مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۵ ، شماره ۳، سال ۱۳۸۸

اثر تنش خشکی انتهایی بر عملکرد دانه و ا جزاء آن در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس

Effect of Terminal Drought Stress on Grain Yield and Its Components in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes in Dry and Warm Conditions in South of Fars Province

منوچهر دستفال[۱]، وحید براتی[۲]، فرشید نوابی[۳] و حسن حقیقت‌نیا[۴]

۱، ۳ و ۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، داراب.
۲- پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، داراب.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۱۴

چکیده

دستفال، م.، براتی، و.، نوابی، ف.، و حقیقت‌نیا، ح. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی انتهایی بر عملکرد دانه و ا جزاء آن در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۵ (۳):** ۳۴۴ - ۳۲۹.

به منظور ارزیابی واکنش لاین‌های امید بخش گندم نان (Triticum aestivum L.) به قطع آبیاری در مراحل انتهایی، آزمایشی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب از سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ به مدت دو سال اجراء گردید. کرت‌های اصلی شامل سه تیمار آبیاری: I_1: آبیاری در پنج مرحله‌ی ساقه رفتن، آبستنی، گل‌دهی، شیری شدن و خمیری شدن دانه، I_2:آبیاری در چهار مرحله‌ی ساقه رفتن، آبستنی، گل‌دهی و شیری شدن دانه، I_3: آبیاری در سه مرحله‌ی ساقه رفتن، آبستنی و گل‌دهی و پنج ژنوتیپ گندم نان شامل چمران (شاهد منطقه) و لاین‌های امیدبخش S-78-11، S-75-20، S-79-10 و S-79-18 به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثرآبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها برای کلیه صفات شامل: عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد سنبله بارور در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، بهره‌وری مصرف آب، شاخص برداشت و عملکرد زیست توده معنی‌دار بود. عملکرد دانه در تیمارهای I_2 و I_3 در مقایسه با آبیاری کامل به ترتیب ۱۵/۶ و ۵۰/۷ درصد کاهش یافت. علاوه بر این در تیمار I_3 در مقایسه با I_2 عملکرد دانه ۴۱/۶ درصد کاهش یافت. در تیمارهای I_2 و I_3، وزن دانه بیشتر از سایر اجزا عملکرد دانه کاهش یافت. از نظر بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای آبیاری I_1 و I_2 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی بطور معنی‌داری از تیمار I_3 بیشتر بود. عملکرد دانه، وزن دانه، شاخص برداشت و بهره‌وری مصرف آب در لاین S-78-11 به طور معنی‌داری از سایر ارقام کمتر بود. رقم چمران و لاین‌های S-79-10 و S-79-18 در مقایسه با لاین‌های S-78-11 و S-75-20 به طور معنی‌داری تعداد دانه درسنبله بیشتری داشتند. تعداد سنبله بارور در واحد سطح لاین S-78-11 به طور معنی‌داری بیشتر از سایر لاین‌ها بود. بیشترین و کمترین عملکرد زیست توده به ترتیب مربوط به لاین‌های S-79-18 و S-78-11 بود. بر اساس نتایج این پژوهش با توجه به کاهش قابل‌ملاحظه عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در تیمار I_3 در مقایسه با تیمارهای I_1 و I_2، این رژیم آبیاری به عنوان یک راهبرد مؤثر و قابل قبول در مدیریت آبیاری گندم در منطقه مناسب نیست و فاقد توجیه فنی و زراعی می‌باشد. همچنین لاین زودرس S-79-10 و رقم چمران در هر سه رژیم آبیاری عملکرد بیشتری داشتند و در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهایی نسبت به سایر لاین‌ها برتر بودند.

واژه‌های کلیدی: کم آبیاری، عملکرد دانه، اجزا عملکرد و بهره‌وری مصرف آب.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: barati_vahid_sh@gmail.com

مقدمه

مهمترین عامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان کمبود آب می‌باشد (Begg and Turner, 1976). با توجه به محدودیت منابع آبی مورد نیاز کشاورزی در ایران، ارائه راهکارهای مؤثر در کاهش آثار منفی خشکی بر عملکرد دانه از اهداف مهم پژوهش‌های به‌نژادی و به‌زراعی به شمار می‌رود. استفاده از ارقام متحمل به خشکی، توأم با بهبود مدیریت آبیاری از جمله راهکارهای مناسب و عملی در کاهش آثار منفی خشکی بر عملکرد دانه در مناطق گرم و خشک جنوب کشور می‌باشد. در الگوی فصلی بارندگی مدیترانه‌ای که شامل بسیاری از مناطق ایران نیز می‌شود (بویژه مناطق جنوبی) قسمت اعظم بارندگی در زمستان اتفاق می‌افتد و محصولات زراعی پائیزه معمولاً از زمان گلدهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با خشکی و کم آبی مواجه می‌شوند.

