دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و پنجم، ۱۳۹۷

واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان به روش‌های مختلف کاشت وتنش خشکی پایان فصل در شرایط جنوب استان فارس

وحید براتی[۱]، احسان بیژن زاده[۲]، علی بهپوری[۳]، زهرا زینتی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۲۰

چکیده

در حال حاضر بیشتر سطح زیر کشت گندم آبی به طور سنتی به صورت دستپاش و یا به صورت کاشت بذرها روی ردیف‌های نزدیک به هم برروی سطح صاف مزرعه است و آبیاری به صورت غرقابی انجام می‌شود. به منظور مطالعه‌ی پاسخ ژنوتیپ‌های گندم نان به روش کاشت بر بستر صاف و روی پشته، تحت رژیم‌های آبیاری، این آزمایش بصورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی(۹۰-۱۳۸۹ و۹۱-۱۳۹۰) انجام شد. کرت اصلی، رژیم آبیاری با دو سطح (آبیاری مطلوب تا پایان فصل و قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی) بود. کرت فرعی شامل کاشت بر بستر صاف و کاشت روی پشته بود. کرت فرعی فرعی شامل چهار ژنوتیپ گندم نان (ارقام شیرودی (شاهد منطقه)، چمران۲، افلاک و لاین۱۰-۸۲-S) بود. بر اساس نتایج، تنش خشکی عملکرد دانه و اجزای آن را به طور معنی‌داری ($P \leq$ ۰/۰۵) در همه‌ی ژنوتیپ‌ها کاهش داد. عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بیشترین همبستگی را با وزن دانه ($r =$ ۰/۷۴۲**) در مقایسه با سایر اجزاء عملکرد نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، اساسا تحت تاثیر کاهش وزن دانه است. رقم افلاک بیشترین عملکرد دانه (۵۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) را در شرایط آبیاری مطلوب تولید کرد. در حالی که، بیشترین عملکرد در شرایط تنش خشکی (۳۱٤۸ کیلوگرم در هکتار) متعلق به رقم شیرودی بود. روش کاشت روی پشته عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت را به ترتیب به مقدار ۱٤ و ۳ درصد افزایش داد. کارایی مصرف آب و عملکرد دانه در روش کاشت بر روی پشته نسبت به کاشت بر بستر صاف به ترتیب به میزان ۲۷/۸و ۱٦/۲ درصد بهبود یافت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کارایی استفاده از آب و رژیم آبیاری.

براتی، و.، ا. بیژن زاده، ع. بهپوری و ز. زینتی. ۱۳۹۷. واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان به روش‌های مختلف کاشت وتنش خشکی پایان فصل در شرایط جنوب استان فارس. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۵: ۲۵۵-۲٤٤.

۱- استادیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲- دانشیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳- استادیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

با توجه به رشد جمعیت و نیازهای رو به افزایش محصول‌های کشاورزی، به نظر می‌رسد که در آینده چالش اصلی توسعه کشورها از جمله ایران مسئله محدودیت منابع آب خواهد بود. از این رو انجام پژوهش‌های کشاورزی تحت شرایط کم آبی اهمیت زیادی خواهند داشت. افزایش راندمان آبیاری و کارایی مصرف آب، بوسیله بکارگیری روش‌های مناسب کاشت (فاهونگ و همکاران، ۲۰۰٤)، استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و اجرای روش‌های کم آبیاری (دستفال و همکاران، ۱۳۸۸)از جمله راهکارهای مورد توجه بخش کشاورزی برای مقابله با بحران کم آبی است.

در ایران به طور سنتی گندم بر روی سطح صاف کاشته شده و آبیاری به صورت غرقابی با کارایی مصرف آب پایین انجام می‌شود. مصرف زیاد بذر، کود، ناممکن بودن مبارزه مکانیکی با علفهای هرز و راندمان پایین آبیاری، از معایب کشت مسطح گندم است.

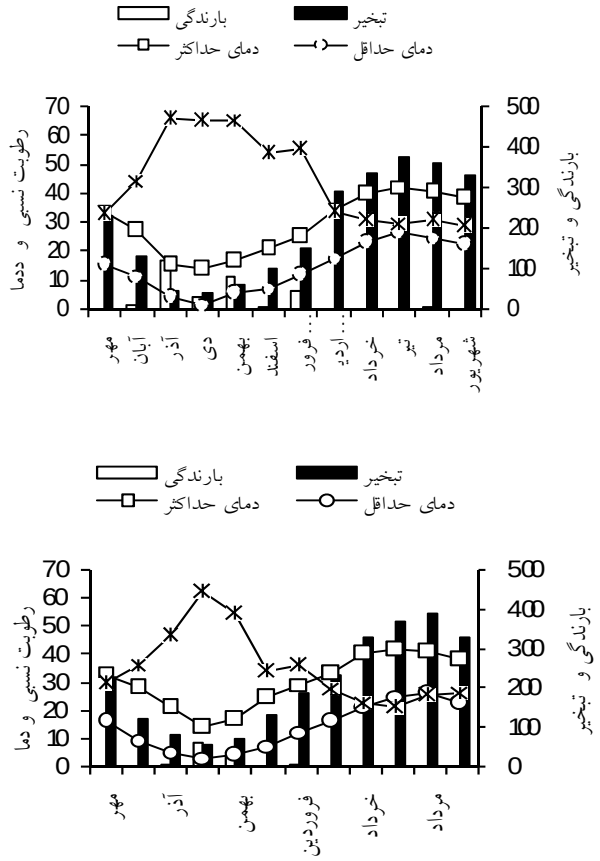
بیش از ۹۵ درصد از کشاورزان ایالت سونورای کشور مکزیک، بذور گندم را بر روی پشته‌هایی به عرض ۹۰-۷۰ سانتی‌مترو به تعداد ۲ یا ۳ خط به صورت ردیفی می‌کارند و آبیاری بوسیله شیارها انجام می‌شود (لیمون اورتگا و همکاران، ۲۰۰۰). افزایش چشم‌گیر کارایی استفاده از آب آبیاری و بهبود مدیریت نیتروژن از جمله مزایای این روش کاشت بوده‌است (لیمون اورتگا و همکاران، ۲۰۰۰ و سایری و مورینو راموس، ۱۹۹۷). تغییر روش کاشت گندم از مسطح به کاشت روی پشته (در تناوب با محصولات ردیفی) در مناطقی نظیر شرق آسیا، شمال آفریقا، جنوب آمریکا، اتیوپی، ترکیه و شمال مکزیک گسترش یافته است (گوورتس و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعه‌ای در چین، مقایسه‌ی کشت پشته‌ای گندم آبی (به تعداد ۳ خط روی پشته با فواصل ۱۵ سانتی متر) با روش مرسوم (کشت روی زمین مسطح با فواصل خطوط ۲۲ سانتی‌متر) مشخص شد که سیستم کشت پشته‌ای به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه و کاهش مصرف آب شد (فاهونگ و همکاران، ۲۰۰٤).

