

بررسی تحمل ژنوتیپ های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به تنش خشکی انتهایی فصل بر اساس

برخی صفات زراعی

- ۱- داود افیونی، دانشجوی دکتری زراعت پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
- ۲- ایرج اله دادی، دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
alahdadi@ut.ac.ir
- ۳- غلام عباس اکبری، دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
- ۴- گودرز نجفیان، استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۱۴

پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۲

چکیده

تنش خشکی انتهایی فصل باعث کاهش عملکرد گندم در بسیاری از مناطق ایران می‌شود. با انتخاب ارقام متحمل می‌توان خسارت این تنش را کاهش داد. ژنوتیپ‌های WS-82-9، سیروان، WS-86-14، پیشتاز، پارسی، بک کراس روشن، ارگ، روشن، پیشگام، الوند و مهدوی طی دو سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۰ در منطقه اصفهان در دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی آخر فصل از نظر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه مطالعه شد. تنش خشکی باعث کاهش صفات گردید و شدت تنش (SI) برای صفات فوق به ترتیب ۰/۲۵۹، ۰/۳۲۵ و ۰/۴۲۴ بود. ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات تفاوت داشتند. تعداد ۱۱ شاخص تحمل و حساسیت به تنش و میانگین رتبه هر ژنوتیپ برای شاخص‌ها محاسبه شد. از نظر عملکرد دانه، ارقام پیشگام، سیروان، الوند و لاین WS-86-14 به ترتیب چهار ژنوتیپ متحمل و رقم روشن حساس‌ترین ژنوتیپ بود. شاخص‌های MP، GMP، STI، HM و MSTI(k1) با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و عدم تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با شاخص برداشت، اهمیت توجه به این صفت را نشان داد. از نظر شاخص برداشت، لاین WS-86-14 و رقم روشن به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ بود. رقم‌های پیشگام و سیروان برای کاشت در مناطق مشابه که احتمال وقوع تنش خشکی در انتهای دوره رشد گندم وجود دارد توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: شاخص برداشت؛ عملکرد بیولوژیک؛ عملکرد دانه؛ وزن هزار دانه

مقدمه

اغلب با کمبود آب و تنش گرما در طول رشد و نمو دانه روبرو می‌شود [۱۱ و ۱۲]. اگر نواحی تحت تنش را مناطقی با بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلیمتر بدانیم، بیش از ۹۰ درصد از ایران تحت تنش خشکی است به طوری که این تنش مهم‌ترین تنش تاثیر گذار بر گیاهان زراعی شناخته می‌شود [۱۱]. بخش زیادی از مناطق ایران خصوصیات اقلیم مدیترانه‌ای را دارد که باعث کاهش عملکرد گندم می‌شود [۳۲ و ۳۳]. از دیگر دلایل محدودیت آب در گندم آبی در آخر فصل، رقابت

خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که حدود ۳۲ درصد از ۹۹ میلیون هکتار کشت گندم در کشورهای در حال توسعه و ۶۰ میلیون هکتار زراعت گندم در کشورهای توسعه یافته را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۲۸]. در نواحی دارای اقلیم مدیترانه‌ای، تولید گندم اغلب بر اثر شرایط نامناسب رطوبتی محدود می‌شود [۳۵]. از ویژگی‌های مناطق نیمه خشک با اقلیم مدیترانه‌ای، این است که در بهار، زمانی که گندم وارد دوره پر شدن دانه می‌گردد، بارندگی کاهش و تبخیر از خاک افزایش می‌یابد و گندم

نظر مقاومت به خشکی انتهای فصل ارزیابی شد. در تیمار قطع آبیاری رقم کویر و در تیمار آبیاری معمول رقم شیروودی بیشترین عملکرد دانه را داشتند. همچنین تفاوت بین ارقام از نظر وزن هزار دانه در دو حالت آبیاری معمول و تنش خشکی معنی‌دار بود [۲۲]. در مطالعه‌ای در اصفهان با هدف بررسی واکنش صفات فیزیولوژیک و عملکرد ده رقم گندم نان به تنش خشکی، مشخص گردید که در شرایط تنش، شاخص برداشت بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت [۶]. در یک بررسی دو ساله در کرج که با ۲۰ رقم گندم در دو شرایط تنش و نبود تنش خشکی اجرا شد، ضمن تعیین متحمل‌ترین ارقام نتیجه‌گیری گردید که مکانیسم‌های افزایش عملکرد در شرایط فاریاب و تنش خشکی متفاوت از یکدیگر عمل می‌کنند [۲]. تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دوروم با استفاده از هفت شاخص مختلف تحمل به خشکی در کرمانشاه ارزیابی و در مجموع بر مبنای شاخص‌های مقاومت به خشکی مبتنی بر عملکرد دانه، ژنوتیپ شماره ۱۴ به عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش شناخته شد [۳۷]. در بررسی انجام شده در داراب فارس با توجه به اینکه شاخص‌های MP، GMP و STI بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عملکرد دانه در شرایط مطلوب، تنش خشکی ملایم و شدید داشتند، به عنوان شاخص‌های مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی توصیه و با در نظر گرفتن این شاخص‌ها، متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها برای شرایط تنش خشکی ملایم و شدید معرفی شد [۹]. مطالعه تأثیر تنش خشکی پایان فصل بر عملکرد و اجزای آن در ۱۶ ژنوتیپ گندم در باجگاه شیراز نشان داد که از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، رقم شیراز از پایداری عملکرد و مقاومت به تنش خشکی آخر فصل بیشتری برخوردار است [۵].