اثر کمبود آب در دوره بعد از گرده‌افشانی بر عملکرد گندم، به شدت تنش و زمان بروز آن بستگی داشته و با خصوصیات ژنتیکی گیاه اثر متقابل دارد (Hamblin *et al.*, 1990). در پژوهش فیشر و ماورر (Fischer and Maurer, 1978) که تنش‌های خشکی اعمال شده مشابه با الگوی فصلی بارندگی مدیترانه‌ای بود، عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش بین ۳۷ تا ۸۶ درصد کاهش نشان داد. اکبری‌مقدم و همکاران (Akbari Moghaddam *et al.*, 2002) نشان دادند که قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله، عملکرد دانه و عملکرد زیست توده را به ترتیب ۳۶ ٪ و ۲۰ ٪ کاهش داد. اهدایی (Ehdaie, 1998) گزارش کرد که صفات تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، عملکرد زیست توده، وزن دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب رطوبتی و خشکی انتهایی به طور معنی‌داری تفاوت داشتند. فیشر (Fischer, 1973) و فیشر و همکاران (Fischer *et al.*, 1977) نیز نشان دادند که اگر تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی یا کمی قبل از گرده‌افشانی اتفاق افتد، تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد. تعداد دانه در واحد سطح مهم‌ترین جزء موثر در تغییرات عملکرد دانه گندم، در واکنش به تغییرات شرایط محیطی، به ویژه بروز تنش در مرحله‌ی قبل از گرده‌افشانی است (Entz and Flower, 1990). بویر (Boyer, 1996) نشان داد که تنش خشکی بهاره که در منطقه استرالیا در مرحله‌ی پر شدن دانه و بطور ناگهانی اتفاق می‌افتد، منجر به کاهش شدید وزن دانه می‌گردد. نر عقیمی گلچه‌های ابتدا و انتهایی سنبلچه و مرگ و میر آنها می‌تواند نتیجه تنش‌های خشکی درمرحله زایشی باشد (Roy and Murty, 1970). معمولا در بسیاری از اراضی گندمکاری آبی در مناطق نیمه خشک به علت شرایط اقلیمی مناسب از دوره کاشت تا گرده‌افشانی گیاه، عملکرد

زیست توده در مرحله ی گرده‌افشانی بالا است، اما با کاهش رطوبت خاک و بروز شرایط تنش خشکی در دوره رشد دانه و اثر آن بر فرایند های داخلی گیاه، ممکن است شاخص برداشت دانه در حد انتظار نباشد (Ludlow and Muchow, 1990; Giunta *et al.*, 1995).

تنوع ژنتیکی برای صفاتی نظیر عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های گندم گزارش شده است (Loffler and Busch, 1982). اصلاح ژنتیکی گندمی با توان نسبی ژنتیکی بالا برای عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی مطلوب و خشک امکان‌پذیر می‌باشد (Rajaram *et al.*, 1996). فرد و همکاران (Fard *et al.*, 2000) ارقام چمران، فونگ، استار، استورک (آریا)، کرخه و گرین را در شرایط رطوبتی مطلوب (تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی)، تنش رطوبتی ملایم (۲۵٪ کاهش آب مصرفی نسبت به شرایط مطلوب) و تنش رطوبتی سخت (۷۵٪ کاهش آب مصرفی نسبت به شرایط مطلوب) مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌ها از نظر وزن دانه، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت و تعداد سنبله در واحد سطح، تفاوت معنی‌دار وجود داشت. ون جینکل و همکاران (Van Ginkel *et al.*, 1998) ژنوتیپ‌های گندم اصلاح شده توسط مرکز تحقیقات بین‌المللی ذرت و گندم (CIMMYT)[1] را در شرایط رطوبتی نرمال و تنش رطوبتی اول فصل، آخر فصل و مداوم مورد بررسی قرار دادند. ارقام سازگار با تنش رطوبتی آخر فصل دارای تعداد دانه در واحد سطح زیاد، وزن دانه پائین و دوره رسیدگی کوتاه بودند. گزارش پژوهشگران دیگر نیز وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و زودرسی را تأیید می‌کند (Fischer *et al.*, 1977; Seropian and Planchon, 1984). در این پژوهش ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان در شرایط آب و هوایی گرم و خشک جنوب استان فارس (داراب) در سه مدیریت مختلف آبیاری با هدف تعیین واکنش رقم زراعی چمران و لاین‌های امیدبخش به تنش رطوبتی انتهای فصل، تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی آخر فصل و ارائه راهکاری مناسب برای بهبود مدیریت آبیاری در این مناطق گرم و خشک مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مزرعه‌ای از سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب در جنوب شرقی شیراز (′۵۵ °۵۴ شرقی، ′۲۹ °۲۸ شمالی و ۱۰۸۰ متر ارتفاع) در یک خاک لومی رسی (Clay Loam) انجام شد. قبل از اجرای

1. International Maize and Wheat Improvement Center

آزمایش در هر دو سال برخی از خصوصیات شیمیایی آب مصرفی اندازه‌گیری شد (جدول ۱). از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نیز نمونه‌گیری مرکب انجام و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول۲). شرایط آب و هوایی (درجه حرارت و بارندگی) در دو فصل زراعی ۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱ نیز در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید.آبیاری و ژنوتیپ به ترتیب به عنوان کرت‌های اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. تیمارهای آبیاری شامل I_1: آبیاری در پنج مرحله‌ی ساقه رفتن،آبستنی، گل‌دهی، شیری شدن و خمیری شدن دانه، I_2: آبیاری در چهار مرحله‌ی ساقه رفتن، آبستنی، گل‌دهی و شیری شدن دانه و I_3: آبیاری در سه مرحله‌ی ساقه رفتن، آبستنی و گل‌دهی بودند. رقم چمران (شاهد منطقه) و ژنوتیپ‌های S-78-11، S-75-20، S-79-10 و S-79-18 مورد استفاده قرار گرفتند. در دو سال تحقیق میانگین سالانه بارندگی محل آزمایش ۲۸۰ میلی‌متر و بیشینه و کمینه دمای آن به ترتیب ۴۸ و۳- درجه سانتی‌گراد بود. در شکل ۱ و ۲ میانگین دما و بارندگی ماهیانه در دو سال آزمایش با میانگین ده ساله (۸۲-۷۳) ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب مقایسه شده است.