با توجه به وجود تنوع ژنتیکی در ارقام گندم از نظر کارایی استفاده از آب (دستفال و همکاران، ۱۳۸۸) و محدودیت مطالعات در زمینه واکنش ارقام گندم به روش‌های مختلف کاشت در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس، هدف اصلی این پژوهش ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان از نظر عملکرد و کارایی مصرف آب در روش‌های مختلف کاشت و شرایط کم آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم نان به روش‌های مختلف کاشت، تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه‌ی بختاجرد داراب (طول جغرافیایی؛ ٥٤° ١٧′ شرقی و عرض جغرافیایی؛ ٢٨° ٤٧′ شمالی و ارتفاع از سطح دریا؛ ۱۰۹۸ متر و نوع خاک؛ لومی) به مدت دو سال زراعی (۹۰-۱۳۸۹ و۹۱-۱۳۹۰) به صورت آزمایش کرت‌های دوبار خرد شده با سه تکرار اجرا شد. داده-های هواشناسی سال‌های آزمایش در شکل ۱ آمده‌است. رژیم آبیاری (آبیاری مطلوب تا پایان فصل و قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی رقم شاهد منطقه) به عنوان عامل اصلی، روش کاشت (کاشت بر بستر صاف و کاشت بر روی پشته) به عنوان عامل فرعی و ژنوتیپ (ارقام شیرودی (شاهد منطقه)، چمران۲، افلاک و لاین S-۸۲-۱۰ (Pedigree: Kayson/gnaro.81//tevee-1)) به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شد. هر سه رقم دارای ویژگی زودرسی بودند.

شخم اولیه، دیسک و تسطیح زمین قبل از شروع آزمایش به صورت یکنواخت انجام شد. در روش کاشت روی پشته، پشته‌ها بوسیله یک دستگاه خط زن تهیه شدند به نحوی که فاصله ته فارو تا ته فارو بعدی ۷۰ سانتی‌متر بود. کاشت به صورت سه ردیف بر روی هر پشته به فاصله ۱۵ سانتی‌متر انجام شد. در روش کاشت بر بستر صاف، بستر بذر به صورت کاملا یکنواخت آماده شد و بذرها در ردیف‌هایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند. اندازه هر کرت (در بر دارنده عامل فرعی فرعی) ٦ × ۲/۵ متر مربع بود. میزان بذر در هر دو روش کاشت، بر مبنای ۲۵۰ بوته در متر مربع بود که با دست در عمق ۳ سانتی‌متری در ۱۵ آذر سال اول و ۲۲ آذر سال دوم کاشته شد. عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و به صورت کود سوپرفسفات تریپل ٤٦ درصد اکسید فسفر (۱۱۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات پتاسیم ۵۰ درصد اکسید پتاس (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و کود اوره ٤٦ درصد نیتروژن (٤۰۰ کیلوگرم در هکتار) بکار برده شد. کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و کود اوره در سه مرحله: قبل از کاشت، به صورت سرک در زمان پنجه زنی (شروع تولید پنجه‌ها) و قبل از گلدهی (زمان ظهور سنبله‌ها) و در هر سه مرحله به مقدار مساوی مصرف شد. علف‌های هرز با دست کنترل شدند. مزرعه در هر دو سال مورد هجوم آفات قرار نگرفت.



شکل ۱- مقدار بارندگی (میلی‌متر)، تبخیر از تشتک (میلی‌متر)، حداقل و حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) و مقدار رطوبت نسبی (درصد) در سال ۹۰-۱۳۸۹ (نمودار بالا) و سال ۹۱-۱۳۹۰ (نمودار پایین) آزمایش

آبیاری بر اساس اختلاف بین درصد حجمی رطوبت در حالت ظرفیت مزرعه‌ای و درصد حجمی رطوبت خاک قبل از هر آبیاری بود. عمق آبیاری در هر نوبت با استفاده از رابطه زیر به نحوی محاسبه شد که رطوبت خاک در منطقه رشد ریشه در آبیاری مطلوب به حد ظرفیت مزرعه (FC) برسد.

$$dn = (\sum (FC_i - \Theta_i) \div 100) \times \Delta Z$$

dn: عمق آب آبیاری برحسب سانتی‌متر، FC_i: درصد حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه، Θ_i: درصد رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در لایه iام، ΔZ: ضخامت لایه خاک بر حسب سانتی متر، n: تعداد لایه‌ها تا عمق ریشه می‌باشد. مقدار آب توسط کنتور حجمی کنترل شد. ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار آب مصرفی تفاوتی نداشتند. مقدار آب مصرفی تیمار آبیاری مطلوب در روش کشت بر بستر صاف و روش کشت پشته‌ای به ترتیب ۴۸۱/۸ و ۴۳۳/۷ میلی‌متر (در سال اول آزمایش) و ۴۰۴/۶ و ۳۶۳/۶ میلی‌متر (در سال دوم آزمایش) بود. همچنین، مقدار آب مصرفی تیمار تنش خشکی در روش کشت روی بستر صاف و در شرایط کشت پشته ای به ترتیب ۳۵۲/۸ و ۳۳۲/۷ میلی‌متر (در سال اول آزمایش) و۳۲۱/۲ و ۳۰۱ میلی‌متر (در سال دوم آزمایش) بود. پس از محاسبه‌ی آب مصرفی ، کارایی مصرف آب برای هر تیمار از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}}$$

در طول فصل رشد جهت شمارش تعداد پنجه در متر مربع در مرحله‌های: چهار برگی (ZGS14)، شروع رشد ساقه (ZGS30) و اواسط ساقه دهی (ZGS35)، سطحی به اندازه ی ۰/۲ متر مربع از قسمت مرکزی هر پلات به صورت تصادفی در نظر گفته شد. پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نیز، سطحی با ویژگی‌های مشابه جهت

اندازه‌گیری اجزاء عملکرد دانه (تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله بارور و نابارور در متر مربع، میانگین وزن هردانه) برداشت شد. همچنین در این مرحله، پس از حذف حاشیه‌ها (۷۰ سانتی‌متر از اطراف همه کرت‌ها) مابقی کرت جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده کف بر شد و شاخص برداشت از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{عملکرد توده زیست (کیلوگرم در هکتار)}}$$

داده‌های سال اول و دوم آزمایش بوسیله‌ی نرم افزار SAS (Ver. 9) مورد تجزیه مرکب قرار گرفتند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با هم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش (جدول ۱) نشان داد که اثر سال فقط بر صفات تعداد پنجه نابارور و عملکرد زیست توده - معنی‌دار بود. مقدار بارندگی در سال اول (۲۷٦/٤ میلی‌متر) بیشتر از سال دوم (۹۳/۷ میلی‌متر) بود وکاشت سال اول یک هفته زودتر از سال دوم انجام شد. بنابراین، معنی‌دار شدن اثر سال در این صفات را می‌توان به تفاوت شرایط آب و هوایی (شکل ۱) و تفاوت طول فصل رشد نسبت داد.

