاخص برتری (کلارک و همکاران، ۱۹۹۲، لین و همکاران، ۱۹۸۶) به شرح زیر محاسبه شدند.

رسیدن فیزیولوژیک توسط کمباین مخصوص غلات برداشت شد. در زمان برداشت پس از حذف حاشیه‌های هر کرت مقادیر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، و پس از برداشت نیز صفات زیست توده (کیلوگرم در هکتار) اندازه‌گیری شدند. برای تعیین تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، ارتفاع بوته و طول سنبله از هر کرت ده بوته انتخاب شدند و صفات مذکور در این بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری شده و در نهایت میانگین آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۱- تحمل تنش Tolerance (مک کیچ و کلارک، ۱۹۸۲):  $TOL: Yp - Ys$

که در آن  $Yp$  اندازه صفت مورد نظر هر ژنوتیپ در شرایط عادی و  $Ys$  اندازه صفت مورد نظر هر ژنوتیپ در شرایط تنش است.

۲- میانگین حسابی Mean Productivity (مک کیچ و کلارک، ۱۹۸۲):  $MP = (Yp + Ys) / 2$

۳- میانگین هندسی Geometric Mean Productivity (فرناندز، ۱۹۹۲):  $GMP = \sqrt{Yp \times Ys}$

۴- شاخص تحمل تنش Stress Tolerance Index (فرناندز، ۱۹۹۲):  $STI = (Yp \cdot Ys) / \bar{Yp}^2$

۵- شاخص حساسیت به تنش Stress Susceptibility Index (فیشر و ماورا، ۱۹۷۸):

$$SSI = [1 - (Ys/Yp)] / D$$

که در آن  $D$  (شدت تنش) از رابطه  $D = 1 - (\bar{Ys} / \bar{Yp})$  محاسبه می‌شود و  $\bar{Ys}$  و  $\bar{Yp}$  میانگین صفت مورد نظر (عملکرد در حالتی که شاخص بر اساس عملکرد محاسبه می‌شود) در همه ژنوتیپ‌ها به ترتیب در شرایط طبیعی و تنش می‌باشد (فیشر و ماورا، ۱۹۷۸).

۶- شاخص پایداری عملکرد Yield Stability Index (بوسلاما و شاپوق، ۱۹۸۴):  $Ys/Yp = YSI$  -۷ شاخص

عملکرد Yield Index (گاوازی و همکاران، ۱۹۹۷):  $Yi = Ys / \bar{Ys}$

۸- شاخص برتری Superiority Measure (لین و همکاران، ۱۹۸۶، کلارک و همکاران، ۱۹۹۲):

$$Pi = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 / (2n)$$

که  $n$  تعداد محیط،  $X_{ij}$  صفت مورد نظر در  $i$  امین ژنوتیپ در  $j$  امین محیط و  $M_j$  حداکثر مقدار صفت مورد نظر در  $j$  امین مکان می‌باشد.

اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. ولی اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  سال در سطح آماری پنج درصد برای عملکرد دانه معنی‌دار نشد. معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ نشان دهنده اختلاف ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش می‌باشد. با توجه به معنی‌دار نشدن اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  سال، می‌توان استنباط نمود که پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به تغییرات محیطی در سال‌های مورد بررسی یکنواخت بوده و نیازی به استفاده از تجزیه پایداری برای تعیین ژنوتیپ‌های برتر نمی‌باشد. بر این اساس و با توجه به جدول شماره ۳ ژنوتیپ شماره ۱۴ با شجره PF74354/LD/ALD/4/2\*BR12\*2/3/... با میانگین

تجزیه واریانس داده‌های فنوتیپی، مقایسه میانگین بر اساس آزمون LSD و همچنین محاسبه ضرایب همبستگی خطی پیرسون با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام گردید. محاسبات شاخص‌ها بر اساس فرمول‌های یاد شده با کمک نرم افزار Excel 2010 صورت گرفت.

#### نتایج و بحث

پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه مرکب روی داده‌های حاصل از آزمایش در شرایط آبیاری معمول انجام گرفت که در جدول ۲ آمده است.

