ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش در ارقام گندم نان در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی

قاسم حلیم[۱]، یحیی امام[۲*] و احسان شاکری[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۹)

چکیده

در اغلب مناطق زراعی ایران به‌دلیل بروز تنش آبی پس از گل‌دهی، عملکرد دانه گندم کاهش می‌یابد. این پژوهش با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم نان در شرایط آبیاری معمولی و قطع آبیاری بعد از گل‌دهی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵ - ۱۳۹۴ در مزرعهٔ پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. کرت اصلی شامل رژیم آبیاری (آبیاری نرمال تا انتهای فصل رشد و قطع آبیاری از گل‌دهی تا رسیدن) و کرت فرعی شامل ۲۰ رقم گندم نان بود. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که قطع آبیاری پس از گل‌دهی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک (۴۶/۴٪)، عملکرد دانه (۵۹٪)، شاخص برداشت (۲۳/۲٪)، تعداد دانه در سنبله (۲۷/۱٪) و وزن هزار دانه (۱۳/۸٪) شد. در شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری پس از گل‌دهی بیشترین میزان عملکرد دانه با مقادیر ۱۰۰۲ و ۴۸۵/۷ گرم بر مترمربع در رقم دانش مشاهده شد. از بین شاخص‌ها، شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش و بدون تنش داشتند، بنابراین، به‌نظر می‌رسد این شاخص‌ها، برای شناسایی و انتخاب ارقام گندم متحمل به تنش خشکی آخر فصل مناسب باشند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که رقم‌های دانش، سیروان، بهاران، جونز و سیمونیدا دارای پتانسیل عملکرد بیشتر در هر دو شرایط تنش خشکی آخر فصل و نرمال بودند.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، شاخص‌های تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری و میانگین هندسی بهره‌وری

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکترا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Yaemam@shirazu.ac.ir

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی روی زمین است و به‌عنوان منبع عمدهٔ تأمین کالری و پروتئین مورد نیاز جمعیت کشور است، به‌طوری‌که نیمی از پروتئین و ۶۵ درصد کالری دریافتی روزانه هر فرد را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این تأمین انرژی مورد نیاز روزانه، قسمت اعظم پروتئین، املاح و ویتامین‌های گروه B را نیز تأمین می‌کند. این گیاه دارای گونه‌های متعددی است ولی بیشترین سطح زیر کشت (۹۰٪) و بیشترین میزان تولید (۹۴٪) مربوط به گونه *Triticum aestivum*, L. یا گندم نان می‌باشد (۳). کمبود آب به‌عنوان یکی از عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود، همچنین حدود یک‌سوم اراضی قابل کشت در جهان با کمبود آب برای کشاورزی روبه‌رو هستند. ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در سال جزو این مناطق به‌حساب آمده و ۹۰ درصد از مساحت این کشور در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. متوسط کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در جهان به‌واسطه خشکی، حدود ۱۷ درصد است که می‌تواند تا بیش از ۷۰ درصد افزایش یابد (۱۳). در این مناطق، به‌علت کمبود منابع آب و در نتیجه بروز تنش برای گیاه، عملکرد گندم به شدت کاهش می‌یابد.

تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه از راه‌های متفاوتی همچون کاهش توان فتوسنتزی تأثیر منفی می‌گذارد. اجزای عملکرد گندم به‌شیوه متفاوتی بسته به مرحله فنولوژی گیاه که با تنش خشکی روبرو می‌شود، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اعتقاد بر این است که حساس‌ترین مرحله نمو گندم به تنش خشکی مرحله گل‌دهی است و کمبود آب پس از گل‌دهی از طریق آسیب رساندن به فرآیند پر شدن دانه می‌تواند بر میانگین وزن هر دانه تأثیر منفی بگذارد (۱). تنش خشکی در مرحلهٔ سنبله‌دهی تا پر شدن دانه به‌دلیل کاهش تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه موجب کاهش عملکرد گندم می‌گردد (۱۴). تاکنون روش‌ها و شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی تحمل و واکنش ارقام به تنش براساس عملکرد دانه ابداع شده است. روسیل و هامبلین (۲۲) برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌ها در برابر تنش شاخص تحمل (TOL) که معادل اختلاف عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بوده و شاخص میانگین بهره‌وری (MP) که معادل میانگین اختلاف عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش است، را پیشنهاد داده‌اند که مقادیر بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت نسبتی ژنوتیپ‌ها به تنش است. شاخص MP نیز به‌صورت متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش معرفی می‌شود.

فرناندز (۵) شاخص تحمل تنش (STI) را به‌عنوان معیاری برای انتخاب ارقام متحمل به تنش خشکی پیشنهاد کرد. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده تحمل زیاد تنش و عملکرد بالقوه بالای ارقام در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. فرناندز شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) ارائه کرد که این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک ارقام از قدرت بالاتری برخوردار است و برای ارزیابی ارقام متحمل به تنش خشکی پیشنهاد شد. یکی دیگر از شاخص‌های انتخاب، شاخص حساسیت به تنش (SSI) است که توسط فیشر و مورر (۶) پیشنهاد گردید که ژنوتیپ‌هایی با SSI کمتر از یک به خشکی متحمل‌تر هستند. بنابراین کاهش عملکرد آنها در شرایط خشکی کمتر از کاهش کل ژنوتیپ‌هاست. براساس این شاخص هرچه مقدار عملکرد در شرایط تنش به عملکرد در شرایط بدون تنش نزدیک‌تر باشد حساسیت رقم به خشکی کمتر است. کریم‌زاده و همکاران (۱۴) شاخص پایداری عملکرد (YSI) را پیشنهاد دادند که این شاخص عملکرد یک رقم در شرایط تنش را نسبت به عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می‌کند و می‌تواند شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام متحمل به تنش باشد. گاوازی (۱۰) شاخص عملکرد (YI) را ارائه داد که این شاخص ارقام را فقط براساس عملکرد در شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند، بنابراین رقم‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را متمایز نمی‌کند. کامرانی و همکاران (۱۳) و کریم‌زاده و همکاران (۱۴) نیز در پژوهش خود این