گندم آبی در مناطق مختلف کشور از جمله استان اصفهان، با درجه‌های مختلفی از تنش خشکی آخر فصل مواجه می‌گردد. در راستای کاهش اثرات این تنش بر تولید گندم، معرفی رقم‌های متحمل در دستور کار پژوهشگران گندم کشور قرار دارد. موفقیت در دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی آخر فصل مستلزم مقایسه ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش

زراعت‌های بهاره با آبیاری‌های پایانی گندم است. این محدودیت بسته به زمان آن تأثیر زیادی بر عملکرد گندم دارد [۳ و ۲۷].

از اهداف اساسی به‌نژادی معرفی ژنوتیپ‌های برخوردار از عملکرد بالا و نیز دارای پایداری عملکرد در پاسخ به تغییرات محیطی است [۲۴]. برخی معتقدند که برای شرایط تنش، انتخاب غیر مستقیم ژنوتیپ‌های پرتوان در شرایط بدون تنش، از گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی سودمندتر است [۱۹ و ۲۹]. اما با افزایش شدت تنش، درجه موفقیت برای انتخاب غیرمستقیم کاهش می‌یابد [۱۸].

تحمل به خشکی عبارت است از مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش است [۲۵]. شاخص‌هایی مانند شاخص حساسیت به تنش (SSI)، میانگین تولید (MP)، میانگین هندسی تولید (GMP)، شاخص تحمل (Tol)، شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص پایداری (YSI)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص عملکرد (YI) برای ارزیابی واکنش عملکرد گیاه در شرایط تنش ارائه شده [۷، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۲۰ و ۳۰] و شاخص جدیدی نیز تحت عنوان شاخص تحمل به تنش تغییر یافته (MSTI) توسط یک محقق ایرانی معرفی شده است [۲۴]. هر یک از شاخص‌ها دارای مزایا و معایبی است [۲۴]. گزارش شده است که گزینش برای تحمل به خشکی بر مبنای هر یک از شاخص‌ها و یا عملکرد به تنهایی مشکل و گاه باعث نتایج ضد و نقیض است [۳۷]. برخی بررسی‌ها، SSI و Tol را شاخص‌های مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نمی‌داند [۳۶]. به عنوان مثال شاخص SSI شاید قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط، نباشد [۳۴ و ۳۷]. با این حال در مواردی از آن برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به تنش استفاده شده است [۱]. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس هر دو شاخص STI و SSI بهتر از انتخاب بر پایه فقط یکی از این شاخص‌هاست [۲۶]. شاخص STI، بهترین شاخص برای ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های گندم به تنش گرمای آخر فصل در منطقه اهواز معرفی شده است [۲۳].

در پژوهشی دو ساله در دانشگاه شیراز، ۳۰ رقم گندم از

آخرین آبیاری هر گروه در زمان سنبله رفتن آن گروه انجام شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول چهار متر و فاصله ۲۰ سانتیمتر بود؛ کاشت با استفاده از خطی کار مخصوص کاشت پلات‌های آزمایشی غلات از نوع وینتراشتاایگر (Wintersteiger) با عرض کاشت ۱/۲ متر انجام شد. تاریخ کاشت در سال اول و دوم به ترتیب ۲۰ و ۲۵ آبان بوده تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در متر مربع بود که بر اساس وزن هزار دانه هر رقم توزین و ضد عفونی شد. در هر دو سال، زمین محل کشت در سال زراعی قبل آیش بود و تهیه زمین شامل شخم، دیسک، لولر، کودپاشی و فارروزی در زمان مناسب انجام گرفت. بر اساس آزمون خاک (جدول ۲)، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم (به صورت سولفات پتاسیم) و ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر (به صورت سوپر فسفات تریپل) مصرف شد. مقدار ۲۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار (به صورت اوره) در سه مرحله قبل از کاشت، ساقه روی و قبل از ظهور سنبله‌ها با نسبت مساوی استفاده شد. ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه بررسی گردید.