حاکمی از متفاوت بودن توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفت عملکرد دانه می‌باشد. همچنین اثر ژنوتیپ در شرایط قطع آبیاری (تنش رطوبتی) معنی‌دار نشد. که این امر بیانگر آن است که ژنوتیپ‌های مورد بررسی واکنش نسبتاً یکنواخت به تنش رطوبتی نشان دادند. بخشایشی قشلاق و شکارچی (۱۳۹۴) در تحقیقات خود در گندم اثر ژنوتیپ را در شرایط بدون تنش معنی‌دار و در شرایط تنش رطوبتی معنی‌دار گزارش کردند که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

عملکرد دانه ۶۷۷۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری توانست بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دهد. اما برای بررسی در شرایط تنش کم آبیاری در سال سوم علاوه بر اینکه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری بررسی شدند، در شرایط قطع آبیاری پس از گلدی نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول شماره ۴ اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری (بدون تنش آبی) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات
سال	۲	۲۸۴۳۰۷۹۹	۱۴۲۱۵۳۹۹**
خطا	۶	۱۴۹۳۵۶۰	۲۴۸۹۲۶
ژنوتیپ	۱۹	۱۱۲۳۰۴۶۹	۵۹۱۰۷۷**
ژنوتیپ × سال	۳۸	۱۳۸۵۳۴۱۷	۳۶۴۵۶۴ <sup>ns</sup>
خطا	۱۱۴	۳۰۱۷۷۸۳۰	۲۶۴۷۱۷
CV%	۸/۳۲		

ns: غیر معنی‌دار، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

جدول ۳- میانگین سه ساله عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری معمول و مقایسه آنها بر روش LSD

شماره ژنوتیپ	شماره عملکرد دانه	شماره ژنوتیپ	شماره عملکرد دانه	شماره ژنوتیپ	شماره عملکرد دانه	شماره ژنوتیپ	شماره عملکرد دانه
۱	۶۴۰۲ ab	۶	۵۹۶۲ bc	۱۱	۶۰۳ bc	۱۶	۶۳۰۷ ab
۲	۶۱۳۹ abc	۷	۶۰۵۹ abc	۱۲	۶۳۱۹ ab	۱۷	۶۵۷۵ ab
۳	۶۲۰۹ abc	۸	۶۲۲۰ abc	۱۳	۵۹۴۶ bc	۱۸	۶۱۲۸ abc
۴	۶۰۷۰ abc	۹	۶۲۲۳ abc	۱۴	۶۷۷۳ a	۱۹	۶۱۶۸ abc
۵	۶۰۸۰ abc	۱۰	۶۲۱۴ abc	۱۵	۵۵۳۰ c	۲۰	۶۴۱۰ ab

شد (جدول ۴). به طوریکه بیشترین کاهش عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۶ با ۷۰ درصد بود. ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۷، ۴ و ۱۴ در شرایط تنش خشکی به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند. در این ارتباط چلبی‌یانی و رشیدی (۲۰۱۲) گزارش کردند که در گندم، عملکرد دانه به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر تنش خشکی انتهای فصل کاهش می‌یابد و بر اساس مطالعات انجام شده توسط عبدلی و سعیدی (۲۰۱۳) تنش خشکی پس از گرده‌افشانی عملکرد دانه را در حدود ۱۸ درصد نسبت به شرایط کنترل شده کاهش داد.

در جدول شماره ۵ مقادیر شاخصهای تنش خشکی اندازه گیری شده برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داده شده است.

نتایج حاصله از تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای آن (جدول ۴) نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر وزن هزار دانه، میانگین طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله هم در شرایط تنش رطوبتی و در شرایط آبیاری در سطح احتمال یک درصد و وزن سنبله در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشتند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر طول سنبله در شرایط قطع آبیاری (تنش رطوبتی) در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند ولی از نظر این صفت در شرایط آبیاری معمول اختلاف معنی‌دار در سطوح آماری نداشتند. تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی

از نظر شاخص MP بیشترین مقدار را ژنوتیپ شماره ۱۴ با مقدار ۵۱۴۹ دارد. همچنان که هوپلس (۲۰۰۱) بیان می‌کند انتخاب برای MP باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و طبیعی خواهد شد مگر آنکه همبستگی بین عملکرد تحت شرایط طبیعی و تنش به شدت منفی و در جهت عکس یکدیگر باشد. در این بررسی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا همانند ژنوتیپ شماره ۱۴ و ۱۷، مقدار MP بالایی را داشتند.