مطلب را تأیید کرده‌اند. با توجه به اهمیت بررسی پاسخ‌های رشدی و عملکرد ارقام کنونی گندم نان این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی ۲۰ رقم گندم نان در شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری بعد از گل‌دهی در شرایط استان فارس انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵ - ۱۳۹۴ در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. مکان آزمایش واقع در منطقه باجگاه در ۱۱ کیلومتری شمال شرقی شهر شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا بود (مشخصات آب‌وهوایی منطقه در سال مذکور در جدول ۱ آورده شده است). در این آزمایش فاکتور اصلی رژیم آبیاری (آبیاری نرمال تا انتهای فصل رشد و قطع آبیاری از گل‌دهی تا رسیدن) و فاکتور فرعی شامل ۲۰ رقم گندم نان بود که این ارقام پس از بررسی‌های مقدماتی به‌عنوان رقم‌های مناسب کاشت در منطقه شناخته شده بودند (جدول ۲). زمین محل آزمایش در سال(های) پیش، در حالت آیش قرار داشته و عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک و کوددهی و تسطیح در اول آبان‌ماه انجام گرفت. بذر هریک از ارقام مختلف گندم روی خط‌هایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر و براساس تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع براساس شرایط غالب منطقه به‌صورت دستی در ۱۴ و ۱۵ آبان‌ماه کاشته شدند. کوددهی با مصرف کود سوپر فسفات تریپل و اوره در زمان خاک‌ورزی و همچنین اوره در هنگام پنجه‌زنی انجام شد. در تیمار آبیاری معمولی دور آبیاری مطابق عرف و براساس نیاز گیاه به‌صورت ۱۴ روز یک‌بار تا انتهای فصل رشد اجرا گردید.

در تیمار قطع آبیاری، کرت‌ها تا زمان گل‌دهی آبیاری شدند و سپس آبیاری تا انتهای فصل رشد قطع شد. مبارزه با علف‌های هرز مزرعه هم به روش شیمیایی و هم به‌صورت وجین دستی انجام گردید. برداشت محصول در تاریخ ۳۱ خردادماه ۱۳۹۵ انجام شد. در زمان رسیدگی، محصول هر کرت از مساحت یک مترمربع برداشت و وزن گردید. از محصول برداشت شده یک نمونه شامل ده ساقه بارور تهیه شد و در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. نمونه‌ها پس از خشک شدن خرمن‌کوبی و عملکرد و اجزای عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. وزن هزار دانه نیز با جدا کردن هزار دانه به‌وسیله شمارش و وزن کردن به‌دست آمد. شاخص‌های مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود.

در نهایت تعیین ارقام متحمل با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت انجام گردید. شاخص‌های تحمل به تنش شامل شاخص تحمل (TOL) (۲۲)، شاخص میانگین بهره‌وری (MP) (۲۲)، شاخص تحمل به تنش (STI) (۵)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (۵)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) (۶)، شاخص پایداری عملکرد (YSI) (۱) و شاخص عملکرد (YI) (۱۰) از روابط زیر محاسبه شدند.

$$SSI = (1 - (Ys / Yp))/(1 - ((\bar{Ys}) / (\bar{Yp}))) \quad (۱)$$

$$YI = Ys/(\bar{Ys}) \quad (۲)$$

$$YSI = Ys/Yp \quad (۳)$$

$$GMP = \sqrt{Ys \times Yp} \quad (۴)$$

$$STI = (Ys \times Yp)/(\bar{Yp})^2 \quad (۵)$$

$$TOL = Yp - Ys \quad (۶)$$

$$MP = (Ys + Yp)/2 \quad (۷)$$

در روابط فوق Ys عملکرد دانه در شرایط تنش، Yp عملکرد دانه در شرایط عدم تنش است. $(\bar{Ys})$ میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش و $(\bar{Yp})$ میانگین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش می باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین برهمکنش‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

جدول ۱. مشخصات آب‌وهوایی محل انجام آزمایش در سال زراعی ۹۵ – ۱۳۹۴

ماه	بیشینه دما (°C)	کمینه دما (°C)	میانگین دما (°C)	بیشینه رطوبت (٪)	کمینه رطوبت (٪)	میانگین رطوبت (٪)	مقدار بارش (mm)
مهر	۳۱	۳	۱۷/۸	۷۵	۱۰	۳۳/۸	۰
آبان	۲۶/۵	−۱/۸	۱۱/۵	۸۰	۸	۴۴/۹	۸۴/۵
آذر	۱۹	−۸	۵/۶	۷۹	۸	۴۵/۲	۱۲۰
دی	۱۶/۲	−۹/۶	۳/۷	۸۰	۸	۴۸/۷	۱۴
بهمن	۱۷/۵	−۱۱/۸	۳/۴	۷۹	۵	۴۳/۶	۲۳
اسفند	۳۰	−۵/۸	۹/۶	۸۰	۶	۴۱/۱	۸/۵
فروردین	۲۳/۵	−۷	۱۰/۳	۷۶	۸	۴۳/۲	۳۳/۵
اردیبهشت	۳۴	۰	۱۷/۶	۷۱	۵	۳۳/۸	۶
خرداد	۳۵/۵	۲	۲۰/۳	۶۰	۷	۲۷/۳	۰

همچنین به‌دلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل در صفات مورد مطالعه، از روش برش‌دهی فیزیکی برای مقایسه میانگین ارقام در دو سطح آبیاری استفاده شد. برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نیز از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رژیم آبیاری، ارقام گندم و برهمکنش تأثیر ارقام گندم و رژیم آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش رژیم آبیاری و ارقام گندم، از مقایسه سطوح عامل‌های اصلی و فرعی خودداری شده و فقط برهمکنش‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

عملکرد بیولوژیک

در شرایط آبیاری نرمال بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در رقم دانش (۲۳۳۹ گرم در مترمربع) به‌دست آمد که در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با بقیه ارقام نشان داد. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک را رقم تجن (۱۲۸۹ گرم در مترمربع) به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با بقیه ارقام داشت (جدول ۴). همچنین عملکرد بیولوژیک در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی به‌طور میانگین ۴۶/۴٪ کاهش نسبت به شرایط آبیاری نرمال در پی داشت (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست‌توده تولیدی می‌گردد. سایر محققان نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی گزارش کردند (۴، ۱۴، ۱۷ و ۲۰).