ابعاد کرت‌های اصلی ۹۶ متر مربع (۶×۱۶) (با احتساب فاصله یک متر بین کرت‌های فرعی) و ابعاد کرتهای فرعی ۱۴/۴ متر مربع (۶ ×۲/۴) بود. فاصله بین کرت‌های فرعی ۱ متر،کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصله تکرارها نیز ۵ متر در نظر گرفته شد. تراکم کشت بر اساس وزن هزار دانه و ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. میزان کودهای شیمیایی مورد نیاز(پرمصرف و کم مصرف) قبل از کشت بر اساس آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات تغذیه گیاهی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس تعیین و مصرف گردید. قبل از هر آبیاری درصد رطوبت خاک در عمق ریشه در کلیه تیمارها به روش وزنی تعیین شد و مقدارآب آبیاری بر اساس درصد تخلیه رطوبت خاک در عمق ریشه تعیین و مصرف گردید. میزان آب مصرفی توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. کلیه عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، بطور یکسان در کلیه کرت‌ها انجام گردید. یادداشت‌برداری‌های لازم در طول فصل رشد شامل تعداد روز تا ۵۰٪ درصد گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن دم گل‌آذین در پنجاه درصد سنبله‌ها) صورت گرفت. پس از رسیدن محصول و حذف حاشیه از کرت‌ها، مساحت ۶ مترمربع (۵ × ۱/۲) برداشت شد و عملکرد دانه و عملکرد زیست توده و همچنین تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله بارور در واحد سطح، وزن هزار دانه و شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست توده) اندازه‌گیری و

جدول ۱ - خصوصیات شیمیایی آب مصرفی در سال زراعی۸۱-۱۳۸۰و ۸۲-۱۳۸۱

Table 1. Chemical properties of irrigated water in 2001-2002 and 2002-2003 cropping seasons

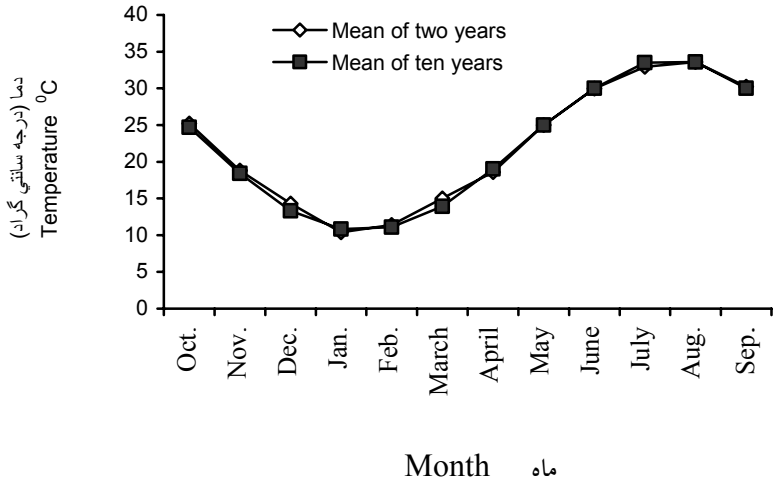
سال Year	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (ds/m)	اسیدیته PH	تیرگی Darkness	میلی اکی والان در لیتر equivalent/ lit ml					میلی گرم در لیتر mg/lit	
				کربنات Co_3^{-2}	بی کربنات Hco_3^{-1}	سولفات So_4^{-2}	سدیم Na	کلر Cl	کلسیم Ca	منیزیم Mg
2001-2002	0.442	7.8	0.49	0	4.0	0.13	0.64	0.7	62	328
2002-2003	0.444	7.9	0.49	0	4.2	0.13	0.65	0.7	60	328

جدول ۲ - خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱.

Table 2. Physico-chemical properties of soil (0-30 cm depth) in 2001-2002 and 2002-2003 cropping seasons.

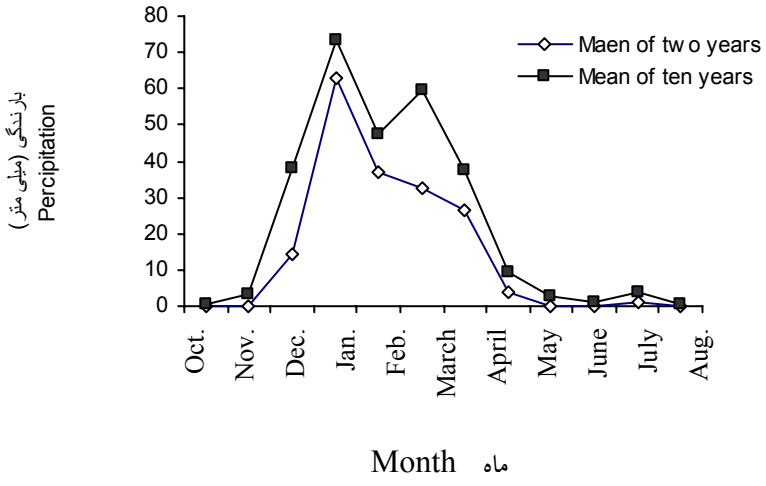
سال Year	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	مواد خنثی‌شونده (٪) T.N.V. (%)	اسیدیته گل اشباع pH	مواد آلی (٪) O.C. (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg/kg)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (mg/kg)	بافت خاک Soil texture	ظرفیت مزرعه (٪) FC (%)	نقطه پژمردگی دائم(٪) PWP (%)	تراکم حجمی (گرم بر سانتیمتر مکعب) Bd (g/cm^3)
2000-2001	0-30	0.72	41	7.9	0.50	7	176	C.l.	22.5	12.5	1.46
2001-2002	0-30	0.73	40	7.9	0.51	7	173	C.l.	22.5	12.5	1.45

