

## صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی دوره زایشی

احمد جعفر نژاد<sup>۱\*</sup>، حسین آقایی<sup>۲</sup> و گودرز نجفیان<sup>۳</sup>

(E-mail: ajafarnzhad@yahoo.com)

(تاریخ وصول: ۹۱/۰۳/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۴/۰۵)

### چکیده

به منظور تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل، ۱۶ ژنوتیپ گندم بهاره به صورت دو آزمایش جداگانه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ بررسی شدند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد اکثر صفات مورد بررسی شامل سطح و وزن ویژه برگ، پرچم، سرعت و طول دوره پرشدن دانه و همچنین اجزای عملکرد دانه شامل تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح آبیاری و ژنوتیپ قرار گرفتند. عملکرد دانه در آبیاری کامل و قطع آبیاری به ترتیب ۷۳۳۵ و ۵۴۹۳ کیلوگرم در هکتار بود که حدود ۲۵ درصد عملکرد در شرایط تنش کاهش یافت. دامنه کاهش عملکرد دانه از ۱۰ تا ۵۱ درصد متغیر بود و حاکی از عکس العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها به تنش بود. ژنوتیپ‌های برتر در شرایط قطع آبیاری از طریق افزایش وزن تک دانه و سرعت پرشدن دانه در شکل گیری و میزان عملکرد دانه نقش مؤثری داشتند و در شرایط آبیاری کامل، تعداد دانه در سنبله، طول دوره پرشدن دانه و تعداد سنبله در واحد سطح باعث بهبود عملکرد دانه شدند. ژنوتیپ‌های DN-11 و KAUZ/PASTOR در هر دو محیط از عملکرد بالا و رضایت بخش برخوردار بودند.

**واژگان کلیدی:** آبیاری محدود، برگ پرچم، دوره پرشدن دانه، محتوی نسبی آب.

۱. استادیار پژوهش ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور، نیشابور - ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)\*

۲. کارشناس پژوهش، ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور، نیشابور - ایران

۳. دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج - ایران

## مقدمه

خشکی اصلی‌ترین تنش است که تولید محصول را در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان کاهش می‌دهد. 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 است. در الگوی فصلی بارندگی مدیترانه‌ای از جمله بخش‌هایی از ایران، قسمت اعظم بارندگی در فصل زمستان اتفاق می‌افتد و محصولات زراعی معمولاً از زمان گل‌دهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با خشکی و کم‌آبی مواجه می‌شوند. بنابراین در مناطق خشک و نیمه‌خشک دستیابی به ارقامی از گندم که در شرایط محدودیت آب و کم‌آبیاری تحمل بیشتری داشته باشند و افت عملکرد کمتری داشته باشند بسیار مهم است (۷، ۱۴، ۲۰).

در کشت‌های آبی گندم به‌علت محدودیت در میزان آب در دسترس، مزارع با تنش کم‌آبی مواجه می‌شوند و ضروری به‌نظر می‌رسد که واکنش گندم به خشکی بیش از پیش بررسی شود. همچنین صفات و فرایندهای فیزیولوژیک مرتبط با مقاومت به خشکی و تغییرات آن‌ها بررسی شود. با شناسایی این صفات، می‌توان اصلاح ارقام را برای شرایط کم‌آبی با دید روشن‌تری دنبال کرد (۲۱). قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله و دوره رشد زایشی به‌دلیل کمبود آب و اختصاص آخرین نوبت‌های آبیاری گندم به محصولات بهاره روشی است که در اکثر مزارع گندم کشور از جمله مزارع استان خراسان رضوی انجام می‌شود که در نتیجه مزارع گندم با تنش خشکی آخر فصل مواجه می‌شوند (۲).

برای شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه در تحقیقات مربوط به به‌نژادی گندم پیشنهاد شده آزمایش‌ها و انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش آبی انجام شوند و ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش آبی عملکرد مناسبی دارند، در شرایط آبیاری کامل با کافی بودن آب برای آبیاری نیز پتانسیل بالای خود را بروز می‌دهند و عملکرد بالاتری خواهند داشت (۶ و ۲۱). عملکرد بالاتر در شرایط مطلوب رشدی ممکن است به عملکردی پذیرفتنی در شرایط تنش منجر شود (۱۰ و ۲۰). نتایج پژوهش‌های دیگر نشان داد ارقامی که در شرایط غیر تنش پتانسیل عملکرد بالایی داشتند، در شرایط تنش نیز از عملکرد بالایی برخوردار بودند (۱).

اثر کمبود آب بر عملکرد گندم در دوره بعد از گرده‌افشانی به شدت تنش و زمان بروز آن بستگی دارد و با خصوصیات ژنتیکی گیاه اثر متقابل دارد (۳). به‌طوری‌که تنش خشکی طی مرحله پرشدن دانه‌ها موجب کاهش تقسیم سلولی و کاهش طویل‌شدن سلول‌ها می‌شود. به‌علاوه تنش خشکی بین مرحله آغاز سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود که زمان تقسیم میتوزی سلول‌های مادر دانه گرده مرحله حساس است.

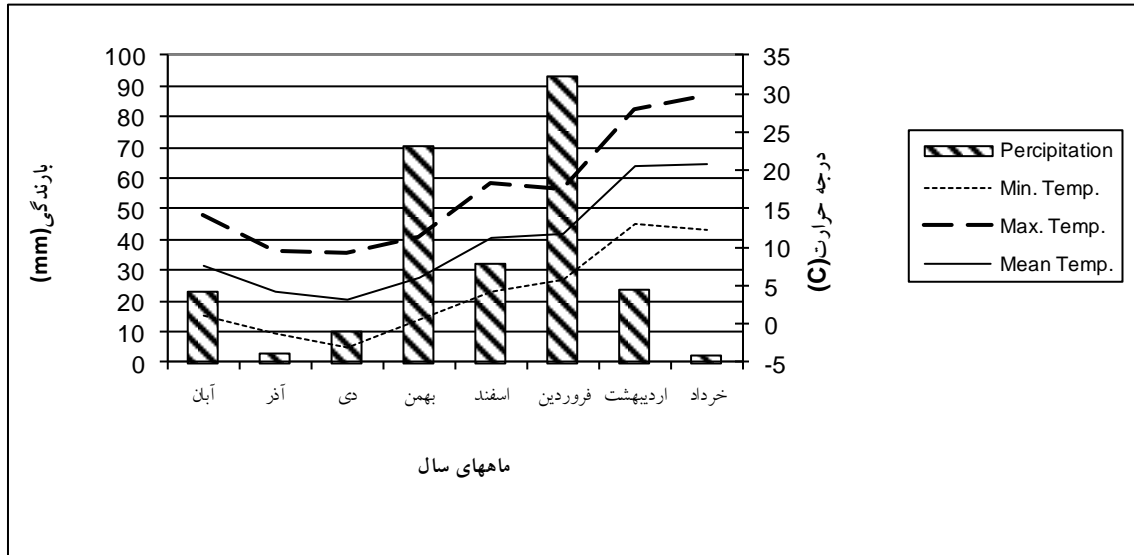
برخی صفات رویشی از جمله خصوصیات برگ پرچم نیز در تحمل به تنش خشکی مؤثر تشخیص داده شده است (۱۵). برگ پرچم ارقام جدید گندم سطح و دوام بیشتری دارد و به تولید مواد فتوسنتزی مورد نیاز گندم در شرایط تنش خشکی کمک زیادی می‌کند (۱۵). تنش خشکی باعث کاهش اندازه سلول‌های برگ و در نهایت کاهش سطح ویژه برگ (Specific Leaf Area=SLA) در گندم می‌شود (۱۲). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن مخصوص برگ (Specific Leaf Weight=SLW) پرچم و عملکرد گندم در شرایط تنش رطوبت مشاهده شده است (۱۹). برگ‌های ضخیم‌تر علاوه بر کاهش تعرق از میزان فتوسنتز بالایی برخوردارند. در اثر کاهش تعرق، میزان رطوبت نسبی برگ (Relative Water Content=RWC) افزایش و تأثیرات منفی تنش خشکی کاهش می‌یابد (۹ و ۱۸).