عملکرد دانه هر کرت در سطح ۳/۶ متر مربع و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح ۱/۲ متر مربع اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، بوته‌های گندم در مساحتی معادل ۱/۲ متر مربع از سطح زمین برداشت و وزن شد. پس از کوبیدن این بوته‌ها، دانه از کاه جدا، توزین و شاخص برداشت محاسبه گردید.

است که در این راستا می‌توان از شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به تنش استفاده نمود.

هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی پاسخ ۱۱ ژنوتیپ گندم نان از نظر عملکرد دانه و سه صفت مهم مرتبط با عملکرد، به تنش خشکی آخر فصل با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به تنش است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در طول دو سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان واقع در طول ۵۲ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی، عرض ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی، در ارتفاع ۱۵۵۰ متر بالاتر از سطح دریا با متوسط بارش دراز مدت ۱۱۵ میلیمتر در سال، اجرا شد. طرح آماری مورد استفاده کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. کرت‌های اصلی شامل دو تیمار آبیاری کامل تا زمان رسیدگی، و اعمال تنش خشکی انتهایی از طریق قطع آب از مرحله سنبله-دهی به بعد بود. کرت‌های فرعی به ۱۱ ژنوتیپ گندم-WS-82-9، سیروان، WS-86-14، پیشتاز، پارس، بک کراس روشن، ارگ، روشن، پیشگام، الوند و مهدوی اختصاص داشت.

اگر چه تفاوت تاریخ سنبله‌دهی ژنوتیپ‌ها حداکثر حدود هفت روز بود، با این حال برای به حداقل رساندن اثر این تفاوت، ژنوتیپ‌ها از نظر هم زمانی تقریبی وقوع این مرحله، در سه گروه جداگانه (جدول ۱) کاشته شد و

جدول ۱. میانگین تعداد روز تا سنبله‌دهی ژنوتیپ‌های گندم و تقسیم بندی آن‌ها

| گروه یک | | | گروه دو | | | گروه سه | | | | |
|---------|--------|----------|---------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|-------|
| WS-82-9 | سیروان | WS-86-14 | ارگ | پیشتاز | پارس | بک کراس روشن | روشن | پیشگام | الوند | مهدوی |
| ۱۶۹/۰ | ۱۶۹/۸ | ۱۶۹/۹ | ۱۷۲/۴ | ۱۷۲/۱ | ۱۷۲/۷ | ۱۷۶/۷ | ۱۷۴/۳ | ۱۷۴/۶ | ۱۷۶/۱ | ۱۷۴/۷ |

LSD 5% = 2.5

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰ - ۰ سانتیمتری به تفکیک سال

| وزن مخصوص ظاهری (gr. cm ⁻³) | نیتروژن (%) | پتاسیم (mg. kg ⁻¹) | فسفر (mg. kg ⁻¹) | مواد آلی (%) | اسیدیته | هدایت الکتریکی (ds/m) | رسی (%) | سیلت (%) | شن (%) | بافت | سال |
|---|-------------|--------------------------------|------------------------------|--------------|---------|-----------------------|---------|----------|--------|----------|---------|
| ۱/۷۵ | ۰/۰۶ | ۳۲۵ | ۱۳/۰ | ۰/۶۳ | ۷/۸ | ۲/۴ | ۴۸ | ۴۰ | ۱۱ | لومی-رسی | ۱۳۹۰-۹۱ |
| ۱/۸۰ | ۰/۰۶ | ۳۰۵ | ۱۴/۵ | ۰/۵۲ | ۷/۷ | ۲/۹ | ۴۷ | ۳۹ | ۱۲ | لومی-رسی | ۱۳۹۱-۹۲ |