C.l. = Clay loam
Bd = Bulk density
FC = Field capacity
PWP = Permanent wilting point
O.C. = Organic carbon
EC = Electrical conductivity
T.N.V. = Total Neutralized Volume



شکل ۱ - میانگین دمای ماهانه بلندمدت (۸۲-۱۳۷۳) ومیانگین دمای ماهانه دو سال (۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱).

Fig1. Monthly mean temperature for long term (1994-2003) and two growing seasons (2000-2001 and 2001-2002).



شکل ۲- میانگین بارندگی ماهانه بلند مدت (۸۲-۱۳۷۳) و میانگین بارندگی ماهانه دو سال(۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱).

Fig 2. Monthly mean precipitation for long term (1994-2003) and two growing seasons (2001-2002 and 2002-2003).

همچنین بهره‌وری مصرف آب آبیاری (نسبت عملکرد دانه به مقدار مصرف آب) تعیین شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از برنامه‌های آماری MSTATc انجام شد و شکل‌ها در محیط EXEL رسم گردید.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژیکی

در تمام سطوح آبیاری ژنوتیپ‌های S-78-11 و S-79-18 دیررس‌تر و ژنوتیپ‌های S-75-20 و S-79-10 در I_2 و I_3 زودرس‌تر و در تیمار I_1 رقم چمران و ژنوتیپ S-79-10 از سایر ژنوتیپ‌ها زودرس‌تر بودند. در تیمار I_2 و I_3 در مقایسه با I_1 و در تیمار I_3 در مقایسه با I_2 مدت زمان رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت (جدول ۳).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس مرکب برای اثر آبیاری، ژنوتیپ و بر همکنش آنها در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که داده‌های این جدول نشان می‌دهند، اثر آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ و بر هم‌کنش آنها در سطح ۵٪ معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت (جدول ۴). در تیمار I_3 به دلیل افزایش شدت تنش خشکی در مراحل حساس پر شدن دانه شامل گرده‌افشانی، شیری شدن و خمیری‌شدن دانه، نسبت به سایر تیمارهای آبیاری کمترین عملکرد دانه بدست آمد (جدول۴). مصرف آب در تیمار I_2 در مقایسه با I_1 به مقدار ۹۳/۶ میلی‌متر کمتر بود. این مقدار معادل ۱۷/۲ درصد کاهش در آب مصرفی نسبت به I_1 در دوره رشد گیاه بود (مقدار آب مصرف شده در تیمار I_1 ۵۴۳/۳ میلی‌متر بود). این کاهش مصرف آب در تیمار I_2 عملکرد دانه را به میزان ۱۵/۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). تقریباً به ازای هر یک درصد کاهش آب مصرفی از دوره شیری شدن دانه به بعد عملکرد دانه ۰/۹ درصد کاهش یافت. در تیمار I_3 در مقایسه با I_1 آب مصرفی ۱۶۴ میلی‌متر کمتر بود. این مقدار معادل ۳۰/۲ درصد آب مصرفی در دورهٔ رشد گیاه بود که نتیجه آن ۵۰/۷ درصد کاهش در عملکرد دانه بود (جدول ۴). تقریباً به ازای هر یک درصد کاهش آب مصرفی در دوره گلدهی به بعد عملکرد دانه ۱/۶ درصد کاهش یافت. در تیمار I_3 در مقایسه با I_2 در دوره‌ی رشد گیاه به میزان ۷۰/۷ میلی‌متر آب مصرفی کاهش یافت که معادل ۱۵/۷ درصد کاهش در آب مصرفی بود و نتیجهٔ آن ۳۹/۶ درصد کاهش در عملکرد دانه بود (جدول ۴). این یافته‌ها کاهش شدید عملکرد دانه را در بخش‌هایی از مناطق گرم و خشک جنوبی کشور که با تنش‌های رطوبتی آخر فصل رشد روبرو هستند تأیید می‌کند. مصطفی و همکاران (Mostafa *et al.*, 1996) گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله ظهور سنبله موجب کاهش عملکرد دانه ارقام گندم بهاره شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت و بهره‌وری مصرف آب

Table 3. Combined analysis of variances on grain yield and it's components, biological yield, harvest index and water productivity (WP)