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور با مختصات عرض جغرافیایی ۱۴° و ۳۶° شمالی و طول جغرافیایی ۴۹° و ۵۸° ارتفاع ۱۲۵۰ متر از سطح دریای آزاد، طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. میانگین بارندگی سالانه نیشابور ۲۳۵ میلی‌متر است که توزیع سالیانه آن در فصل رشد گندم نامناسب است. حدود ۶۵ درصد از بارندگی‌های سالیانه در فاصله دی تا اواخر فروردین روی می‌دهد که با مراحل حساس رشد گندم انطباق مناسبی ندارد و گندم معمولاً در دوره زایشی با تنش خشکی و دمای بالا مواجه می‌شود. درجه حرارت و بارندگی سال اجرای آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است.

تیمارهای آزمایش ۱۶ ژنوتیپ گندم دارای تیپ بهاره بودند که به‌منظور بررسی عکس‌العمل آن‌ها به تنش خشکی آخر فصل و مقایسه با آبیاری کامل، در دو آزمایش جداگانه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شدند (جدول ۱). در آزمایش اول تا زمان ظهور سنبله (اوایل اردیبهشت) آبیاری به‌صورت نشتی و با استفاده از سیفون انجام شد و پس از آن تا آخر فصل هیچ‌گونه آبیاری انجام نشد. در آزمایش دوم آبیاری به‌طور کامل انجام شد؛ بدین ترتیب که از مرحله ظهور سنبله در مقایسه با آزمایش اول دو نوبت آبیاری بیشتر انجام شد. پس از آماده‌سازی مزرعه، پشته‌هایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر با دستگاه فاروئر ایجاد شد. مقدار کود مصرفی براساس نیاز گیاه و برپایه آزمون شیمیایی خاک بود. بدین ترتیب ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره، ۱۲۰ کیلوگرم فسفر از منبع کود دی‌فسفات آمونیوم، ۹۰ کیلوگرم پتاسیم از منبع کود سولفات پتاسیم و ۴۰ کیلوگرم سولفات

روی مصرف شد. ۱/۳ کود اوره همراه با تمام کود فسفات، پتاسیم و روی همزمان با کاشت و بقیه کود نیتروژن طی دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن به صورت سرک و به میزان مساوی مصرف شد. تراکم بذر ۴۰۰ دانه در مترمربع در نظر گرفته شد.



شکل ۱. مقدار بارندگی، حداقل، حداکثر و میانگین درجه حرارت ماهانه ایستگاه هواشناسی نیشابور طی دوره آزمایش (سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷)

جدول ۱. شجره و شماره ژنوتیپ‌های آزمایش

Genotypes	Pedigree
WS-86-1	WS-82-9
WS-86-2	DN-11
WS-86-3	EVWYT2/Azd//Rsh*2/10120/3/1-66-75//Rsh*2/10120
WS-86-4	CMH80-279/Pastor
WS-86-5	Shi#4414/Crow"S"//Azd
WS-86-6	Shi#4414/Crow"S"//Azd
WS-86-7	Pastor/Alvd
WS-86-8	SW89.5181/KAUZ
WS-86-9	VEE/PJN//KAUZ/3/PASTOR
WS-86-10	OTUS/TOBA97
WS-86-11	MUNIA/3/RUFF/FGO//YAV79/4/PASTOR
WS-86-12	PJN/BOW//OPATA*2/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA
WS-86-13	VORONA/CNO79//KAUZ/3/MILAN
WS-86-14	KAUZ/PASTOR
WS-86-15	SUNCO/2*PASTOR
WS-86-16	ATTILA/BABAX//PASTOR

در این راستا، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، پژوهشی با ۱۶ ژنوتیپ گندم که در شرایط قطع آبیاری انتخاب شده بودند، در دو محیط آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله انجام شد.

## نتایج و بحث

### محتوی نسبی آب برگ پرچم (RWC)

تجزیه ساده نشان داد تفاوت معنی داری بین RWC ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی وجود نداشت، اما در شرایط آبیاری کامل، تفاوت RWC ژنوتیپ‌ها در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). دامنه RWC ژنوتیپ‌ها در شرایط قطع آبیاری حدود ۵۷-۷۰ درصد بود و این محدوده در شرایط آبیاری کامل بین ۶۸ تا ۷۷ درصد قرار داشت (جدول ۴). برخی پژوهشگران اظهار داشتند بالا بودن RWC در شرایط کمبود آب نشان‌دهنده تحمل بیشتر به تنش خشکی است و می‌تواند به منزله شاخصی در انتخاب ارقام متحمل به تنش خشکی به کار گرفته شود (۳، ۷، ۱۶). در پژوهش حاضر، هرچند بین RWC برگ پرچم ژنوتیپ‌ها تفاوت وجود داشت، این تفاوت غیر معنی دار بود و دلایل احتمالی آن ممکن است به زمان اندازه‌گیری مربوط باشد که حدود ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی انجام شد. به علاوه ممکن است چون ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در شرایط تنش خشکی انتخاب شده‌اند، از سازوکارهای مشابهی در حفظ رطوبت برگ پرچم برخوردار باشند. یکی از سازوکارهای افزایش RWC تنظیم اسمزی است که در ارقام نخود، فستوک و گندم به اثبات رسیده است (۷، ۱۳، ۲۲). در این پژوهش نیز ممکن است ژنوتیپ‌های مورد بررسی از سازوکار تنظیم اسمزی برای حفظ RWC استفاده کرده باشند و در نتیجه دارای RWC مشابهی باشند. مقدار RWC برگ پرچم در شرایط تنش خشکی در برخی آزمایش‌ها حدود ۴۸ درصد (۳) و در آزمایش دیگری بین ۳۵ تا ۷۶ درصد (۷) متغیر بود. میانگین RWC برگ پرچم در این آزمایش ۶۴ درصد بود که نشان می‌دهد با وجود قطع آبیاری وضعیت رطوبتی برگ مناسب بوده است (جدول ۴).