$$YI = Y_s / \hat{Y}_s \quad (7)$$

$$YSI = Y_s / Y_p \quad (8)$$

$$HM = 2(Y_p \times Y_s) / (Y_p + Y_s) \quad (9)$$

$$MSTI(k1) = (Y_p^2) / (\hat{Y}_p^2) \times STI \quad (10)$$

$$MSTI(k2) = (Y_s^2) / (\hat{Y}_s^2) \times STI \quad (11)$$

در روابط فوق \hat{Y}_p و \hat{Y}_s به ترتیب میانگین کل عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب و تنش و Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب و تنش است. مقایسه میانگین‌های صفات به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. به منظور تعیین شاخص‌هایی که دارای بیشترین همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه هستند، ضرایب همبستگی دو به دو بین شاخص‌ها و عملکرد دانه (در هر یک از شرایط تنش و بدون تنش) محاسبه گردید. همچنین ضرایب همبستگی بین صفات زراعی مورد بررسی، در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال به جز وزن هزار دانه بر سایر صفات معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار آبیاری اثر معنی‌دار بر همه صفات داشت و قطع آبیاری در مقایسه با آبیاری نرمال مقدار صفات را در هر دو سال کاهش داد. تنش اعمال شده، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در سال اول و دوم را به ترتیب به میزان ۵۶/۳ و ۴۳/۷ درصد کاست (جدول ۴).

محصول دانه بخش باقیمانده هر کرت بوسیله کمباین مخصوص برداشت کرت‌های آزمایشی غلات از نوع وینتراشتاایگر (Wintersteiger) برداشت شد. وزن هزار دانه بر اساس میانگین دو نمونه ۵۰۰ تایی از محصول دانه هر کرت تعیین گردید. پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، داده‌های هر سال ابتدا بر اساس مدل آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، تجزیه واریانس ساده شد و بعد از انجام آزمون بارتلت و تایید یکنواختی خطاهای آزمایش بین دو سال، داده‌های دو سال مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت. برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی آخر فصل، افزون بر میانگین صفات در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌های میانگین تولید (MP)، میانگین هندسی تولید (GMP)، شاخص تحمل (Tol)، شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شدت تنش (SI)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل به تنش تغییر یافته (MSTI)، بر اساس روابط زیر محاسبه شد:

$$MP = (Y_s + Y_p) / 2 \quad (1)$$

$$GMP = (Y_s \times Y_p)^{1/2} \quad (2)$$

$$TOL = (Y_p - Y_s) \quad (3)$$

$$STI = (Y_p \times Y_s) / (\hat{Y}_p)^2 \quad (4)$$

$$SSI = 1 - (Y_s / Y_p) / SI \quad (5)$$

$$SI = 1 - (\hat{Y}_s / \hat{Y}_p) \quad (6)$$

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب دو ساله صفات مورد بررسی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|-----------------------|------------|----------------|----------------------|-------------|
| | | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت |
| سال | ۱ | ۳۰۶۱۲۹۱* | ۱۹۷۸۳۷۶** | ۱۱۱/۹* |
| تکرار (سال) | ۴ | ۲۸۴۳۵۶ | ۳۸۴۷۸۷۸ | ۸/۹ |
| آبیاری | ۱ | ۶۲۷۰۶۳۹۴۵** | ۹۴۵۰۲۴۰۶۱** | ۶۱۸۵/۵** |
| سال × آبیاری | ۱ | ۱۳۲۵۰۶۰۴** | ۱۶۶۸۵۰۳۷** | ۱۹۹/۳* |
| خطای ۱ | ۴ | ۲۳۸۱۳۹ | ۲۴۴۲۹۶ | ۱۱/۲ |
| ژنوتیپ | ۱۰ | ۳۷۲۳۲۵۳** | ۹۹۰۶۸۲۵** | ۱۳۸/۳** |
| سال × ژنوتیپ | ۱۰ | ۴۶۱۴۵۶** | ۲۰۴۰۹۶ ^{NS} | ۱۴/۲* |
| آبیاری × ژنوتیپ | ۱۰ | ۲۲۵۱۲۰۶** | ۵۷۴۳۲۸۸** | ۴۹/۹** |
| سال × ژنوتیپ × آبیاری | ۱۰ | ۴۶۳۷۸۸** | ۲۱۶۴۶۲ ^{NS} | ۱۳/۴* |
| خطای ۲ | ۸۰ | ۱۰۱۵۰۴ | ۸۵۳۷۹۰ | ۶/۷ |

NS، * و ** : به ترتیب غیر معنی دار، معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

اول و دوم به ترتیب ۲۹/۰ و ۲۲/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴). درصد کاهش بیوماس در اثر تنش کمتر از درصد کاهش عملکرد دانه بود که علت آن چنین توجیه می‌شود که تا زمان شروع تنش، بخش زیادی از بیوماس گیاه شکل گرفته است، به عبارت دیگر، پس از سنبله‌دهی، عمده افزایش بیوماس مربوط به رشد دانه است. به همین دلیل تنش خشکی آخر فصل باعث کاهش قابل توجه عملکرد دانه می‌شود. در تحقیقی مشابه در داراب فارس بر روی ۱۰ رقم گندم (شامل نه رقم گندم نان و یک رقم گندم دوروم)، عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی آخر فصل ۳۲/۲ درصد کاهش یافت [۹].