منابع تغییر S.O.V.		درجه آزادی df.	Mean squares میانگین مربعات						
			عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیست توده Biological yield	سنبله بارور در متر مربع Fertile tiller per m^2	تعداد دانه در سنبله Grain no. per spike	وزن دانه Grain weight	بهره‌وری مصرف آب WP
Year (Y)	سال	1	46.39	0.164	1.56	3121.11	1291.25	54.60	0.79
R × Y	تکرار × سال	4	0.114	0.001	2.40	138.40	6.24	1.05	0.005
Irrigation (I)	آبیاری	**2**	117.48**	0.032**	508.95**	49461.41**	518.48**	991.21**	1.83**
I × Y	آبیاری × سال	2	17.50	0.001	86.99	12485.53	34.03	341.62	0.719
Error (a)	خطای (الف)	8	0.117	0.001	0.957	272.42	2.32	2.48	0.006
Genotype (G0	ژنوتیپ	**4**	2.78**	0.005**	7.41*	2148.35*	132.32**	21.40**	0.146**
G × Y	ژنوتیپ × سال	4	2.79	0.004	11.64	4938.58	64.19	14.89	0.117
G × I	ژنوتیپ × آبیاری	**8**	0.515*	0.001*	3.51^{ns}	1027.10^{ns}	5.36^{ns}	5.80**	0.027*
G × I × Y	ژنوتیپ × آبیاری × سال	8	0.747	0.001	2.42	679.65	14.30	8.57	1.031
Error (b)	خطای (ب)	48	0.264	0.001	2.78	630.14	8.49	1.83	0.012

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

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

جدول۴- اثر تیمارهای آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار) و اجزای آن، عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (درصد) و بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)

Table 4. Effect of irrigation treatment and genotype on grain yield (Kg/ha) and it's components, biological yield (kg/ha), harvest index (%) and water productively (WP)(kg/m^3)

	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیست توده Biological yield	تعد دسنبله بارور در متر مربع Fertile tiller no. per m^2	تعداد دانه در سنبله Grain no. per spike	وزن دانه (میلی‌گرم) Grain weight (mg)	کارآیی مصرف آب WP
				Genotype ژنوتیپ			
Chamran	6127a	35.4a	17360ab	442.5ab	42.2a	33.5ab	1.32a
S-78-11	5241b	31.3e	16150b	455.0a	36.3c	31.3c	1.12b
S-75-20	5950a	34.6c	16980ab	431.3b	39.7b	33.0b	1.28a
S-79-10	6123a	34.9b	17330ab	429.2b	42.3a	34.1a	1.32a
S-79-18	6197a	34.3d	17890a	431.1b	42.7a	33.7ab	1.33a
				Irrigation آبیاری			
I_1	7615a	36.9a	20459a	473.4a	44.2a	37.9a	1.40a
I_2	6423b	34.6b	18469b	447.1b	41.7b	34.6b	1.43a
I_3	3749c	30.6c	12511c	399.5c	36.1c	26.3c	0.99b
				Reduction percentage درصد کاهش			
I_1	15.6	6.2	9.7	5.6	5.7	8.7	16.4
I_2	50.7	17.1	38.8	15.6	18.3	30.6	50.7
I_3	41.6	11.6	32.3	10.6	13.4	24.0	41.0

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

تعیین راهبردهای مناسب قطع آبیاری از مرحله شیری شدن یا از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه نیازمند ارزیابی و بررسی‌های اقتصادی است و بستگی زیاد به ارزش اقتصادی آب مصرفی در منطقه مورد نظر دارد. ولی آنچه مسلم است نرخ کاهش عملکرد دانه نسبت به درصد مصرف آب در تیمار I_3 نسبت به I_1 در مقایسه با تیمار I_2 نسبت به I_1 بیشتر بود (به ترتیب ۱/۶ و ۰/۹ درصد) و بعید به نظر می‌رسد که ۵۰/۷ درصد کاهش عملکرد دانه با قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد (تیمار I_3) بتواند به عنوان یک راهبرد مناسب در تولید گندم اغلب مناطق گرم و خشک جنوب کشور توصیه شود، چون دارای توجیه اقتصادی نمی‌باشد. کاهش قابل توجه بهره‌وری مصرف آب در تیمار I_3 نیز در مقایسه با I_1 و I_2 می‌تواند عدم کارآیی اقتصادی این تیمار را در مدیریت آبیاری توجیه نماید (جدول ۴).

عملکرد دانه در لاین S-78-11 به طور معنی‌داری از سایر لاین‌ها و رقم چمران کمتر بود. عملکرد دانه کمتر در این لاین ناشی از وزن دانه و تعداد دانه در سنبله کمتر بود (جدول ۴). در تیمار I_3 نیز بیشترین کاهش عملکرد دانه مربوط به لاین S-78-11 بود. لاین دیررس S-78-11 بجز در آبیاری کامل جزء لاین‌های با عملکرد پائین بود (جدول ۵). بنابراین احتمالاً صفت دیررسی در شرایط وقوع تنش گرمایی و خشکی آخر فصل در منطقه، در مراحل زایشی برای این لاین نامطلوب بوده و مانع از سازوکار فرار از تنش‌های محیطی شده و موجب کاهش پایداری عملکرد دانه در این لاین گردید. در رقم چمران عکس این روند اتفاق افتاد و صفت زودرسی سازوکاری مناسب در این رقم برای فرار نسبی از شرایط تنش گرمایی و خشکی در مراحل زایشی و پرشدن دانه گردید (جدول ۵). رقم زودرس چمران و لاین S-79-10 در تمامی رژیم‌های رطوبتی دارای عملکرد نسبتاً بالا بودند و در شرایط تنش آخر فصل که آبیاری از مرحله گلدهی یا شیری شدن دانه به بعد محدودیت داشت، نسبت به سایر لاین‌ها برتر بودند.