در شرایط آبیاری کامل میانگین RWC برگ پرچم حدود ۷۲ درصد بود (جدول ۴) که حاکی از بهتر بودن وضعیت رطوبتی برگ از شرایط قطع آبیاری بود. ولی مقدار آن از مقادیر ارائه شده از سوی سایر پژوهشگران (۸۷ درصد در گندم (۳)، ۷۶ درصد در گندم (۷)، ۸۰ تا ۹۰ درصد در فستوک (۲۲) و ۹۰ درصد در نخود (۱۳)) کمتر بود. این تفاوت در نتایج ممکن است به دلیل شرایط متفاوت آزمایش، زمان اندازه‌گیری RWC یا سن گیاه باشد. برخی پژوهشگران (۱۳) بیان کردند با افزایش سن گیاه مقدار RWC برگ‌ها حتی در شرایط مناسب بودن رطوبت خاک

هر کرت فرعی شامل شش ردیف گندم (دو پشته ۶۰ سانتی متری) به فواصل ۲۰ سانتی متر و به طول شش متر بود، بدین ترتیب مساحت هر کرت  $۷/۲ \times (۶ \times ۱/۲)$  مترمربع بود. بیست روز پس از ظهور سنبله، از تمام کرت‌های دو آزمایش ۲۰ عدد برگ پرچم به صورت تصادفی انتخاب و از بوته جدا شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و میانگین سطح برگ پرچم با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (LI-COR 3100C) اندازه‌گیری شد.

سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد و سپس، با تقسیم سطح برگ به وزن خشک برگ، سطح ویژه برگ پرچم محاسبه شد. به علاوه، در مرحله ظهور سنبله، محتوی نسبی آب برگ پرچم (RWC) با استفاده از معادله مربوطه اندازه‌گیری شد (۷).

در زمان برداشت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه حذف شد و با احتساب فضای نمونه برداری، برداشت در سطح ۵/۷ مترمربع انجام شد. در زمان برداشت ۲۵ سانتی متر از هر یک از دو پشته (۰/۳ مترمربع) به صورت تصادفی برداشت شد و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. همچنین براساس نمونه‌های مذکور شاخص برداشت محاسبه شد. برای تعیین سرعت پرشدن دانه‌ها، تعداد ۱۰ سنبله از هر واحد آزمایشی در مرحله ظهور سنبله به صورت تصادفی انتخاب شد و دانه‌های ۱۶۰ سنبلیچه از سنبله‌ها جدا شدند و به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه قرار داده شدند. سپس وزن خشک با ترازوی دیجیتال دارای دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. نمونه‌گیری‌ها با فاصله هر ۱۰ روز و چهار نوبت انجام شد. برای محاسبه سرعت پرشدن دانه از شیب خط (b) رگرسیون خطی وزن خشک دانه در مقابل درجه روزهای رشد استفاده شد (۵). طول دوره پرشدن دانه بر حسب درجه روز رشد از زمان ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیک با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$GDD = (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_b \quad (1)$$

در این معادله،  $T_{max}$  و  $T_{min}$  به ترتیب درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه و  $T_b$  درجه حرارت پایه در طول دوره پرشدن دانه بود که معادل ۸/۲ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۵).

داده‌های آزمایشی هر آزمایش به صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و همچنین تجزیه مرکب داده‌های دو آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. برای تجزیه‌های رگرسیونی از نرم‌افزار Jump استفاده شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه و برخی صفات ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی آخر فصل

میانگین مربعات												
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه		شاخص برداشت		تعداد دانه در سنبله		وزن هزاردانه		تعداد پنجه در بوته		تعداد سنبله در مترمربع
		آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	
تکرار	۲	۱۳۴۸۷۵۳ <sup>ns</sup>	۵۶۸۰۸۷ <sup>ns</sup>	۸۷/۸ <sup>**</sup>	۱۳/۶ <sup>ns</sup>	۵۲/۶ <sup>ns</sup>	۶۱/۴ <sup>ns</sup>	۲۴/۸*	۱۶/۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۹۱۲۷۴ <sup>**</sup>
ژنوتیپ	۱۵	۱۷۶۰۰۶۲*	۲۵۳۳۲۹۶ <sup>**</sup>	۵۱/۳ <sup>**</sup>	۵۱/۰*	۷۱/۶*	۴۳/۸ <sup>ns</sup>	۶۵/۲ <sup>**</sup>	۱۹/۹*	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۳۶۴۲۳*
خطا	۳۰	۷۸۴۴۴۷	۸۶۰۵۷۶	۶/۳	۲۱/۱	۱۴/۵	۳۷/۸	۴/۸	۸/۳	۰/۱۰	۰/۰۹	۱۴۹۸۱
		محتوی نسبی آب برگ		سطح برگ پرچم		سطح ویژه برگ		سرعت پرشدن دانه		طول دوره پرشدن دانه		
منابع تغییرات	درجه آزادی	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	قطع آبیاری
تکرار	۲	۴۹*	۱۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۱ <sup>ns</sup>	۵/۱ <sup>ns</sup>	۴۵۹ <sup>ns</sup>	۱۹۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۲۳۳ <sup>ns</sup>	۳۵۹ <sup>ns</sup>	
ژنوتیپ	۱۵	۲۲*	۴۴ <sup>ns</sup>	۹۰/۵ <sup>**</sup>	۳۷/۸ <sup>**</sup>	۲۲۰۲ <sup>**</sup>	۱۱۸۵*	۰/۰۰۰۳ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>**</sup>	۱۰۵۶ <sup>ns</sup>	۴۸۴ <sup>ns</sup>	
خطا	۳۰	۱۱	۶۷	۱۷/۱	۶/۳	۸۰۶	۴۴۷	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۱	۷۰۶	۴۹۹	

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و برخی صفات ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی آخر فصل

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه		شاخص برداشت		تعداد دانه در سنبله		وزن هزاردانه		پنجه در بوته		تعداد سنبله در مترمربع		محتوی نسبی آب برگ		سطح ویژه برگ		سرعت پرشدن دانه		طول دوره پرشدن دانه
		آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	
محیط	۱	۸۱۴۶۲۴۵۳ <sup>**</sup>	۱۰۲۱ <sup>**</sup>	۳۸۸ <sup>**</sup>	۵۹۲ <sup>**</sup>	۰/۸۷ <sup>**</sup>	۲۷۲۶۴۰ <sup>**</sup>	۱۸۰۴*	۱۶۲ <sup>**</sup>	۲۳۰۳۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰۲ <sup>**</sup>	۳۶۰۰۲ <sup>**</sup>								
خطای الف	۴	۹۵۸۴۲۰	۵۱	۵۷	۲۱	۰/۰۹	۱۰۶۹۹۱	۱۰۰	۳	۳۲۷	۰/۰۰۰۱	۲۹۶								
ژنوتیپ	۱۵	۲۹۱۵۹۲۶ <sup>**</sup>	۵۶ <sup>**</sup>	۶۸ <sup>**</sup>	۶۳ <sup>**</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۷۱۷۲۹ <sup>**</sup>	۳۶ <sup>ns</sup>	۱۱۲ <sup>**</sup>	۱۲۴۱*	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۱۳۰۹*								
محیط ژنوتیپ	۱۵	۱۳۷۷۴۳۱ <sup>ns</sup>	۴۶ <sup>**</sup>	۲۷ <sup>ns</sup>	۲۲ <sup>**</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۱۱۲۱۸ <sup>ns</sup>	۳۰ <sup>ns</sup>	۱۷ <sup>ns</sup>	۲۱۴۶ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۱۳*	۲۳۱ <sup>ns</sup>								
خطای ب	۶۰	۸۲۲۵۱۲	۱۴	۲۶	۷	۰/۱۰	۱۴۲۳۵	۳۹	۱۲	۶۲۶	۰/۰۰۰۰۸	۶۰۳								

