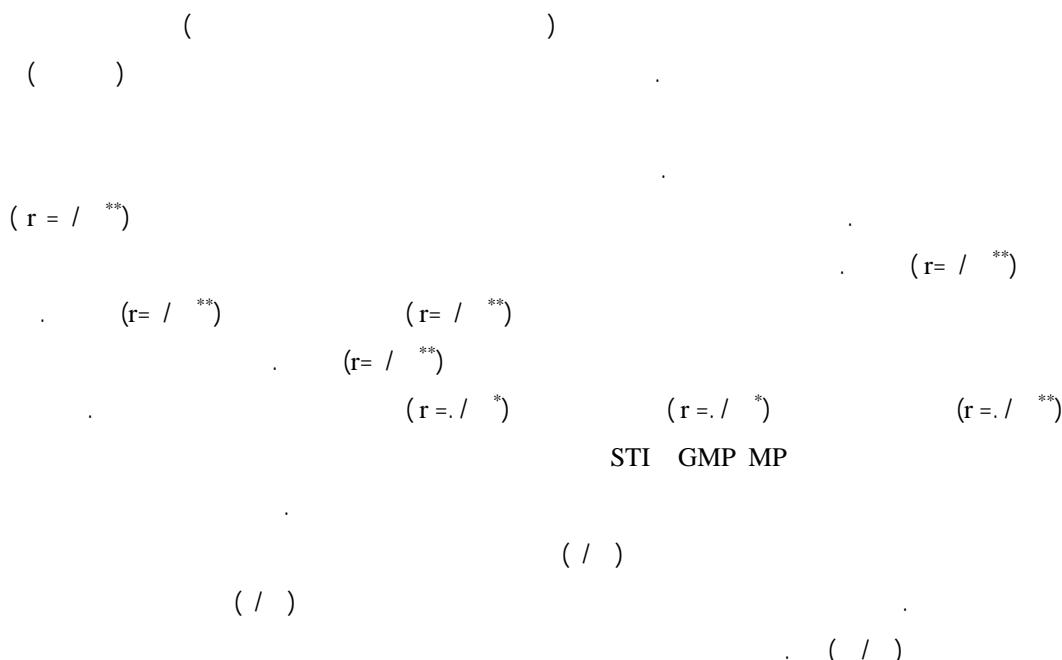


Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes

احمد رضا کوچکی^۱، امیر یزدان سپاس^۲ و حمید رضا نیکخواه^۳

اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد دانه و برخی صفات مورفو لوژیکی در ژنوتیپ‌های گندم. مجله علوم زراعی ایران. جلد هشتم، شماره ۱، صفحه ۱۴ تا ۲۹.



: تنش خشکی، شاخص تحمل، صفات مورفو لوژیک، گندم، همبستگی صفات.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۹/۳۰

این مقاله براساس نتایج به دست آمده از اجرای طرح تحقیقاتی شماره ۱۰۰-۱۲-۸۱۰۶۷ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردیده است.
۱ (مکاتبه کننده)، ۲ و ۳-اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

می‌شوند و در مرحله دوم نمونه‌های باقی مانده بر اساس صفات مرفو فیزیولوژیک مهم مرتبط با عملکرد و مؤثر در تحمل خشکی غربال می‌گردد. وینکل (Winkel, 1989) دریافت که در غلات حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی حد فاصل سنبله رفتن تا گلدهی است و واریته‌هایی که قبل از گلدهی بتوانند بیوماس بالایی تولید و ذخیره اسیمیلات در ساقه را افزایش دهند جز واریته‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند.

نارایان و میسرا (Narayan and Misra, 1989) در آزمایشی که به منظور تعیین مقاومت به خشکی واریته‌های گندم در دو محیط دارای تنش و بدون تنش انجام دادند دریافتند که شاخص حساسیت به خشکی با عملکرد در شرایط بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.71^{**}$) دارد. فیشر و وود (Fischer and Wood, 1979) در بررسی واکنش ارقام گندم بهاره به خشکی دریافتند که همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) با وزن هزار دانه ($r=0.32^*$) و با تعداد سنبله در بوته ($r=0.39^*$) مثبت و معنی‌دار و همبستگی آن در شرایط بدون تنش (Yp) با تعداد دانه در سنبله مثبت و معنی‌دار ($r=0.58^{**}$) و با ارتفاع بوته منفی و معنی‌دار ($r=-0.39^*$) بود. در تحقیق آن‌ها همبستگی شاخص حساسیت به خشکی با صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش مانند عملکرد دانه (Yp) و تعداد دانه در سنبله (به ترتیب $r=0.67^{**}$ و $r=0.70^{**}$) مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع بوته منفی و معنی‌دار ($r=-0.60^{**}$) گزارش گردید. نور مند موید (1376) در آزمایشی که به منظور بررسی تنوع صفات کمی و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در گندم نان انجام داد نتیجه گرفت که همبستگی عملکرد دانه در شرایط دارای تنش با شاخص برداشت، وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول سنبله و دوره پرشدن دانه مثبت و معنی‌دار است و بالاترین آن مربوط به همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله ($r=0.87^{**}$) بود. اهدائی (1372) گزارش کرد که شاخص برداشت تحت

خشکی مهمترین عامل محدود‌کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که ۴۰ تا ۶۰٪ اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bray, 1997). ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴ میلی‌متر در سال طبق تعریف آمریزه در زمرة مناطق خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد (کردوانی، ۱۳۶۷). تعیین مهمترین خصوصیات مورفو‌فیزیولوژیک مؤثر بر عملکرد گندم در شرایط تنش به منظور دستیابی به معیارهایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد این گیاه همواره در برنامه‌های به تزیادی مهم بوده است.

استان مرکزی با داشتن سطح زیر کشت گندم آبی و دیم به ترتیب معادل ۵۸۶۵۴ و ۱۱۷۷۳۶ هکتار یکی از استان‌های مهم تولید گندم کشور است. در این استان تنش خشکی به خصوص در اواخر فصل رشد یکی از عمده‌ترین عوامل محدود‌کننده تولید محسوب می‌شود. یکی از راههای مقابله با تنش خشکی اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است که شناخت و درک این که هر یک از گیاهان و یا ژنتیپ‌های خاص چگونه با مسئله خشکی مقابله می‌کنند حائز اهمیت است. از آن جایی که گندم دارای ارقام مختلف و تحمل آن‌ها در برابر تنش متفاوت است، لازم است برای استفاده بهتر از آب موجود در هر منطقه، ارقامی که با حداقل آبیاری دارای عملکرد بالاتر و سازگاری بهتری هستند مشخص گرددند. درارا و همکاران (Derara et al., 1969) در مطالعات انجام شده در مراکز بین‌المللی (سیمیت و ایکاردا) روی غلاتی مانند گندم، جو و ذرت در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که عملکرد دانه بیشتر به تعداد دانه وابسته است تا وزن دانه. بنابراین مطالعات بیشتر در طول دوره گلدهی (زمانی که تعداد دانه ایجاد می‌شود) متمرکز شده است. فیشر و ماورر (Fischer and Maurer, 1978) در تهیه ارقام متتحمل به خشکی دو مرحله را مطرح کردند. در مرحله اول ارقام بر اساس عملکرد دانه در شرایط دارای تنش غربال