بر اساس نتایج سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) بزرگترین مقدار TOL گویای بزرگترین مقدار کاهش عملکرد تحت شرایط تنش و بیشترین حساسیت به تنش می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز ژنوتیپ شماره ۱۴ با ۴۵۳۴ دارای بیشترین مقدار TOL است. ژنوتیپ شماره ۸ یا شاخص SSI برابر با ۰/۸۴۷ دارای کمترین مقدار و متحمل‌ترین ژنوتیپ و ژنوتیپ شماره ۶ با شاخص SSI معادل ۱/۲۳۱ دارای بیشترین مقدار و حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس ساده صفات در شرایط آبیاری و تنش خشکی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه عراقی محله گرگان

میانگین مربعات							
منابع تغییر آزادی	درجه	وزن هزاردانه		طول پدانکل		ارتفاع بوته	
		قطع آبیاری	آبیاری معمول	قطع آبیاری	آبیاری معمول	قطع آبیاری	آبیاری معمول
تکرار	۲	۲/۶ <sup>ns</sup>	۷/۲۲ <sup>ns</sup>	۵/۱۴ <sup>ns</sup>	۲۵/۸۵ <sup>**</sup>	۷۶/۵ <sup>*</sup>	۳۷/۳ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ	۱۹	۱۷/۷۷ <sup>**</sup>	۲۲/۹ <sup>**</sup>	۲۴/۵۵ <sup>**</sup>	۳۲/۸۱ <sup>**</sup>	۵۸/۲۷ <sup>**</sup>	۱۰۸/۵۸ <sup>**</sup>
خطا	۳۸	۲/۴۹	۲/۹۹	۴/۴۹	۳/۱۱	۲۱/۵۹	۲۱/۳
CV%	-	۴/۲۳	۳/۸۴	۶/۷۶	۴/۴۸	۶/۰۶	۴/۶۴

#### ادامه جدول ۴

میانگین مربعات							
منابع تغییر آزادی	درجه	وزن سنبله		تعداد سنبلچه در سنبله		تعداد دانه در سنبله	
		قطع آبیاری	آبیاری معمول	قطع آبیاری	آبیاری معمول	قطع آبیاری	آبیاری معمول
تکرار	۲	۰/۰۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۳/۳ <sup>*</sup>	۰/۹۵ <sup>ns</sup>	۷۳/۶ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ	۱۹	۰/۱۳۷ <sup>*</sup>	۰/۲۱۵ <sup>*</sup>	۳/۵ <sup>**</sup>	۴/۳ <sup>**</sup>	۶۶/۱ <sup>**</sup>	۶۵/۸ <sup>**</sup>
خطا	۳۸	۰/۰۶۲	۰/۱۱۴	۰/۵۱	۰/۶۷	۱۴/۲۱	۲۳/۵
CV%	-	۱۴/۳۲	۱۶/۱	۴/۸۲	۵/۰۵	۱۲/۱۴	۱۳/۶۵

#### ادامه جدول ۴

میانگین مربعات							
منابع تغییر آزادی	درجه آزادی	عملکرد دانه		وزن دانه در سنبله		طول سنبله	
		قطع آبیاری	آبیاری معمول	قطع آبیاری	آبیاری معمول	قطع آبیاری	آبیاری معمول
تکرار	۲	۷۱۱۹۵۸ <sup>*</sup>	۲۵۸۰۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۸۳۹ <sup>*</sup>	۰/۴۷ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ	۱۹	۳۶۱۴۵۶ <sup>ns</sup>	۷۲۴۰۱۸ <sup>*</sup>	۰/۱۱۳ <sup>**</sup>	۰/۱۲۵ <sup>ns</sup>	۱/۱۸۴ <sup>**</sup>	۱/۴۶ <sup>**</sup>
خطا	۳۸	۲۱۶۶۹۸	۳۴۰۷۱۵	۰/۰۵۵	۰/۰۸۶	۰/۱۶	۰/۱۶
CV%	-	۱۷/۸۲	۹/۳۶	۱۹/۶۸	۱۹/۰۴	۴/۳۳	۴/۰۷

ns: غیر معنی دار، \* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

جدول ۵- مقادیر شاخص های YSI, YI, Pi, SSI, MP, STI, TOL, GM بر مبنای عملکرد دانه در ایستگاه عراقی محله گرگان در سال ۹۴-۱۳۹۳