تعداد دانه در سنبله

بیشترین تعداد دانه در سنبله در شرایط آبیاری نرمال (۶۰/۳) و نیز در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی (۴۹/۳) مربوط به رقم دانش بود که با بقیه ارقام در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). میانگین کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی برابر با ۲۷/۱٪ نسبت به شرایط آبیاری نرمال بود (جدول ۵). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله ناشی از تنش خشکی آخر

جدول ۲. نام رقم‌های گندم مورد استفاده در آزمایش (۱۹)

رقم	سال معرفی	تیپ رشد و مناطق مورد کشت
514†	–	–
Fin 15	۱۳۸۷	پاییزه
افق	۱۳۹۱	بهاره
آذر	۱۳۳۵	رشد بینابین و متوسطرس، آب‌وهوای نسبتاً سرد با بارش کم، مانند کردستان، لرستان، همدان، کرمانشاه، آذربایجان و قسمتی از خراسان
†آمریکایی	–	پاییزه
بهاران	۱۳۹۴	بهاره
پیشتاز	۱۳۸۱	بهاره و آبی، نسبتاً زودرس، مناطق معتدله کشور مانند اصفهان، یزد، خراسان، تهران، مرکزی، سمنان، کرمانشاه و لرستان
تجن	۱۳۷۴	بهاره و آبی، زودرس، مناطق جلگه‌ای ساحل خزر
جلگه	۱۳۴۸	بهاره و آبی، متوسطرس، ورامین و مناطق مشابه
†جونز	–	–
دریا	۱۳۸۴	بهاره
سبلان	۱۳۶۰	پاییزه دیم و آبی، نسبتاً زودرس، آذربایجان
سیروان	۱۳۸۴	بهاره و معتدل
سیمونیدا	۱۳۸۲	پاییزه
†کراس عدل	–	–
کرج ۲	۱۳۵۴	بینابین و نیمه دیررس، مناطق سردسیری مانند کرج، قزوین، همدان، اصفهان، فارس و سایر مناطق مشابه
گاسپارد	۱۳۷۱	پاییزه
مغان	۱۳۵۲	بهاره و آبی، نسبتاً زودرس، در مناطق آبی دشت مغان
مهدوی	۱۳۷۴	پاییزه – بهاره و آبی، مناطق معتدله مانند تهران، مرکزی، سمنان، لرستان، کرمانشاه، اصفهان، یزد و اراضی لب شور معتدله
†دانش	–	–

†نشان‌دهنده عدم وجود اطلاعات مربوطه می‌باشد.

فصل توسط محققان گزارش شده است (۹، ۱۴ و ۲۰). مرحله گل‌شکفتگی درگندم از مراحل حساس زندگی گیاه بوده، به‌نحوی‌که کمبود رطوبت می‌تواند موجب عدم تلقیح و ناباروری گلچه‌ها در سنبله گردد (۱۴).

وزن هزار دانه

بیشترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری نرمال مربوط به رقم دانش (۳۸/۷ گرم) بود که تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام نشان داد. در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی بیشترین وزن هزار دانه نیز در رقم دانش (۳۲/۱ گرم) مشاهده شد که با رقم افق (۳۱/۳ گرم) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). میانگین کاهش وزن هزار دانه در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی برابر با ۱۳/۸٪ نسبت به شرایط آبیاری نرمال بود (جدول ۵).

محققان زیادی کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی را

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ارقام گندم نان در شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری پس از گل‌دهی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۲۰۵۹۳۲	۲۹/۱	۲/۴۴	۲۹۹۲۱۳	۰/۰۱
آبیاری	۱	۲۳۶۹۰۶۶**	۱۶۶۵**	۶۲۳**	۵۳۳۰۵۸۴۰۷**	۱۹/۹**
خطای a	۲	۷۳۴۳۱۴	۵/۲۰	۰/۵۸	۲۳۷۹۲۰	۰/۶۶
رقم	۱۹	۷۰۸۲۷۴۹**	۴۱۸**	۲۷/۶**	۶۶۰۵۹۲۵۳**	/۱۲**
رقم × آبیاری	۱۹	۸۱۸۶۶۴۲**	۱۰۹**	۵/۵۷**	۲۸۴۱۵۵۵۰**	/۸۶**
خطای b	۷۶	۶۳۵۷۹	۱/۷۱	۰/۰۳	۲۶۱۷۹	۰/۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۷/۷۴	۷/۹۳	۵/۵۲	۳/۲۱	۵/۰۷

ns: غیرمعنی‌دار *و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۴. برهمکنش تأثیر ارقام گندم و شرایط آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت

آبیاری	ارقام گندم	عملکرد بیولوژیک ($g\ m^{-2}$)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	شاخص برداشت (٪)
آبیاری نرمال	514	۱۵۳۰^{l}	۱۵/۶^{i}	۳۲^{fg}	۵۲۰^{j}	۳۳/۹h^{ij}
	Fin 15	۱۸۴۸^{fgh}	۲۴/۶^{fg}	۳۲/۷^{ef}	۶۳۸^{hi}	۳۴/۵^{hij}
	افق	۱۹۸۲^{c}	۳۵/۶^{c}	۳۴/۱^{bcde}	۸۰۷^{c}	۴۰/۷^{e}
	آذر	۱۸۰۰^{hij}	۳۲/۳^{de}	۳۳/۱^{cdef}	۷۴۸^{fe}	۴۱/۶^{de}
	آمریکایی	۱۹۰۸^{def}	۲۳/۳^{fgh}	۳۱/۷^{fgh}	۷۱۶^{f}	۳۷/۶^{fg}
	بهاران	۱۹۲۳^{cde}	۳۱/۳^{de}	۳۲/۳^{fg}	۷۲۴^{f}	۳۷/۷^{fg}
	پیشتاز	۲۱۱۸^{b}	۳۰/۵^{e}	۳۴/۵^{bc}	۷۴۳^{fe}	۳۵/۱^{h}
	تجن	۱۶۴۲^{k}	۲۱/۳^{h}	۳۴^{cde}	۶۱۰^{i}	۳۷/۱^{ef}
	جلگه	۲۱۲۴^{b}	۳۱/۶^{de}	۳۱^{gh}	۷۱۳^{fg}	۳۱/۷^{k}
	جونز	۱۸۰۵^{hij}	۳۱^{de}	۲۷/۹^{i}	۷۶۷^{de}	۴۲/۵^{cd}
	دریا	۱۷۷۷8^{ij}	۲۷/۳^{ef}	۳۴/۲^{bcd}	۶۲۲^{i}	۳۵^{hi}
	سبلان	۱۸۴۷^{fgh}	۲۳/۲^{gh}	۳۳/۲^{cdef}	۶۲۶^{i}	۳۳/۹^{hij}
	سیروان	۱۸۳۳^{ghi}	۳۳/۶^{cd}	۳۵/۵^{b}	۷۹۹^{cd}	۴۳/۵^{c}
	سیمونیدا	۱۹۵۷^{cd}	۳۳/۵^{cd}	۳۳/۸^{cde}	۷۲۱^{f}	۳۶/۱^{g}
	کراس عدل	۱۹۳۲^{cde}	۴۷/۳^{b}	۳۱/۹^{fg}	۹۲۶^{b}	۴۷/۹^{a}
	کرج ۲	۱۸۸۱^{efg}	۲۵/۵^{f}	۳۰/۵^{h}	۶۳۰^{i}	۳۳/۴^{j}
	گاسپارد	۲۱۴۲^{b}	۳۱/۴^{de}	۲۸/۵^{i}	۶۷۸^{g}	۳۳/۵^{ij}