تنش خشکی اعمال شده در این تحقیق، شاخص برداشت را در سال اول و دوم به ترتیب ۴۰/۰ و ۲۶/۸ درصد کاهش داد (جدول ۴). در بررسی انجام شده در شیراز، متوسط شاخص برداشت ۱۶ ژنوتیپ گندم نان در شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری پس از گلدهی، به ترتیب ۴۵/۵ و ۲۸/۴ درصد گزارش شد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد [۵].

در تحقیقی دو ساله در کالیفرنیا آمریکا با ۱۰ رقم گندم نان و یک رقم گندم دوروم، میانگین کاهش وزن دانه سنبله اصلی در اثر تنش خشکی آخر فصل، ۴۳ درصد گزارش شد [۱۰]. پژوهش انجام شده در منطقه کرج نشان داد که تنش خشکی در دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه رقم‌های گندم نان مرودشت و زاگرس را به ترتیب ۶۱/۹ و ۳۰/۱ درصد کاهش داد [۳۲]. همچنین، بر اساس نتایج مطالعه‌ای سه ساله در داراب فارس روی نه رقم گندم نان و یک رقم دوروم، میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل ۴۰/۷ درصد نسبت به آبیاری معمول کمتر بود [۹]. تحقیقات نشان داده است که در شرایط تنش خشکی آخر فصل، کاهش شدیدی در فتوسنتز گندم پس از مرحله گرده‌افشانی رخ می‌دهد که باعث محدود شدن اختصاص مواد حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به دانه می‌گردد [۱۰]. بدین ترتیب، کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل را می‌توان به کاهش فتوسنتز جاری گیاه نسبت داد. عملکرد بیولوژیک در تیمار تنش نسبت به آبیاری معمول در سال

جدول ۴. مقایسات میانگین اثر متقابل سال در آبیاری برای صفات مورد بررسی

| وزن هزار دانه (gr) | شاخص برداشت (%) | | عملکرد بیولوژیک (kg/ha) | | عملکرد دانه (kg/ha) | | سال | |
|--------------------|-----------------|---------|-------------------------|---------|---------------------|---------|--------|--------------|
| | سال اول | سال دوم | سال اول | سال دوم | سال اول | سال دوم | | |
| ۴۳/۱ a | ۴۱/۵ a | ۴۱/۸ a | ۴۲/۴ a | ۲۰۴۶۵ b | ۲۰۹۳۲ a | ۸۵۳۲ a | ۸۸۶۱ a | آبیاری نرمال |
| ۲۶/۵ b | ۲۲/۲ b | ۳۰/۶ b | ۲۶/۳ c | ۱۵۸۲۵ c | ۱۴۸۶۹ d | ۴۸۰۶ b | ۳۸۶۸ c | قطع آبیاری |
| ۳۸/۵ | ۴۶/۵ | ۲۶/۸ | ۴۰/۰ | ۲۲/۷ | ۲۹/۰ | ۴۳/۷ | ۵۶/۳ | درصد کاهش |

میانگین های مربوط به هر صفت که دارای حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سال در ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد بررسی