TOL	MP	GMP	STI	SSI	YI	Pi	YSI	Ys (Kg/ha)	Yp(Kg/h)	NO
۴۰۲۶	۴۴۳۴	۳۹۵۱	۰/۴۰۱	۱/۰۹۷	۰/۹۲۷	۱	۰/۹۲۷	۲۴۲۱ bcd	۶۴۴۷ bc	۱
۴۰۶۳	۴۲۲۵	۳۷۰۴	۰/۳۵۳	۱/۱۴۱	۰/۸۳۹	۲	۰/۸۳۹	۲۱۹۳ cd	۶۲۵۶ bcd	۲
۳۴۴۹	۴۶۰۳	۴۲۶۸	۰/۴۶۹	۰/۹۵۸	۱/۱۰۲	۳	۱/۱۰۲	۲۸۷۹ abc	۶۳۲۸ bcd	۳
۲۸۷۸	۴۳۲۵	۴۰۷۹	۰/۴۲۸	۰/۸۷۷	۱/۱۰۵	۴	۱/۱۰۵	۲۸۸۶ abc	۵۷۶۴ cd	۴
۲۸۲۹	۴۲۵۱	۴۰۰۸	۰/۴۱۳	۰/۸۷۷	۱/۰۸۵	۵	۱/۰۸۵	۲۸۳۶ abc	۵۶۶۵ cd	۵
۴۱۰۲	۳۸۰۲	۳۲۰۱	۰/۲۶۴	۱/۲۳۱	۰/۶۷۰	۶	۰/۶۷۰	۱۷۵۱ d	۵۸۵۳ cd	۶
۳۴۹۷	۴۲۳۳	۳۸۵۵	۰/۳۸۲	۱/۰۲۷	۰/۹۵۱	۷	۰/۹۵۱	۲۴۸۵ bcd	۵۹۸۲ cd	۷
۳۰۷۷	۴۸۴۲	۴۵۹۱	۰/۵۴۲	۰/۸۴۷	۰/۲۶۴	۸	۱/۲۶۴	۳۳۰۳ a	۶۳۸۱ bcd	۸
۳۴۹۰	۴۳۸۴	۴۰۲۱	۰/۴۱۶	۱/۰۰۰	۱/۰۱۰	۹	۱/۰۱۰	۲۶۳۹ ab	۶۱۲۸ cd	۹
۳۸۴۹	۴۵۴۶	۴۱۱۸	۰/۴۳۶	۱/۰۴۵	۱/۰۰۳	۱۰	۱/۰۰۳	۲۶۲۲ abc	۶۴۷۰ abc	۱۰
۲۶۵۵	۴۱۵۰	۳۹۳۲	۰/۳۹۸	۰/۸۵۲	۱/۰۸۰	۱۱	۱/۰۸۰	۲۸۲۳ abc	۵۴۷۸ d	۱۱
۳۵۹۶	۴۲۹۹	۳۹۰۵	۰/۳۹۲	۱/۰۳۶	۰/۹۵۷	۱۲	۰/۹۵۷	۲۸۸۲ bcd	۶۰۹۷ cd	۱۲
۳۸۸۵	۴۳۳۵	۳۸۷۶	۰/۳۸۶	۱/۰۸۷	۰/۹۱۶	۱۳	۰/۹۱۶	۲۳۹۳ bcd	۶۲۷۸ bcd	۱۳
۴۵۳۴	۵۱۴۹	۴۶۲۳	۰/۵۵۰	۱/۰۷۴	۱/۱۰۳	۱۴	۰/۱۰۳	۲۸۸۲ abc	۷۴۱۶ a	۱۴
۳۲۷۰	۴۰۰۵	۳۶۵۶	۰/۳۴۴	۱/۰۱۹	۰/۹۰۷	۱۵	۰/۹۰۷	۲۳۷۰ bcd	۵۶۴۰ cd	۱۵
۳۷۲۲	۴۷۲۴	۴۳۴۲	۰/۴۸۵	۰/۹۹۳	۱/۰۹۵	۱۶	۱/۰۹۵	۲۸۶۳ abc	۶۵۸۵ abc	۱۶
۳۴۲۸	۴۷۰۶	۴۳۸۳	۰/۴۹۴	۰/۹۳۸	۱/۱۴۵	۱۷	۱/۱۴۵	۲۹۹۲ ab	۶۴۲۰ bcd	۱۷
۳۵۴۴	۴۰۴۸	۳۶۳۹	۰/۳۴۱	۱/۰۷۰	۰/۸۷۱	۱۸	۰/۸۷۱	۲۲۷۵ bcd	۵۸۱۹ cd	۱۸
۴۱۱۷	۴۴۲۵	۳۹۱۷	۰/۳۹۵	۱/۱۱۶	۰/۹۰۵	۱۹	۰/۹۰۵	۲۳۶۶ bcd	۶۴۸۳abc	۱۹
۴۴۳۷	۴۹۹۳	۴۴۷۴	۰/۵۱۵	۱/۰۸۱	۱/۰۶۲	۲۰	۱/۰۶۲	۲۷۷۵ abc	۷۲۱۲ ab	۲۰

- حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار مقایسه میانگین به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد می باشد.  
 - تحمل تنش: TOL، میانگین حسابی: MP، میانگین هندسی: GMP، شاخص تحمل تنش: STI، شاخص حساسیت به تنش: SSI، شاخص پایداری عملکرد: YSI، شاخص عملکرد: Yi و شاخص برتری: Pi

در مجموع می توان گفت که هر کدام از شاخصهای مورد بررسی ویژگی خاصی از ژنوتیپ ها را نشان می دهند و همچنین کارایی شاخص ها به شدت تنش وارده بستگی دارد و نتایج کاربرد هر کدام از شاخص های مذکور در شدت های ملایم تا بسیار شدید می تواند متفاوت باشد مدرسی و همکاران (۱۳۹۰) نیز معتقدند که فقط تحت شرایط تنش ملایم است که ژنوتیپ های با عملکرد بالا در شرایط طبیعی توانایی بروز عملکرد مناسب تحت شرایط تنش را دارا می باشند و در صورتیکه شدت تنش زیاد باشد جهت انتخاب ژنوتیپ های با عملکرد بالا در شرایط تنش می بایستی انتخاب را در همان محیط تنش انجام داد.

#### نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از بررسی میانگین سه ساله ژنوتیپ ها در شرایط آبیاری معمول ژنوتیپ شماره ۱۴ با میانگین عملکرد دانه ۶۷۷۳ کیلوگرم در هکتار توصیه می شود. و همچنین با ارزیابی شاخص های مختلف تنش خشکی در سال سوم آزمایش می توان ژنوتیپ های شماره ۸ و ۱۷ را به عنوان ژنوتیپ برتر در شرایط تنش خشکی توصیه نمود.

شاخص اندازه برتری (P) ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط (طبیعی و تنش) را که حداقل اختلاف با بیشینه عملکرد دارند را مشخص می کند. لذا ژنوتیپ های با عملکرد بالا کمترین مقدار اندازه برتری (پایین ترین یا بهترین رتبه) را به خود اختصاص می دهند و انتظار می رود با انتخاب ژنوتیپ های با مقدار P پایین به ژنوتیپ هایی دست یافت که در هر دو شرایط عملکرد خوبی از خود بروز دهند. که در این بررسی ژنوتیپ شماره ۸ کمترین P را به خود اختصاص داد (جدول ۵). هر ژنوتیپ که مقدار YI بالاتری داشته باشد، عملکرد آن در شرایط تنش نسبت به ژنوتیپ های دیگر بهتر است. در این بررسی نیز ژنوتیپ شماره ۱۷ با ۱/۱۴۵ بالاترین مقدار YI را به خود اختصاص داد بنابر این می توان انتظار داشت که این ژنوتیپ دارای تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی داشته باشد. شاخص YSI عملکرد تحت شرایط تنش را نسبت به عملکرد طبیعی هر ژنوتیپ مورد ارزیابی قرار می دهد و ژنوتیپ های با مقدار بالای YSI انتظار می رود که عملکرد بالایی تحت شرایط تنش نسبت به شرایط طبیعی از خود بروز دهند. با توجه به نتایج (جدول ۵) ژنوتیپ شماره ۸ با ۱/۲۶۴ بیشترین مقدار YSI را به خود اختصاص داده است و از این لحاظ دارای نسبت به سایر ژنوتیپ های مورد بررسی برتری دارد.