آزمایش جداگانه و با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از زمان گلدهی به بعد در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک در سال‌های زراعی ۱۳۸۰-۸۱ و ۱۳۸۱-۸۲ مورد مطالعه قرار گرفتند. میزان بارندگی دو سال زراعی مذکور نیز در جدول ۲ ارائه گردیده است. هر ژنوتیپ در یک کرت با ابعاد $6 \times 1/2$ مترمربع کشت گردید. میزان کود مصرفی براساس تجزیه نمونه خاک و به مقدار ۹۰-۰ از N-P-K اعمال گردید. میزان بذر مصرفی براساس ۴۵۰ دانه در مترمربع و با در نظر گرفتن وزن دانه برای هر ژنوتیپ تعیین شد. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت برداری‌های لازم از کرت‌های آزمایشی به عمل آمد. برای اندازه‌گیری شاخص برداشت و همچنین صفات مورفو فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌ها، در دو مرحله گلدهی و رسیدن فیزیولوژیکی، نمونه‌های گیاهی شامل ۲۰ ساقه کامل (شامل تمامی برگ‌ها و سنبله) که به طور تصادفی در هر کرت و از سه تکرار از سطح زمین بریده شدند تهیه گردید. نمونه‌ها برای مدت ۷۲ ساعت در دمای $^{\circ}\text{C}$ ۸۰ خشک و سپس صفاتی مانند وزن کل ماده خشک در زمان گلدهی و زمان رسیدن، وزن سنبله در زمان گلدهی و رسیدن، وزن میانگره اول در زمان گلدهی و در زمان رسیدن، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و عملکرد دانه در سنبله و شاخص برداشت و تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدن اندازه‌گیری شدند.

برای برآورد شاخص‌های حساسیت و یا تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از رابطه‌های پیشنهادی توسط فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) و فرناندز (Fernandez, 1992) و رزیل و هامبلین (Rosuelle and Hamblin, 1981) استفاده شد.

$$SI = 1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p} \right)$$

$$SSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{SI}$$

تأثیر عوامل نامناسب محیطی به ویژه خشکی یا کم آبی کاهش می‌یابد. درصد شاخص برداشت به عوامل متعددی از جمله وزن نسبی ماده خشک قبل و بعد از گلدهی و به قابلیت انتقال مواد ذخیره شده در ساقه بعد از گلدهی به دانه بستگی دارد. اگر محیط زراعی نیمه خشک بوده و آب کافی در اختیار گیاه نباشد در چین شرایط محیطی اگر درصد قابل توجهی از آب ذخیره شده قابل دسترس گیاه در خاک، قبل از گلدهی و دانه بستن به مصرف اندام‌های رویشی گیاه برسد، آب کافی برای دوره دانه‌بندی و پرشدن دانه‌ها وجود نخواهد داشت. در نتیجه تعداد و وزن دانه کاهش یافته و عملکرد دانه و شاخص برداشت نیز افت زیادی نشان خواهد داد. STI (۱۳۷۸) نشان داد که شاخص‌های GMP و STI خشکی در نظر گرفته شوند. طبق نظر Blum et al., 1983 (Blum et al., 1983) و Annicchiarico and Pecetti, 1995 (Annicchiarico and Pecetti, 1995) مورد مطالعه با عملکرد دانه از نقطه نظر کاربردی مهمترین هدف هر برنامه اصلاحی است. از آن جایی که عملکرد دانه و راثت‌پذیری پایینی دارد و توسط دامنه‌ای از مکانیزم‌های مورفو‌لولوژیکی، فیزیولوژیکی و... کنترل می‌شود لذا صفت پیچیده‌ای است که جهت افزایش آن در برنامه‌های اصلاحی، از طریق غیرمستقیم یعنی با انتخاب صفاتی که وراثت‌پذیری بالایی دارند و دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد هستند اقدام می‌گردد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر تنش خشکی بر روی صفات مورفو فیزیولوژیک و ارزیابی تحمل به تنش خشکی آخر فصل و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر گندم بوده است.

در این آزمایش ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش گندم نان (T. aestivum L.) (جدول ۱) با کد C-80 در قالب دو

| | |
|---|--|
| (Stress Intensity) SI | $TOL = Y_p - Y_s$ |
| (Stress Susceptibility Index) SSI | |
| حساسیت به تنفس | $MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$ |
| (Tolerance) TOL | |
| (Mean Productivity) MP | $STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(Y_p)^2}$ |
| (Stress Tolerance Index) STI | |
| تنفس | $GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$ |
| (Geometric Mean Productivity) GMP | |
| میانگین هندسی بهره‌وری است. | در روابط فوق: |
| در مورد داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده تجزیه واریانس به عمل آمد. روابط بین صفات اندازه‌گیری شده، شاخص‌های محاسبه شده و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل و تنفس خشکی با استفاده از روش‌های آماری (مانند رگرسیون گام به گام) با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. | Y_p : عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنفس Y_s : عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط دارای تنفس Y_s : میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنفس Y_p : میانگین عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنفس |

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش

Table 1. Genotypes used in the experiment

| Genotype no. | شجره Pedigree |
|--------------|---|
| 1 | Shahryar |
| 2 | OWL |
| 3 | Vee "s" /Nac//1-66-22/3/Vee"s"/Snb"s"//1-66-22 |
| 4 | Shi#4414/Crow"s"//Kvz/6/1-68-120/5/Gds/4/Anza/3/pi/Nar//Hys |
| 5 | Shi#4414/Crow"s"//V82187/T.aestxTi(Fr-kad*Gh) |
| 6 | Bow"s"/Crow"s"//Kie"s"/Vee"s" |
| 7 | Tx62A4793-7/CB809//Vee"s"/3/Shi#4414/Crow"s" |
| 8 | DH-34 |
| 9 | Spd*2//Tjb338.251/Buc |
| 10 | Omid//H7/4p839/3/Omid/4/Tdo/5/ICWHA81-1473 |
| 11 | Gds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/5/1-66-75 |
| 12 | Gds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/5/1-66-75 |
| 13 | (Rsh*2-10120)*2/4/ Anza/3/Pi/Nar//Hys |
| 14 | Omid/ Shi#4414/Crow"s" |
| 15 | Omid/ Shi#4414/Crow"s" |
| 16 | Jup/4/C11F/3/II14.53/Odin//Cl 13431 |
| 17 | Batera/Buc/To173 |
| 18 | DH4-263-1557F3 Vee"s"/Nac//1-66-22 |
| 19 | DH4-168-1557F3 Vee"s"/Nac//1-66-22 |
| 20 | DH4 - Vee"s"/Nac//1-66-22 |

جدول ۲- میزان بارندگی ماهیانه در سال‌های زراعی ۱۳۸۰-۸۱ و ۱۳۸۱-۸۲ در اراک

Table 2. Amount of precipitation (mm) in 2001-02 and 2002-03 cropping seasons at Arak research station

| Month Year | مهر Sept. | آبان Oct. | آذر Nov. | دی Dec. | بهمن Jan. | اسفند Feb. | فروردین March | اردیبهشت April | خرداد May | تیر June | مرداد July | شهریور Aug. |
|---------------|--------------|--------------|-------------|------------|--------------|---------------|------------------|-------------------|--------------|-------------|---------------|----------------|
| 2001-02 | 2.5 | 25.5 | 106.4 | 57.1 | 7.6 | 15.6 | 121.8 | 10.6 | - | - | - | - |
| 2002-03 | - | 13.5 | 25.7 | 23.8 | 39.7 | 35.5 | 65.4 | 81.9 | 2.5 | - | - | - |

معنی دار مشاهده شد. اثر متقابل ژنتیپ × سال برای صفات GY و PEWA در هر دو شرایط DHE و GW در شرایط بدون تنش و برای HI، TKW در شرایط دارای تنش معنی دار شد (جدول ۳). شفازاده (۱۳۸۰) در تحقیقی که در آن اثر تنش خشکی قبل و بعد از مرحله گلدهی بر روی ژنتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین بررسی شد، اثر سال را در دو شرایط بدون تنش و دارای تنش قبل از مرحله گلدهی و اثر متقابل ژنتیپ × سال را فقط در شرایط تنش بعد از مرحله گلدهی بر روی عملکرد دانه معنی دار گزارش کرد. رفیعی پور (۱۳۸۳) هم اثر تیمار آبیاری (بدون تنش و تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی) را در مکان‌های مختلف بر روی صفات HI، GNO و TKW بسیار معنی دار و اثر متقابل ژنتیپ × تیمار آبیاری بر روی صفات مذکور را غیرمعنی دار گزارش کرد.

در جدول ۴ مقادیر میانگین برای صفات در هر دو شرایط بدون تنش و دارای تنش نشان داده شده است. تنش خشکی بر روی تعدادی از صفات اثر منفی داشته و موجب کاهش آن‌ها شده است. میانگین عملکرد دانه (GY) و صفات تعداد روز تا رسیدگی (DMA)، شاخص برداشت (HI)، وزن پدانکل در زمان رسیدگی (PEWM) و وزن هزار دانه (TKW) در اثر اعمال تنش در مقایسه با شرایط بدون تنش به ترتیب ۶۱، ۵۱، ۷، ۶ و ۳۷٪ کاهش نشان می‌دهند. بالاترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش مربوط به ژنتیپ‌های شماره ۱۳، ۱۸، ۱۶ و ۳ بود که به ترتیب دارای میانگین عملکرد ۲۷۰۰، ۲۴۲۰،

براساس آمار هواشناسی ۲ ساله، در خرداد ماه و تیرماه سال ۱۳۸۱ هیچگونه بارندگی وجود نداشته و در سال ۱۳۸۲ در خرداد ماه فقط ۲/۵ میلیمتر بارندگی در ایستگاه مذکور وجود داشته است. زمان گلدهی و آمار هواشناسی بیانگر این است که پس از قطع آبیاری در زمان گلدهی هیچگونه بارندگی مؤثر وجود نداشته است و آزمایش تنش در هر دو سال تحت تأثیر بارندگی قرار نگرفته است.

همانطور که از نتایج تجزیه واریانس مركب (جدول ۳) مشاهده می‌گردد اثر سال بر روی صفات عملکرد دانه (GY = Grain yield)، تعداد روز تا گلدهی (Days to heading = DHE)، وزن پدانکل در زمان (Days to maturity = DMA)، گلدهی (Peduncle weight at anthesis = PEWA)، تعداد دانه در سنبله (Grain number per spike = GNO) و وزن دانه در سنبله (Grain weight per spike = GW) در هر دو شرایط بدون تنش و دارای تنش، برای شاخص برداشت (Harvest index = HI) و وزن پدانکل در زمان (Peduncle weight at maturity = PEWM) رسیدگی در شرایط بدون تنش و برای ارتفاع بوته (Plant height = PLH) و وزن هزار دانه (Thousand kernel weight = TKW) تنش معنی دار شد. بین ژنتیپ‌ها از نظر صفات PLH، DMA و DHE در هر دو شرایط دارای تنش و بدون تنش و برای TKW فقط در شرایط بدون تنش تفاوت

اساس اکثر شاخص‌های تحمل به خشکی به عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ شناخته شد.

برای صفت HI ژنوتیپ شماره ۲۰ در هر دو شرایط بیشترین مقدار را داشت. قابل ذکر است که کاهش عملکرد دانه در شرایط تنفس موجب گردید که شاخص برداشت هم در این شرایط در مقایسه با شرایط بدون تنفس کاهش یابد (جدول ۴). در تحقیق شفازاده (۱۳۸۰) تنفس خشکی قبل از مرحله گلدهی موجب کاهش رشد و وزن رویشی و تنفس بعد از این مرحله موجب کاهش وزن دانه در مقایسه با شرایط بدون تنفس شد که نهایتاً مقدار شاخص برداشت برای شرایط بدون تنفس، تنفس قبل از مرحله گلدهی و بعد از مرحله گلدهی به ترتیب $44/8\%$ ، $44/5\%$ و $44/9\%$ گزارش گردید. ریچاردز و همکاران (Richards *et al.*, 2002) گزارش کردند از آن جایی که شاخص برداشت نشان‌دهنده پتانسیل ژنتیکی است از این‌رو مقادیر بالای آن در شرایط نرمال می‌تواند عملکرد بالا در شرایط دیم و دیگر محیط‌ها را موجب گردد. می‌تواند آن‌ها همچنین اشاره کردنده که استفاده از ژن‌های کوتاه کننده ارتفاع و زودرسی موجب افزایش شاخص برداشت می‌گردد و هر دو صفت از وراثت پذیری بالایی برخوردار هستند. از آن جایی که شاخص برداشت از صفاتی است که می‌تواند در هر دو شرایط تنفس و بدون تنفس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد، بنابراین شاید ضروری باشد که در برنامه‌های به نژادی بیشتر به این صفت توجه شود. طبق گزارش ریچاردز و همکاران (Richards *et al.*, 1999) (Richards *et al.*, 1999) روی صفاتی دیگر همچون زمان گلدهی، ارتفاع بوته، طول پدانکل، حذف پنجه‌های غیربارور، انتقال مجدد آسمیلات‌های ذخیره شده در ساقه به دانه‌ها، قطر آوندهای چوبی ساقه، دوام سبزینگی و لوله‌ای شدن برگ در ساعات گرم روز بهبود شاخص برداشت را در پی خواهد داشت. طبق بررسی آن‌ها صفات مذکور از وراثت پذیری متوسط تا بالایی برخوردار و به استثنای صفت انتقال مجدد آسمیلات‌ها انتخاب

۲۳۱۰ و ۲۳۲۰ کیلوگرم در هکتار بودند. تیمورپور (۱۳۸۳) کاهش میانگین صفات DMA، HI، PEWM و TKW گندم‌های بومی ایران در شرایط تنفس خشکی بعد از گلدهی را در مقایسه با شرایط بدون تنفس به ترتیب ۵٪، ۲۰٪، ۴۵٪ و ۲۳٪ گزارش کرد. در تحقیق وی که بر روی ۱۷ صفت در دو شرایط تنفس و بدون تنفس انجام پذیرفت بیشترین کاهش در شرایط تنفس مربوط به وزن پدانکل زمان رسیدن (PEWM) با 45% و کمترین آن مربوط به صفت وزن بیوماس زمان گلدهی (Biomass weight at anthesis = BWA) با 10% در مقایسه با شرایط بدون تنفس بود. انتقال آسمیلات‌ها از پدانکل به دانه‌ها در شرایط تنفس عامل اصلی کاهش شدید وزن PEWM بوده است. از آن جایی که در مطالعه وی تنفس خشکی بعد از پایان رشد رویشی اعمال گردیده بود، بدینهی است که نباید تفاوتی بین وزن بیوماس زمان گلدهی (BWA) بین دو شرایط وجود می‌داشت.

در شرایط بدون تنفس بالاترین میزان عملکرد دانه به ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۱۰ ، ۶ ، ۱۳ ، ۱۸ ، ۸ ، ۳ ، ۲ و ۱ تعلق داشت که به ترتیب دارای میانگین عملکرد 6010 ، 5700 ، 5490 ، 5510 ، 5480 ، 5360 ، 5320 و 5310 کیلوگرم در هکتار بود. برای تعیین تحمل ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنفس Y_۴ و محیط بدون دانه ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنفس Y_۴ و میزان شاخص‌های حساسیت و تنفس Y_۴ استفاده شد و میزان شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی تعیین گردید (جدول ۵). بر اساس شاخص SSI هرچه مقدار حاصله کوچکتر باشد، ژنوتیپ مورد نظر حساسیت کمتری دارد. ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۱۳ به عنوان ژنوتیپ‌های با کمترین حساسیت شناسایی شدند. از طرف دیگر توسط شاخص‌های MP، GMP و STI که مقادیر بالای آن‌ها دلالت بر تحمل به تنفس ژنوتیپ مورد بررسی دارد، ژنوتیپ‌های شماره‌های ۱۳، ۶ و ۱۸ به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی شناسایی شدند. ژنوتیپ شماره ۱۳ بر

آزمایش‌هایی که در استرالیا انجام شد زودرسی گیاه مهمترین خصوصیات ارقام متتحمل به تنش شناسایی گردید. بیشترین عملکرد دانه متعلق به ارقام گندمی بود که در اوائل فصل رشد به سنبه رفتند چون که این ارقام از خشکی آخر فصل اجتناب کردند و مقدار آب مصرفی در این ارقام نیز کم بود. (به نقل از کفاسی، ۱۳۸۲)

ضریب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط دارای تنش و بدون تنش مثبت و برابر $= 0/61^{**}$ بود که از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است (جدول ۷). تیمورپور (۱۳۸۳) نیز ضریب همبستگی بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط بدون تنش با کلیه گزارش کرد. عملکرد در شرایط دارای تنش با شاخص‌ها به جز SSI همبستگی مثبت و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ نشان داد و بیشترین آن مربوط به همبستگی با شاخص MP ($= ۰/۹۵^{**}$) بود. عملکرد در شرایط دارای تنش با تمامی شاخص‌ها، به جز SSO، TOL، همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد که بیشترین آن مربوط به همبستگی با شاخص GMP و STI ($= ۰/۹۴^{**}$) بود. با توجه به اینکه در مجموع سه شاخص MP، GMP و STI بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط دارای تنش و بدون تنش دارند به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در این آزمایش در نظر گرفته شدند و ژنوتیپ‌هایی که بالاترین مقدار را در این سه شاخص داشته باشند به عنوان متحمل ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی و انتخاب شدند. شفازاده و همکاران (۱۳۸۳) نیز همین نتیجه‌گیری را برای شاخص‌های مذکور گزارش و اظهار داشتند که شاخص‌های STI، GMP و MP به واسطه داشتن همبستگی مثبت و معنی دار با عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی می‌توانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های متتحمل به خشکی و پر محصول برای هر دو شرایط محیطی به کار روند.

بقیه صفات در نسل‌های در حال تفکیک آسان است.

اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه بسیار بارز است چون عملکرد بالقوه بستگی به وزن هزار دانه دارد که مستلزم تجمع مواد فتوستزی در دانه است زیرا مواد جمع شده در دانه‌ها از دو منبع تأمین می‌شود که عبارتند از فتوستز جاری و همچنین انتقال مواد از سایر قسمت‌های گیاه به دانه، یعنی قسمتی از مواد فتوستزی که قبل از گردهافشانی ساخته شده است و در ساقه و یا سایر اجزاء گیاه ذخیره می‌گردند به دانه‌های در حال تشکیل منتقل می‌شوند. ولی قابل ذکر است که قسمت اعظم مواد ساخته شده در دانه بعد از گردهافشانی ساخته می‌شود که به شدت تحت تأثیر تنش خشکی است. در این تحقیق برای وزن هزار دانه (TKW) در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۱۸ و ۱۷ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). طائف (۱۳۸۳) کاهش تعداد دانه در سنبه، وزن دانه و تعداد روز تا رسیدن گندم را در شرایط تنش گزارش کرد. براساس شاخص SSI که هر چه مقدار حاصله کوچکتر باشد ژنوتیپ مورد نظر متتحمل تر است، ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۸ و ۲۰ به ترتیب متتحمل ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند (جدول ۶). از طرف دیگر توسط شاخص‌های GMP، STI و MP که مقادیر بالای آنها معرف تحمل ژنوتیپ است، ژنوتیپ‌های شماره ۱۸، ۳ و ۱۹ به ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های با تحمل بالا شناسایی شدند. رویه‌مرفته می‌توان نتیجه گرفت که دز صفت وزن هزار دانه ژنوتیپ شماره ۱۷ مطلوب‌ترین ژنوتیپ است (جدول ۶). طبق گزارش ریچاردز و لوکاس (Richards and Lukacs, 2001) ارقام گندم با دانه درشت‌تر موجب استقرار گیاهان قوی‌تر می‌شود. در بررسی‌های ریچاردز و همکاران (Richards *et al.*, 1999) انتخاب دانه درشت دارای وراثت پذیری بالا، روش انتخاب آسان و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط کم بر روی این صفت است. در

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش شرایط تنفس خشکی و بدون تنفس

Table 3. Combined analysis of variance for different traits in non- stress and stress conditions

| S.O.V | محل تغیرات | df | میانگین مربعات (MS) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|----|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---|---|-----|---|----|--|
| | | | GY | | | | PLH | | | | DHE | | | | DMA | | HI | |
| | | | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | | |
| Year (Y) | سال | 1 | 78.47** | 0.446* | 0.29 ^{ns} | 745** | 23.4** | 644** | 403.3** | 243.7* | 2090.8** | 86.19 ^{ns} | | | | | | |
| Rep (Year) | تکرار در سال | 4 | 1.78** | 0.201 ^{ns} | 2.45 ^{ns} | 7.9 ^{ns} | 0.933 ^{ns} | 8.1** | 0.633 ^{ns} | 55.9** | 38.86 ^{ns} | 94.24* | | | | | | |
| Genotypeepe | زنوتب | 19 | 1.98 ^{ns} | 0.702 ^{ns} | 250.1** | 179.6** | 4.11* | 2.34* | 8.12** | 12.51** | 62.15 ^{ns} | 63.1 ^{ns} | | | | | | |
| Year×Genr | سال × زنوتیپ | 19 | 1.73** | 0.415** | 2.55 ^{ns} | 7.74 ^{ns} | 1.82** | 1.03 ^{ns} | 0.96 ^{ns} | 2.06 ^{ns} | 40.82 ^{ns} | 65.02* | | | | | | |
| Error | اشتباه | 76 | 0.399 | 0.126 | 3.32 | 8.61 | 0.784 | 1.26 | 1.82 | 1.49 | 41.33 | 36.42 | | | | | | |

ادامه جدول ۲

| S.O.V | محل تغیرات | df | میانگین مربعات (MS) | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|----|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----|---|-----|---|
| | | | PEWA | | | | PEWM | | | | GNO | | GW | | TKW | |
| | | | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S |
| Year (Y) | سال | 1 | 99.9** | 0.85* | 164.5* | 11.47 ^{ns} | 217430* | 515092** | 625.8* | 92.05* | 234.4 ^{ns} | 454.4* | | | | |
| Rep (Year) | تکرار در سال | 4 | 3.23* | 0.37 ^{ns} | 70.4 ^{ns} | 70.67** | 44184.3* | 47032.5* | 178.9** | 19.5 ^{ns} | 130.9** | 73.7 ^{ns} | | | | |
| Genotype | زنوتیپ | 19 | 3.28 ^{ns} | 1.97 ^{ns} | 39.9 ^{ns} | 4.45 ^{ns} | 39221 ^{ns} | 19787.7 ^{ns} | 49.6 ^{ns} | 26.7 ^{ns} | 115.9** | 87.98 ^{ns} | | | | |
| Year × Gen | سال × زنوتیپ | 19 | 2.20** | 1.98** | 59.2 ^{ns} | 2.38 ^{ns} | 22347 ^{ns} | 15224.8 ^{ns} | 58.2 ^{ns} | 24.53* | 32.6 ^{ns} | 104.6** | | | | |
| Error | اشتباه | 76 | 0.99 | 0.802 | 53.11 | 1.89 | 17246.3 | 13150 | 38.7 | 12.33 | 23.95 | 43.6 | | | | |

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

ns: غیرمعنی دار

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

ns: Non-significant

= عملکرد دانه در هکتار PLH = ارتفاع بوته DHE = روز نا گلدهی DMA = روز تا رسیدن HI = شاخص برداشت PEWA = وزن پدانکل در زمان گلدهی GY =

= تعداد دانه در سنبله GW = وزن دانه در سنبله TKW = وزن هزاردانه N: بدون تنفس S: تنفس خشکی GNO =

جدول ۴- مقایسه میانگین (دو سال) عملکرد دانه و برخی صفات در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی (S) و بدون تنش (N)

Table 4. Mean comparsion (2 years) of grain yield and some of measured traits in wheat genotypes under stress (S) and non stress (N) conditions

| | GY(kg ha ⁻¹) | | DHE | | DMA | | HI(%) | | PEWA(g) | | PEWM(g) | | GNO | | GW(g) | | TKW(g) | |
|------|--------------------------|-------------|---------|--------|----------|-----------|---------|--------|---------|-----------|----------|--------|----------|-----------|---------|--------|---------|-------------|
| | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N | S | N |
| 1 | 2090 bcde | 5310 abcde | 133 abc | 137 bc | 165 h | 178 cdef | 16 abcd | 32 bc | 6.4 bc | 6.6 bcde | 7.7 def | 7.4 b | 20.1 ab | 27.8 cd | 0.5 bcd | 1.0 b | 23.8 | 36.1 defgh |
| 2 | 2220 bcd | 5320 abcde | 134 a | 137 bc | 166 defg | 178 cdef | 13 abcd | 35 abc | 6.6 bc | 7 abcde | 8.1 bcde | 8.6 b | 18.7 bc | 33.8 abcd | 0.5 bcd | 1.3 ab | 23.8 | 39.6 bcdef |
| 3 | 2310 abc | 5490 abcde | 132 bc | 136 cd | 166defg | 178 cdef | 17 abcd | 34 abc | 6.4 bc | 6.8 abcde | 9.4 ab | 10.5 b | 19.9 abc | 29.8 bcd | 0.5 bcd | 1.4 ab | 27.5 ab | 45.7 ab |
| 4 | 1610 efg | 4620 efg | 133 abc | 137 bc | 167 bcde | 179 abcde | 12 cd | 30 c | 6.0 cd | 5.6 ef | 7.4 def | 8.9 b | 13.2 c | 32.2 abcd | 0.3 d | 1.1 ab | 21.0 bc | 33.2 fgh |
| 5 | 1960 bcdef | 4610 efg | 132 bc | 136 cd | 165 h | 179 abcde | 19 abcd | 35 abc | 6.6 bc | 6.8 abcde | 8.7 abcd | 9.3 b | 20.3 ab | 29.7 bcd | 0.5 bcd | 1.2 ab | 24.5 | 40.4 bcde |
| 6 | 2320 abc | 5700 ab | 133 abc | 136 cd | 165 h | 178 cdef | 18 abcd | 39 ab | 6.9 abc | 6.2 cdef | 7.5 def | 7.7 b | 22.7 ab | 36.2 abc | 0.5 bcd | 1.4 ab | 21.0 bc | 38.4 cdefg |
| 7 | 2070 bcde | 5000 bcdef | 133 abc | 137 bc | 165 h | 179 abcde | 18 abcd | 36 abc | 6.5 bc | 6.3 cdef | 7.0 def | 7.0 b | 19.7 abc | 33.6 abcd | 0.5 bcd | 1.2 ab | 22.3 | 35.3 defgh |
| 8 | 1550 fgh | 5360 abcde | 134 a | 139 a | 168 abc | 179 abcde | 23 a | 36 abc | 8.0 a | 8.1 a | 7.2 def | 8.7 b | 19.7 abc | 40.6 a | 0.5 bcd | 1.3 ab | 27.6 ab | 32.2 gh |
| 9 | 2040 bcde | 4420 gf | 133 abc | 137 bc | 168 abc | 180 abc | 14 abcd | 32 bc | 6.7 bc | 7.2 abcde | 7.8 def | 8.5 b | 18.9 bc | 33.7 abcd | 0.4 bcd | 1.1 ab | 19.6 bc | 32.8 gh |
| 10 | 1980 bcdef | 5590 abc | 133 abc | 137 bc | 169 a | 181 a | 15 abcd | 38 abc | 6.8 bc | 6.2 cdef | 8.2 abcd | 8.4 b | 17.8 bc | 32.3 abcd | 0.4 bcd | 1.5 a | 23.5 | 40.7 bcd |
| 11 | 1330 h | 3880 g | 134 a | 136 cd | 168 abc | 180 abc | 16 abcd | 30 c | 7.4 ab | 6.9 abcde | 8.7 abcd | 7.9 b | 21.3 ab | 33.8 abcd | 0.4 bcd | 1.1 ab | 20.6 bc | 31.2 h |
| 12 | 1660 efg | 4200 fg | 134 a | 137 bc | 168 abc | 180 abc | 13 abcd | 36 abc | 6.2 bcd | 6.3 bcde | 8.1 bcde | 8.5 b | 22.0 ab | 36.7 abc | 0.4 bcd | 1.3 ab | 15.9 c | 35 cdefgh |
| 13 | 2700 a | 5510 abcd | 133 abc | 136 cd | 168 abc | 180 abc | 15 abcd | 34 abc | 6.7 bc | 5.7 ef | 6.6 f | 9.4 b | 17.2 bc | 27.4 d | 0.3 cd | 1.1 ab | 20.0 bc | 38.6 cdefg |
| 14 | 1790 defgh | 4410 fg | 134 a | 136 cd | 168 abc | 179 abcde | 20 abc | 30 c | 7.0 abc | 7.6 abc | 9.3 abc | 9.1 b | 23.9 ab | 29.3 bcd | 0.6 abc | 1.0 b | 25.4 ab | 34.6 defgh |
| 15 | 1860 cdefg | 4420 fg | 133 abc | 137 bc | 168 abc | 180 abc | 15 abcd | 31 c | 6.4 bc | 6.3 cdef | 9.5 a | 10.1b | 21.6 ab | 33.4 abcd | 0.4 bcd | 1.2 ab | 19.8 bc | 35.1 defgh |
| 16 | 19605 bcdef | 4780 abcdef | 133 abc | 137 bc | 169 a | 181 a | 15 abcd | 37 abc | 6.7 bc | 6.7 bcde | 9.5 a | 8.9 b | 20.4 ab | 37.3 ab | 0.4 bcd | 1.3 ab | 19.7 bc | 33.9 efg |
| 17 | 14707 gh | 4660 defg | 134 a | 136 cd | 168 abc | 181 a | 22 ab | 35 abc | 6.7 bc | 7.2 abcde | 8.7 abcd | 9.0 b | 27 a | 39.7 a | 0.6 abc | 1.4 ab | 31.3 a | 34.9 defgh |
| 18 | 24202 ab | 5480 abcde | 134 a | 136 cd | 166 defg | 179 abcde | 18 abcd | 35 abc | 7.5 ab | 7.5 abcd | 8.4 abcd | 9.1 b | 20.1 ab | 29.8 bcd | 0.5 bcd | 1.4 ab | 27.4 ab | 47.1 a |
| 19 | 2160 bcd | 4990 bcdef | 133 abc | 137 bc | 167 bcde | 177 f | 20 abcd | 36 abc | 6.7 bc | 7.9 ab | 7.9 cdef | 10.5 b | 18.4 bc | 34.0 abc | 0.5 bcd | 1.4 ab | 25.9 ab | 42.8 abc |
| 20 | 1870 cdef | 6010 a | 132 bc | 138 ab | 168 abc | 181 a | 23 a | 42 a | 5.2 d | 5.3 f | 7.4 def | 7.3 b | 20 ab | 40.7 a | 0.6 abc | 1.5 a | 28.5 ab | 37.5 cdefgh |
| Mean | 1969 | 4988 | 133 | 137 | 167 | 179 | 17 | 35 | 6.7 | 6.7 | 8.2 | 8.7 | 20.1 | 33.6 | 0.47 | 1.26 | 23.5 | 37.3 |

در هر ستون میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند از نظر آماری در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

Means with similar letter in each column are not significantly different at 5% probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۵- برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی

Table 5. Estimation of tolerance and susceptibility indices for grain yield in wheat genotypes under drought stress condition

| Entry | Y _p (kg ha ⁻¹) | R | Y _s (kg ha ⁻¹) | R | SSI | R | TOL | R | MP | R | GMP | R | STI | R |
|--------------------|--|----|--|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| 1 | 5310 | 9 | 2090 | 7 | 1.00 | 13 | 3220 | 16 | 3702 | 8 | 3333 | 7 | 0.45 | 6 |
| 2 | 5320 | 8 | 2220 | 5 | 0.96 | 7 | 3100 | 13 | 3772 | 7 | 3438 | 5 | 0.48 | 5 |
| 3 | 5490 | 5 | 2310 | 4 | 0.96 | 7 | 3180 | 14 | 3901 | 5 | 3562 | 4 | 0.51 | 4 |
| 4 | 4620 | 14 | 1610 | 17 | 1.08 | 16 | 3010 | 11 | 3125 | 16 | 2728 | 17 | 0.30 | 17 |
| 5 | 4610 | 15 | 1960 | 11 | 0.95 | 6 | 2650 | 6 | 3286 | 13 | 3006 | 12 | 0.36 | 12 |
| 6 | 5700 | 2 | 2320 | 3 | 0.98 | 11 | 3380 | 17 | 4009 | 2 | 3636 | 3 | 0.53 | 2 |
| 7 | 5000 | 10 | 2070 | 8 | 0.97 | 10 | 2930 | 10 | 3531 | 10 | 3212 | 10 | 0.41 | 10 |
| 8 | 5360 | 7 | 1550 | 18 | 1.18 | 20 | 3810 | 19 | 3455 | 11 | 2882 | 14 | 0.33 | 14 |
| 9 | 4420 | 16 | 2040 | 9 | 0.89 | 2 | 2380 | 1 | 3229 | 14 | 3003 | 13 | 0.36 | 12 |
| 10 | 5590 | 3 | 1980 | 10 | 1.07 | 15 | 3610 | 18 | 3786 | 6 | 3329 | 8 | 0.45 | 6 |
| 11 | 3880 | 20 | 1330 | 20 | 1.09 | 17 | 2550 | 3 | 2604 | 20 | 2271 | 20 | 0.21 | 20 |
| 12 | 4200 | 19 | 1660 | 16 | 1.00 | 13 | 2540 | 2 | 2927 | 19 | 2637 | 18 | 0.28 | 18 |
| 13 | 5510 | 4 | 2700 | 1 | 0.84 | 1 | 2810 | 7 | 4104 | 1 | 3855 | 1 | 0.60 | 1 |
| 14 | 4410 | 18 | 1790 | 15 | 0.94 | 4 | 2620 | 5 | 3097 | 17 | 2806 | 16 | 0.32 | 16 |
| 15 | 4420 | 16 | 1860 | 14 | 0.96 | 7 | 2560 | 4 | 3143 | 15 | 2870 | 15 | 0.33 | 14 |
| 16 | 4780 | 12 | 1960 | 11 | 0.98 | 11 | 2820 | 8 | 3371 | 12 | 3060 | 11 | 0.38 | 11 |
| 17 | 4660 | 13 | 1470 | 19 | 1.13 | 18 | 3190 | 15 | 3062 | 18 | 2615 | 19 | 0.28 | 18 |
| 18 | 5480 | 6 | 2420 | 2 | 0.92 | 3 | 3060 | 12 | 3950 | 3 | 3643 | 2 | 0.53 | 2 |
| 19 | 4990 | 11 | 2160 | 6 | 0.94 | 4 | 2830 | 9 | 3574 | 9 | 3282 | 9 | 0.43 | 9 |
| 20 | 6010 | 1 | 1870 | 13 | 1.14 | 19 | 4140 | 20 | 3937 | 4 | 3350 | 6 | 0.45 | 6 |
| Mean | 4988 | | 1969 | | | | | | | | | | | |
| R(ranking)= | | | | | | | | | | | | | | |

جدول ۶- برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنفس برای وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های گندم

Table 6. Estimation of tolerance and susceptibility indices for thousand kernel weight in wheat genotypes under drought stress condition

| Entry | TKW _p (g) | R | TKW _s (g) | R | SSI | R | TOL | R | MP | R | GMP | R | STI | R |
|-------|----------------------|----|----------------------|----|------|----|------|----|-------|----|-------|----|------|----|
| 1 | 36.1 | 10 | 23.8 | 9 | 0.92 | 5 | 12.3 | 7 | 29.95 | 10 | 29.31 | 11 | 0.62 | 11 |
| 2 | 39.6 | 6 | 23.8 | 9 | 1.08 | 11 | 15.8 | 12 | 31.70 | 8 | 30.70 | 8 | 0.68 | 8 |
| 3 | 45.7 | 2 | 27.5 | 4 | 1.08 | 11 | 18.2 | 17 | 36.60 | 2 | 35.45 | 2 | 0.90 | 2 |
| 4 | 33.2 | 17 | 21.0 | 13 | 0.99 | 7 | 12.2 | 6 | 27.10 | 16 | 26.40 | 15 | 0.50 | 15 |
| 5 | 40.4 | 5 | 24.5 | 8 | 1.06 | 9 | 15.9 | 13 | 32.45 | 6 | 31.46 | 6 | 0.71 | 6 |
| 6 | 38.4 | 8 | 21.0 | 13 | 1.22 | 18 | 17.4 | 16 | 29.70 | 12 | 28.40 | 12 | 0.58 | 12 |
| 7 | 35.3 | 11 | 22.3 | 12 | 1.00 | 8 | 13.0 | 8 | 28.80 | 14 | 28.06 | 13 | 0.57 | 13 |
| 8 | 32.2 | 19 | 27.6 | 3 | 0.39 | 2 | 4.6 | 2 | 29.90 | 11 | 29.81 | 9 | 0.64 | 9 |
| 9 | 32.8 | 18 | 19.6 | 19 | 1.09 | 13 | 13.2 | 9 | 26.20 | 18 | 25.36 | 18 | 0.46 | 18 |
| 10 | 40.7 | 4 | 23.5 | 11 | 1.14 | 16 | 17.2 | 15 | 32.10 | 7 | 30.93 | 7 | 0.69 | 7 |
| 11 | 31.2 | 20 | 20.6 | 15 | 0.92 | 5 | 10.6 | 5 | 25.90 | 19 | 25.35 | 19 | 0.46 | 18 |
| 12 | 35.0 | 13 | 15.9 | 20 | 1.47 | 20 | 19.1 | 19 | 25.45 | 20 | 23.59 | 20 | 0.40 | 20 |
| 13 | 38.6 | 7 | 20.0 | 16 | 1.30 | 19 | 18.6 | 18 | 29.30 | 13 | 27.78 | 14 | 0.55 | 14 |
| 14 | 34.6 | 15 | 25.4 | 7 | 0.72 | 4 | 9.2 | 4 | 30.00 | 9 | 29.65 | 10 | 0.63 | 10 |
| 15 | 35.1 | 12 | 19.8 | 17 | 1.18 | 17 | 15.3 | 11 | 27.45 | 15 | 26.36 | 16 | 0.50 | 15 |
| 16 | 33.9 | 16 | 19.7 | 18 | 1.13 | 14 | 14.2 | 10 | 26.80 | 17 | 25.84 | 17 | 0.48 | 17 |
| 17 | 34.9 | 14 | 31.3 | 1 | 0.28 | 1 | 3.6 | 1 | 33.10 | 5 | 33.05 | 4 | 0.79 | 4 |
| 18 | 47.1 | 1 | 27.4 | 5 | 1.13 | 14 | 19.7 | 20 | 37.25 | 1 | 35.92 | 1 | 0.93 | 1 |
| 19 | 42.8 | 3 | 25.9 | 6 | 1.07 | 10 | 16.9 | 14 | 34.35 | 3 | 33.29 | 3 | 0.80 | 3 |
| 20 | 37.5 | 9 | 28.5 | 2 | 0.65 | 3 | 9.0 | 3 | 33.00 | 4 | 32.69 | 5 | 0.77 | 5 |
| Mean | 37.3 | | 23.5 | | | | | | | | | | | |

R(ranking)= رتبه بندی

TKW_p: وزن هزار دانه در شرایط بدون تنفس

TKW_s: وزن هزار دانه در شرایط تنفس

TKW_p: Thousand kernel weight in non- stress condition

TKW_s: Thousand kernel weight in stress condition

جدول ۷- ضرایب همبستگی میان شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های
(n=۲۰) مورد بررسی

Table 7. Correlation coefficients among drought tolerance and susceptibility indices and grain yield for investigated genotypes (n=20)

| Drought tolerance indices | Y _S | SSI | TOL | MP | GMP | STI |
|---------------------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Y _P | 0.61** | 0.04 ^{ns} | 0.80** | 0.95** | 0.84** | 0.83** |
| Y _s | | -0.77** | 0.02 ^{ns} | 0.84** | 0.94** | 0.94** |
| SSI | | | 0.62** | -0.29 ^{ns} | -0.5* | -0.51* |
| TOL | | | | 0.56** | 0.36 ^{ns} | 0.34 ^{ns} |
| MP | | | | | 0.97** | 0.97** |
| GMP | | | | | | 0.99** |

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪
ns: غیرمعنی‌دار

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

جدول ۸- ضرائب همبستگی بین صفات مختلف در شرایط بدون تنش (n=۲۰)

Table 8. Correlation coefficients between different traits in non-stress condition (n=20)

| | DHE | DMA | HI | PEWA | PEWM | GNO | GW | TKW | Y _P |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| PLH | -0.21 ^{ns} | -0.40 ^{ns} | -0.42 ^{ns} | 0.59** | -0.85 ^{ns} | -0.33 ^{ns} | 0.18 ^{ns} | 0.22 ^{ns} | -0.02 ^{ns} |
| DHE | | 0.29 ^{ns} | 0.21 ^{ns} | -0.07 ^{ns} | -0.32 ^{ns} | 0.54* | 0.10 ^{ns} | -0.45* | 0.17 ^{ns} |
| DMA | | | 0.08 ^{ns} | -0.26 ^{ns} | 0.02 ^{ns} | 0.43 ^{ns} | 0.03 ^{ns} | -0.45* | -0.17 ^{ns} |
| HI | | | | -0.22 ^{ns} | -0.14 ^{ns} | 0.50** | 0.79** | 0.33 ^{ns} | 0.67** |
| PEWA | | | | | -0.13 ^{ns} | 0.01 ^{ns} | 0.04 ^{ns} | -0.09 ^{ns} | -0.27 ^{ns} |
| PEWM | | | | | | -0.42 ^{ns} | 0.21 ^{ns} | -0.22 ^{ns} | 0.13 ^{ns} |
| GNO | | | | | | | 0.59** | -0.43 ^{ns} | 0.02 ^{ns} |
| GW | | | | | | | | 0.46* | 0.50* |
| TKW | | | | | | | | | 0.56* |

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪
ns: غیرمعنی‌دار

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

"اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد ..."

جدول ۹- ضرائب همبستگی بین صفات مختلف در شرایط تنش (n=۲۰)

Table 9. Correlation coefficients between different traits in stress condition (n=20)

| | DHE | DMA | HI | PEWA | PEWM | GNO | GW | TKW | Y _P |
|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| PLH | 0.03 ns | -0.24 ns | -0.20 ns | 0.48* | 0.33 ns | -0.16 ns | -0.01 ns | 0.13 ns | 0.16 ns |
| DHE | | 0.37 ns | 0.12 ns | 0.54* | 0.01 ns | 0.31 ns | 0.06 ns | -0.11 ns | -0.38 ns |
| DMA | | | -0.10 ns | -0.01 ns | 0.24 ns | 0.01 ns | -0.13 ns | -0.14 ns | -0.43 ns |
| HI | | | | 0.17 ns | -0.02 ns | 0.55** | 0.87** | 0.82** | -0.15 ns |
| PEWA | | | | | 0.08 ns | 0.07 ns | 0.06 ns | 0.09 ns | -0.07 ns |
| PEWM | | | | | | 0.38 ns | 0.28 ns | 0.09 ns | -0.24 ns |
| GNO | | | | | | | 0.76** | 0.30 ns | -0.30 ns |
| GW | | | | | | | | 0.89** | -0.15 ns |
| TKW | | | | | | | | | -0.04 ns |

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

ns: غیرمعنی دار

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

جدول ۱۰- تجزیه علیت برای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش براساس همبستگی ژنتیکی

Table 10. Path analysis for grain yield in non-stress condition based on genotypic correlation

| Direct effect | اثر مستقیم | Indirect effect | | | | Total |
|---------------|------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | | HI | GNO | GW | TKW | |
| HI | 0.76 | - | 0.37 | -0.83 | 0.37 | 0.67 |
| GNO | 0.74 | 0.38 | - | -0.62 | -0.49 | 0.02 |
| GW | -1.05 | 0.60 | 0.44 | - | 0.51 | 0.50 |
| TKW | 1.11 | 0.25 | -0.32 | -0.49 | - | 0.56 |

معنی داری با شاخص برداشت ($r=+0.79**$) داشت (جدول ۸). عملکرد دانه (Y_P) در هکتار نیز با شاخص برداشت ($r=+0.57**$), وزن دانه در سنبله ($r=+0.50*$) و وزن هزار دانه (TKW) ($r=+0.56*$) همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۸). ارتفاع بوته با وزن پدانکل در زمان گلدهی دارای همبستگی مثبت و معنی داری بود (جدول ۸). این نتایج با بعضی از نتایج فیشر و وود (1979)، Fischer and Wood، نورمند موید (۱۳۷۶) و نیکخواه (۱۳۷۸) مطابقت دارد. با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط بدون تنش (نرمال) در اراک می‌توان برای افزایش عملکرد دانه در برنامه‌های به نژادی صفاتی همچون شاخص برداشت، وزن دانه در سنبله و وزن هزار

در شرایط دارای تنش، وزن دانه در سنبله (GW) همبستگی مثبت و معنی داری با شاخص برداشت ($r=+0.87**$) و تعداد دانه در سنبله (GNO) ($r=+0.87**$) داشت (جدول ۹). ارتفاع بوته (PLH) با وزن پدانکل در زمان گلدهی (PEWA) دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود. تعداد روز تا گلدهی (DHE) با وزن پدانکل در زمان گلدهی دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود. شاخص برداشت (HI) نیز دارای همبستگی مثبت و معنی دار با تعداد دانه در سنبله ($r=+0.55**$), وزن دانه در سنبله ($r=+0.87**$) و وزن هزار دانه ($r=+0.82**$) بود. در شرایط بدون تنش، وزن دانه در سنبله همبستگی مثبت و

صفت از طریق تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بود. اگرچه اثر مستقیم صفت تعداد دانه در سنبله معادل (۰/۷۴) است ولی به دلیل اثرات غیرمستقیم منفی و بالای این صفت بر روی عملکرد دانه از طریق صفت وزن دانه در سنبله (-۰/۶۲) و وزن هزاردانه (۰/۴۹) همبستگی این صفت با عملکرد دانه کم و غیرمعنی دار شد. بیشترین اثر مستقیم مثبت در بین صفات مربوط به وزن هزاردانه (۱/۱۱) و بیشترین اثر مستقیم منفی مربوط به وزن دانه در سنبله (-۱/۰۵) بود.

دانه را مدنظر قرار داد. اما در شرایط تنفس نمی‌توان روی هیچک از صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق برای افزایش عملکرد دانه متوجه شد.

با توجه به ضرایب همبستگی معنی‌دار بعضی صفات از جمله شاخص برداشت (HI)، وزن دانه در سنبله (GW) و وزن هزاردانه (TKW) با عملکرد دانه در شرایط بدون تنفس تعزیزی علیت نیز برای تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم انجام شد (جدول ۱۰). بر اساس آن اثر مستقیم صفت شاخص برداشت روی عملکرد دانه در هكتار مثبت (۰/۷۶) و بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت این

References

- . انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. خلاصه مقالات اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران - کرج.
- . بررسی تأثیر تنفس خشکی بر روی صفات مورفولوژیکی و برخی از ویژگی‌های زراعی گندم‌های بومی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- . بررسی عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی از صفات مورفو-فیزیولوژیک در لاین‌های امیدبخش گندم زمستانه (*Triticum aestivum L.*) تحت شرایط تنفس خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- . بررسی تحمل به تنفس خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینایین با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنفس. نهال و بذر ۵۷-۷۱: ۲۰(۱).
- . بررسی تحمل تنفس کم آبی آخر فصل در ۲۰ لاین و رقم گندم هنگزا پلوئید از طریق محاسبه شاخص‌های مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد.
- . مناطق خشک جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- . بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی در ارقام و لاین‌های گندم آبی مناطق معتدل. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد.
- . بررسی تنوع صفات کمی و رابطه آن‌ها با عملکرد گندم نان در شرایط دیم و آبی و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- . ارزیابی و مطالعه توارث پذیری مقاومت به خشکی در گندم نان. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

- Annicchiarico, P. and L. Pecetti.** 1995. Morpho-physiological traits to complement grain yield selection under semi-arid Mediterranean conditions in each of the durum wheat types *Mediterranean typicum* and *syriacum*. *Euphytica*. 86:191-198.
- Blum, A., J. Mayer. and G. Gozlan.** 1983. Associations between plant production and some physiological components of drought resistance in wheat. *Plant Cell and Environ.* 6: 219-225.
- Bray, E. A.** 1997. Plant response to water deficit trends. *Plant Sci.* 2: 48-54.
- Derara, N. F., D. R. Marshal, and L. N. Balaam.** 1969. Genetic variability in root development in relation to drought tolerance in spring wheats. *Exp. Agric.* 5: 327-337.
- Fernandez, G. C. J.** 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan. 13-16 Aug
- Fischer, R. A. and R. Maurer.** 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
- Fischer, R. A.. and J. T. Wood.** 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars , yield associations with morpho-physiological traits. *Aust. J. Agric. Res.* 30: 1001-1020.
- Narayan, D. and R. D. Misra.** 1989. Drought resistance in varieties of wheat in relation to root growth and drought indices. *Indian. J. of Agric. Sci.* 59(9)595-598.
- Richards, R. A., A. G. Condon and G. J. Rebetzke.** 1999. Drought. In: Applying physiology to wheat breeding. M.P. Reynolds, R. Trethowan, M. van Ginkel and A. McNab (eds.). CIMMYT, Mexico, DF.
- Richards, R. A. and Z. Lukacs.** 2001. Seedling vigor in wheat- sources of variation for genetic and agronomic improvement. *Aust. J. Agric. Res.* 53: 1.
- Richards, R. A., G. J. Rebetzke, A. G. Condon and A. F. van Herwaarden.** 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.* 42: 111-131.
- Rosielle, A. T. and J. Hamblin.** 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 21: 493.
- Winkel, A.** 1989. Breeding for drought tolerance in cereals. *Vortage-fur-pflanzenzvchtuny.* 16: 368-375.

Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum L.*) genotypes

Koocheki¹, A. R., A. Yazdansepas², H. R. Nikkhah³

Abstract

This study was conducted to evaluate grain yield and some of morphological traits in 20 promising wheat genotypes under non-stressed and post-anthesis drought stress conditions at Arak Agricultural Research Station during 2001/02 and 2002/03 cropping seasons. Experimental design was randomized complete block with three replications. Peduncle weight, grain number per spike, grain weight per spike, 1000 kernel weight, harvest index and grain yield were measured from plant samples taken at anthesis and maturity. Results of combined analysis of variance showed significant difference among genotypes for most of the measured traits. Under stress conditions grain weight per spike showed positive and highly significant correlation with harvest index ($r=0.87^{**}$) and grain number per spike ($r=0.76^{**}$). Days to heading showed positive and significant correlation with peduncle weight at anthesis. Harvest index also showed positive and highly significant correlation with grain number per spike ($r=0.55^{**}$) and 1000 kernel weight ($r=0.82^{**}$). Under non-stress conditions, grain weight per spike showed positive and highly significant correlation with harvest index ($r=0.79^{**}$). Grain yield ha^{-1} also had positive and significant correlation with harvest index ($r=0.67^{**}$), grain weight per spike ($r=0.50^*$) and 1000 kernel weight ($r=0.56^*$). Based on positive and highly significant correlation of grain yield with MP, GMP and STI under both non-stress and stressed conditions, these indices were identified as reliable criteria to select genotypes under terminal drought stress condition. Based on path analysis, direct effect of harvest index on grain yield was positive (0.76). The most indirect and positive effect of harvest index on grain yield was via grain number per spike and 1000 kernel weight. The most positive and negative direct effects on grain yield belonged to 1000 kernel weight (1.11) and grain weight per spike (-1.05), respectively.

Key words: Wheat, drought stress, correlation, tolerance index , morphological traits.

Received: December, 2005

1 (Corresponding author), 2 and 3- Faculty members, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.