رقم چمران و ژنوتیپ S-79-10 به دلیل اینکه دارای خویشاوندی ژنتیکی با گندم‌های گروه ویری (Veery) می باشند با دارا بودن ترانسلوکیشن IB/IR از چاودار نه تنها نسبت به محیط‌های بدون تنش رطوبتی، بلکه در شرایط خشک نیز سازگار و از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار می‌باشند (Nasirud-Din *et al.*, 1992; Najafian and Jalal Kamali, 2004). در تیمار I_3 فشار محدودیت آب قابل دسترس برای گیاه این امکان را برای ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی فراهم آورد تا با به کارگیری سازوکارهای مقابله با خشکی مانند زودرسی و فرار از خشکی عملکرد بیشتری داشته باشند.

پایداری عملکرد لاین‌های دیررس‌تر مانند S-78-11 و S-79-18 در مقابل تغییرات رژیم رطوبتی کمتر از ژنوتیپ‌های زودرس‌تر مانند

S-75-20، S-79-10 و رقم چمران بود. مصطفی و همکاران (Mostafa *et al*., 1996) نیز گزارش کردند که با اعمال ده روز تنش خشکی در مرحله ظهور سنبله عملکرد یک رقم زودرس از طریق اجتناب از خشکی فقط چهار درصد کاهش یافت ولی عملکرد ارقام متوسطرس ۱۸ تا ۴۴ درصد کاهش یافت.

در تیمار I_1 عملکرد دانه لاین S-79-18 به طور معنی‌داری بیشتر از سایر لاین‌ها و رقم چمران بود و عملکرد دانه ژنوتیپ S-79-10 و رقم چمران در مرتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۵). در تیمار I_3، لاین S-79-10 عملکرد دانه بیشتری تولید کرد. در این تیمار عملکرد دانه لاین S-78-11 به طور معنی‌داری کمتر از سایر لاین‌ها و رقم شاهد بود (جدول ۵). درصد کاهش عملکرد دانه S-75-20 و رقم چمران در تیمار I_2 در مقایسه با I_1 نسبتاً پائین بود (به ترتیب ۶/۹۲ و ۱۴/۵ درصد) در حالی که در لاین S-78-11 نسبتاً بالا (۲۶/۹ درصد) و در لاین‌های S-79-10 و S-79-18 در حد متوسط بود (به ترتیب ۱۵/۷ و ۱۶/۶درصد). درصد کاهش عملکرد دانه سایر لاین‌ها و رقم شاهد در تیمار I_3 در مقایسه با I_1 بالا و از ۴۶ تا ۵۸/۵ درصد متغییر بود (جدول ۵).

اجزای عملکرد دانه

اثر تیمارهای آبیاری بر کلیه اجزا عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ نیز بر کلیه صفات در سطح ۱٪ و بر عملکرد زیست توده و سنبله در واحد سطح در سطح ۵٪ معنی‌دار بود و برهمکنش آنها فقط بر وزن دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود(جدول ۳). مقایسه میانگین اجزاء عملکرد دانه نشان داد که این اجزاء در تمام سطوح آبیاری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴). تیمار I_3 با شدت بیشتری وزن دانه را کاهش داد. بویر (Boyer, 1996) نیز نشان داد که تنش خشکی بهاره در منطقه استرالیا که در مرحله پرشدن دانه و بطور ناگهانی اتفاق می‌افتد منجر به کاهش شدید وزن دانه می‌گردد. در تیمار I_1 از نظر وزن دانه تفاوت معنی‌داری بین رقم چمران و لاین‌های S-75-20، S-79-10 و S-78-11 وجود نداشت. لاین S-79-18 و رقم چمران به ترتیب دو ژنوتیپ برتر از نظر وزن هزاردانه بودند (جدول ۴). در تیمار I_2 لاین S-78-11 به طور معنی‌داری کمترین وزن دانه را داشت. در تیمار I_3 لاین های S-79-10 و S-79-18 به ترتیب دو لاین برتر از نظر وزن هزار دانه بودند. در این تیمار کمترین وزن دانه مربوط به لاین S-78-11 بود (جدول ۵). در تیمار I_3 در مقایسه با I_2 تعداد دانه در سنبله به میزان بیشتری کاهش یافت (جدول ۵). کاهش تعداد دانه در سنبله می‌تواند ناشی از عقیمی گلچه‌ها، مرگ و میر گلچه‌ها و اختلال در گرده‌افشانی و پرشدن دانه باشد. فیشر (Fischer, 1973) و فیشر و همکاران (Fischer *et al*., 1977) نشان دادند که اگر تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی یا کمی قبل از گرده‌افشانی اتفاق افتد تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد. احتمالاً گلچه‌های

جدول ۵- اثر متقابل آبیاری × ژنوتیپ بر عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)، اجزاء عملکرد، عملکرد زیست توده (کیلوگرم درهکتار)، شاخص برداشت (درصد)، ۵۰ درصد ظهور سنبله (روز) و رسیدگی فیزیولوژیک (روز).

Table 5. Irrigation × genotype Interaction on grain yield (kg/ha) and its components, biological yield (kg/ha), harvest index (%), 50% heading (day) and physiological maturity (day).