ادامه جدول ۴.

	ارقام گندم	عملکرد بیولوژیک ($g\ m^{-2}$)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	شاخص برداشت (٪)
قطع آبیاری پس از گل‌دهی	مغان	۱۷۵۰^{j}	۳۲^{de}	۲۷/۷^{i}	۶۷۴^{gh}	۳۸/۵^{f}
	مهدوی	۱۶۳۳^{k}	۲۳/۴^{gh}	۳۲/۹^{def}	۶۲۳^{i}	۳۸/۱^{fg}
	دانش	۲۳۳۹^{a}	۶۰/۳^{a}	۳۸/۷^{a}	۱۰۰۲^{a}	۴۵/۷^{b}
	514	۸۱۸^{k}	۱۴/۶^{k}	۲۸/۷^{bc}	۲۶۵^{g}	۳۲/۴^{cde}
	Fin 15	۱۰۱۵^{e}	۱۹/۲^{h}	۲۹/۷^{b}	۲۷۶^{f}	۲۷/۲^{hi}
	افق	۹۹۱^{f}	۲۴/۷^{e}	۳۱/۳^{a}	۳۱۱^{de}	۳۱/۳^{f}
	آذر	۱۰۱۹^{e}	۲۴/۴^{e}	۲۸/۱^{cd}	۳۰۳^{e}	۲۹/۷^{g}
	آمریکایی	۱۰۶۵^{d}	۱۶/۷^{ij}	۲۸/۱^{cd}	۲۶۲^{g}	۲۴/۵^{j}
	بهاران	۱۰۷۶^{d}	۱۶/۲^{ij}	۲۸/۸^{bc}	۳۴۱^{c}	۳۱/۷^{def}
	پیشتاز	۸۴۶^{ij}	۱۷/۳^{i}	۲۸/۲^{cd}	۲۸۰^{f}	۳۳/۲^{c}
	تجن	۱۲۸۹^{a}	۱۴/۱^{jk}	۲۹^{bc}	۲۷۸^{f}	۲۱/۵^{l}
	جلگه	۱۱۳۶^{b}	۱۳/۵^{kl}	۲۵/۹^{f}	۲۶۴^{g}	۲۳/۲^{k}
	جونز	۱۱۳۹^{b}	۲۸/۴^{d}	۲۶/۱^{ef}	۳۵۹^{b}	۳۱/۵^{ef}
	دریا	۹۳۱^{h}	۲۲/۱^{fg}	۲۸^{cd}	۲۶۱^{g}	۲۸^{h}
	سبلان	۹۳۶^{h}	۱۵/۱^{jk}	۲۹/۱^{bc}	۲۱۱^{i}	۲۲/۶^{k}
	سیروان	۹۸۸^{f}	۳۰/۶^{c}	۲۸^{cd}	۳۶۲^{b}	۳۶/۶^{b}
	سیمونیدا	۹۹۶^{f}	۲۹/۴^{cd}	۲۸/۳^{cd}	۳۱۵^{d}	۳۱/۶^{ef}
	کراس عدل	۸۳۲^{jk}	۳۱^{c}	۲۹/۲^{bc}	۳۰۸^{de}	۳۷^{b}
	کرج ۲	۸۵۵^{i}	۲۲^{fg}	۲۳/۴^{j}	۲۲۶^{h}	۲۶/۵^{j}
	گاسپارد	۱۰۷۳^{d}	۱۲^{l}	۲۴/۸^{f}	۲۶۴^{g}	۲۴/۶^{j}
	مغان	۹۳۵^{h}	۲۱/۱^{gh}	۲۵/۵^{f}	۳۰۵^{de}	۳۲/۷^{cd}
	مهدوی	۱۱۱۱^{c}	۲۳^{ef}	۲۷/۲^{de}	۱۸۴^{j}	۱۶/۶^{m}
	دانش	۹۶۶^{g}	۴۹/۳^{a}	۳۲/۱^{a}	۴۸۶^{a}	۴۰/۵^{a}

در هر رژیم آبیاری برای هر ویژگی، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک باشد، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارد.

گزارش کرده‌اند (۷، ۱۵ و ۲۶). کریم‌زاده و همکاران (۱۴) گزارش کردند که تنش خشکی بعد از گل‌دهی باعث کاهش تعداد سلول آندوسپرم در قاعده و رأس سنبله شده و در نهایت از وزن دانه می‌کاهد. تنش خشکی پس از گل‌دهی به‌علت کوتاه‌تر شدن طول دورهٔ پر شدن دانه و تشدید تنش خشکی به‌علت گرم‌تر شدن دمای هوا باعث کوچک‌تر شدن اندازه و کاهش وزن دانه‌ها می‌گردد. البته باید متذکر شد که گیاه در مواجهه با تنش خشکی و برای جلوگیری از خروج آب، روزنه‌ها را می بندد که این موضوع در نهایت باعث کاهش فتوسنتز جاری و کاهش مواد پرورده‌ای برای پر شدن دانه‌ها

جدول ۵. درصد تغییر میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ارقام گندم در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی

ارقام گندم	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
514	-۴۶/۵	-۶/۴	-۱۰/۳	-۴۹	-۴/۴۲
Fin 15	-۴۵/۱	-۲۱/۹	-۹/۱۷	-۵۶/۷	-۲۱/۲
افق	-۵۰	-۳۰/۶	-۸/۲۱	-۶۱/۵	-۲۳/۱
آذر	-۴۳/۴	-۲۴/۵	-۱۵/۱	-۵۹/۵	-۲۸/۴
آمریکایی	-۴۴/۲	-۲۸/۳	-۱۱/۴	-۶۳/۴	-۳۴/۷
بهاران	-۴۴	-۴۸/۲	-۱۰/۸	-۵۲/۹	-۱۵/۷
پیشتاز	-۶۰/۱	-۴۳/۳	-۱۸/۳	-۶۲/۳	-۵/۷
تجن	-۲۱/۵	-۳۳/۸	-۱۴/۷	-۵۴/۴	-۴۲
جلگه	-۴۶/۵	-۵۷/۳	-۱۶/۴	-۶۳	-۲۶/۶
جونز	-۳۶/۹	-۸/۳۹	-۶/۴۵	-۵۳/۲	-۲۵/۷
دریا	-۴۷/۶	-۱۹	-۱۸/۱	-۵۸	-۱۹/۸
سبلان	-۴۹/۳	-۳۴/۹	-۱۲/۳	-۶۶/۳	-۳۳/۱
سیروان	-۴۶/۱	-۸/۹۳	-۲۱/۱	-۵۴/۷	-۱۵/۹
سیمونیدا	-۴۹/۱	-۱۲/۲۴	-۱۶/۳	-۵۶/۳	-۱۳/۱
کراس عدل	-۵۶/۹	-۳۴/۵	-۸/۴۶	-۶۶/۷	-۲۲/۸
کرج ۲	-۵۴/۵	-۱۳/۷	-۲۳/۳	-۶۴/۱	-۲۰/۹
گاسپارد	-۴۹/۹	-۶۱/۸	-۱۳	-۶۱	-۲۶/۳
مغان	-۴۶/۶	-۳۴/۱	-۷/۹۴	-۵۴/۷	-۱۵/۳
مهدوی	-۳۲	-۱/۷۴	-۱۷/۳	-۷۰/۵	-۵۶/۴
دانش	-۵۸/۷	-۱۸/۲	-۱۷	-۵۱/۵	-۱۱/۴
میانگین	-۴۶/۴	-۲۷/۱	-۱۳/۸	-۵۹	-۲۳/۲

می‌شود که این امر موجب کاهش وزن دانه خواهد شد.

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم دانش در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰۲ گرم در مترمربع) و قطع آبیاری پس از گل‌دهی (۴۸۶ گرم در مترمربع) بود که با بقیه ارقام در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد (جدول ۴). علاوه بر این عملکرد دانه در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی ۵۹٪ کاهش میانگین نسبت به شرایط آبیاری نرمال در پی داشت (جدول ۵). کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (۱، ۱۴، ۱۵ و ۲۱). گنزالس و همکاران (۱۲) در مطالعه‌ای مشابه نتیجه گرفتند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. این پژوهشگران دریافتند که تنش خشکی از راه تسریع پیری برگ‌ها، کاهش فتوسنتز، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه را که از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه می باشند، کاهش داد.

شاخص برداشت

برهمکنش شرایط آبیاری و ارقام گندم حاکی از آن بود که در شرایط آبیاری نرمال رقم کراس عدل بیشترین شاخص برداشت

را به خود اختصاص داد (۴۷/۹٪) که در سطح آماری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام نشان داد، اما در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی بیشترین میزان شاخص برداشت در رقم دانش (۴۰/۵٪) مشاهده شد (جدول ۴). همچنین میانگین کاهش شاخص برداشت در اثر قطع آبیاری پس از گل‌دهی برابر با ۲۳/۲٪ بود (جدول ۵). کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۷، ۱۴، ۱۷ و ۲۶). همان‌گونه که بیان شد عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (کل زیست‌توده تولیدی) در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابند لذا شاخص برداشت نیز کاهش می‌یابد.

شاخص‌های تحمل به خشکی

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی بیانگر همبستگی معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) در سطح احتمال ۱٪ بود (جدول ۶). تیمورپور (۲۷) و صادق‌زاده اهری (۲۴) و کامرانی و همکاران (۱۳) نیز همبستگی بین عملکرد دانه ارقام در هر دو شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) را مثبت و بسیار معنی‌دار گزارش کردند. عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های STI، YI، MP و GMP در سطح احتمال ۱٪ همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد، درحالی‌که عملکرد در شرایط تنش با شاخص YSI و در شرایط بدون تنش با شاخص TOL نیز در سطح احتمال ۱٪ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. علاوه بر این عملکرد دانه در شرایط تنش با شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. شفازاده و همکاران (۲۵)، صادق‌زاده اهری (۲۴)، و کامرانی و همکاران (۱۳)، کوچکی و همکاران (۱۶)، و کریم‌زاده و همکاران (۱۴)، نیز در بررسی ژنوتیپ‌های گندم، ضریب همبستگی بین عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش را با شاخص‌های STI، MP و GMP مثبت و بسیار معنی‌دار گزارش کردند. طبق نتایج مشابه در پژوهش‌های سایر محققان به‌طورکلی شاخص‌هایی که تحت هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب معرفی شوند زیرا این شاخص‌ها قادر به شناسایی و گزینش ارقام و ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند. نتایج ذکر شده در پژوهش‌های دیگر محققین در این زمینه نیز گزارش شده است (۸، ۱۱ و ۲۵).

با استفاده از داده‌های موجود در جدول ۷ و ضرایب همبستگی تجزیه صفات به مولفه‌های اصلی به‌دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها نشان‌دهنده این بود که بیشترین تغییرات بین داده‌ها توسط دو مؤلفه اول (۹۹/۵٪) توجیه می‌شوند. اولین مؤلفه اصلی ۷۰/۱٪ از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش و همچنین با شاخص‌های STI، YI، GMP و MP داشت، بنابراین مؤلفه اول به‌عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و متحمل به خشکی نام‌گزاری شد. با توجه به اینکه میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب است، بنابراین ارقامی که براساس این مؤلفه انتخاب می‌شوند به‌عنوان ارقامی با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی معرفی خواهند شد. دومین مؤلفه ۲۹/۴٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کرد و همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش و شاخص‌های YSI و YI و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های SSI و TOL داشت و بنابراین به‌عنوان مؤلفه حساسیت به تنش نام‌گزاری شد. انتخاب براساس این مؤلفه، ارقامی با عملکرد پایین در شرایط تنش و با حساسیت بالا به تنش را پیشنهاد می‌کند (جدول ۸). محمدی و همکاران (۱۸) نشان دادند که دو مؤلفه اصلی اول در مجموع ۹۹/۹۵٪ از کل تغییرات را توجیه می‌کند و مؤلفه اول با شاخص‌های STI ، GMP و MP و عملکرد تحت شرایط تنش خشکی و مؤلفه دوم با شاخص‌های TOL و SSI و عملکرد در شرایط بدون تنش خشکی همبستگی مثبت داشتند. کامرانی و همکاران (۱۳) نیز نتایج مشابهی در رابطه با تجزیه شاخص‌های تحمل و ارقام

جدول ۶. ضرایب همبستگی شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه ارقام گندم نان در شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری پس از گل‌دهی

	YSI	YI	STI	SSI	TOL	GMP	MP	Yp
YI	۰/۳۴^{ns}							
STI	۰/۴۰^{ns}	۰/۹۶**						
SSI	−۱**	−۰/۶۴^{ns}	−۰/۴۰^{ns}					
TOL	−۰/۵۲*	۰/۳۰^{ns}	۰/۵۴*	۰/۵۲**				
GMP	۰/۴۱^{ns}	۰/۹۶**	۰/۹۹**	−۰/۴۱^{ns}	۰/۵۵*			
MP	۰/۲۶^{ns}	۰/۹۰**	۰/۹۸**	−۰/۲۶^{ns}	۰/۶۸**	۰/۹۹**		
Yp	۰/۰۲^{ns}	۰/۷۷**	۰/۹۰**	−۰/ ۰۲ ^{ns}	۰/۸۴**	۰/۹۲**	۰/۹۷**	
Ys	۰/۶۴**	۱**	۰/۹۶**	−۰/۶۴**	۰/۳۰^{ns}	۰/۹۶**	۰/۹۰**	۰/۷۷**

ns: غیرمعنی‌دار * و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد. شاخص‌ها عبارتند از Yp عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys عملکرد در شرایط تنش خشکی، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهروری، TOL شاخص تحمل، SSI شاخص حساسیت به تنش، STI شاخص تحمل به تنش، YI شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد

گندم به مؤلفه‌های اصلی گزارش کردند. کریم‌زاده و همکاران (۱۴) نیز بیان کردند که مؤلفه اول همبستگی مثبت و معنی‌داری با MP، GMP و STI داشت و بیانگر این بود که مؤلفه اول دارای پتانسیل عملکرد بالا و تحمل به تنش خشکی است و مؤلفه دوم همبستگی مثبت و بالایی با SSI و TOL داشت که بیانگر این است که مؤلفه دوم به‌عنوان مؤلفه حساسیت به تنش بود. سادات سیاح و همکاران (۲۳) و درستکار و همکاران (۲) نیز نتایج مشابهی را به‌دست آوردند. براساس نتایج پژوهش حاضر تفسیر نتایج براساس دو مؤلفه اول کارایی بالایی دارد (بیش از ۹۹٪) و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها تنها موجب از دست رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات (کمتر از ۰/۵٪) می‌شود، بنابراین با استفاده از دو مؤلفه اول نمودار گرافیکی بای‌پلات ترسیم شد (شکل ۱). براساس بای‌پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه اصلی اول و دوم ارقام براساس میانگین عملکرد و تحمل به تنش آنها تقسیم شدند. ارقام دانش و سیروان با عملکرد بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت شاخص‌های مهم تحمل به خشکی STI، GMP ، MP و YSI قرار گرفتند. بنابراین، این ارقام دارای عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی آخر فصل و شرایط بدون تنش می‌باشند. علاوه بر این ارقام بهاران، سیمونیدا و جونز که در سمت راست خط شاخص YSI قرار دارند دارای عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش خشکی آخر فصل و ارقام سمت چپ این شاخص دارای عملکرد پایین تحت هر دو شرایط هستند. همچنین ارقام تجن، دریا، کرج ۲، سبلان، Fin15، 514 در ناحیه‌ای با عملکرد پایین در شرایط تنش خشکی آخر فصل و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به تنش خشکی TOL و SSI قرار گرفتند. بنابراین، این ارقام دارای عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند. ارقامی همچون کراس عدل، افق و آذر نیز ارقامی با پتانسیل عملکرد بالا در شرایط بدون تنش بودند.

نتیجه‌گیری

رقم‌های گندم نان مورد بررسی در این پژوهش از تنوع زیادی در عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش با عملکرد دانه،

جدول ۷. شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه ارقام گندم نان در شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری پس از گل‌دهی

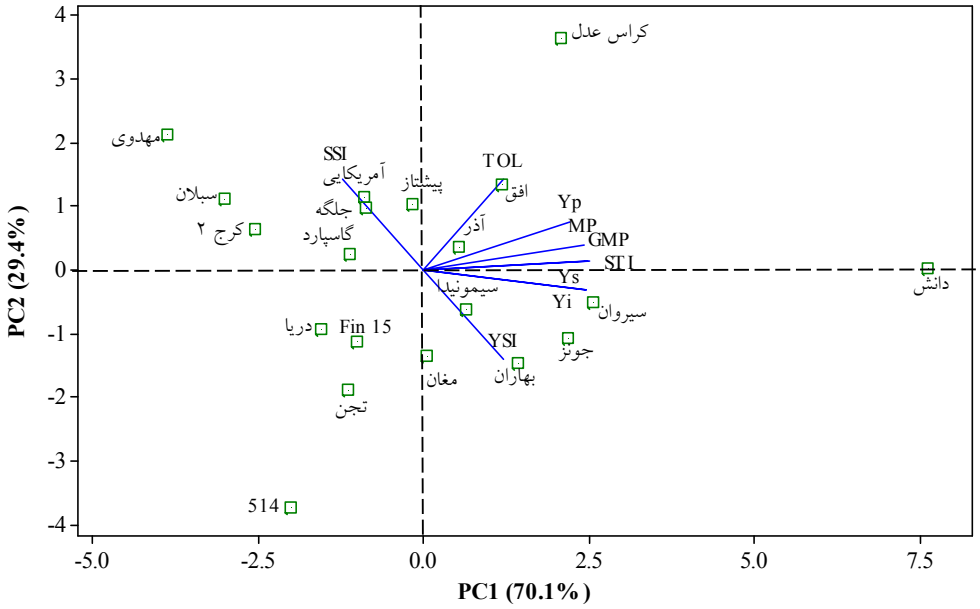
ارقام گندم	$g.m^{-2}Ys$	$g.m^{-2}Yp$	MP	GMP	TOL	SSI	STI	YI	YSI
514	۲۶۵	۵۲۱	۳۹۳	۳۷۱	۲۵۶	۰/۸۳	۰/۲۷	۰/۹۰	۰/۵۱
Fin 15	۲۷۶	۶۳۸	۴۵۷	۴۲۰	۳۶۲	۰/۹۶	۰/۳۵	۰/۹۴	۰/۴۳
افق	۳۱۱	۸۰۷	۵۵۹	۵۰۱	۴۹۷	۱/۰۴	۰/۴۹	۱/۰۶	۰/۳۸
آذر	۳۰۳	۷۴۹	۵۲۶	۴۷۶	۴۴۵	۱/۰۱	۰/۴۴	۱/۰۴	۰/۴۱
آمریکایی	۲۶۲	۷۱۷	۴۸۹	۴۳۳	۴۵۵	۱/۰۸	۰/۳۷	۰/۸۹	۰/۳۷
بهاران	۳۴۱	۷۲۵	۶۳۳	۴۹۷	۳۸۴	۰/۹۰	۰/۴۸	۱/۱۶	۰/۴۷
پیشتاز	۲۸۱	۷۴۳	۵۱۲	۴۵۷	۴۶۳	۱/۰۶	۰/۴۱	۰/۹۶	۰/۳۸
تجن	۲۷۸	۶۱۰	۴۴۴	۴۱۲	۳۳۲	۰/۹۲	۰/۳۳	۰/۹۵	۰/۴۶
جلگه	۲۶۴	۷۱۳	۴۸۸	۴۳۳	۴۴۹	۱/۰۷	۰/۳۷	۰/۹۰	۰/۳۷
جونز	۳۵۷	۷۶۷	۵۶۲	۵۲۴	۴۰۹	۰/۹۰	۰/۵۴	۱/۲۲	۰/۴۷
دریا	۲۶۰	۶۲۲	۴۴۲	۴۰۳	۳۶۰	۰/۹۸	۰/۳۲	۰/۸۹	۰/۴۲
سبلان	۲۱۱	۶۲۶	۴۱۹	۳۶۴	۴۱۵	۱/۱۲	۰/۲۶	۰/۷۲	۰/۳۴
سیروان	۳۶۲	۷۹۹	۵۸۰	۵۳۸	۴۳۷	۰/۹۳	۰/۵۷	۱/۲۴	۰/۴۵
سیمونیدا	۳۱۵	۷۲۱	۵۱۸	۴۷۶	۴۰۷	۰/۹۶	۰/۴۴	۱/۰۷	۰/۴۴
کراس عدل	۳۰۸	۹۲۶	۶۱۷	۵۳۴	۶۱۸	۱/۱۳	۰/۵۶	۱/۰۵	۰/۳۳
کرج ۲	۲۲۶	۶۲۹	۴۲۸	۳۷۷	۴۰۴	۱/۰۹	۰/۲۸	۰/۷۷	۰/۳۶
گاسپارد	۲۶۴	۶۷۸	۴۷۱	۴۲۳	۴۱۴	۱/۰۴	۰/۳۵	۰/۹۰	۰/۳۹
مغان	۳۰۵	۶۷۴	۴۹۰	۴۵۴	۳۶۹	۰/۹۳	۰/۴۰	۱/۰۴	۰/۴۵
مهدوی	۱۸۴	۶۲۳	۴۰۴	۳۳۹	۴۳۹	۱/۱۹	۰/۲۲	۰/۶۳	۰/۳۰
دانش	۴۸۶	۱۰۰۲	۷۴۴	۶۹۸	۵۱۶	۰/۸۷	۰/۹۵	۱/۶۶	۰/۴۸

شاخص‌ها عبارتند از Yp عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys عملکرد در شرایط تنش خشکی، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، SSI شاخص حساسیت به تنش، STI شاخص تحمل به تنش، YI شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد.

جدول ۸. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش

مؤلفه اصلی	مقدار ویژه	درصد تجمعی	YSI	YI	STI	SSI	TOL	GMP	MP	Yp	Ys
PC1	۶/۳۱	۷۰/۱	۰/۱۹	۰/۳۹	۰/۳۹	-۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۴	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۹
PC2	۲/۶۴	۹۹/۵	-۰/۵۴	-۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۲۹	-۰/۱۲

شاخص‌ها عبارتند از PC1: مؤلفه اول، PC2: مؤلفه دوم، Yp عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys عملکرد در شرایط تنش خشکی، MP میانگین بهره‌وری، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، SSI شاخص حساسیت به تنش، STI شاخص تحمل به تنش، YI شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد



شکل ۱. نمودار گرافیکی بای‌پلات ارقام گندم نان مورد مطالعه در شاخص های مقاومت براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی

مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال و گزینش ارقـــام متحمل به تنش خشکی، شاخص‌های GMP، STI، MP و YI شناخته شدند. به نظر می‌رسد رقم‌های دانش، سیروان، بهاران، جـونز و سیمونیدا که دارای پتانسیل تولید بالاتری در هر دو شرایط تنش خشکی آخر فصل و آبیاری معمولی بودند، قابـل توصـیه بـرای کشت‌وکار در شرایط معمولی و تنش خشکی آخر فصل باشند.