پنجه‌زنی

اگر چه تعداد پنجه‌ها در مراحل پیش از گلدهی به طور معنی‌دار تحت تاثیر روش کاشت قرار نگرفت. اما، تعداد آنها در متر مربع در مراحل چهار برگی و شروع رشد ساقه در روش کاشت بر بستر صاف به طور جزئی بیشتر از روش کاشت روی پشته بود (داده‌ها نشان داده نشده است). همچنین، تعداد پنجه‌ی نابارور در متر مربع در انتهای فصل رشد، در روش کاشت بر بستر صاف (۷۳ عدد) به طور معنی‌داری بیشتر از روش کاشت پشته‌ای (٦۰ عدد) بود (جدول ۲).

بررسی اثر برهمکنش ژنوتیپ × رژیم آبیاری بر تعداد پنجه نابارور در متر مربع (جدول ۳) در انتهای فصل رشد نشان داد که تعداد پنجه نابارور در مترمربع در شرایط تنش خشکی برای همه‌ی ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط مطلوب رطوبتی بود (جدول ۳). احتمالا دلیل آن مرگ و میر پنجه‌های دوم، سوم و ... و یا عقیم ماندن گلچه‌ها به علت تنش خشکی پس از گلدهی است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۱). به طور کلی، تعداد سنبله در متر مربع تا زمان گلدهی تعیین می‌گردد و تنش خشکی بعد از آن تنها می‌تواند بر باروری سنبله‌های پنجه‌هایی که نسبتا دیرتر به گل می‌روند، تاثیر گذاشته و باعث افزایش تعداد سنبله‌ی نابارور در واحد سطح گردد. ژنوتیپ چمران۲ کمترین تعداد پنجه‌ی نابارور در شرایط آبیاری مطلوب (۲۳ عدد) را به خود اختصاص داد. همچنین، این رقم در شرایط تنش خشکی نیز کمترین (٦۸ عدد) تعداد پنجه‌ی نابارور را داشت. این در حالی بود که بیشترین تعداد پنجه نابارور در شرایط مطلوب و تنش خشکی (به ترتیب ۵۲ و ۱۱۸ عدد) در رقم افلاک بدست آمد (جدول ۳).

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته در شرایط کاشت روی پشته (۸۹/۸ سانتی‌متر) به طور معنی‌داری کمتر از حالت کاشت بر بستر صاف (۹۳/۱ سانتی‌متر) بود (جدول ۲). فاهونگ و همکاران (۲۰۰٤) کاهش ارتفاع اولین و دومین میانگره ارقام گندم و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته در مرحله‌ی رسیدگی و در نهایت کاهش میزان خوابیدگی و خسارت ناشی از آن را در شرایط کاشت روی پشته گزارش کردند. تغییر رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت. زیرا، تنش خشکی بعد از مرحله‌ی گلدهی و زمانی که گیاهان به حداکثر ارتفاع خود رسیده بودند، اعمال شد. ژنوتیپ‌های چمران۲و شیرودی به ترتیب بیشترین (۹۵/۷ سانتی‌متر) و کمترین (۸۸/۸ سانتی‌متر) ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

جدول۱- میانگین مربعات صفات و سطح معنی‌داری درتجزیه مرکب دو سال آزمایش

منابع تغییر	df	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هردانه (میلی گرم)	تعداد دانه در سنبله	تعداد پنجه بارور در متر مربع	تعداد پنجه نابارور در متر مربع	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	ارتفاع بوته (سانتی متر)
سال	۱	۱٤٤۸۷۹٤۲	۱۲/۸۳	۳٦۰/۳۸	۳۳۳۰۱/٥	۳۰۳۷/٥**	۸۲۱۹۷۳٦۰**	۲۷/۸۳	۰/۰۸۱	۳٤/٦۸
تکرار (سال)	٤	۳۰٦٥۲٤۲/۳	۳٦/۰٤	۳۱۹/۷٤	۲۱٥۱۸/۲	۷۸/۳	٤٥٥۳۸۸	۱۲۳/۹۳	۰/۲۱۹	۹/٦۷
رژیم آبیاری	۱	۱۲۸٥۹۳٦۲۲**	۱۰۳۹/٥۱**	۱۹۹۲/۹۰**	۳۹٦۹۰/۷	٦۷۰۹۸/٤**	۳۷۷۲٤۹۹۲۷**	۱۷۲٤/٥۸**	۳/۲۳٤**	۳۹/٦٦
سال × رژیم آبیاری	۱	۱۳٤۰۹٥٥	۲۱/۹٥**	۳/٦۰	۸۸۱٦/۷	۱۱۷٤۸/٤**	٤٥٥٦٦۳۸	۰/۸٦	۰/۰۱۸	۰/۰۳
اشتباه اول (Ea)	٤	۱۹۹٤٤٤	۰/۷٦	۱۲/۷۲	۹۲۳۰/۹	۳/۹	۳٥۹۹۹٤۲	۳/۸٦	۰/۰۱۸	۳٤/۷۱
روش کاشت	۱	۸۱٥۸٥۰۲**	۱۲۷/٦٥**	٦۹/۳٦	۱٤۱۰/۷	٤۲۹۳/٤**	٤۷٥٦۰۸۳٤**	۱۹/٥۲*	۱/٤۸**	۲٦۱/۰۳**
سال × روش کاشت	۱	۱۲۳۳	۱/۲۸	۲/۱٦	۲۹٤/۰	۱۳٥/٤	۱۷۱٤٥۱	٥/۱۸	۰/۰۰۳	۱٥٤/۲۸**
رژیم آبیاری × روش کاشت	۱	۳۹۹۳٥	۱۷/٦۰	۰/۰۳	۱٤۰/۲	٦/۰	۲٤۰۹۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲۱	۱/۷۹
سال × رژیم آبیاری × روش کاشت	۱	۲٤٤٤۸	۳/۷۲	۰/۳۰	۳۰۸/۲	۱۳/٥	۲۱۲۷۲۳	۰/۰٦	۰/۰۰۳	۱٤/۳٤
اشتباه دوم (Eb)	۸	٤۲۸۹٥۷	۳/٦۳	۳۳/٦۹	۲۹٤۷/۱	۲٦۳/۹	۲۷٥٤۰٦۸	۲/۰٥	۰/۰۲٥	۱۱/۹٦
ژنوتیپ	۳	۲۷۷۳۸۲۳**	۸/٤۰**	٦۱/٥٤**	۲٤٤۳/۰	۸۹٦۰/۸**	۲۱۱۹۹۹۹	۱۸٦/۳۸**	۰/۱۹٦**	۲۱۳/٤٥**
سال × ژنوتیپ	۳	۲۱٥٤۱	۰/۹٥	۱/٤۷	۸۱٥/۱	٤٥٦۳/۳**	۱٤۹۱۲۷	۲/٤۱	۰/۰۰۲	٤۰/٦۰
رژیم آبیاری × ژنوتیپ	۳	۲٥٥۳۸٦٥**	۱۲/٥٤**	٥۹/۲٥**	۳۷۸/۷	۱۰٥٥/۱**	٥۱۸٦۹۷٤*	٦۰/۷۰**	۰/۱۷۹**	۷/۰۸
سال × رژیم آبیاری × ژنوتیپ	۳	۸۱۰٤	۰/۱۳	۰/۲۱	۳٦۷/۰	٤۸۱/۱**	۸۲٦۹۰	۰/۱۲	۰/۰۰۱	۳/۰۷
روش کاشت × ژنوتیپ	۳	۳٦۱٦٤	۱/۳٥	٥/٥۹	۸۰۹/۰	۱۳۱/٦	۲۹٤۳۳۷	۳/۹۱	۰/۰۰٥	۳/٥۹
سال × روش کاشت × ژنوتیپ	۳	۱۰۳٤۲	۱/۰۳	۱/۳۰	۲٤۹/۰	۱۱۰/٦	۳۳۱۳۸۱	۱/۳۳	۰/۰۰۱	٤/۷۸
رژیم آبیاری × روش کاشت × ژنوتیپ	۳	۳٦۹۷٥	۲/٥۱	۳/٥۹	۳٥۹/۳	۷۸/۳	۳۸۰۷۱۱	۱/٥۸	۰/۰۰٤	٦/۲۲
سال × رژیم آبیاری × روش کاشت × ژنوتیپ	۳	۲۱٦٥٥	۰/۰۹	۰/۸٤	۲۲۷/۹	۸۷/۸	٥۲۸۲۰	۰/۸۹	۰/۰۰۱	٥/۸٦
اشتباه سوم (Ec)	٤۸	۱۷۳۲۰۷/۹	۱/۱٦	۱۰/۳٦	۱٤٤۱/۲۳	۹۸/۱۷	۱٦۸۷۳۲٤	٤/۷۲۲	۰/۰۱۱۲	۱۷/۲۷۰