آبیاری × رقم Irrigation × Cultivar		عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیست توده Biological yield	تعداد سنبله بارور در متر مربع Fertile tiller no. Per m^2	تعداد دانه در سنبله Grain no. per spike	وزن دانه (میلی گرم) Grain weight (mg)	۵۰٪ ظهور سنبله 50% Heading	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	
									رقم Cultivar	میانگین Mean
I_1	Chamran	7670ab	37.1b	20450ab	467.5abc	45.4a	38.3ab	99.2	147.9	
	S-78-11	7328bc	35.0d	20550ab	497.2a	40.7cd	37.1bcd	106.3	158.4	
	S-75-20	7170bc	37.1b	19640ab	458.6bc	44.1abc	37.4bc	104.6	149.9	152.0
	S-79-10	7709ab	37.9a	20230ab	473.6ab	44.7ab	37.9b	101.3	148.5	
	S-79-18	8080a	38.0a	21220a	470.5ab	46.3a	39.7a	108.1	156.5	
I_2	Chamran	6833cd	35.0d	19540ab	451.2bcd	43.5abc	35.3e	98.4	144.7	
	S-78-11	5377e	31.7f	16590c	472.5ab	35.9ef	31.7f	109.0	150.5	
	S-75-20	6674cd	35.9c	18640b	436.7cde	40.9bcd	35.5de	97.1	143.9	146.0
	S-79-10	6500d	35.3d	18340bc	423.1def	44.3abc	35.9cde	98.4	142.5	
	S-79-18	6741cd	35.1d	19270ab	448.3bcd	43.8abc	34.3e	108.4	148.5	
I_3	Chamran	3909f	33.4e	12020d	408.7ef	37.7def	27.0h	98.6	139.3	
	S-78-11	3039g	27.2i	11310d	395.3fg	32.3g	25.2i	105.1	144.3	
	S-75-20	3859f	30.8g	12650d	398.5fg	34.3fg	26.1hi	95.7	138.8	142.1
	S-79-10	4161f	31.6f	13400d	391.0fg	38.0de	28.7g	99.2	139.1	
	S-79-18	3779f	29.8h	13190d	374.6g	38.2de	27.2gh	105.8	145.1	

میانگین‌هایی، در هر ستون ، که دارای حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

جوان‌تر در مرحله گلدهی نسبت به گلچه‌های بالغ‌تر در مرحله شیری‌شدن در مقابل تنش‌های محیطی از مقاومت کمتری برخوردار هستند. رقم چمران و لاین‌های S-79-10 و S-79-18 بیشترین تعداد دانه در سنبله را در هر سه رژیم رطوبتی داشتند. در حالی که تعداد دانه در سنبله لاین S-78-11 در هر سه رژیم رطوبتی به طور معنی‌داری کمتر از تعداد دانه در سنبله سایر ارقام بود (جدول ۵).

تعداد سنبله در واحد سطح نیز تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفت و با افزایش تنش رطوبتی با شدت بیشتری کاهش یافت (جدول ۴). برای درک سازوکار دقیق کاهش تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح به واسطه تنش رطوبتی در مراحل زایشی و پرشدن دانه و به دنبال آن کاهش عملکرد نیاز به بررسی‌های فیزیولوژیکی و نموی بیشتری است. علت کاهش تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح به دلیل تنش رطوبتی در مرحلهٔ شیری شدن دانه ناشی از این پدیده بود که وقتی پنجاه درصد جمعیت گیاهی در مرحله شیری شدن دانه بودند هنوز نیمی از جمعیت گیاهی به این مرحله نرسیده بود و در مرحله گلدهی بودند. در این مرحله قسمت های زایشی نسبت به تنش خشکی حساس بوده و احتمال بارور نشدن تعدادی از آنها وجود داشت. واضح است که وقتی نیمی از جمعیت گیاهی به مرحله شیری شدن دانه رسیدند که اکثریت قابل ملاحظه این جمعیت را نیز سنبله‌های ساقه اصلی تشکیل می‌دهند که زودتر ظاهر شده‌اند و از قدرت رقابتی بیشتری برخوردار بوده و ارتفاع بیشتری دارند. در حالی که سنبله‌های جوان‌تر (سنبله‌های پنجه‌ها) جمعیت گیاهی به دلیل داشتن ارتفاع کمتر در سایه انداز گیاهی از موقعیت ضعیف‌تری برخوردار بوده و نور کمتری نیز دریافت می‌کردند. حتی وقتی گلچه‌های میانی یک سنبله در مرحله شیری شدن دانه بودند، ممکن است گلچه‌های جوانتر انتهایی نیز در اثر تنش رطوبتی و افزایش رقابت درون‌سنبله‌ای عقیم شدند. در تیمار I_1 و I_2 تعداد سنبله در متر مربع لاین S-78-11 به طور معنی‌داری از تعداد سنبله در واحد سطح سایر لاین‌ها بیشتر بود. در تیمار I_3 بیشترین و کمترین تعداد سنبله در واحد سطح به ترتیب مربوط به رقم چمران و لاین S-79-18 بود (جدول ۵).

عملکرد زیست توده و شاخص برداشت در تمام سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری نشان داد. این دو صفت متناسب با تنش خشکی کاهش داشتند (جدول ۴). درصد بیشترکاهش عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیست توده در تیمارهای قطع آبیاری (جدول ۴) بیانگر آن است که تنش رطوبتی در مراحل زایشی و پرشدن دانه، اجزای زایشی را نسبت به بخش‌های رویشی به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار داد. در تیمار I_1 لاین‌های S-79-18 و S-75-20 به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد زیست توده را داشتند. در تیمار I_2 کمترین عملکرد زیست توده را لاین S-78-11 (۱۶۹۵۰ کیلوگرم در

هکتار) تولید کرد و بیشترین عملکرد زیست توده مربوط به رقم چمران (۱۹۵۴۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در تیمار I_3 لاین S-79-10 دارای بیشترین عملکرد زیست توده (۱۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و لاین S-78-11 دارای کمترین عملکرد زیست توده (۱۱۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) بود(جدول ۵).