منابع مورد استفاده

1. Abid, M., Z. Tian, S. T. Ata-Ul-Karim, Y. Liu, Y. Cui, R. Zahoor and T. Dai. 2016. Improved tolerance to post-anthesis drought stress by pre-drought priming at vegetative stages in drought-tolerant and-sensitive wheat cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry* 106: 218-227.
2. Dorostkar, S., A. Dadkhodaie and B. Heidari. 2015. Evaluation of grain yield indices in hexaploid wheat genotypes in response to drought stress. *Archives of Agronomy and Soil Science* 61 (3): 397-413.
3. Emam, Y. 2013. Cereal Crops. Shiraz University Press, Shiraz. (In Farsi).
4. Emam, Y., A. Ranjbari and M. J. Bahrani. 2006. Evaluation of yield components in wheat cultivars under post-anthesis drought stress. *Agriculture and Natural Resources* 11: 317 – 328. (In Farsi).
5. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. pp. 257-270. *In:* C. G. Kuo (Ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Tainan, Taiwan.
6. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield response. *Australin Journal of Agricultural Research* 29: 897- 912.
7. Foulkes, M. J., R. K. Scott and R. Syvester-Bradley. 2001. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: resource capture. *Journal of Agricultural Science* 137:1–16.
8. Garavandi, M., M. Farshadfar and D. Kahrizi. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. *Seed and Plant Improvment Journal* 26: 233-252.
9. Garcia del Moral, L. F., Y. Rharrabti, D. Villegas and C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agronomy Journal* 95: 266274.

10. Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R. G. Campaline, G. L. Ricciardi and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 523-531.
11. Golabadi, M., A. Arzani and S. A. M. Mirmohamadi maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research* 1: 162-171.
12. Gonzalez, A., V. Bermjo and B. S. Gimeno. 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. *Journal of Agricultural Science* 148: 319–328.
13. Kamrani, M., A. Farzi and A. Ebadi. 2015. Evaluation of grain yield performance and tolerance to drought stress in wheat genotypes using drought tolerance indices. *Jornal of Cereal Research* 5 (3): 231- 246. (In Farsi).
14. Karimzade, H., S. Y. Emam and S. Muri. 2012. Responses of yield, yield components and tolerane indices in bread and durum wheat cultivas to post-anthesis drought stress. *Iranian Journal of Field Crop Science* 43(1):151-162. (In Farsi)
15. Kirigwi, F. M., M. Van Ginkel, R. Trethowan, R. G. Sears, S. Rajaram and G. M. Paulsen. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135: 361–371.
16. Koocheki, A. R., A. Yazdansepas and H. R. Nikkhah. 2005. Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Science* 8 (1): 14-29. (In Farsi).
17. Mohammadi, A., A. Majidi, R. Bihamta and H. Heidari Sharifabad. 2006. Evaluation of drought stress on agro - morphological characteristics in some wheat cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi* 73: 184192. (In Farsi).
18. Mohammadi, M., R. Karimzade and M. Abdipour. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dry land and supplemental irrigation conditions. *Australian Journal of Crop Science* 5 (4): 487-493.
19. Nikzad, A., M. Dastfal and S. Sarikhani khorami. 2013. Bread Wheat, Durum Wheat, Barley and Triticale Cultivars and Lines Suitable for Cultivation in Fars Province. Agricultural and Natural Resources of Fars Press, Fars.
20. Pireivatlou, A. S., B. Dehdar Masjedlou and T. A. Ramiz. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research* 5: 2829-2836.
21. Rajala, A., K. Hakala, P. M. Kela, S. Muurinen and P. Peltonen-Sainio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. *Field Crops Research* 114: 263–271.
22. Rossielle, A. and A. J. Hamblin. 1981. Theorical aspects of selection for stress and non-stress environment. *Crop Science* 21: 1441- 1446.
23. Sadat Sayyah, S., M. Ghobadi, S. Mansoorifar and A. R. Zebarjadi. 2012. Evaluation of drought tolerant in some wheat genotypes to post-anthesis drought stress. *Journal of Agricultural Science* 4 (11): 248-256.
24. Sadeghzade Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land promising durum wheat genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences* 8: 30-45. (In Farsi).
25. Shafazadeh, M. K., A. Yazdansepas, A. Amini and M. R. Ghannadha. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal* 20: 57-71. (In Farsi).
26. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98: 222–229.
27. Teimoorpour, H. 2004. Assessment of the effect of drought stress on some morphological and agronomic traits in wheat cultivars. MSc. Thesis, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran. (In Farsi).

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 7, No. 4, Winter 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of Yield, Yield Components and Stress Tolerance Indices in Bread Wheat Cultivars at Post-anthesis Irrigation Cut-Off

GH. Halim[1], Y. Emam[2]* and E. Shakeri[3]

(Received: January 28-2017; Accepted: July 31-2017)

Abstract

Wheat grain yield reduction occurs in most wheat growing regions of Iran due to post-anthesis water stress. This research was conducted to evaluate yield and yield components of wheat cultivars in normal irrigation and post anthesis irrigation cut-off conditions as a split-plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications during 2015-16 in College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. The main plots included irrigation regimes (normal irrigation until the end of the growth season and irrigation cut-off from flowering to maturity) and subplots composed of 20 bread wheat cultivars. The results showed that irrigation cut-off caused a significant reduction in biological yield (46.4%), grain yield (59%), harvest index (23.7%), number of grains per spike (27.1%) and 1000 grain weight (13.8%). The highest grain yield in normal irrigation (1002 gm^{-2}) and post anthesis irrigation cut-off conditions (485.7 gm^{-2}) was obtained from Danesh cultivar. Among indices, stress tolerance index (STI), mean productivity (MP), and geometric mean productivity (GMP) had positive and significant correlations with grain yield in stress and non-stress conditions. Therefore, it appeared that these indices might be suitable for identification and selection of wheat cultivars that are tolerant to post anthesis irrigation cut-off. In general, the results indicated that Danesh, Sirvan, Baharan, Jones and Symonyda cultivars out–yielded the remaining ones under both stress and non-stress conditions.

Keywords: Irrigation regimes, Stress tolerance, Mean productivity, Geometric mean productivity indices

1. MSc. Student, Professor and PhD. Student, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
*. Corresponding Author, Email: Yaemam@shirazu.ac.ir