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥٪ و ۱٪

جدول۲– اثر سال، رژیم آبیاری، روش کاشت و ژنوتیپ بر میانگین عملکرد دانه،اجزای عملکرد دانه، تعداد پنجه نابارور، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت، کارایی استفاده از آب و ارتفاع بوته در سالهای اول و دوم آزمایش

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هردانه (میلی-گرم)	تعداد دانه در سنبله	تعداد پنجه بارور در متر مربع	تعداد پنجه نابارور در متر مربع	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)
سال									
اول	٤٢٨٦a	٣٠/٠a	٣٣/٣a	٤٣٧a	٧٢a	١١٧٢٠a	٣٥/٧a	١/٠٥a	٩٢/٠a
دوم	٣٥٠٩ a	٢٩/٢a	٢٩/٥a	٤٠٠a	٦١b	٩٨٦٩b	٣٤/٧a	٠/٩٩a	٩٠/٨a
رژیم آبیاری									
آبیاری مطلوب	٥٠٥٥a	٣٢/٩a	٣٦/٠a	٤٣٩a	٤٠b	١٢٧٨٠a	٣٩/٠a	١/٢١a	٩١/٠a
تنش خشکی پس ازگلدهی	٢٧٤٠b	٢٦/٣b	٢٦/٨b	٣٩٨a	٩٣a	٨٨١٢b	٣١/٠b	٠/٨٤b	٩٢/١a
درصد تغییر درتنش خشکی نسبت به آبیاری مطلوب	-٤٥/٨	-٢٠/١	-٢٥/٦	-٩/٣	+١٣٢/٥	-٣١/١	-٢٠/٥	-٣٠/٦	+١/٢
روش کاشت									
کاشت روی سطح صاف	٣٦٠٦b	٢٨/٤b	٣٠/٦a	٤١٥a	٧٣a	١٠٠٩١b	٣٤/٨b	٠/٩٠b	٩٣/١a
کاشت روی پشته	٤١٨٩a	٣٠/٧a	٣٢/٣a	٤٢٢a	٦٠b	١١٤٩٩a	٣٥/٧a	١/١٥a	٨٩/٨b
درصد تغییر در روش پشته‌ای نسبت به صاف	+١٦/٢	+٨/١	+٥/٦	+١/٧	-١٧/٨	+١٤/٠	+٢/٦	+٢٧/٨	-٣/٥
ژنوتیپ									
شیرودی	٤١٨٤a	٣٠/٢a	٣٣/٠a	٤٢٥a	٨١a	١١٠١٥a	٣٧/٤a	١/١١a	٨٨/٨c
چمران ۲	٣٤١٥c	٢٨/٨c	٢٩/٢b	٤٠٦a	٤٥c	١٠٦٤٨a	٣١/٣c	٠/٩٠c	٩٥/٧a
S-٨٢-١٠	٣٩١٥b	٢٩/٨ab	٣٢/٠a	٤١٥a	٥٤b	١٠٤٤٨a	٣٧/٠a	١/٠٤b	٩١/٥b
افلاک	٤٠٧٤ab	٢٩/٥b	٣١/٤a	٤٢٨a	٨٥a	١١٠٦٨a	٣٥/٢b	١/٠٦ab	٨٩/٩bc

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪ می‌باشند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

جدول ۳- اثر برهمکنش رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد پنجه نابارور در متر مربع

	ژنوتیپ گندم				
	شیرودی	چمران ۲	S -۸۲-۱۰	افلاک	
آبیاری مطلوب	۵۰ c	۲۳ e	۳۵ d	۵۲ c	٤۰
کم آبیاری	۱۱۲ a	٦۸ b	۷٤ b	۱۱۸ a	۹۳
میانگین	۸۱	٤۵	۵٤	۸۵	

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (آزمون چند دامنه ای دانکن)

عملکرد و اجزای عملکرد

میانگین وزن دانه در روش کاشت بر روی پشته (۳۰/۷ میلی‌گرم) به طور معنی‌داری بیشتر از روش کاشت بر بستر صاف (۲۸/٤ میلی‌گرم) بود (جدول ۲). تعداد دانه در سنبله در روش کاشت پشته‌ای تفاوت معنی‌داری با تعداد دانه در سنبله در روش کاشت بر بستر صاف نداشت. همچنین، تعداد پنجه بارور نیز در دو روش کاشت تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۲). کاشت روی پشته عملکرد دانه را نسبت به کاشت روی سطح صاف به طور معنی‌داری افزایش (۱٦/۲درصد) داد (جدول ۲). این افزایش به دلیل افزایش وزن دانه (۸/۱ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۵/٦ درصد) و تعداد پنجه‌های بارور در متر مربع (۱/۷ درصد) در شرایط کاشت پشته‌ای نسبت به کاشت بر بستر صاف بود.