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محیط قرار گرفت (جدول ۳). با قطع آبیاری LAFL و SLAFL کاهش یافت. در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری میانگین LAFL به ترتیب ۱۷/۹ و ۱۵/۳ سانتی مترمربع و میانگین SLA به ترتیب ۱۳۰/۲ و ۹۳/۱ سانتی مترمربع بر گرم بود (جدول ۴). هرچه مقدار SLA کمتر باشد، برگ قطورتر است و سلول‌های مزوفیلی بیشتری در واحد وزن برگ وجود دارد. بنابراین در صورت کاهش سطح برگ، مقدار آن تا حدودی از طریق افزایش قطر برگ جبران می‌شود. کاهش سطح برگ طی دوره پرشدن دانه‌ها در تنش خشکی به‌علت انتقال مواد از ساقه و برگ است که بخشی از نیتروژن برگ پرچم نیز انتقال می‌یابد و کاهش و پیری سطح برگ زودتر رخ می‌دهد (۴ و ۱۶). سرعت پیری برگ پرچم در اثر تنش خشکی افزایش می‌یابد

روند کاهش‌ی دارد. در این آزمایش نیز ممکن است سن گیاه این صفت را تحت تأثیر قرار داده باشد. تفاوت معنی‌دار RWC بین ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل ممکن است به‌دلیل سازوکارهای متفاوتی باشد که ژنوتیپ‌ها را از یکدیگر متمایز می‌کند. این سازوکارها شامل بسته‌تر شدن روزنه‌ها، افزایش سنتز هورمون اسید آسزیک، پایداری غشاهای سلولی برگ و یا اندازه حجم سلول‌ها باشد (۹، ۱۳، ۲۲).

در این تحقیق ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱۵ به ترتیب با مقادیر ۷۷ و ۶۸ درصد از بیشترین و کمترین RWC برخوردار بودند (جدول ۴).

**سطح برگ پرچم (LAFL) و سطح ویژه برگ پرچم (SLAFL)**  
سطح برگ پرچم و سطح ویژه برگ پرچم ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی

می‌یابد، ولی در پنجه‌هایی که از نظر مراحل نموی عقب‌تر باشند تعداد دانه در سنبله نیز کاهش می‌یابد (۱۲).

تجزیه مرکب نشان داد میانگین تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ‌ها در دو محیط با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۳)، ولی در تجزیه واریانس ساده تفاوت تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ‌ها در هر محیط غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). هر چند استفاده از آزمون دانکن نشان داد ژنوتیپ‌ها در آبیاری کامل در گروه‌های آماری متفاوتی قرار داشتند (جدول ۴)، اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل محیط  $\times$  ژنوتیپ بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۳). میانگین وزن هزاردانه در دو محیط آبیاری کامل و تنش به ترتیب ۴۴ و ۳۹ گرم بود (جدول ۴). وزن هزاردانه در شرایط تنش در مقایسه با آبیاری کامل حدود ۱۳ درصد کاهش یافته بود. بنابراین کمبود مواد فتوسنتزی طی پرشدن دانه‌ها، وزن تک‌دانه را کاهش داد که بیشتر به دلیل کاهش سطح برگ پرچم و طول دوره پرشدن دانه و همچنین اختلال در انتقال مواد به دانه‌ها بود. تنش رطوبتی در مراحل اولیه پرشدن دانه، باعث کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و کاهش ظرفیت مخزن جهت تجمع ماء خشک‌دانه‌ها می‌شود. بنابراین، حتی اگر گیاهان در ادامه در تولید مواد فتوسنتزی کمبودی نداشته باشند، محدودیت جذب منابع به دلیل کاهش اندازه مخزن در گیاه اتفاق می‌افتد و وزن تک‌دانه کاهش می‌یابد (۱۲). در تحقیق دیگری (۶) مشاهده شد تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزاردانه به تنش خشکی دوره رشد زایشی حساسیت بسیار بالایی داشتند. یکی از اثرهای تنش خشکی پس از مرحله گرده‌افشانی، کاهش طول دوره پرشدن دانه است. پرشدن دانه در شرایط تنش خشکی در مقایسه با آبیاری کامل مقداری افزایش می‌یابد، ولی این افزایش به‌طور کامل کاهش طول دوره پرشدن دانه‌ها را جبران نمی‌کند (۱۱).

در این آزمایش نیز قطع آبیاری اثر معنی‌داری بر طول دوره و سرعت پرشدن دانه داشت (جدول ۳). طول دوره پرشدن دانه‌ها در آبیاری کامل و قطع آبیاری به ترتیب ۵۱۱ و ۴۷۲ درجه روز رشد بود (جدول ۴). معمولاً در شرایط تنش خشکی، مراحل نموی کوتاه‌تر، پیری برگ تسریع و دوره زایشی کوتاه‌تر می‌شود.

سرعت پرشدن دانه در آبیاری کامل و قطع آبیاری به ترتیب ۰/۰۸۴ و ۰/۰۹۴ میلی‌گرم بر درجه روز رشد بود (جدول ۴) که حاکی از افزایش مقدار آن در شرایط تنش خشکی در مقایسه با آبیاری کامل بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزاردانه با سرعت پرشدن دانه وجود داشت که مقدار همبستگی این دو صفت در قطع آبیاری  $(r=0.76^{**})$  بیشتر از آبیاری کامل  $(r=0.50^*)$  بود. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش خشکی آخر فصل از سرعت پرشدن دانه بالاتری برخوردار باشند، به

که در این وضعیت نیتروژن و مواد محلول برگ پرچم به دانه‌ها منتقل می‌شوند و در برگ خودتخریبی روی می‌دهد (۱۱). از جمله تغییراتی که در نتیجه تنش خشکی حاصل می‌شود، کاهش سطح برگ و حجم سلولی کوچک‌تر و افزایش ضخامت برگ است. کاهش تعرق علت کاهش سطح برگ در شرایط تنش است (۱۶). کاهش رطوبت برگ پرچم حدود دو هفته زودتر از کاهش رطوبت دانه‌ها اتفاق افتاد که نشان می‌دهد سرعت فتوسنتز برگ به دلیل تنش رطوبت، کاهش می‌یابد و پیری برگ زودتر آغاز می‌شود (۳).

تجزیه واریانس ساده نشان داد بین ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار LAFL و SLAFL در هر دو محیط تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). در آبیاری کامل بیشترین و کمترین مقدار LAFL به ترتیب به ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۶ و در شرایط تنش به ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۰ تعلق داشت (جدول ۴). بیشترین و کمترین SLAFL در آبیاری کامل به ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۱۴ و در محیط تنش به ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۳ مربوط بود (جدول ۴). بنابراین تنوع زیادی از نظر این صفات در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت که می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرد.

## اجزای عملکرد

تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفتند (جدول ۳). بیشترین و کمترین تعداد سنبله بارور به ترتیب در آزمایش آبیاری کامل و قطع آبیاری با میزان ۸۶۳ و ۷۵۷ عدد ثبت شد (جدول ۴). شرایط آبیاری تا زمان ظهور سنبله در هر دو آزمایش مشابه یکدیگر بود؛ بنابراین، در هر دو حالت پنجه‌ها در شرایط یکسانی قرار داشتند، ولی در آزمایش قطع آبیاری تعداد پنجه بارور کمتری تولید شد. همچنین تعداد دانه کمتری در هر سنبله وجود داشت که حاکی از کاهش باروری دانه‌ها به دلیل تلقیح نامناسب و همچنین کمبود مواد فتوسنتزی کافی و رقابت بین دانه‌ها برای جذب مواد غذایی بود. برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند که خشکی بین آغاز سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک باعث کاهش عملکرد دانه در گندم می‌شود که یکی از دلایل آن اختلال در تقسیم میوزی سلول‌های مادر دانه‌گرده و کاهش باروری سنبله‌ها، عقیمی کامل پنجه‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله است (۳). تقسیم و طولیل شدن سلول‌های دانه گندم از ۱۰ تا ۱۴ روز پس از ظهور بساک (آنتیز) آغاز می‌شود و تنش رطوبت در این مرحله باعث کاهش اندازه دانه و مخزن می‌شود (۱۲). هنگامی که تنش خشکی ۱۵ روز پس از گرده‌افشانی اعمال شود، به دلیل اینکه دانه‌بندی قبل از این مرحله انجام می‌شود، فقط اندازه دانه‌ها کاهش

جدول ۴. میانگین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری

ژنوتیپها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		تعداد سنبله در مترمربع		تعداد پیچچه در بوته		وزن هزار دانه (گرم)	میانگین			
	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری			آبیاری کامل	قطع آبیاری	
WS-86-1	۳۵۱aBcd	۵۳۲vaBcd	۹۲۹aBc	۹۰۰aBc	۹۲۰aB	۷/۰۳aB	۷/۵۹aB	۷/۸۰aBc	۵۰/۰aB	۴۳/۰a	۴۷/۱a
WS-86-2	۸۰۹۰aB	۷۱۱۳a	۸۱۳Bc	۷۰۲Bode	۷۸۷Bcd	۷/۹۰aBc	۷/۳۹aB	۷/۸۷aBc	۴۲/۲efg	۳۹/۲aBc	۴۰/۷Bcd
WS-86-3	۱۷۷۳aBcd	۳۳۱۱e	۱۰۸۰aB	۹۷۸aB	۱۰۰۴a	۷/۲۰a	۷/۰۶a	۷/۱۳a	۳۴/۳h	۳۵/۷cd	۳۵/۰f
WS-86-4	۷۷۴۴aBc	۵۸۹۹aBcd	۷۹۳c	۲۷۹cde	۳۳۱cd	۷/۹۷aBc	۷/۷۹aB	۷/۸۷aBc	۴۲/۷def	۳۳/۹Bcd	۳۹/۹cd
WS-86-5	۷۲۰۱aBcd	۱۰۰۰aBcd	۸۹۱aBc	۳۰۰Bode	۸۱۰Bcd	۳/۱۷a	۷/۸۳aB	۳/۰۰aB	۵۱/۴a	۴۲/۵aB	۴۷/۰a
WS-86-6	۳۳۷۴aBcd	۵۵۱۲aBcd	۱۰۹۸a	۱۰۰۰a	۱۰۴۹a	۷/۹۰aBc	۷/۷۰aB	۷/۸۰aBc	۴۵/۱cde	۳۹/۷aBc	۴۲/۴Bc
WS-86-7	۸۱۲۵aB	۵۳۳vaBcd	۷۹۲c	۲۲۰de	۷۰۶cd	۳/۱۰a	۷/۱۰aB	۷/۵۵aBc	۴۲/۴Bcd	۳۸/۱aBc	۴۲/۳Bc
WS-86-8	۵۷۷۰d	۵۰۶۹Bcd	۸۲۲aBc	۶۱۱de	۷۷۲Bcd	۷/۳۳aBc	۷/۳۹aB	۷/۳۹aBc	۴۸/۷aBc	۳۹/۲aBc	۴۴/۰aB
WS-86-9	۱۰۸۱cd	۵۲۸۰Bcd	۸۰۹c	۷۴۳Bode	۷۷۲Bcd	۷/۵۰Bc	۷/۱۰aB	۷/۵۵c	۴۹/۴aB	۳۷/۵cd	۴۳/۰Bc
WS-86-10	۷۲۳۳aBcd	۵۷۵vaBcd	۸۰۰c	۳۳۵Bode	۶۲۷Bcd	۷/۹۰aBc	۷/۳۰B	۷/۲۰Bc	۴۲/۷def	۳۹/۳aBc	۴۱/۱Bcd
WS-86-11	۸۲۶۱a	۶۲۸۲aBc	۶۱۱c	۶۱۱cd	۷۱۱cd	۷/۸۷aBc	۷/۸۰aB	۷/۸۳aBc	۴۳/۰def	۳۹/۷aBc	۴۱/۴Bcd
WS-86-12	۷۰۳۴aBcd	۵۹۶۵aBcd	۷۵۰c	۸۰۴aBode	۷۷۷Bcd	۷/۸۳aBc	۷/۸۰aB	۷/۸۷aBc	۴۴/۰de	۳۹/۳aBc	۴۱/۷Bcd
WS-86-13	۶۵۰۹Bcd	۴۵۸۷cde	۷۷۷c	۵۸۱e	۶۸۰d	۷/۸۳aBc	۷/۳۹aB	۷/۸۸aBc	۳۹/۷fg	۳۷/۴aBcd	۳۷/۵cd
WS-86-14	۷۴۸۷aBcd	۶۷۷۰aB	۷۸۷c	۶۳۶de	۷۰۶cd	۷/۴۳c	۷/۱۰aB	۷/۵۲c	۴۱/۱efg	۴۱/۰aBc	۴۱/۱Bcd
WS-86-15	۸۲۷۰a	۵۲۲۹Bcd	۸۰۰c	۸۹۴aBc	۸۴۷Bc	۷/۸۷aBc	۷/۷۹aB	۷/۸۷aBc	۳۹/۷fg	۳۹/۵cd	۳۹/۶cd
WS-86-16	۸۰۳۳aB	۴۴۰۶de	۹۹۹aBc	۸۴۲aBcd	۹۱۶aB	۷/۹۳aBc	۷/۷۰aB	۷/۸۷aBc	۳۷/۶g	۳۷/۵cd	۳۵/۶ef
±SE	۵۱۱	۵۳۶	۶۸	۷۱	۴۹	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۳	۱/۳	۱/۱	۱/۱
میانگین	۷۳۳۵a†	۵۴۹۲B	۸۶۳A	۷۵۷A	۷۷۷A	۷/۸۸A	۷/۷۰B	۷/۸۸A	۴۴/۰A	۳۹/۰B	۳۹/۰B

میانگین‌های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابهند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.  
†حروف بزرگ نشان‌دهنده مقایسه میانگین صفات در دو سطح آبیاری‌اند.



صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی دوره زایشی

ژنوتیپ‌ها	سطح برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)			سطح ویژه برگ پرچم (سانتی‌مترمربع برگ‌م)			سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم بر درجه روز رشد)			طول دوره پرشدن دانه (درجه روز رشد)		
	آبیاری کامل	قطع آبیاری	میانگین	آبیاری کامل	قطع آبیاری	میانگین	آبیاری کامل	قطع آبیاری	میانگین	آبیاری کامل	قطع آبیاری	میانگین
WS-86-1	۱۳/۹de	۱۷/۸d	۱۳/۳ef	۱۰/۸۷cde	۹۰/۷bcd	۹۹/۷cd	۰/۱۱۰A	۰/۱۰۴A	۰/۱۰۷A	۵۰۱A	۴۱۵Abc	۴۷۳bcd
WS-86-2	۱۳/۰ede	۱۲/۲cd	۱۲/۹ef	۱۲/۲/۴bcde	۱۱۲/۰bcde	۱۲۰/۰Abcd	۰/۰۸۹Abc	۰/۰۹۲A	۰/۰۹۰d	۵۰۴A	۴۵۰bc	۴۷۷cd
WS-86-3	۲۱/۴bcd	۱۵/۲bcd	۱۸/۴cd	۱۲۰/۳Abc	۷۳/۴cd	۱۱۷/۰Abcd	۰/۰۰۵۹e	۰/۰۰۷۵A	۰/۰۰۲۷h	۵۱۳A	۴۲۳Abc	۴۹۳Abcd
WS-86-4	۲۸/۲Ab	۱۹/۰b	۲۳/۷b	۱۹۰/۳A	۷۹/۲bcd	۱۳۵/۰Ab	۰/۰۰۸۱bcde	۰/۰۰۸۲A	۰/۰۰۸۴ef	۵۱۰A	۴۱۹Abc	۴۸۹Abcd
WS-86-5	۱۷/۸acde	۱۸/۰bc	۱۷/۹cde	۱۰۱/۲e	۱۳۴/۱A	۱۱۸/۰Abcd	۰/۰۰۹۵Abc	۰/۰۱۰۸A	۰/۰۱۰۲b	۵۲۲A	۴۷۵Abc	۴۹۹Abc
WS-86-6	۱۷/۴cde	۱۲/۰bcd	۱۲/۸cdef	۱۳۰/۴bcde	۱۰۹/۲Abcd	۱۱۹/۰Abcd	۰/۰۰۹۰Abc	۰/۰۱۰۴A	۰/۰۰۹۷bc	۵۲۵A	۴۷۱Abc	۴۹۸Abc
WS-86-7	۳۰/۵A	۲۷/۰A	۲۸/۴A	۱۵۹/۳Abcd	۱۱۹/۰Ab	۱۳۹/۵A	۰/۰۰۷۴bcde	۰/۰۱۰۱A	۰/۰۰۷۷de	۵۲۹A	۴۷۷Abc	۵۰۸Abc
WS-86-8	۲۲/۵bc	۱۵/۰bcd	۱۸/۸c	۱۶۹/۱Ab	۷۷/۱cd	۱۲۳/۳Abc	۰/۰۰۹۱Abc	۰/۰۰۹۰A	۰/۰۰۹۱d	۵۰۴A	۴۹۳Ab	۴۹۸Abc
WS-86-9	۱۸/۷cde	۱۲/۰bcd	۱۷/۵cde	۱۲۹/۴bcde	۹۵/۲Abcd	۱۱۲/۴Abcd	۰/۰۰۹۸Ab	۰/۰۰۹۷A	۰/۰۰۹۷bc	۵۳۱A	۵۰۷A	۵۱۹A
WS-86-10	۱۳/۲e	۱۷/۰d	۱۲/۲f	۱۰۴/۴de	۸۳/۷bcd	۹۴/۱cd	۰/۰۰۹۳Abc	۰/۰۰۹۹A	۰/۰۰۹۶c	۵۱۳A	۴۸۱Abc	۴۹۷Abc
WS-86-11	۱۲/۷cde	۱۳/۲cd	۱۴/۹cdef	۱۲۹/۰bcde	۷۷/۷cd	۱۰۳/۲bcd	۰/۰۰۷۷bcde	۰/۰۰۸۲A	۰/۰۰۸۰fg	۵۰۳A	۴۱۵Abc	۴۸۵bcd
WS-86-12	۱۹/۷cde	۱۴/۹bcd	۱۷/۲cde	۱۳۲/۲bcde	۸۲/۱bcd	۱۰۲/۹bcd	۰/۰۰۸۴bcd	۰/۰۰۹۱A	۰/۰۰۸۷de	۵۲۱A	۵۰۱Ab	۵۱۱Ab
WS-86-13	۱۳/۸de	۱۷/۷d	۱۳/۳ef	۱۰۴/۱de	۲۷/۲d	۸۲/۱d	۰/۰۰۷۷bcde	۰/۰۰۸۹A	۰/۰۰۸۳fg	۵۱۱A	۴۱۲Abc	۴۸۶Abcd
WS-86-14	۱۴/۰de	۱۴/۸bcd	۱۴/۴def	۹۲/۳e	۱۲۰/۰Ab	۱۰۸/۷Abcd	۰/۰۰۹۷Ab	۰/۰۱۰۱A	۰/۰۰۹۹bc	۴۹۲A	۴۵۸Abc	۴۷۵cd
WS-86-15	۱۷/۲cde	۱۴/۲bcd	۱۵/۲cdef	۱۳۵/۰bcde	۸۴/۲bcd	۱۰۹/۹Abcd	۰/۰۰۷۱cde	۰/۰۰۸۶A	۰/۰۰۷۸g	۴۸۹A	۴۳۱c	۴۲۳d
WS-86-16	۱۲/۲e	۱۷/۲d	۱۲/۲f	۱۱۴/۷bcde	۸۰/۹bcd	۹۷/۸cd	۰/۰۰۲۳de	۰/۰۰۹۵A	۰/۰۰۷۹fg	۴۹۸A	۴۵۳Abc	۴۷۷cd
±SE	۲/۴	۱/۵	۱/۴	۱۶/۴	۱۲/۲	۱۰/۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۴	۱۵	۱۳	۱۰
میانگین	۱۸/۲A†	۱۵/۲B		۱۳۰/۲A	۹۳/۱B		۰/۰۰۸۴B	۰/۰۰۹۴A		۵۱۱A	۴۷۲B	

ادامه جدول ۴: میانگین صفات وابسته به عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری

میانگین‌هایی هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابهند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

†حروف بزرگ نشان‌دهنده مقایسه میانگین صفات در دو سطح آبیاری‌اند.



ادامه جدول ۴: میانگین صفات وابسته به عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری

ژنوتیپها	تعداد دانه در سنبله			شاخص برداشت (درصد)			محتوی نسبی آب برگ (درصد)		
	آبیاری کامل	قطع آبیاری	میانگین	آبیاری کامل	قطع آبیاری	میانگین	آبیاری کامل	قطع آبیاری	میانگین
WS-86-1	۲۷/۳cde	۲۲/۷A	۲۴/۵Bc	۳۳def	۲۹ABc	۳۱Bcd	۷۷/۳d	۷۵/۸A	۷۷/۱A
WS-86-2	۳۱/۳ABcd	۲۹/۷A	۳۰/۵AB	۳۳cde	۳۵A	۳۵AB	۷۲/۲ABcd	۷۷/۵A	۷۹/۱A
WS-86-3	۳۱/۰ABcd	۲۰/۷A	۲۵/۸Bc	۳۷cd	۲۱c	۲۹cde	۷۲/۴ABcd	۷۴/۷A	۷۷/۵A
WS-86-4	۲۲/۷ABc	۲۹/۷A	۳۱/۲AB	۲۵cde	۳۰AB	۳۳ABC	۷۵/۶AB	۷۴/۹A	۷۰/۳A
WS-86-5	۲۲/۰e	۲۰/۰A	۲۱/۰c	۳۱efg	۲۹ABc	۳۰Bcd	۷۲/۰ABcd	۷۰/۷A	۷۶/۳A
WS-86-6	۲۹/۳Bcd	۲۷/۰A	۲۸/۷AB	۲۹Bc	۲۹ABc	۲۴AB	۷۲/۷ABcd	۷۳/۷A	۷۷/۲A
WS-86-7	۳۷/۳A	۳۲/۰A	۳۴/۷A	۳۷Bcd	۲۸ABc	۳۳ABC	۷۷/۳A	۷۵/۱A	۷۱/۲A
WS-86-8	۲۹/۳Bcd	۲۱/۷A	۲۵/۵Bc	۳۰fg	۲۳Bc	۲۷de	۷۶/۶AB	۷۴/۸A	۷۰/۷A
WS-86-9	۲۴/۷de	۲۸/۳A	۲۶/۵Bc	۲۷g	۲۳Bc	۲۶e	۷۲/۳ABcd	۷۲/۱A	۷۹/۷A
WS-86-10	۲۲/۳ABc	۲۷/۳A	۲۰/۳AB	۲۵cde	۲۱AB	۲۳ABC	۷۲/۸ABcd	۷۲/۳A	۷۰/۱A
WS-86-11	۲۴/۳AB	۲۷/۰A	۲۰/۷AB	۲۵cde	۳۳A	۲۴AB	۷۴/۱cd	۷۱/۵A	۷۵/۳A
WS-86-12	۲۶/۷cde	۳۰/۰A	۲۸/۳AB	۳۲efg	۳۱AB	۳۱Bcd	۷۴/۹ABc	۷۵/۷A	۷۷/۰A
WS-86-13	۳۶/۰AB	۲۶/۳A	۳۱/۷AB	۳۷cd	۲۴Bc	۳۰Bcd	۷۰/۹Bcd	۷۰/۳A	۷۰/۶A
WS-86-14	۲۹/۳Bcd	۳۰/۳A	۲۹/۸AB	۳۳def	۳۵A	۲۴AB	۷۲/۱ABcd	۵۷/۵A	۷۴/۸A
WS-86-15	۲۹/۰Bcde	۲۱/۷A	۲۵/۳Bc	۴۲AB	۲۸ABc	۳۵AB	۷۷/۱d	۷۲/۷A	۷۵/۴A
WS-86-16	۲۲/۳ABc	۲۶/۳A	۲۹/۳AB	۴۴A	۲۹ABc	۳۳A	۷۰/۵Bcd	۵۶/۵A	۷۳/۵A
±SE	۲/۲	۳/۶	۲/۱	۲	۳	۲	۱/۹	۴/۷	۲/۶
میانگین	۳۰.۸۴ <sup>۱</sup>	۲۶.۸	۲۷.۸	۳۵.۸	۲۹.۸	۳۱.۸	۷۲/۴.۸	۷۳/۷.۸	۷۳.۸

میانگین‌های هر ستون که حلقه‌ها دارای یک حرف مشابه‌اند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. حرف بزرگ نشان‌دهنده مقایسه میانگین صفات در دو سطح آبیاری‌اند.

۱۴ و ۲ با ۱۰ و ۱۲ درصد از کمترین کاهش و ژنوتیپ‌های ۳ و ۱۶ با ۵۱ و ۴۵ درصد از بیشترین افت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی برخوردار بودند. برخی ژنوتیپ‌ها مانند ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۵ با اینکه در شرایط آبیاری کامل از عملکرد بالایی برخوردار بودند، در شرایط تنش افت عملکرد زیادی داشتند. در مقابل، ژنوتیپ‌هایی مانند ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۱۴ در هر دو محیط عملکرد دانه بالا و رضایت‌بخشی داشتند (جدول ۴) که نشان‌دهنده ثبات عملکرد در محیط‌های متفاوت رشد است. از عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های گوناگون می‌توان برای دستیابی به ارقامی استفاده کرد که در محیط‌های متفاوت عملکرد باثبات و رضایت‌بخشی داشته باشند. در هر دو سطح آبیاری ارقام برتر شاخص برداشت بالاتری از سایر ژنوتیپ‌ها داشتند (جدول ۴).

برای اجرای برنامه کاراتر اصلاح ژنوتیپ‌ها برای شرایط تنش خشکی، ارزیابی ژرم پلاسماها باید در دو شرایط آبیاری مناسب برای شناخت ارقام با پتانسیل بالای عملکرد دانه و در شرایط تنش خشکی جهت بروز ال‌های تحمل به تنش خشکی استفاده شود (۱۷). بنابراین با بررسی اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برتر در دو محیط نرمال و قطع آبیاری می‌توان صفات مؤثر بر عملکرد را شناسایی کرد و از این صفات در جهت اصلاح ارقام متحمل به تنش خشکی آخر فصل بهره برد. در پژوهشی (۸) مشاهده شد که در شرایط تنش رطوبتی دو جزء تعداد دانه در سنبله و وزن تک‌دانه نقش بسیار زیادی در شکل‌گیری عملکرد دانه داشتند، ولی در شرایط مطلوب رطوبتی وزن تک‌دانه تأثیر معنی‌داری در عملکرد دانه نداشت. به علاوه زمانی که ۵۰ درصد سنبلچه‌های سنبله به صورت مصنوعی حذف شدند، وزن تک‌دانه در شرایط تنش رطوبتی افزایش معنی‌داری داشت که این افزایش در شرایط مطلوب رطوبتی مشاهده نشد. بدین معنی که در شرایط تنش محدودیت منبع و در شرایط آبیاری کامل محدودیت مخزن وجود داشت.

در تحقیق حاضر برای تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در دو محیط، به صورت مجزا از روش رگرسیون مرحله‌ای (گام به گام) به صورت پیش‌رونده استفاده شد. بر این اساس، صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری با یکدیگر متفاوت بودند. در شرایط آبیاری کامل صفات شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله ۶۶ درصد و در شرایط قطع آبیاری شاخص برداشت، وزن هزاردانه، تعداد سنبله، طول دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه ۸۸ درصد عملکرد دانه را توجیه کردند. بنابراین در هر دو محیط شاخص برداشت نقش زیادی در توجیه عملکرد دانه داشت که از این صفت می‌توان در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی استفاده کرد.

افزایش وزن تک‌دانه کمک بیشتری می‌کند. زمانی که گندم در مرحله پرشدن دانه با تنش خشکی مواجه می‌شود، سرعت انتقال مواد ذخیره‌ای ساقه به دانه‌ها افزایش می‌یابد که این امر موجب افزایش سرعت پرشدن دانه‌ها می‌شود. از طرفی به دلیل انتقال نیتروژن، پیری برگ تسریع می‌شود و این حالت در برگ پرچمی سریع‌تر مشاهده می‌شود (۴). نتایج این آزمایش نیز نشان داد در اثر تنش خشکی پیری برگ تسریع و طول دوره پرشدن دانه کوتاه‌تر شد (جدول ۴).