شاخص برداشت با افزایش تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). شاخص برداشت لاین S-78-11 به طور معنی‌داری از سایر لاین‌ها و رقم چمران کمتر بود. در تیمارهای I_1، I_2 و I_3 لاین S-78-11 دارای کمترین شاخص برداشت بود (جدول ۵). در تیمار I_2 رقم چمران و لاین S-75-20 و در تیمار I_3 رقم چمران بیشترین شاخص برداشت را تولید کردند (جدول ۵). کاهش شاخص برداشت در تیمارهای تنش رطوبتی (جدول ۴) نشان داد که انتقال مواد فتوسنتزی به دانه با مقدار آب مصرفی قابل دسترس مرتبط بوده و تنش رطوبتی می‌تواند سهم دانه از مادهٔ خشک را کاهش دهد. با توجه به اینکه از مرحله گلدهی تا پایان رسیدگی دمای هوا در مناطق گرم و خشک بشدت افزایش می‌یابد و ماده خشک دانه در این دوره تشکیل می‌گردد حذف دو مرحله از آبیاری در این دوره (I_3) موجب کاهش قابل ملاحظه عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در این تیمار در مقایسه با تیمارهای I_1 و I_2 شد. بنابر این رژیم آبیاری I_3 به عنوان یک راهبرد مؤثر برای شرایط زراعی چنین مناطقی قابل توصیه نمی‌zباشد. بدلیل اینکه عملکرد دانه در لاین زودرس S-79-10 و رقم چمران هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط قطع آبیاری پس از شیری شدن دانه از ثبات نسبتا مطلوبی برخوردار بودند، در شرایطی که منابع آبی آخر فصل نیاز آبی گیاه را تامین نکند این دو ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ برای کاشت در شرایط مشابه این تحقیق مناسب‌تر می‌باشند.

References

Akbari Moghaddam, H., Etesam, Gh. R., Koohkan, Sh. A., Rostami, H., and Keikha, Gh. A. 2002. Effect of Moisture stress in different growth stage on grain yield in wheat cultivars. Proceedings of Abstracts of the 7th Iranian Crop Science Congress. Karaj, Iran. pp. 735.

Begg, J. E. and Turner, N. C. 1976. Crop water deficits. Advances in Agronomy 28: 161-217.

Boyer, J .S. 1996. Advances in drought tolerance in plants. Advances in Agronomy 59: 187- 218.

Entz, M. H., and Flower, D. B. 1990. Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to post-anthesis environmental stress. Crop Science 30: 1119-1123.

Ehdaei, B. 1998. Genetic variation for stem reserves and its remobilization into grain in spning bread wheat under terminal drought conditions. Proceedings of the 5th Iranian Crop Sciences Congress, Karaj, Iran. pp. 297.

Fischer, R. A. 1973. The effect of water at various stages of development on yield processes in wheat. In: Plant responses to climatic factors. Proceedings of Upsal Symposium 1970. UNESCO, Paris. Pp. 233-241.

Fischer, R.A., Lindt, J. L., and Glave, A. 1977. Irrigation of dwarf wheats in the Yaqui Valley of Mexico. Experimental Agriculture 13: 353-367.

Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Fard, S., Bakhshandeh, A. M., and Naderi, A. 2000. Evaluation of grain yield and its components and some agronomic traits in wheat genotypes under drought stress conditions in Khuzestan. Proceedings of Abstracts of the 6th Iranian Crop Sciences Congress. Babolsar, Iran. pp. 676.

Giunta, F., Motzo R., and Deiddia, M. 1995. Effects of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in mediterreanian environment. Australian Journal of Agricultural Research 46: 99-111.

Hamblin, A., Tennant, D., and Perry, M. W. 1990. The cost of stress: Dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. Plant and Soil 122: 47-58.

Loffler, C. M., and Busch, R. H. 1982. Selection for grain protein, grain yield, and nitrogen partitioning in hard red spring wheat. Crop Science 22: 591-595.

Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environmens. Advances in Agronomy 21: 337-344.

Mostafa, M. A., Boersma, L., and Kronested, W. E. 1996. Responses of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop Science 36: 982-986.

Nasirud-Din, B., Carver, F., and Clutter, A. C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought stressed and irrigated environments. Euphytica 62: 89-96.

Rajaram, S., Braun, H. J., and Van Ginkel, M. 1996. CIMMYT's approaches to breed for drought tolerance. Euphytica 92: 147-153.

Najafian, G., and Jalal Kamali, M. R. 2004. Wide adaptation of "Veery" genotypes and its derivatives is a dear indication of Homostasi in wheat. Proceedings of the 8th Iranian Crop Sciences Congress. Rasht, Iran. Pp. 175-191.

Roy, N. N., and Murty, R. R. 1970. A selection procedure in wheat for stress environments. Euphytica 19: 509-521.

Seropian, C., and Planchon, C. 1984. Physiological responses of six bread wheat and durum wheat genotypes to water stress. Euphytica 33: 757-767.

Van Ginkel, M., Calhoun, D. S., Gebeyehu, G., Miranda, A., Tian-you, C., Pargas Lara, R., Trethwan, R. M., Sayre, K., Crossa, J., Rajaram, S. 1998. Plant traits related to yield of wheat in early, late, and continuos drought conditions. In Braun, H.J., F. Altay, W.E. Koronstad, S.P.S. Beniwal, A. McNab (eds.). Wheat: Prospects for global improvement. Netherlands, Kluwer Publishers pp 167-179.