افزایش عملکرد دانه در روش کاشت پشته‌ای نسبت کاشت بر بستر صاف را سایر پژوهشگران (سایری و مورینو راموس، ۱۹۹۷؛ فاهونگ و همکاران،۲۰۰٤) نیز گزارش کرده‌اند. فاهونگ و همکاران (۲۰۰٤) دلایل متعددی را برای افزایش عملکرد دانه در روش کاشت پشته‌ای نسبت به روش کاشت بر بستر صاف مطرح کردند: اول، ذخیره‌ی بیشتر آب (تقریبا ۳۰ درصد) در روش کاشت پشته‌ای نسبت به روش کاشت بر بستر صاف. دوم، حذف سله از سطح خاک و بهبود زیاد وضعیت فیزیکی خاک. سوم، افزایش ۱۰ درصدی کارایی استفاده از نیتروژن به دلیل امکان کود دهی مناسبتر در روش کاشت پشته-ای. چهارم، تغییر میکروکلیمای درون مزرعه در روش کاشت پشته‌ای نسبت به کاشت بر بستر صاف به دلیل قرارگیری گیاهان بر روی ردیف و در نتیجه کاهش خوابیدگی و کاهش وقوع بیماری‌ها. آنها نتیجه‌گیری کردند که این مزیت‌ها و یا برهمکنش آنها در روش کاشت پشته‌ای، عملکرد دانه را به میزان بیش از ۱۰ درصد در مقایسه با روش کاشت بر بستر صاف بهبود داد.

وزن هزار دانه به طور معنی‌دار تحت تاثیر برهمکنش ژنوتیپ و کم آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). قطع آبیاری پس از مرحله‌ی گلدهی (کم آبیاری) سبب کاهش میانگین وزن دانه در همه‌ی ژنوتیپ‌ها شد (جدول ٤). اما، این کاهش در همه‌ی ژنوتیپ‌ها یکسان نبود. در شرایط مطلوب رطوبتی رقم افلاک دارای بیشترین وزن دانه (۳۳/۷ میلی‌گرم) بود. اما، در شرایط تنش خشکی پس از گلدهی بیشترین وزن دانه در ژنوتیپ شیرودی (۲۷/٤ میلی‌گرم) حاصل شد. با وجود اینکه رقم افلاک بیشترین وزن دانه را در شرایط مطلوب رطوبتی داشت، اما بیشترین درصد کاهش (۲٤/۹) بواسطه‌ی تنش خشکی را نشان داد. درمقابل لاین۱۰-۸۲-S و در مرتبه بعد رقم شیرودی کمترین درصد کاهش وزن دانه را نشان دادند (به ترتیب ۱٦ و ۱۷ درصد). بنابراین، رقم شیرودی و لاین ۱۰-۸۲-S از نظر وزن دانه که صفت بسیار تاثیرگذاری بر عملکرد دانه در مناطق خشک است، پایداری بیشتری در مقابل شرایط نامساعد نشان دادند.

جدول ٤- اثر برهمکنش رژیم آبیاری × ژنوتیپ بر میانگین وزن دانه

	ژنوتیپ گندم				
تیمار	شیرودی	چمران ۲	S -۸۲-۱۰	افلاک	میانگین
آبیاری مطلوب	۳۳/۰ ab	۳۲/۳ b	۳۲/۵ b	۳۳/۷ a	۳۲/۹
کم آبیاری	۲۷/٤ c	۲۵/۳ d	۲۷/۲ c	۲۵/۳ d	۲٦/۳
میانگین	۳۰/۲	۲۸/۸	۲۹/۸	۲۹/۵	

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

پژوهشگران زیادی کم شدن وزن دانه به واسطه‌ی تنش خشکی را گزارش نموده‌اند (بویر؛ ۱۹۹۶؛ رویو و همکاران، ۲۰۰۰). امام و نیک نژاد (۱۳۸۳) اظهار داشتند که تنش خشکی از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه، به ویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، پیری برگ را تسریع و دوره پر شدن دانه را کاهش داده و بنابراین، وزن دانه کاهش می‌یابد. همچنین، سیانی و وست‌گیت (۲۰۰۰) گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی باعث کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه شده و در نهایت از این طریق نیز باعث کاهش وزن دانه می‌شود.

در مطالعه‌ی حاضر، میانگین وزن دانه در بین سایر اجزای عملکرد بیشترین تاثیر را از تنش خشکی پذیرفت. همچنین، البریزیو و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که تنش رطوبتی وزن دانه را بیشتر از تعداد دانه در متر مربع تحت تاثیر قرار داد. در شرایط تنش خشکی ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و میانگین وزن دانه ($r = ۰/۷۴۲^{**}$) بیشتر از همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله ($r =۰/۵۸۷^{**}$) و تعداد پنجه بارور در واحد سطح ($r = ۰/۰۵۹^{ns}$) بود (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، اساسا تحت تاثیر کاهش وزن دانه است. این نتیجه‌گیری منطقی به نظر می‌رسد زیرا، اثرات تنش خشکی انتهایی بیشتر در مراحل پیشرفته‌ی رشد و نمو گیاه نمایان می‌شود و بنابراین پنجه‌های ثانویه و ثالثیه را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. در چنین شرایطی این پنجه‌ها ممکن است به مرحله باروری نرسند و یا اینکه اگر بارور هم شوند به دلیل اختلال در فرایندهای فتوسنتزی، وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. بعلاوه، تعداد سلولهای آندوسپرم که از عوامل مهم در شکل‌گیری وزن دانه است، بوسیله ی فراهمی مواد پرورده در مراحل اولیه‌ی نمو دانه تعیین می‌شود (سیانی و وست‌گیت، ۲۰۰۰). تنش خشکی پس از گلدهی ممکن است انتقال مجدد مواد پرورده را محدود کرده و مانع رسیدن دانه به اندازه‌ی پتانسیل خود شود (ولتاس و همکاران، ۱۹۹۷). البته کوتاه شدن طول دوره انتقال در شرایط تنش خشکی (ولتاس و همکاران، ۱۹۹۸) را باید به موارد بالا افزود.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و سایر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری در رژیم‌های مختلف آبیاری

عملکرد دانه در شرایط	میانگین وزن دانه	تعداد دانه در سنبله	پنجه بارور	عملکرد زیست توده	شاخص برداشت
مطلوب رطوبتی	۰/۲۷۵^{ns}	۰/۵۲۶**	۰/۵۹۹**	۰/۵۳۹**	۰/۴۹۱**
کم آبیاری	۰/۷۴۲**	۰/۵۸۷**	۰/۰۵۹ ^{ns}	۰/۵۰۰**	۰/۶۳۶**

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ وns: غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵.

ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری در تعداد دانه در سنبله نشان دادند (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۳ عدد) در رقم شیرودی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با لاین۱۰-S۸۲ و رقم افلاک نداشت. و کمترین تعداد دانه در سنبله (۲۹/۲ عدد) مربوط به رقم چمران۲ بود. تعداد دانه در سنبله در شرایط کم آبیاری انتهایی (۲۶/۸ عدد) نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی (۳۶ عدد) به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). کاهش تعداد دانه در سنبله بواسطه‌ی تنش خشکی با یافته‌های سایر محققین (دستفال و همکاران، ۱۳۸۸؛ دستفال و همکاران، ۱۳۹۰؛ احمدی لاهیجانی و امام، ۱۳۹۲) مطابقت دارد. کمبود آب در مرحله‌ی گل شکفتگی که از حساسترین مراحل زندگی گندم به تنش خشکی است، باعث سقط تخمک‌های تلقیح شده می‌شود و در نهایت کاهش تعداد دانه در سنبله را به دنبال خواهد داشت. همچنین، وقوع تنش خشکی در مرحله‌ی گرده افشانی، عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها را باعث خواهد شد که این اختلالات ممکن است تعداد دانه در سنبله را کاهش دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۱). بعلاوه، همانطور که در بحث مربوط به اثر تنش آب بر وزن دانه ذکر شد، تنش خشکی در مرحله‌ی پر شدن دانه، وزن دانه‌ها را به قدری کاهش می‌دهد که در مراحل بوجاری آنها به عنوان بذر به حساب نمی‌آیند و نهایتا تعداد دانه‌ی پر شده کاهش نشان می‌دهد.

مطالعه‌ی حاضر نشان داد که کم آبیاری تعداد پنجه‌های بارور در متر مربع را نسبت به شرایط مطلوب کاهش (۹/۳ درصد) داد (جدول ۲). اما، این کاهش معنی‌دار نبود. همچنین، سایر پژوهشگران نیز گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله‌ی پر شدن دانه از طریق کاهش سنبله‌های بارور موجب کاهش محصول می‌گردد (استرلینگ و ناس، ۱۹۸۱؛ امام، ۱۳۸۶). بیشترین تعداد پنجه‌ی بارور در رقم افلاک (۴۲۸ عدد) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام نداشت.

اثر برهمکنش ژنوتیپ × رژیم آبیاری بر عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه‌ی همه‌ی ارقام مورد آزمایش به طور معنی-داری در شرایط کم آبیاری نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی کاهش یافتند (جدول ٦). کاهش معنی‌دار و شدید عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط تنش خشکی پس از گلدهی در مناطق جنوبی ایران که همراه با تنش گرما نیز می باشد را سایر پژوهشگران (دستفال و همکاران، ۱۳۸۸؛ دستفال و همکاران، ۱۳۹۰؛ احمدی لاهیجانی و امام، ۱۳۹۲) نیز گزارش کرده‌اند. در شرایط رژیم آبیاری مطلوب بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم افلاک (۵۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه حاصل ژنوتیپ چمران۲ (٤٤٥٩ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ٦). در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی، رقم شیرودی بیشترین عملکرد دانه (۳۱٤۸ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد و کمترین عملکرد دانه از رقم چمران۲ (۲۳۷۱ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ٦). با توجه به احتمال کمبود آب در مراحل پس از گلدهی در مناطق جنوبی ایران، ارقامی مناسب این مناطق هستند که دارای ثبات بیشتری در عملکرد دانه در شرایط مختلف رطوبتی باشند. بنابراین، اگرچه رقم افلاک دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط مطلوب رطوبتی است، اما به دلیل افت شدید عملکرد دانه (٥٧/٤ درصد) در شرایط تنش خشکی پس از گلدهی مناسب برای مناطق جنوبی ایران نیست. در مقابل، رقم شیرودی که رتبه‌ی دوم در عملکرد دانه (٥٢٢٢ کیلوگرم در هکتار) بعد از رقم افلاک در شرایط مطلوب رطوبتی را داراست به دلیل کاهش کمتر عملکرد در شرایط خشکی (۳۹/۷ درصد) نسبت به شرایط مطلوب از ثبات بیشتر عملکرد در مناطق خشک برخوردار است و برای این مناطق کشور (هم در شرایط خشکی پس از گلدهی و هم مطلوب رطوبتی) توصیه می‌شود (جدول ٦).

جدول ٦- اثر برهمکنش رژیم آبیاری × ژنوتیپ بر عملکرد دانه

	ژنوتیپ گندم				
تیمار	شیرودی	چمران ۲	S -۸۲-۱۰	افلاک	میانگین
آبیاری مطلوب	٥٢٢٢ b	٤٤٥٩ d	٤٨٢٦ c	٥٧١٢ a	٥٠٥٥
کم آبیاری	۳۱٤۸ e	۲۳۷۱ f	۳۰۰٤ e	۲٤۳٦ f	۲۷٤۰
میانگین	٤١٨٤	۳٤١٥	۳۹۱٥	٤۰۷٤	

میانگین‌های دارای حروف مشابه ، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ٥ درصد ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

عملکرد زیست توده و شاخص برداشت

عملکرد زیست‌توده در شرایط کاشت بر روی پشته به طور معنی‌داری بیشتر (١٤ درصد) از شرایط کاشت بر بستر صاف بود (جدول ۲). همچنین، شاخص برداشت نیز در روش کاشت پشته‌ای به طور جزئی بیشتر (۲/٦ درصد) از روش کاشت بر بستر صاف بود (جدول ۲). نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت در شرایط کاشت بر بستر پشته‌ای در مقایسه با کاشت بر بستر صاف توسط فاهونگ و همکاران (۲۰۰٤) گزارش شده‌است. آنها نشان دادند که روش کاشت پشته‌ای باعث افزایش طول مدت سبز بودن پوشش گیاهی و بنابراین حفظ محتوای کلروفیل برای مدت طولانی‌تر و در نتیجه افزایش عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت می-شود. همچنین، آنها گزارش کردند که ضریب تبدیل تابش خورشیدی به عملکرد زیست توده در روش کاشت پشته‌ای تقریبا به میزان ۱۱ درصد بیشتر از روش کاشت بر بستر صاف است. بعلاوه، به نظر می‌رسد احتمال جریان بهتر هوا در بین ردیف‌های گیاهان در روش کاشت پشته‌ای بیشتر از روش کاشت بر بستر صاف است. بنابراین، ممکن است این امر باعث کاهش مقاومت لایه مرزی در اطراف اندام‌های سبز گیاه و افزایش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد زیست توده و شاخص برداشت شود.

اثر برهمکنش ژنوتیپ × رژیم آبیاری بر عملکرد زیست توده نشان داد که قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی سبب کاهش عملکرد زیست‌توده در همه ژنوتیپ‌ها گردید (جدول ۷). در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین عملکرد زیست توده از رقم افلاک بدست آمد. اما، بیشترین عملکرد زیست توده در شرایط تنش خشکی از رقم شیرودی حاصل شد(جدول ۷). کاهش بیشتر عملکرد زیست توده در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی در رقم افلاک (۳۹ درصد) نسبت به رقم شیرودی (۲۷ درصد) نشان دهنده‌ی مقاومت بیشتر رقم شیرودی به تنش خشکی پس از گلدهی است. در شرایط تنش خشکی، پیری زودرس اندام های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه (آستین و همکاران، ۱۹۸۰) باعث کاهش کل زیست توده تولیدی می‌گردد. احمدی لاهیجانی و امام (۱۳۹۲)

نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد زیست‌توده در اثر تنش خشکی گزارش کردند.

جدول ۷- اثر برهمکنش رژیم آبیاری × ژنوتیپ بر عملکرد زیست توده

تیمار	ژنوتیپ گندم				میانگین
	شیرودی	چمران ۲	S -۸۲-۱۰	افلاک	
آبیاری مطلوب	۱۲۷۱٦ ab	۱۲٤٤۷ b	۱۲۲۰۰ b	۱۳۷٤٥ a	۱۲۷۸۰
کم آبیاری	۹۳۱٤ c	۸۸٤۸ c	۸٦۹٦ c	۸۳۹۱ c	۸۸۱۲
میانگین	۱۱۰۱٥	۱۰٦٤۸	۱۰٤٤۸	۱۱۰٦۸	

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

جدول ۸- اثر برهمکنش رژیم آبیاری × ژنوتیپ بر شاخص برداشت

تیمار	ژنوتیپ گندم				میانگین
	شیرودی	چمران ۲	S -۸۲-۱۰	افلاک	
آبیاری مطلوب	٤۱/۰ ab	۳٥/۸ c	۳۹/٥ b	٤۱/٥ a	۳۹/۰
کم آبیاری	۳۳/۷ d	۲٦/۸ f	۳٤/٥ cd	۲۸/۹ e	۳۱/۰
میانگین	۳۷/٤	۳۱/۳	۳۷/۰	۳٥/۲	

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

تنش خشکی پس از گلدهی شاخص برداشت را در همه ژنوتیپ‌ها کاهش داد (جدول ۸). ژنوتیپ افلاک بیشترین شاخص برداشت (٤۱/٥ درصد) را در شرایط مطلوب رطوبتی بدست آورد. اما، در شرایط تنش خشکی، بیشترین شاخص برداشت در ژنوتیپ۱۰-۸۲-S (۳٤/٥ درصد) حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با شاخص برداشت رقم شیرودی (۳۳/۷ درصد) نداشت (جدول ۸). با وجود اینکه رقم افلاک بیشترین مقدار شاخص برداشت در شرایط مطلوب را داشت. اما، بیشترین درصد کاهش شاخص برداشت (۳۰/٤ درصد) در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی را به خود اختصاص داد. لاین ۱۰-۸۲-S با ۱۲/۷ درصد کاهش و بعد از آن رقم شیرودی با ۱۷/۸ درصد کاهش، کمترین درصد کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب را داشتند. بنابراین، رقم افلاک که بیشترین کاهش شاخص برداشت را به واسطه‌ی تنش خشکی داشت، بیشترین تاثیر پذیری را نسبت به عوامل نامساعد محیطی نشان داد.

عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابند. اما، عملکرد دانه برای میانگین ارقام مورد آزمایش با شدت بیشتری نسبت به عملکرد زیست‌توده کاهش می‌یابد (به ترتیب ٤٥/۸ و ۳۱/۱ درصد کاهش) و شاخص برداشت به این دلیل کاهش یافته‌است. کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی انتهایی به کاهش دسترسی به مواد پرورده جاری در مراحل پر شدن دانه نسبت داده شده است (امام و نیک نژاد، ۱۳۸۳). در پژوهش‌های مشابه نیز اعمال تنش خشکی پس از مرحله گلدهی گندم، کاهش معنی‌دار شاخص برداشت را به دنبال داشته‌است (ارکولی و همکاران، ۲۰۰۸). برخی از پژوهشگران (آستین، ۱۹۷۸) نشان داده‌اند که تنش خشکی همراه با درجه حرارت زیاد (در این آزمایش، میانگین درجه حرارت ماه‌های اردیبهشت و خرداد که پر شدن دانه در آنها رخ داد، در هر دو سال ۳۱/۱ درجه سانتیگراد بود) بر فتوسنتز گیاه و نهایتا شاخص برداشت اثر منفی شدیدی می‌گذارد.

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب در روش کاشت روی پشته (۱/۱٥ کیلوگرم بر متر مکعب) به طور معنی‌دار و به میزان ۲۷/۸ درصد بیشتر از روش کاشت بر بستر صاف (۰/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب) بود (جدول ۲). افزایش عملکرد دانه در شرایط کاشت پشته‌ای (جدول ۲) و کاهش مقدار مصرف آب در این روش (به قسمت مواد و روشها مراجعه شود)، افزایش کارایی مصرف آب را در مقایسه با روش کاشت بر بستر صاف باعث شد. سایر پژوهشگران (سایری و مورینو راموس، ۱۹۹۷؛ فاهونگ و همکاران،۲۰۰٤) نیز افزایش راندمان استفاده از آب در شرایط کاشت پشته‌ای را گزارش کرده‌اند.

اثر برهمکنش رژیم آبیاری × ژنوتیپ نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کارایی استفاده از آب در همه ژنوتیپ‌ها شد (جدول ۹). بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط مطلوب در رقم افلاک (۱/۳۷ کیلوگرم بر متر مکعب) بدست آمد، که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر ژنوتیپ‌ها بود. اما، این رقم به واسطه‌ی تنش خشکی بیشترین کاهش در کارایی استفاده از آب (٤٥/٣ درصد) را در مقایسه با سایر ارقام نشان داد. بیشترین کارایی استفاده از آب در شرایط تنش خشکی در رقم شیرودی (۰/۹۷کیلوگرم بر متر مکعب) بدست آمد (جدول ۹).

جدول ۹- اثر برهمکنش رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر کارایی استفاده از آب

	ژنوتیپ گندم				
تیمار	شیرودی	چمران ۲	S -۸۲-۱۰	افلاک	میانگین
آبیاری مطلوب	۱/۲۵ b	۱/۰٦ d	۱/۱۵ c	۱/۳۷ a	۱/۲۱
کم آبیاری	۰/۹۷ e	۰/۷۳ f	۰/۹۲ e	۰/۷۵ f	۰/۸٤
میانگین	۱/۱۱	۰/۹۰	۱/۰٤	۱/۰٦	

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند (آزمون چند دامنه ای دانکن)

مرحله‌ی پر شدن دانه یکی از مراحل حساس رشد و نمو غلات از جمله گندم می باشد و اعمال تنش متوسط در این مرحله می‌تواند کاهش شدیدی را در عملکرد گندم و به دنبال آن در کارایی استفاده از آب به همراه داشته باشد (امام و نیک نژاد، ۱۳۸۳). دستفال و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند که تنش خشکی شدید پس از گلدهی کاهش معنی‌داری در میزان کارایی استفاده از آب در ژنوتیپ‌های مختلف گندم در جنوب استان فارس ایجاد می‌کند. در یک شرایط اقلیمی ثابت، وجود تنوع درون گونه‌ها در کارایی استفاده از آب به اثبات رسیده است (کاندون و همکاران، ۲۰۰٤). بنابراین، بررسی ارقام مختلف گندم جهت دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر از نظر کارایی مصرف آب ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، روش کاشت پشته‌ای نسبت به روش کاشت بر بستر صاف از نظر کارایی مصرف آب و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۲۷/۸ و ١٦/٢ درصد برتری نشان داد. بنابراین، این روش کاشت برای کشاورزان گندم کار جنوب استان فارس توصیه می‌شود. قطع آبیاری پس از گلدهی سبب کاهش شدید در عملکرد دانه در همه‌ی ژنوتیپ‌ها شد. بنابراین، اعمال این نوع تنش در مرحله دانه‌بندی گندم در شرایط جنوب استان فارس توصیه نمی‌شود. اگر کشاورزان از دسترسی به آب در مراحل پس از گلدهی اطمینان داشته باشند، رقم افلاک با عملکرد ۵۷۱۲ کیلوگرم در هکتار قابل توصیه است. در مقابل، اگر چنین اطمینانی وجود نداشته باشد، رقم شیرودی با عملکرد دانه مناسب در شرایط مطلوب رطوبتی (۵۲۲۲ کیلوگرم در هکتار) و بالاترین عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری(۳۱٤۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر ارقام توصیه می‌شود.