| وزن هزار دانه (gr) | شاخص برداشت (%) | | عملکرد بیولوژیک (kg/ha) | | عملکرد دانه (kg/ha) | | ژنوتیپ | |
|--------------------|-----------------|-----------|-------------------------|------------|---------------------|------------|-----------|--------------|
| | سال اول | سال دوم | سال اول | سال دوم | سال اول | سال دوم | | |
| ۳۴/۱cdef | ۳۲/۳efgh | ۳۳/۰defgh | ۳۲/۷defg | ۱۸۴۴۸ bcd | ۱۷۸۸۲ defg | ۶۱۳۷ hij | ۵۹۳۹ ij | WS-82-9 |
| ۳۴/۸cde | ۳۲/۵efg | ۳۸/۳ab | ۳۹/۳a | ۱۸۳۴۳ bcde | ۱۸۰۷۵ cdef | ۷۱۱۱ bc | ۷۳۴۷ ab | سیروان |
| ۳۵/۴abcde | ۳۲/۰efgh | ۳۸/۲ab | ۳۹/۴a | ۱۶۸۹۹ gh | ۱۶۴۳۷ h | ۶۵۷۰ defg | ۶۶۲۹ defg | WS-86-14 |
| ۳۴/۸cde | ۳۰/۷fgh | ۳۹/۵a | ۳۹/۴a | ۱۶۶۶۰ h | ۱۶۴۰۰ h | ۶۶۹۲ de | ۶۶۷۷ def | پیش‌تاز |
| ۳۷/۰abc | ۳۴/۰cdef | ۳۸/۱ab | ۳۴/۱cdefg | ۱۷۲۹۷ efg | ۱۷۰۱۵ fgh | ۶۷۵۸ cd | ۶۱۲۷ hij | پارسی |
| ۲۹/۲ghi | ۲۵/۱i | ۳۴/۷cde | ۳۱/۳gh | ۱۸۳۴۹ bcde | ۱۸۱۵۰ bcde | ۶۴۶۲ defgh | ۵۹۲۷ ij | بک کراس روشن |
| ۳۲/۸defg | ۳۱/۰fgh | ۳۵/۶bcd | ۳۳/۴defgh | ۱۸۰۴۲ cdef | ۱۷۷۵۵ defg | ۶۴۹۰ defgh | ۶۳۳۷ efg | ارگ |
| ۳۸/۶ab | ۳۹/۰a | ۳۰/۸h | ۲۶/۲i | ۱۸۶۲۱ bcd | ۱۸۷۵۸ abcd | ۵۷۹۹ j | ۵۰۵۴ k | روشن |
| ۳۶/۵abcd | ۳۳/۷cdef | ۳۹/۰a | ۳۸/۰ab | ۱۸۹۶۰ abc | ۱۸۶۹۰ abcd | ۷۵۴۱ a | ۷۳۶۵ ab | پیش‌گام |
| ۳۵/۳abcde | ۳۰/۷fgh | ۳۶/۶abc | ۳۱/۷fgh | ۱۹۷۳۷ a | ۱۹۲۰۳ ab | ۷۳۹۵ ab | ۶۳۲۱ fgh | الوند |
| ۳۴/۹bcde | ۲۸/۷hi | ۳۴/۴cdef | ۳۲/۳efgh | ۱۸۲۴۲ bcde | ۱۸۵۳۸ bcd | ۶۴۰۵ defgh | ۶۲۸۷ ghi | مهدوی |

میانگین های مربوط به هر صفت که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

به خشکی آخر فصل نشان می‌دهد. اثر متقابل سال در ژنوتیپ فقط برای عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار شد که حاکی از آن است که بین دو سال ممکن است تفاوت‌هایی بین رتبه بندی ژنوتیپ‌ها از نظر این دو صفت وجود داشته باشد (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری \times ژنوتیپ برای هر چهار صفت به طور کامل معنی‌دار بود که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به هر یک از تیمارهای آبیاری است (جدول‌های ۶، ۷، ۸ و ۹).

میانگین دو ساله عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط معمول و تنش خشکی آخر فصل و شاخص‌های حساسیت و تحمل در جدول ۶ مشاهده می‌شود. بر اساس شاخص‌های MP، GMP، STI، HM، MSTI(k1) و MSTI(k2) رقم پیشگام، متحمل‌ترین و سیروان در رتبه دوم بود (جدول ۶). همه این شاخص‌ها رتبه‌بندی یکسانی برای هر یک از دو رقم پیشگام و سیروان انجام داد. در پژوهشی با ۲۵ رقم کلزا در کرج نیز، سه شاخص MP، GMP و STI ژنوتیپ‌های یکسانی را از نظر تحمل به خشکی شناسایی کرد [۲۱]. کارایی شاخص تحمل تنش تغییر یافته (MSTI) نیز در غربال ژنوتیپ‌های گندم از نظر تحمل به تنش تایید شده است [۲۴]. بر اساس شاخص‌های SSI، Tol و YSI، لاین WS-82-9 متحمل‌ترین ژنوتیپ بود، اما با توجه به جدول ۶، با وجود رتبه چهار از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش، این لاین در شرایط نرمال رتبه خوبی نداشت. بر این اساس ممکن است انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش فقط بر مبنای این سه شاخص، چندان کارآمد نباشد. بررسی دیگری که با ۲۰ ژنوتیپ گندم نان در چهار ایستگاه مناطق سرد کشور (کرج، اردبیل، اراک و همدان) اجرا شد، SSI و Tol را برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی مناسب ندانست [۳۶]. در دو تحقیق جداگانه یکی با ژنوتیپ‌های گندم نان و دیگری با ارقام گندم دوروم، گزارش شد که SSI قادر به تشخیص ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط، نیست [۳۴ و ۳۷]. با این حال در پژوهشی در رودشت اصفهان بر روی ارقام گندم نان، از شاخص SSI و Tol در شناسایی ارقام متحمل به تنش شوری استفاده شد [۱]. به نظر می‌رسد برای کارایی بیشتر در انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی

در پژوهشی دیگر با ۲۰ ژنوتیپ گندم که در چهار مکان (کرج، اردبیل، اراک و همدان) اجرا شد، میانگین شاخص برداشت، در شرایط معمول و تنش خشکی آخر فصل به ترتیب ۴۵/۹ و ۳۸/۳ درصد بود [۳۶]. کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل به کاهش مواد پرورده جاری در دوره پر شدن دانه نسبت داده می‌شود [۱۶]. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، هر دو در اثر تنش خشکی کاهش نشان داد، اما چون شدت این کاهش در مورد عملکرد دانه بیش از عملکرد بیولوژیک است، کاهش شاخص برداشت را در پی داشت.

تنش خشکی آخر فصل، میانگین وزن هزار دانه را در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۴۶/۵ و ۳۸/۵ درصد کاهش داد (جدول ۴). در مطالعات دیگر، میزان کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل بسته به رقم، شرایط آب و هوایی و شدت تنش متفاوت بود [۵، ۸ و ۹]. در مطالعه انجام شده در کرج با دو رقم گندم مرودشت و زاگرس به عنوان ارقام حساس و متحمل به خشکی، در اثر تنش خشکی در دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه رقم حساس و متحمل، به ترتیب ۶۱/۹ و ۲۰/۳ درصد کاهش یافت [۳۲]. بررسی‌ها در تربیتکاله نشان داد که تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی، از طریق تشدید پیری برگ‌ها، کاهش دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن دانه سبب کاهش میانگین وزن دانه می‌شود [۳۱]. با توجه به شباهت‌های موجود بین گندم و تربیتکاله، کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل در این تحقیق را نیز می‌توان به همان عوامل نسبت داد.

معنی‌دار شدن اثر متقابل سال \times آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نشان می‌دهد که تاثیر تیمارهای آبیاری در هر یک از دو سال بر این صفات متفاوت بوده است. به عبارت دیگر، اگر چه در هر دو سال، قطع آبیاری در مقایسه با آبیاری نرمال باعث کاهش مقدار این صفات شد اما در صد کاهش در تیمار قطع آبیاری نسبت به آبیاری نرمال بین دو سال متفاوت بود (جدول ۴). این تفاوت را می‌توان به شرایط آب و هوایی دو سال ارتباط داد. تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر هر چهار صفت به طور کامل معنی‌دار بود که تنوع کافی بین آنها را از نظر تحمل

متحمل‌ترین رقم است و با داشتن کوچک‌ترین میانگین رتبه، بالاترین عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال را دارد. از نظر میانگین رتبه، رقم روشن مقداری برابر با لوند دارد، ضمن آنکه از نظر عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش دارای رتبه یک است. کم‌ترین مقادیر شاخص‌های SSI و Tol نیز به رقم روشن اختصاص دارد. این رقم از نظر شاخص‌های YI و YSI در رتبه یک و از نظر شاخص‌های GMP، STI، HM و MSTI(k2) رتبه دو را دارد.

با توجه به میانگین رتبه، بک کراس روشن در رده سه از نظر تحمل قرار می‌گیرد. این رقم از نظر عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش و شاخص‌های Tol، SSI، YI، YSI و MSTI(k2) رتبه سوم را دارد، اما از نظر عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال رتبه هفت را داشت. از نظر میانگین رتبه شاخص‌ها، رقم پیشگام و لاین WS-82-9 مقدار مشابه داشتند، ولی به نظر می‌رسد رقم پیشگام برتر از لاین WS-82-9 باشد زیرا رقم پیشگام از نظر عملکرد بیولوژیک در شرایط نرمال رتبه دوم ولی لاین WS-82-9 رتبه هشتم را دارد. این در حالی است که از نظر عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش این دو ژنوتیپ بسیار نزدیک به هم هستند.

از شاخص‌هایی که گاه باعث اشتباه در قضاوت برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش می‌شود، شاخص Tol است که اختلاف بین مقدار یک صفت در شرایط نرمال و تنش را نشان می‌دهد. گاهی بالا بودن مقدار یک صفت در یک ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ دیگر در شرایط نرمال، باعث می‌گردد که با وجود برابر بودن آن دو ژنوتیپ از نظر آن صفت در شرایط تنش، مقدار شاخص Tol در ژنوتیپی که در شرایط نرمال وضعیت بهتری داشته، بیش از ژنوتیپ دیگر گردد. به عبارت دیگر، تنها پایین بودن مقدار شاخصی مانند Tol برای یک ژنوتیپ نشانه‌ی مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که دارای حساسیت کمی نسبت به خشکی هستند، اما عملکرد کم نیز دارند [۲۱].