#### منابع

- مدرسی، م. و. محمدی، ع. زالی و م. مرادی. ۱۳۹۰. بررسی شاخص های تحمل تنش گرما در گندم. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۲ شماره ۳: ۴۷۴-۴۶۵.
- بخشایشی قشلاق، م. و م. شکارچی زاده. ۱۳۹۴. ارزیابی ژنوتیپ های گندم نان با استفاده از شاخص های تحمل به تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. سال ۷ شماره ۱۶: ۵۹-۴۷.
- Abdoli, M. and M. Saeidi. 2012. Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. *Ann. Bio Res.* (3)3: 1333-1322.
- Abdoli, M. and M. Saeidi. 2013. Evaluation of water deficiency at the post anthesis and source limitation during grain filling on grain yield, yield formation, some morphological and phenological traits and gas exchange of bread wheat cultivar. *Albanian J. Agric. Sci.* 12 (2):255-265.
- Bouslama, M and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci.* 24: 933-937.
- Brar, G. S., Kar, S. and N.T. Singh. 1990. Photosynthetic response of wheat to soil water deficits in the tropics. *J. Agron Crop Sci.* 164: 343-34.
- Chalab- Yani, S. and V. Rashidi. 2012. Selection indices in the improvement of wheat grain yield on drought stress conditions. *African J. Agric. Res.* 7 (7): 1177-1183.
- Clarke, J. M., R. M. De Pauw and T. M. Townley-Smith. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Sci.* 32: 728-732.
- FAOSTAT. (2015). Agricultural Data, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. Online at <http://faostat3.fao.org/>.
- Fernandez, C. G. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270 In: C. G. Kuo, (Ed.). *Adaptation of food crops to temperature and water stress.* AVRDC, Shanhu, Taiwan.
- Fisher, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric Res.* 29: 897-912.



- Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R. G. Campalino, G. L. Ricciardi and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian J. Plant Sci.* 77: 523-531.
- Hohls, T. 2001. Conditions under which selection for mean productivity, tolerance to environmental stress, or stability should be used to improve yield across a range of contrasting environments. *Euphytica*. 120: 235-245.
- Hossain, A. B., A. G. Sears, T. S. Cox and G. M. Paulsen. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Sci.* 30: 622-627.
- Khanna-Chopra, R. and C. Viswanathan. 1999. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environments of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. *Euphytica*. 106: 169-180.
- Line, C. S., M. R. Binns and L. P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci.* 26: 894-900.
- Mc Caig, T. N. and J. M. Clarke. 1982. Seasonal changes in nonstructural carbohydrate levels of wheat and oats grown in semiarid environment. *Crop Sci.* 22: 963-970.
- Nouri Ghanbalani, A., Nouri Ghanbalani, G. and Hassanpanah, D. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. *J. Food Agric. Env.* 7 (3&4): 228-234.
- Rashid, A., J. C. Stark, A. Tanveer and T. Mustafa. 1999. Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat. *J. Agric. Crop Sci.* 182: 213-237.
- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental condition. *Field Crops Res.* 98: 222-229.
- Taghian, A.S. and A. Abo-Elwafa. 2003. Multivariate and rapid analysis of drought tolerance in spring wheat. *Assiut Journal of Agricultural Science.* 34:1-25.

## Evaluation of adaptation and drought stress indices in advanced bread wheat genotypes

H. Soughi<sup>1</sup>

Received: 2016-8-10 Accepted: 2017-9-19

### Abstract

Drought stress is one of the most important factor that reducing wheat (*Triticum aestivum* L.) yield production in arid and semi-arid regions. In order to evaluate stability and indicators of drought tolerance indices in wheat, twenty bread wheat genotypes were planted in randomized complete block design with three replications at Gorgan Agricultural Research Station in three years. Genotypes in two years (2012-13 & 2013-14 cropping season) were evaluated only in irrigated condition but in 2014-15 cropping season, both in irrigated and drought after flowering. Eight indices under normal and drought stress conditions including, stress sensitivity index (SSI), tolerance (TOL), geometric mean production (GMP), mean production (MP), stress tolerance index (STI), yield stability index (YSI), yield index (YI) and preference index (PI) on the grain yield, were evaluated. Results of combined analysis of variance revealed that effects of year and genotype were statistically significant in 1% level but year  $\times$  genotype interactions. Drought stress caused reducing in grain yield that genotype number 6 with 70% had the highest decreasing. Genotypes number 8, 17, 4 and 14 had the highest grain yield in drought stress. In base of mean comparison of genotypes in combined analysis of variance and indicators of drought tolerance, genotype number 14 with grain yield mean 6773 kg/ha in irrigated conditions and genotypes number 8 and 17 in drought condition were selected.

**Keywords:** Drought stress, grain yield, promised line, stability, wheat

---

1- Assistance of professor of Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran