

ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنتیپ‌های گندم تحت تأثیر تنفس خشکی پس از گل‌دهی

یحیی امام، عبدالمهدی رنجبری و محمد جعفر بحرانی^۱

چکیده

تنفس خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی است. به منظور مطالعه تأثیر تنفس خشکی بر عملکرد دانه و اجزای آن در ۹ ژنتیپ گندم نان و یک ژنتیپ گندم دورنم آزمایش مزرعه‌ای طی سال زراعی ۱۳۸۲-۸۳ در منطقه باجگاه شیراز انجام شد. این آزمایش در قالب دو طرح بلوك کامل تصادفی جدا از هم با دو سطح رطوبتی مطلوب و تنفس خشکی پس از گل‌دهی با سه تکرار طراحی و اجرا شد. تنفس خشکی پس از گل‌دهی سبب کاهش عملکرد دانه و اجزای آن در تمامی ژنتیپ‌ها گردید. میانگین صفات در شرایط تنفس خشکی کاهش معنی‌دار یافت ($p \leq 0.05$)، با این وجود، کاهش تعداد سنبله در سنبله و سنبله در متر مربع معنی‌دار نبود. کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، علت اصلی افت عملکرد دانه در شرایط تنفس خشکی بود. ژنتیپ گهر بیشترین عملکرد دانه (۴۱۴۹ کیلوگرم در هکتار) را در شرایط تنفس خشکی تولید کرد، در حالی که در شرایط مطلوب بیشترین عملکرد دانه (۶۶۷۴ کیلوگرم در هکتار) از ژنتیپ نیک نژاد به دست آمد. براساس شاخص حساسیت به تنفس، ژنتیپ‌های کوهدهشت و Boholh-15 به ترتیب کمترین و بیشترین حساسیت به تنفس را از خود بروز دادند. تجزیه همبستگی عملکرد دانه با اجزای آن نشان داد که در شرایط تنفس خشکی، تعداد سنبله در متر مربع ($r = 0.751$) و عملکرد بیولوژیک ($r = 0.707$) بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه دارند ($p \leq 0.05$). در حالی که در شرایط مطلوب، بالاترین همبستگی با عملکرد دانه متعلق به تعداد دانه در سنبله ($r = 0.864$) و عملکرد بیولوژیک ($r = 0.848$) بود. بر این اساس، می‌توان گزینش ژنتیپ‌ها برای عملکرد دانه زیادتر را در هر شرایط رطوبتی با استفاده از صفات دارای بیشترین ضریب همبستگی با عملکرد دانه انجام داد. در مجموع، به نظر می‌رسد ژنتیپ‌های گهر و نیک نژاد به دلیل داشتن پتانسیل عملکرد دانه بالاتر در شرایط مشابه با پژوهش حاضر قابل توصیه باشند.

واژه‌های کلیدی: تنفس خشکی، گندم، عملکرد دانه

مقدمه

می‌شود که میزان و توزیع بارندگی در طی فصل رشد به اندازه‌ای ناچیز باشد که موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی شود(۲۹). از طرف دیگر، کرامر(۲۴) خشکی را به عنوان فقدان یا کمبود نزوالت و به عبارتی کمبود رطوبت در محیط روبرو ساخته است. در کشاورزی خشکی به وضعیتی اطلاق

خشکسالی و تنفس ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنفس‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در جهان با محابدیت رو به رو ساخته است. در کشاورزی خشکی به وضعیتی اطلاق

۱. به ترتیب استاد، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، و دانشیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

کمبود آب پس از گل دهی (گرده افشاری) احتمالاً از طریق آسیب رساندن به فرایند باروری دانه می‌تواند تعداد دانه در هر سنبله را کاهش دهد (۱۴ و ۳۱). تنفس خشکی حتی برای مدت کوتاهی در زمان باز شدن گلچه‌ها، ممکن است تعداد گلچه‌های بارور را به صورت قابل توجهی کاهش دهد. تنفس خشکی در مرحله سنبله دهی تا پر شدن دانه به دلیل کاهش سنبله‌های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب کاهش محصول می‌گردد (۱ و ۳۰). وزن دانه با سرعت و مدت پر شدن دانه ارتباط دارد. تنفس خشکی در طی پر شدن دانه معمولاً وزن دانه را کاهش می‌دهد (۲ و ۱۱)، این امر احتمالاً به دلیل کاهش مواد پرورده برای رشد دانه‌هاست. کاهش تولید مواد پرورده نیز به کاهش فرآیند فتوستتزی مربوط می‌شود که با بسته شدن روزنه‌ها مرتبط است (۲۵).

برای انتخاب ژنتیک‌ها بر اساس عملکرد دانه، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. در سال‌های اخیر، افزایش پتانسیل عملکرد دانه‌ی ارقام جدید گنبد عمدتاً از طریق افزایش شاخص برداشت حاصل شده است (۶ و ۲۷). آستین (۷) معتقد است که از طریق گزینش با شاخص برداشت، می‌توان عملکرد دانه گنبد را تا ۲۰ درصد افزایش داد. وی اظهار داشته است که شاخص برداشت غلات دانه‌ای ممکن است تا حدود ۶۰ درصد افزایش یابد. فیشر و مورر (۱۸) شاخص حساسیت به تنفس را پیشنهاد کردند. این شاخص معیاری است که می‌تواند جهت گزینش ارقام مختلف از نظر مقاومت و حساسیت به تنفس مورد استفاده قرار گیرد (۸ و ۱۶). مقدار کمتر این شاخص نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنتیک در شرایط تنفس و شرایط مطلوب می‌باشد. رشیدی و همکاران (۴) در تجزیه ضرایب همبستگی نشان دادند که تعداد پنجه‌های بارور و وزن هزار دانه از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشد، تعداد پنجه‌های بارور و ارتفاع بوته از اجزای عملکرد کاه و همچنین، عملکرد دانه و عملکرد کاه از اجزای شاخص برداشت می‌باشدند. بنابراین، برای افزایش هر یک از صفات وابسته مذکور می‌توان از صفات موثر و مرتبط با آنها سود جست. پژوهش

ریشه تعریف نموده که موجب آسیب رسیدن به محصول می‌شود. به نظر او میزان خسارت وارد تابع نوع گیاه، ظرفیت گیاه، ظرفیت نگهداری آب و خاک و شرایط جوی مؤثر بر میزان تبخیر و تعرق می‌باشد. در ایران، تنفس خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده تولیدات زراعی مطرح است. بخش زیادی از اراضی زیر کشت گنبد در ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است. در این مناطق، به علت کمبود منابع آب و در نتیجه بروز تنفس برای گیاه، عملکرد گنبد به شدت کاهش می‌یابد. درک تأثیر تنفس خشکی و رژیم‌های دمایی بر عملکرد دانه، گامی موثر در توسعه ارقامی با عملکرد بالا و پایدار می‌باشد (۱۹). اجزای عملکرد دانه گنبد به نحو متفاوتی، بسته به مرحله فنولوژی گیاه که با تنفس خشکی مواجه می‌شود، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۱). عملکرد دانه در گنبد تابعی از تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد (۳ و ۱۵). جانستون و فولر (۲۲) معتقدند که حساس‌ترین مرحله نمو گنبد به تنفس خشکی مرحله‌ی گل دهی (گرده افشاری) است. طول دوره‌ی گل دهی گیاهانی که در این دوره در معرض تنفس خشکی قرار گیرند، کاهش می‌یابد، اعمال تنفس خشکی در مراحل بعدی نمو موجب تسريع پیری و کاهش دوره‌ی پر شدن دانه‌ها می‌گردد (۲ و ۱۳). همچنین کمبود آب در مراحل قبل و بعد از گل دهی ممکن است به کاهش عملکرد از طریق کاهش تعداد سنبله و باروری سنبلک‌ها منجر شود (۲۰). به علاوه، تنفس خشکی از گل دهی تا مرحله رسیدگی دانه، بهویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، پیری برگ را تسريع و دوره پر شدن دانه را کاهش داده و بنابراین، وزن دانه را کاهش می‌دهد (۲ و ۲۸). گیونتا و همکاران (۲۰) و زونگ-هو و راجرم (۳۳) در تیمارهای متفاوت تنفس خشکی دریافتند که تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع بیشترین حساسیت را به تنفس خشکی دارند. در حالی که، وزن دانه به طور نسبی به دلیل انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده قبل از گل دهی از حساسیت چندانی برخوردار نیست.

تنظیم گردید.

هر دو آزمایش تا زمان گل‌دهی، با یکدیگر مشابه و پس از گل‌دهی از نظر تیمار آبیاری متفاوت شدند. بدین معنی که در آزمایش اول تیمار آبیاری مطلوب و در آزمایش دوم تیمار تنش رطوبتی اعمال شد (هیچ‌گونه آبی به کرت‌ها اضافه نگردید). معیار آبیاری بر اساس ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه‌ی پژمردگی خاک در عمق‌های مختلف (روش درصد رطوبت وزنی) و مراحل مختلف رشد گیاه بود. عمق آب آبیاری در هر نوبت با استفاده از فرمول زیر به نحوی محاسبه گردید که رطوبت خاک در منطقه رشد ریشه به حد ظرفیت زراعی (FC) برسد:

$$dn = (Fc - \theta_m) \times pb \times D$$

: عمق آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر θ_m : رطوبت خاک
بر حسب وزنی قبل از آبیاری

pb : جرم مخصوص ظاهری خاک D : عمق نمونه برداری از خاک با توجه به عمق ریشه در هر دفعه بر حسب سانتی‌متر

بعد از محاسبه آب مورد نیاز برای آبیاری، مزرعه‌ی آزمایشی با سیفون آبیاری شد. مقدار آب داده شده به گیاه در هر دو آزمایش با توجه به میزان بارندگی موثر (۲۶) در حالت مطلوب و تنش خشکی به ترتیب برابر با ۶۸/۸۵ سانتی‌متر و ۴۶/۶۵ سانتی‌متر بود. در طول فصل رشد جمیعاً ۴۱۷ میلی‌متر بارندگی صورت گرفت. مقدار بارندگی در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر به ترتیب ۰، ۵۷، ۲۵۹، ۴۵، ۳۱، ۱۸، ۶، ۳۱، ۰ و ۰ میلی‌متر بود. به منظور تعیین عملکرد دانه و اجزای آن و عملکرد بیولوژیک یک متر مربع از شش ردیف میانی هر کرت از سطح خاک در تاریخ ۸۳/۴/۹ به وسیله داس کف بر شد. تعداد سنبلک، تعداد دانه در سنبلک و سنبله با شمارش در ۲۰ سنبله که به طور تصادفی از ناحیه مرکزی هر کرت برداشت شده بود تعیین گردید. تعداد سنبله بارور در واحد سطح با شمارش تعداد کل سنبله‌های بارور از یک

حاضر با هدف بررسی اثر تنش خشکی از مرحله‌ی گل‌دهی به بعد بر عملکرد دانه و اجزای آن در برخی ژنتوتیپ‌های گندم نان و دوروم و تعیین صفاتی که در دستیابی به عملکرد دانه زیادتر در شرایط تنش خشکی بعد از گل‌دهی نقش دارند، صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

ده ژنتوتیپ گندم، شامل نه ژنتوتیپ گندم نان و یک ژنتوتیپ گندم دوروم، طی دو آزمایش مزرعه‌ای جداگانه به صورت هم‌زمان و در مجاورت هم در قالب دو طرح بلوك کامل تصادفی با سه تکرار درایستگاه تحقیقات زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه‌ی باجگاه (طول و عرض جغرافیایی محل آزمایش به ترتیب ۵۲° ۴۶' شرقی و ۲۹° ۵۰' شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۸۱۰ متر) در ۱۸ آبان ماه سال ۱۳۸۲ کشت شدند. ژنتوتیپ‌های گندم نان شامل Cham-4, El Neihain, Bows, زاگرس، گهر، نیک نژاد، Boholh-15, Giza164, آزمایش پیش از کاشت به صورت آیش بود. در هر دو آزمایش، اندازه کرت‌ها $2/5 \times 2/5$ در نظر گرفته شد که شامل ۱۲ ردیف $2/5$ متری با فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف‌های کاشت بود. کودهای شیمیایی در هر دو آزمایش به صورت سوپرفسفات تریپل (۴۶ درصد اکسید فسفر) به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت قبل از کاشت و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در سه نوبت، قبل از کاشت، به صورت سرک در زمان پنجه‌زنی (شروع تولید پنجه) و قبل از گل‌دهی (زمان ظهور سنبله‌ها تا شروع گرده افشاری)، هر کدام به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. تراکم کشت بذر بر اساس وزن هزار دانه، بر مبنای ۳۵۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد و بعد از سبز شدن مزرعه، تعداد بوته‌های سبز شده شمارش و بر مبنای ۳۰۰ بوته در متر مربع

بودند (جدول ۲). در شرایط تنش بعد از گل دهی، ژنوتیپ‌های Boholh-15 فاصله (۱۲/۱ سنبلك) و سیمره (۹/۵ سنبلك) به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد سنبلك در سنبله را داشتند. ژنوتیپ سیمره، یک ژنوتیپ تترابلوئید و دارای سنبله متراکم است که با توجه به همین ویژگی طول سنبله کمتری دارد و کمترین تعداد سنبلك در فارسی سنبله را به خود اختصاص داده بود (جدول ۲). از آنجا که در این پژوهش تنش خشکی پس از مرحله گل دهی اعمال گردید و سرنوشت تعداد سنبلك‌ها در سنبله تا آن زمان تعیین شده بود(۱). بنابراین، تفاوت معنی‌داری بین میانگین تعداد سنبلك‌ها در هر سنبله در حالت تنش با شرایط مطلوب مشاهده نگردید(جدول ۲). تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد دانه در سنبلك در هر دو شرایط مطلوب و تنش بعد از گل دهی معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط رطوبتی مطلوب ژنوتیپ Giza164 بیشترین تعداد دانه در سنبلك (۲/۸۰ دانه) و ElNeilain کمترین تعداد دانه در سنبلك (۲/۰۷ دانه) را به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های گهر (۲/۴۸ دانه) و ElNeilain (۱/۸۶ دانه) نیز به ترتیب در حالت تنش پس از گل دهی بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبلك را داشتند. اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در سنبلك تنها در ژنوتیپ‌های Giza164، ElNeilain و Boholh-15 معنی‌دار شد که حساسیت بیشتر این ژنوتیپ‌ها به خشکی را نشان می‌دهد. کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر تنش خشکی به دلیل کاهش صورت می‌گیرد و بنا به اعتقاد برخی پژوهشگران این مسئله ممکن است در اثر مرگ دانه‌های گرده ناشی از افزایش ABA باشد (۲۹). تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد دانه در سنبله در هر دو حالت مطلوب و تنش بعد از گل دهی معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها تحت شرایط مطلوب نشان داد که ژنوتیپ Giza164 (۳۵ دانه در سنبله) و به دنبال آن نیکنژاد (۳۳/۸ دانه در سنبله) بیشترین تعداد دانه در سنبله را داشتند(جدول ۲). کمترین تعداد دانه در سنبله به ژنوتیپ کوهشست

متر مربع در برداشت نهایی اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص حساسیت به تنش خشکی از فرمول زیر استفاده شد (۱۸).

$$S = \frac{\left(1 - \frac{Y_s}{Y_p}\right)}{D} \quad [1]$$

که در آن S ، Y_s و Y_p به ترتیب شاخص حساسیت به تنش خشکی، عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در شرایط تنش خشکی، عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در شرایط رطوبت مطلوب و شدت تنش خشکی می‌باشد که عبارت است از:

$$D = 1 - \left(\frac{\overline{Y_s}}{\overline{Y_p}} \right) \quad [2]$$

که در آن $\overline{Y_p}$ و $\overline{Y_s}$ به ترتیب میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبت مطلوب و میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی است. تجزیه واریانس هر آزمایش به صورت جداگانه به وسیله نرم‌افزار SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. از آزمون t برای بررسی اثر تنش خشکی بر روی صفات استفاده به عمل آمد. هم‌چنین، ضرایب همبستگی عملکرد دانه با سایر صفات در شرایط تنش و بدون تنش معین گردید.

نتایج و بحث

تنش خشکی پس از گل دهی سبب کاهش عملکرد دانه و اجزای آن در تمامی ژنوتیپ‌ها گردید (جدول ۱ و ۲). میانگین تمامی صفات در شرایط تنش خشکی کاهش نشان داد، هر چند کاهش تعداد سنبلك در سنبله و سنبله در متر مربع معنی‌دار نبود.

بین ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد سنبلك در سنبله در هر دو شرایط مطلوب و تنش پس از گل دهی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). ژنوتیپ‌های نیکنژاد و Cham-4 بیشترین تعداد سنبلك در هر سنبله (۱۲/۸) و ژنوتیپ سیمره کمترین تعداد سنبلك در سنبله (۹/۷) را در حالت مطلوب دارا

جدول ۱. میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و شاخص حساسیت به تنفس در ژنتیپ‌های مختلف در شرایط رطوبتی مطلوب و تنفس بعد از گل‌دهی

شناختی شاخص حساسیت به تنفس خشکی	(٪)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
				مطلوب	تنفس خشکی	
۰/۹۶DE	۳۰/۰/۳۰BCb	۳۷/۰/۳۷AAa	۱۲۱۵°Ca	۱۲۶۱°Da	۱۷۳۵°Bb	۴۷۶۶Cda
۰/۸۷CD	۳۰/۰/۴۰BCb	۳۷/۰/ABCa	۱۱۰۱°Db	۱۲۱۰°CdA	۱۳۴۴Cb	۴۵۹۴DEa
۰/۹۴E	۲۸/۰/۳۰Cdb	۳۱/۰/۳۳BCa	۱۲۲۱°Aa	۱۴۴۶°Ba	۱۸۱۵°Bb	۴۵۷۱DEa
۰/۸۸DE	۳۴/۰/۲۰Ab	۳۹/۰/۱۰Aa	۱۲۱۴°Cb	۱۳۳۸°Cda	۱۱۴۹Ab	۵۲۲۰Ca
۰/۹۸D	۳۱/۰/۲۷ABa	۳۰/۰/۵۰CAa	۱۰۱۰Eb	۱۳۹۵°BCa	۱۲۲۲Cb	۴۲۵۰Ea
۱/۱۶FB	۳۰/۰/۴۷BCb	۳۹/۰/۰VAAa	۱۲۹۶°ABb	۱۷۱۰°Aa	۱۹۳۷/VAbb	۶۶۷۷AAa
۰/۹۳C	۲۱/۰/۲۰Cdb	۳۵/۰/۰ABa	۱۰۱۰Eb	۱۱۵۱°Fa	۱۷۴۹Eb	۴۱۱۹Ea
۱/۳۶VAB	۲۹/۰/۰BCb	۳۷/۰/۲۳AAa	۱۰۰V0Eb	۱۴۹۲°Ba	۱۹V0DEb	۵۶۹۷Baa
۱/۴۴A	۲۹/۳۷BCb	۳۷/۰/۰VAAa	۱۱۰۱°Db	۱۶۸۷°Aa	۲۲۳۲Cb	۶۵۳۹AAa
۱/۴۷A	۲۵/۰/۵۳Dib	۳۹/۰/۹۳AAa	۱۲۴۸°BCb	۱۷۸۰۵°Aa	۲۱۸۳CDb	۶۵۷۹AAa
	۲۹/۰/۷۱b	۳۶/۰/۷۸A ³	۱۱۵۷۵ ^b	۱۱۵۷۶ ^a	۳۳۳۴۵	۵۱۷۸ ^a
						میانگین

برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری ندارند. حروف بزرگ برای مقایسه مستوی (ژنتیپ) (دانکن ۵٪) و سروف کوچک برای مقایسه رده‌بندی (سطح رطوبتی) به وسیلهٔ آزمون t است.

جدول ۲. میانگین اجزای عملکرد دانه در ژنتیپ‌های مختلف در شرایط رطوبتی مطلوب و تنش پس از گلدهی

نعداد سنبله در متر مریع	وزن هزار دانه (گرم)	نعداد سنبله در سنبله		نعداد دانه در سنبله		نعداد دانه در سنبله		نعداد سنبله در سنبله		نژاد	
		مطلوب	تنش خشکی	مطلوب	تنش خشکی	مطلوب	تنش خشکی	مطلوب	تنش خشکی	مطلوب	تنش خشکی
۵۷۴ABCa	۵۰۴BCa	۲۴/۰ ABb	۲۲/۳ E ^b	۲۴/۰ DA	۲۱/۰ BCDA	۲/۴ CDa	۱/۰ ABCdA	۱/۰ ABCa	۱/۰ ABCdA	۱/۱ ABCa	Bow's
۵۷۴BCa	۵۸۴BCa	۲۴/۰ ABb	۲۲/۰ CDa	۲۴/۰ Da	۲۴/۰ BCDA	۲/۱/۲ CDa	۱/۰/۱ CDa	۱/۱ ABCa	۱/۱ ABCa	۱/۱ ABCa	زگرس
۵۳۰Aa	۶۷۱Aa	۲۰/۰ ABb	۲۰/۰ Ea	۲۴/۰ CDEa	۲۴/۰ Da	۲/۱/۲ BCDA	۱/۱/۲ CDa	۱/۱/۱ ABCda	۱/۱/۳ ABCa	۱/۱/۳ ABCa	کوهشست
۵۱۱ABA	۵۲۴CDEa	۲۴/۱/۰ Bb	۲۳/۱/۰ Da	۲۱/۰ AAa	۲۱/۰ Ca	۲/۴/۰ ABa	۱/۲/۰ ABa	۱/۱/۰ ABCa	۱/۱/۰ ABCa	۱/۱/۰ ABCa	کهر
۵۰۰VDEa	۴۹AFa	۲۰/۰ Ab	۲۳/۰ DEF ^a	۲۹/۰ Da	۲۹/۰ ABa	۲/۴/۰ ABa	۱/۰/۰ ABa	۱/۰/۰ ABa	۱/۰/۰ ABa	۱/۰/۰ ABa	سیمراه
۵۰۱Aa	۵۳۴ABa	۲۴/۰ Vb	۲۰/۰ Ea	۲۹/۰ BCb	۳۳/۰ ABa	۲/۲/۰ BCDA	۱/۲/۰ ABa	۱/۱/۰ ABCa	۱/۱/۰ ABCa	۱/۱/۰ ABCa	پنک زنداد
۵۰۳DEa	۵۱V ^E a	۲۴/۰ ABb	۳۵/۰ Vba	۲۱/۰ F ^b	۲۱/۰ Da	۱/۸/۰ DB	۱/۰/۰ VDa	۱/۱/۳ ABCa	۱/۱/۳ ABCa	۱/۱/۳ ABCa	El Neilain
۵۱۳DEa	۵۲۴CDEa	۲۴/۰ ABb	۲۳/۰ CDa	۲/۰/۰ CDb	۳۲/۰ BCa	۱/۲/۰ BCa	۱/۰/۰ ABCa	۱/۱/۰ ABCa	۱/۱/۰ ABCa	۱/۱/۰ ABCa	Cham-4
۴۸۱DEb	۵۳۴DEa	۲۴/۰ ABb	۲۵/۰ BCa	۲۷/۰ ABb	۲۵/۰ AAa	۲/۳/۰ ABCb	۱/۰/۰ AAa	۱/۲/۰ ABa	۱/۲/۰ ABa	۱/۲/۰ ABa	Giza 164
۵۳۱Cdb	۵۹۸BCa	۲۴/۰ ABb	۳۳/۰ CDa	۲۹/۰ BCb	۳۳/۰ ABa	۲/۱/۱ BCDB	۱/۱/۱ ABa	۱/۲/۱ ABa	۱/۲/۱ ABa	۱/۲/۱ ABa	Boholh-15
۵۲۹a	۵۷۳a	۲۴/۰ b	۳۳/۰ a	۲۴/۰ ab ^b	۲۹/۰ a ^a	۲/۱/۱ b	۱/۰/۰ a ^a	۱/۱/۰ a ^a	۱/۱/۰ a ^a	۱/۱/۰ a ^a	میانگین

برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری ندارند. حروف بزرگ برای مقایسه سنتوئی (زنیتی) و حروف کوچک برای مقایسه ردیغی (سطح رطوبتی) به وسیله‌ی آزمون t است.

احتمال مواجه گیاه با تنفس خشکی زیادتر می‌شود، در این صورت طول دوره رشد کاهش پیدا کرده و دانه‌ها ریزتر می‌شوند (۳۲). رویو و همکاران (۲۸) نیز دریافتند که تنفس خشکی از گل‌دهی تا مرحله رسیدگی، بهویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، دوره پرشدن دانه را در تریتیکاله (*X. triticosecal*) کاهش و بنابراین، وزن هزار دانه را کاهش می‌دهد.

ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد سنبله در متر مربع در دو رژیم رطوبتی دارای تفاوت معنی‌داری بودند (جدول ۲). در شرایط مطلوب، ژنوتیپ کوهدهشت (با ۶۷۱ سنبله در متر مربع) در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها از تعداد سنبله بیشتری برخوردار بود و ElNeilain کمترین تعداد سنبله در متر مربع (با ۵۱۷ سنبله در متر مربع) را داشت. در حالت تنفس نیز بالاترین تعداد سنبله به ژنوتیپ کوهدهشت اختصاص داشت (۶۳۰ سنبله در متر مربع). همین طور، ژنوتیپ El Neilain نیز کمترین تعداد سنبله در متر مربع را به خود اختصاص داد (۵۰۳ سنبله در متر مربع). تعداد بیشتر سنبله در متر مربع برای ژنوتیپ کوهدهشت (۶۷۱ سنبله در متر مربع) در حالت مطلوب سبب شد که این ژنوتیپ تحت تأثیر تنفس پس از گل‌دهی نیز بیشترین تعداد سنبله در متر مربع را داشته باشد، که این موضوع احتمالاً به پتانسیل بالاتر این ژنوتیپ و حساسیت کمتر آن به تنفس خشکی مربوط می‌شود. اثر تنفس خشکی بر تعداد سنبله در متر مربع تنها در دو ژنوتیپ Giza164 (۴۸۱ سنبله در متر مربع) و Boholh-15 (۵۳۱ سنبله در متر مربع) معنی‌دار گردید (جدول ۲)، هر چند که در بیشتر ژنوتیپ‌ها کاهش تعداد سنبله در متر مربع بر اثر تنفس خشکی مشاهده شد. به طور کلی، تعداد سنبله در متر مربع تا زمان گل‌دهی برای هر ژنوتیپ تعیین گردیده و تنفس خشکی بعد از آن تنها می‌تواند بر باروری سنبله‌های پنجه‌هایی که نسبتاً دیرتر به گل می‌روند، تأثیر گذاشته و باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح گردد. استرلینگ و ناس (۳۰) اظهار داشتند که تنفس خشکی در مرحله سنبله دهی تا پر شدن دانه به دلیل کاهش تعداد سنبله‌های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب

(۲۴/۶ دانه) اختصاص داشت. تعداد دانه زیادتر در سنبله در ژنوتیپ Giza164 (۲/۸ دانه در سنبله) سبب شد که این ژنوتیپ تعداد دانه در سنبله بیشتری داشته باشد. تحت شرایط تنفس خشکی، ژنوتیپ گهر بیشترین تعداد دانه در سنبله (۲۸/۵) را به خود اختصاص داد. در حالی که ژنوتیپ El Neilain کمترین تعداد دانه در سنبله (۲۱) را داشت. در شرایط تنفس، تعداد دانه بیشتر در سنبله ژنوتیپ گهر به تعداد دانه بیشتر این ژنوتیپ در هر سنبله مربوط می‌شود. اثر تنفس خشکی بر تعداد دانه در سنبله در کلیه ژنوتیپ‌ها به غیر از کوهدهشت، گهر و سیمره معنی‌دار گردید که این موضوع احتمالاً مقاومت به خشکی این ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. اعمال تنفس در مرحله گردافشانی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده (۲۹) و اختلال در فتوستتر جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد (۱۰، ۲۶ و ۲۷) که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در ژنوتیپ‌ها باشد.

وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در گندم می‌باشد و بسته به طول دوره و مرحله و قوعه تنفس به نحو متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۷). در پژوهش حاضر تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ وزن هزار دانه در هر دو حالت مطلوب و تنفس بعد از گل‌دهی معنی‌دار بود (جدول ۲). ژنوتیپ سیمره، بیشترین مقدار وزن هزار دانه (۳۹ گرم) را تحت شرایط مطلوب به خود اختصاص داد، در حالی که ژنوتیپ نیکنژاد کمترین وزن هزار دانه (۳۰ گرم) را داشت. سیمره (ژنوتیپ دوروم) در مقایسه با ژنوتیپ‌های نان از وزن هزار دانه بیشتری برخوردار بود. در شرایط تنفس نیز سیمره بیشترین وزن هزار دانه (۲۷/۹ گرم) را داشت و کمترین وزن هزار دانه به ژنوتیپ گهر اختصاص داشت (۲۴/۱ گرم). اثر تنفس خشکی بر وزن هزار دانه در کلیه ژنوتیپ‌ها معنی‌دار شد. تنفس خشکی بعد از گل‌دهی سبب شد که وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌ها کاهش پیدا کند که این موضوع احتمالاً می‌تواند به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه و دمای زیادتر طی روزهای پایانی دوره رشد باشد. از آنجا که در شرایط گرما تعرق گیاه افزایش می‌یابد،

(۱۳۶۱۰ کیلوگرم در هکتار) و ۴ (Cham-۴۰۰۷۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک بودند (جدول ۱). گزارش شده است که تنفس رطوبتی سبب کاهش تجمع وزن ماده خشک در گیاه می‌گردد^(۹). در پژوهش حاضر اثر تنفس خشکی بر عملکرد بیولوژیک به جزء در ژنتیک‌های Bow's و کوهدشت در دیگر ژنتیک‌ها معنی دار گردید، که نشان دهنده مقاومت به خشکی بالای این دو ژنتیک Giza164 است. بیشترین کاهش عملکرد در ژنتیک‌های Boholh-15 (۳۴/۷۳ درصد) و Boholh-16 (۳۰/۱ درصد) و نیک نژاد (۲۴/۲۱ درصد) اتفاق افتاد و این موضوع بیشتر به کاهش عملکرد دانه در اثر تنفس مربوط می‌شد. بر اساس پژوهش‌های انجام گرفته تنفس خشکی در مراحل مختلف، به ویژه در زمان پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (۱). به علاوه، کاهش فتوستز و هم‌چنین کاهش انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف اجزای گیاه سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌گردد^(۷).

اثر ژنتیک بر شاخص برداشت دانه در هر دو شرایط رطوبتی مطلوب و تنفس بعد از گل‌دهی معنی دار شد (جدول ۱). ژنتیک گهر بالاترین شاخص برداشت را در شرایط مطلوب داشت (۳۹/۱۰ درصد)، هرچند با ژنتیک نیک نژاد از لحاظ شاخص برداشت تفاوت معنی دار نداشت (۳۹/۰۷ درصد) (جدول ۱). در شرایط رطوبتی مطلوب شاخص برداشت دانه در ژنتیک سیمره کمترین مقدار بود (۳۰/۵۷ درصد). در حالت تنفس خشکی ژنتیک گهر بالاترین شاخص برداشت دانه را به خود اختصاص داده بود (جدول ۱). اثر تنفس خشکی بر شاخص برداشت دانه به جز در ژنتیک سیمره در بقیه‌ی ژنتیک‌ها معنی دار گردید. در پژوهش‌های مشابه نیز اعمال تنفس به ویژه پس از مرحله‌ی گل‌دهی گندم کاهش معنی دار شاخص برداشت را به دنبال داشته است (۵، ۹ و ۱۲) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

بین ژنتیک‌ها از لحاظ شاخص حساسیت به تنفس تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۱). بیشترین حساسیت به تنفس

مطلوب و تنفس بعد از گل‌دهی معنی دار بود (جدول ۱). ژنتیک نیک نژاد (۶۶۷۴ کیلوگرم در هکتار) و به دنبال آن دو ژنتیک Boholh-15 (۶۵۸۹ کیلوگرم در هکتار) و Giza164 (۶۵۳۹ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را تحت شرایط مطلوب تولید کردند (جدول ۱)، در حالی که سیمره کمترین عملکرد را داشت (۴۲۵۲ کیلوگرم هکتار). در شرایط مطلوب مقدار بیشتر عملکرد دانه در ژنتیک نیک نژاد، به تعداد بیشتر سنبله در سنبله، تعداد دانه در سنبله و سنبله و تعداد سنبله در مترمربع در مقایسه با دیگر ژنتیک‌ها مربوط می‌شود (جدول ۲). در شرایط تنفس، بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنتیک گهر (۴۱۴۹ کیلوگرم در هکتار) بود و ElNeilein کمترین عملکرد دانه (با ۲۷۴۹ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. گهر با داشتن اجزای عملکرد نسبتاً خوب از قبیل تعداد سنبله در سنبله تعداد دانه در سنبله و سنبله و تعداد سنبله در مترمربع تحت شرایط تنفس خشکی بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۱). اثر تنفس خشکی بر عملکرد دانه در تمام ژنتیک‌ها معنی دار بود. این موضوع به دلیل تأثیر منفی تنفس بر اجزای عملکرد دانه به ویژه تعداد دانه در سنبله (۱۵ و وزن هزار دانه بود (۱۱).

تفاوت بین ژنتیک‌ها از لحاظ عملکرد بیولوژیک در هر دو شرایط مطلوب و تنفس بعد از گل‌دهی معنی دار گردید (جدول ۱). ژنتیک Boholh-15 (۱۷۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) و بعد از آن نیک نژاد (۱۷۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین وزن خشک بوته را داشتند، در حالی که ElNeilain (۱۱۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) کمترین وزن خشک بوته را تحت شرایط مطلوب تولید کرد. از آنجا که ژنتیک ElNeilain در بیشتر صفات از جمله تعداد دانه در سنبله و سنبله، سنبله در متر مربع، عملکرد دانه در مقایسه با دیگر ژنتیک‌ها ضعیفتر عمل کرده، احتمالاً به این دلیل از عملکرد بیولوژیک پایین‌تری هم برخوردار شده است. تحت شرایط تنفس پس از گل‌دهی ژنتیک کوهدشت

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن در ده ژنوتیپ گندم در دو شرایط مطلوب و تنفس خشکی

ویژگی	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد سنبله در	تعداد سنبله در سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	شناخت برداشت
عملکرد دانه							
در شرایط مطلوب	۰/۲۷۲	۰/۵۶۲*	۰/۵۷۷*	۰/۸۶۴*	-۰/۳۱۴	۰/۸۴۸*	۰/۶۳۵*
در شرایط تنفس خشکی	۰/۷۵۱*	-۰/۰۲۴	۰/۴۱۸*	۰/۳۸۸*	-۰/۳۶۴*	۰/۷۰۷*	۰/۵۸۹*

*: معنی دار در سطح احتمال ($\leq 5\%$) می‌باشد.

روطوبتی مطلوب منفی و غیرمعنی دار بود. در حالت تنفس خشکی، عملکرد دانه با تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و سنبله، عملکرد بیولوژیک و شناخت برداشت همبستگی مثبت و معنی دار ($0/05 \leq p < 0/07$) و با وزن هزار دانه رابطه منفی و معنی دار داشت (جدول ۳). بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در حالت تنفس را تعداد سنبله در متر مربع ($0/751$) و عملکرد بیولوژیک ($0/707$) داشتند.

نتیجه‌گیری

با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل می‌توان نتیجه گرفت که با وجود مساعد بودن شرایط رطوبتی تا پیش از گل‌دهی، تنفس خشکی از گل‌دهی تا رسیدن دانه بر عملکرد دانه اثر بارزی دارد و سبب افت عملکرد دانه می‌گردد. بنابراین، در مناطقی که خطر خشکی در انتهای فصل رشد وجود دارد استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و سازگار به منطقه که دارای پتانسیل عملکرد دانه بالا و حساسیت کمی به تنفس خشکی هستند، قابل توصیه است. با توجه به این ویژگی‌ها، در پژوهش حاضر سه ژنوتیپ کوهدشت، گهر و Bow's مناسب به نظر می‌رسند. از بین این ژنوتیپ‌ها گهر با توجه به پتانسیل بالاتر عملکرد دانه شاید مناسب تر باشد. ژنوتیپ نیک نژاد اگرچه دارای حساسیت به تنفس خشکی نسبتاً زیادی است اما به دلیل داشتن پتانسیل بالای عملکرد دانه ممکن است در شرایطی که تنفس خشکی پس از گل‌دهی رخ می‌دهد بتواند مورد استفاده قرار گیرد.

متعلق به ژنوتیپ 15-Boholh بود ($1/474$)، در حالی که کوهدشت ($0/445$) و پس از آن گهر ($0/585$) از کمترین حساسیت به تنفس برخوردار بودند. مقدار کم شناخت حساسیت به تنفس می‌تواند برای تمایز تمام ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی به کار بrede شود ($8/0 < p < 16/0$). به نظر می‌رسد ارقامی که شناخت حساسیت به تنفس زیادتری دارند، ممکن است پتانسیل عملکرد آنها لزوماً کم نباشد، بلکه این موضوع حاکی از آن است که در حالت تنفس درصد بیشتری از پتانسیل عملکرد خود را از دست می‌دهند ($8/0$). در پژوهش حاضر نیز ژنوتیپ‌هایی که شناخت حساسیت به تنفس زیادتری داشتند علاوه بر این که در حالت مطلوب دارای پتانسیل عملکرد دانه بالایی بودند در شرایط تنفس خشکی نیز افت شدیدی در عملکرد دانه نشان دادند.

با مطالعه‌ی همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن مشخص شد که عملکرد دانه در حالت مطلوب با کلیه صفات به جز تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی داری ($0/05 \leq p < 0/07$) داشت (جدول ۳). همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله ($0/864$)، عملکرد بیولوژیک ($0/848$) و شناخت برداشت ($0/635$) بیشترین مقدار بود. پیروزنا و همکاران در تجزیه علیت برای عملکرد دانه گندم و اجزای آن نشان دادند که صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، شناخت برداشت و وزن هزار دانه در عملکرد دانه کاملاً مؤثرند (۳). در این پژوهش همبستگی بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه در شرایط

منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. ۱۳۸۳. زراعت خلاط. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شیراز.
۲. امام، ی. و. م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.
۳. پیروزنیا، م.، ق. نعمتزاده و غ. کیانوش. ۱۳۷۷. بررسی و تعیین همبستگی عملکرد و اجزای آن با بعضی از صفات مهم زراعی گندم به روش تجزیه‌ی علیت. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. انتشارات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
۴. رشیدی، و.، م. مقدم و ن. خدابنده. ۱۳۷۷. مطالعه همبستگی عملکرد با اجزای آن از طریق تجزیه علیت در گیاهان بهاره بومی آذربایجان شرقی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، انتشارات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.
۵. زارع فیض آبادی، ا. و. م. قدسی. ۱۳۸۱. بررسی میزان تحمل به خشکی لاینها و ارقام گندم مناطق سرد کشور. علوم و صنایع کشاورزی ۱۸۶-۱۸۱: (۲)

6. Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in *C₃* cereals: What should we breed for? Ann. Bot. 89: 925-940.
7. Austin, R.B., C.L. Morgan, M.A. Ford and R.D. Blackwell. 1980. Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. Ann. Bot. 45: 309-319.
8. Bruckner, P.L. and R. C. Fohbery. 1987. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. Crop Sci. 27: 31-36.
9. Clarke, J. M., T.F.T. Smith, T. N. McCaig and D. G. Grean. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop Sci. 24: 537-541.
10. Cooper, M., D.E. Byth and D.K. Woodruff. 1994. An investigation of the grain yield adaptation of advanced CIMMYT wheat lines to water stress environments in Queensland. I: Crop physiological analysis. Aust. J. Agric. Res. 45: 965-984.
11. Davidson, J.L. and J.W. Birch. 1978. Response of a standard Australian and a Mexican wheat to temperature and water stress. Aust. J. Agric. Res. 29: 1091-1106.
12. Debaeke, P., J. Puech and M.L. Casals. 1996. Yield build-up in winter wheat under soil water deficit. I: Lysimeter studies. Agronomie 16: 3-23.
13. Duyesen, M.E. and T.P. Freeman. 1974. Effects of moderate water deficits on wheat seedling growth and plastid pigment development. Plant Physiol. 31: 262-266.
14. Evans, L. T. and R. L. Dunstone. 1970. Some physiological aspects of evolution in wheat. Aust. J. Biol. Sci. 23: 725-741.
15. Evans, L.T., J. Bingham, B. Jackson and J. Sutherland. 1972. Effects of awns and drought on the supply of photosynthate and its distribution within wheat ears. Ann. Appl. Biol. 70: 67-76.
16. Farshadfar, E., B. Koszegi, T. Tischner and J. Sutki. 1995. Substitution analysis of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Breed. 114: 542-544.
17. Fischer, R.A. 1973. Plant Responses to Climatic Factors. In: R.O. Slatyer (Ed.), UNESCO, Paris.
18. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
19. Garcia del Moral, L. F., Y. Rharrabti, D. Villegas and C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenetic approach. Agron. J. 95: 266-274.
20. Giunta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993. Effects of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. Field Crops Res. 33: 399-409.
21. Johnson, R.C. and E.T. Kanemasu. 1982. The influence of water availability on winter wheat yields. Can. J. Plant Sci. 62: 831-833.
22. Johnston, A.M. and D.E. Fowler. 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. Can. J. Plant Sci. 72: 1075-1089.
23. Khalili, D., A. A. Kamgar Haghghi and B. Ghahraman. 2001. Soil water regime and water conservation efficiency in a non-irrigation semi-arid environment. Iran Agric. Res. 20: 83-96.
24. Kramer, P.J. 1983. Water Relations of Plants. Academic Press, New York.
25. Morgan, J.M. 1977. Changes in diffusive conductance and water potential of wheat plants before and after anthesis.

- Aust. J. Plant Physiol. 4: 75-86.
26. Oosterhuis, D.M. and P.M. Carwright. 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Sci.* 23: 711-717.
27. Richards, R.A., A.G. Condon and G.J. Rebetzke. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. In: M.P. Reynolds, , J.U. Ortiz-Monasterio and A. Mcnab (Eds.), CIMMYT, Mexico.
28. Royo, C., M. Abaza, R. Blanco and L.F. Garcia del Moral. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Aust. J. Plant. Physiol.* 27: 1051-5059.
29. Siani, H.S. and D. Aspinall. 1981. Effects of water deficit on sporogenesis in wheat. *Ann. Bot.* 43: 623-633.
30. Sterling, J. D. E. and H. G. Nass. 1981. Comparison of tests characterizing varieties of barley and wheat for moisture resistance. *Can. J. Plant Sci.* 61: 283-292.
31. Wardlaw, I.F. 1971. The early stages of grain development in wheat. Response to water stress in a single variety. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 1047-1055.
32. Warrington, I.J., R.I. Dunstone and L. M. Green. 1997. Temperature effects at three development stages on the yield of the wheat ear. *Aust. J. Agric. Res.* 28 :11-27.
33. Zhong-hu, I.I. and S. Rajaram. 1994. Differential response of bread wheat characters to high temperature. *Euphytica* 72: 197-20.