ژنوتیپ‌ها از نظر طول و سرعت پرشدن دانه به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۱۵ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین طول دوره پرشدن دانه و ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۳ دارای بیشترین و کمترین سرعت پرشدن دانه بودند (جدول ۴). گزارش شده (۴) سرعت پرشدن دانه تحت تأثیر اندازه مخزن، محیط و ژنوتیپ قرار می‌گیرد و سرعت پرشدن دانه برخی ارقام بالاتر است. ارقام پابلند از ظرفیت بیشتری برای انتقال مواد ذخیره‌ای از ساقه و غلاف برگ به دانه‌ها برخوردارند که باعث افزایش سرعت پرشدن دانه می‌شود. ولی این ارقام از پیری زودتری نیز برخوردارند و طول دوام سطح سبز برگ آن‌ها کمتر است (۴). بنابراین به نظر می‌رسد همبستگی مثبتی بین طول ساقه و میانگرمه آخر (پدانکل) با سرعت پرشدن دانه‌ها وجود داشته باشد. در این آزمایش همبستگی مشخصی بین این دو صفت مشاهده نشد. فقط طول ساقه در افزایش انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه مهم نیست، بلکه ممکن است نسبت وزن خشک ساقه به طول ساقه از اهمیت بیشتری برخوردار باشد (۴). در ارقام کوتاه‌تر ممکن است تراکم وزن خشک ساقه (نسبت طول ساقه به وزن ساقه) بالاتر باشد. بنابراین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش ممکن است با داشتن ارتفاع یکسان ساقه تراکم تری داشته باشند و در انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه از کارایی بیشتری برخوردار باشند.

## عملکرد دانه

تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه در دو محیط و بین ژنوتیپ‌ها در سطح آماری یک درصد وجود داشت (جدول ۳). عملکرد دانه در آبیاری کامل و قطع آبیاری به ترتیب ۷۳۳۵ و ۵۴۹۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). بدین ترتیب در شرایط قطع آبیاری عملکرد دانه حدود ۲۵ درصد (۱۸۴۲ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شرایط آبیاری کامل کاهش یافت که مقدار کاهش چشمگیر است. هرچند اثر متقابل محیط  $\times$  ژنوتیپ غیرمعنی‌دار بود، کاهش عملکرد دانه در برخی ژنوتیپ‌ها در محیط تنش در مقایسه با آبیاری کامل کمتر و در برخی بسیار بیشتر بود. بنابراین درصد کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. برای مثال ژنوتیپ‌های شماره

### منابع

۱. احمدی، ع. و سی و سه مرده ع (۱۳۸۲) "روابط بین شاخص‌های رشد، مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح‌شده برای اقلیم‌های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی"، علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۳): ۶۷۹-۶۶۷.
۲. مروجی س (۱۳۸۷) "بررسی عکس‌العمل لاین‌های جدید متحمل به خشکی و ارقام گندم به مقادیر مختلف پتاسیم"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.
3. Ahmadi A and Baker DA (2001) "The effect of water stress on grain filling processes in wheat," *Agricultural Science. Cambridge*, 136: 257- 269.
4. Blum A (1998) "Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization," *Euphytica*, 100: 7783-.
5. Cartelle J, Pedro A, Savin R and Slafer GA (2006) "Grain weight responses to post-anthesis spikelet-trimming in an old and a modern wheat under Mediterranean conditions," *European Journal of Agronomy*, 25: 365371-.
6. Dencic S, Kastori R, Kobiljski B and Duggan B (2000) "Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions," *Euphytica*, 113: 4352-.
7. Dhanda SS and Sethi GS (2002) "Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars," *Agricultural Science*, 39: 319326-.
8. Duggan BL and Fowler DB (2006) "Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies," *Crop Science*, 46: 14791487-.
9. Edwin D (1996) "Crop traits for water stress tolerance," *American Journal of Alternative Agriculture*, 11(2): 89-94.
10. Ehdai B and Waines JG (1993) "Variation in water use efficiency and its components in wheat," *Crop Science*, 31: 12821288-.
11. Fokar M, Blum A and Nguyen HT (1998) "Heat tolerance in spring wheat," *Euphytica*, 104: 915-.
12. Gibson LR and Paulsen GM (1999) "Yield components wheat grown under high temperature stress during reproductive growth," *Crop Science*, 39: 1841- 1846.
13. Moinuddin A and Khana-Chopra R (2004) "Osmotic adjustment in Chickpea in relation to seed yield and yield

مرحله وقوع تنش رطوبتی بر اجزایی از عملکرد بیشترین اثر را اعمال می‌کند که طی آن مرحله در حال شکل‌گیری‌اند. برای مثال تنش خشکی ابتدای فصل رشد باعث از بین رفتن درصد زیادی از پنجه‌های تشکیل‌شده می‌شود و تشکیل تعداد دانه در سنبله بین مرحله آغاز سنبله و ظهور بساک (آنتیز) تعیین می‌شود. در این آزمایش تنش خشکی پس از ظهور سنبله و در مرحله رشد زایشی اعمال شد، بنابراین تأثیر تنش بر اجزایی از عملکرد آشکارتر بود که پس از این مرحله تکمیل می‌شدند. به‌طور کلی در شرایط آبیاری کامل، تعداد اجزا و در شرایط تنش، وزن و سرعت اهمیت بیشتری در تعیین عملکرد داشتند. در شرایط تنش خشکی، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت و با توجه به رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد بر اندازه دانه در تعیین و شکل‌گیری عملکرد افزوده شد، ولی میزان افزایش وزن تک‌دانه کاهش تعداد دانه در سنبله را جبران نکرد.

### نتیجه‌گیری

نتیجه کلی آزمایش نشان داد ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ و ۲ در شرایط آبیاری کامل از عملکرد بالایی برخوردار بودند و در شرایط قطع آبیاری نیز افت عملکرد پایینی داشتند. در مقابل، ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۵ در آبیاری کامل از عملکرد بالایی برخوردار بودند، ولی در شرایط تنش افت عملکرد زیادی داشتند. بنابراین، برای دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی باید آزمایش‌های ارزیابی لاین‌ها در دو شرایط آبیاری کامل و شرایط تنش خشکی اجرا شود تا لاین‌های برتر و دارای عملکرد پایدار مشخص شوند.

- parameters,” *Crop Science*, 44: 449455-.
14. Najafian G, Jafarnejad A, Ghandi A and Nikooseresht R (2011) “Adaptive traits related to terminal drought tolerance in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under field conditions,” *Crop Breeding*, 1(1): 5773-.
  15. Parasad PVV, Pisipati SR, Ristic Z, Bukovnik V and Fritz AK (2008) “Impact of nighttime temperature on physiology and growth of spring wheat,” *Crop Science*, 48: 23722380-.
  16. Pessarkli M (1993) *Handbook of plant and crop stress*, Marcel Dekker, Inc, 543.
  17. Rajaram S, Braun HJ and Van Ginkel M (1996) “CIMMYT’s approach to breed for drought tolerance,” *Euphytica*, 92: 147153-.
  18. Siddique MRB, Hamid A and Islam MS (2000) “Drought stress effects on water relations of wheat,” *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41: 3539-.
  19. Subhani GM and Chowdhry MA (2000) “Correlation and path coefficient analysis in bread wheat under drought stress and normal conditions,” *Pakistan Journal of Biological Science*, 3(1):7277-.
  20. Van Ginkel M, Calhoun DS, Gebeyehu G, Miranda A, Tian–You C, Pargas Lara R, Trethowan RM, Sayre K, Crossa J and Rajaram S (1998) “Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions,” *Euphytica*, 100: 109121-.
  21. Uddin N, Carver BF and Clutter AC (1992) “Genetic analysis and selection for wheat yield in drought stressed and irrigated environments,” *Euphytica*, 62: 8996-.
  22. Yiewi J and Haung B (2002) “Protein alternations in tall fescue in response to drought stress and abscisic acid,” *Crop Science*, 42: 202207-.