منابع

امام، ی. ١٣٨٦. زراعت غلات. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز. ۱۹۰ صفحه.

امام، ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۸۳. مقدمه ای بر فیزیولوژی تولید گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز. ۵۷۱ صفحه.

دستفال، م.، و. براتی، ف. نوابیوح. حقیقت نیا. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی انتهایی بر عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲۵، شماره ۳: ٣٤٦-٣٣١.

صلح جو، ع. ا. ۱۳۸۱. گزارش دوره آموزش سیستم های کاشت بر روی پشته های بلند و عریض جهت تولید گندم آبی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۲۲ صفحه.

فرد، س.، ع. بخشندهو ا. نادری. ۱۳۷۹.ارزیابی عملکرد دانه، اجزای آن و برخی صفات زراعی ژنوتیپهای گندم در شرایط تنش خشکی در شرایط آب و هوایی خوزستان. چکیده مقالات ششمین کنگره‌ی زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه مازندران، بابلسر. ٦٧٦ صفحه.

دستفال، م.، و. براتی،ی. امام، ح. حقیقت نیا و م. رمضان پور. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲۷،شماره۲: ۲۱۷-۱۹۵.

دستفال، م.، و. براتی، ف. نوابی و ح. حقیقت نیا. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی انتهایی بر عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ های گندم نان در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲-۲۵، شماره۳: ۲۱۷-۱۹۵.

احمدی لاهیجانی، م. ج.، ی. امام. ۱۳۹۲. بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش خشکی انتهای فصل با استفاده از شاخص های فیزیولوژیک. مجله تولید و فرآوری گیاهان زراعی و باغی. جلد ۳ ، شماره ۹: ۱٦۷-۱٦۳.

Albrizio, R., M. Todorovic, T.Maticand A. M. Stellacci. 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. Field Crops Res. 115: 179–190.

Austin, R.B., C.L. Morgan, M.A. Ford and R. D. Blackwell. 1980. Contributions to grain yield from per-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting season. Ann. Botany. 45:309-319.

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

Condon, A. G., R.A. Richardsand G.D. Farquhar. 1992. The effect of variation in soil water availability, vapor pressure deficit and nitrogen nutrition on carbon isotope discrimination in wheat. Aust. J. Agri. Res. 43: 935-947.

Ercoli, L., L. Lulli,M. Mariotti,A. Masoni and I. Arduini. 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. Eur. J. Agron. 28:138–147.

Fahong, W., W.Xuqing andK. Sayre. 2004. Comparison of conventional, flood irrigation, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. Field Crop Res. 87:35-42.

Govaerts, B. R., K. Sayre and J.Deckers.2005. Stable high yield with zero tillage and permanent bed planting. Field Crop Res. 94:33-42.

Limon-Ortega, A., K. D. Sayre and C. A.Francis. 2000. Wheat nitrogen use efficiency in a bed-planting system in northwest Mexico. Agron. J. 92: 303-308.

Oweis, T. 1997. Supplemental Irrigation. A highly efficientwater use Practice. ICARDA Editions, 16 pp.

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 Physio. 27:1051-5059.

Sayre, K. D. and O. H. Moreno Ramos. 1997. Applications of raised-bed planting systems to wheat. CIMMYT- MEXICO. WPSR. No. 31.

Saini, H. S. and M. E. Westgate. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. Adv. in Agron. 68: 59–96.

Voltas, J., I. Romagosa andJ. L. Araus. 1997. Grain size and nitrogen accumulation in sink-reduced barley under Mediterranean conditions. Field Crops Res. 52: 117-126.

Voltas, J., I. Romagosa and J. L. Araus. 1998. Growth and final weight of central and lateral barley grains under Mediterranean conditions as influenced by sink strength. Crop Sci. 38: 84-89.

Wang, Z. M., A. L. Wei and D. M. Zheng. 2001. Photosynthetic characteristic of non-leaf organs of winter wheat cultivar differing in ear type and their relationship with grain mass per ear. Photosynthetica. 39: 239-244.

Response of various bread wheat genotypes to different planting method and terminal drought stress at southern Fars province

V. Barati[1], E. Bijanzadeh[2], A. Behpouri[1], Z. Zinati[1]

Received: 2016-9-22 Accepted: 2017-5-10

Abstract

Fars is the largest wheat producer province in Iran. In terms of planted area and output, wheat (*Triticum aestivum* L.) is the number one crop in Fars and currently almost all irrigated wheat is conventionally planted in narrow spaced rows or broadcasting on the flat and is irrigated by flood irrigation within bordered basins. In order to study the response of wheat genotypes to flat planting and bed planting under different irrigation regimes, experiments were conducted in Darab regionattwo consecutive growing seasons (2010-2011 and 2011-2012). The experimental design was split-split plot with three replications. The main factor was two irrigation regimes (normal irrigation and irrigation cut off after flowering stage). Sub plots were two planting methods (FP: flat planting, BP: bed planting). The sub-sub plots were four wheat genotypes (Shiroudi-local check, Chamran 2, Aflak and a promising line: S-82-10). Results indicated that, post anthesis drought stress significantly ($P \leq 0.05$) decreased grain yield and its components in all genotypes. Grain yield shows highest correlation with grain mass ($r = 0.742^{**}$) as compared with the other grain yield components under drought stress condition. This result indicated that, grain yield reduction was mainly affected by grain mass decrement under water stress conditions. The main reason of grain yield reduction in stress condition was reduction in grain number per spike and grain weight. The Aflak cultivar produced the highest grain yield (5712 kg ha^{-1}) in non-stress condition while the highest grain yield in drought stress (3148 kg ha^{-1}) condition was belonged to Shiroudi cultivar. The biological yield and harvest index were positively affected with bed planting by 14% and 3%, respectively. The bed planting method improved WUE (water use efficiency) and grain yield by more than 27% and 16%, respectively.

Key words: Grain yield, water use efficiency and irrigation regime.

1- Assistant Professor, Department of Agrotecnology, College of agriculture and Natural Research of Darab, Shiraz University, SAhiraz, Iran

2- Associated Professor, Department of Agrotecnology, College of agriculture and Natural Research of Darab, Shiraz University, SAhiraz, Iran