بالا بودن عملکرد بیولوژیک رقم پیشگام نسبت به لاین WS-82-9 در شرایط نرمال باعث شد که با وجود نزدیک بودن مقدار عملکرد بیولوژیک آنها در شرایط تنش، مقدار شاخص Tol رقم پیشگام بیش از لاین WS-82-9 باشد. در نتیجه با وجود وضعیت بهتر رقم پیشگام از نظر سایر

باید ژنوتیپ‌ها بر اساس دو یا چند شاخص ارزیابی شوند، به طوری که با ارزیابی یک‌باره ژنوتیپ‌ها با شاخص‌های مختلف، گروه‌بندی دقیق‌تر امکان‌پذیر است [۳۶]. ارقام سیروان و پیشگام کم‌ترین میانگین رتبه برای شاخص‌های مختلف را به ترتیب به میزان ۲/۵ و ۲/۸ داشتند (جدول ۶). توجه به جدول ۶، رتبه خوب این دو رقم از نظر عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش در بین ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. استفاده از چند شاخص در ارزیابی تحمل به خشکی، توسط دیگر پژوهشگران تایید شده [۲۴] و در انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی آخر فصل در مناطق سرد، از میانگین رتبه چند شاخص استفاده شد [۳۶]. با این حال، توجه به ضرایب همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه (جدول ۱۰)، نشان می‌دهد که در این تحقیق، شاخص میانگین رتبه تنها با عملکرد دانه در شرایط تنش همبستگی معنی‌دار دارد ($r = -0/96^{***}$) و همبستگی آن با عملکرد دانه در شرایط نرمال معنی‌دار نبود ($r = -0/50^{ns}$). همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های MP، GMP، STI، HM و MSTI(k1) با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و نرمال (جدول ۱۰) نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس این شاخص‌ها می‌تواند منجر به برگزیدن ژنوتیپ‌هایی شود که در هر دو شرایط نرمال و تنش عملکرد بالا دارند. با توجه به همبستگی‌های معنی‌دار مورد اشاره، میانگین رتبه رقم‌ها بر اساس این پنج شاخص، جداگانه محاسبه شد (جدول ۱۱).

بر اساس این رتبه بندی نیز ارقام پیشگام و سیروان با داشتن پایین‌ترین رتبه‌ها، متحمل‌تر از سایر رقم‌ها هستند. رقم لوند و لاین WS-86-14 جایگاه سوم و چهارم از نظر تحمل تنش خشکی آخر فصل را دارند. در حالی که بر اساس میانگین رتبه در جدول ۶، رده بندی ژنوتیپ‌ها قدری متفاوت است، به طوری که رقم‌های سیروان و پیشگام در رده اول و دوم، لاین WS-86-14 در رده سوم و پنجم رقم‌های پیشتاز و لوند به ترتیب در رده چهارم و پنجم قرار می‌گیرند. گرچه ارزیابی عملکرد دانه مهم‌ترین شاخص در محیط‌های دارای تنش است، اما ممکن است به تنهایی مفیدترین شاخص نباشد [۱۷ و ۳۶]. بر اساس شاخص‌های MP، GMP، STI، HM، MSTI(k1) و MSTI(k2) برای عملکرد بیولوژیک (جدول ۷)، رقم لوند

عملکرد دانه در هریک از شرایط نرمال و تنش، با شاخص برداشت در همان شرایط، توجیه می‌شود (جدول ۱۲). محققین دیگر هم شاخص برداشت را معیاری قوی در غربال ارقام گندم نان برای تحمل به خشکی دانسته [۱۳] و پیشنهاد نمودند که در شرایط تنش خشکی آخر فصل یکی از معیارهای انتخاب باید شاخص برداشت بالا باشد [۳۴].

از اجزای عملکرد اقتصادی، وزن دانه است. وزن دانه آخرین جزء عملکرد است که شکل می‌گیرد. بنابراین، توجه به آن در مطالعات تنش خشکی آخر فصل اهمیت دارد. بیشترین و کمترین وزن هزار دانه، در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی به ترتیب مربوط به رقم‌های روشن و بک کراس روشن بود (جدول ۹). از نظر میانگین رتبه شاخص‌ها برای این صفت، رقم روشن به عنوان متحمل‌ترین رقم مشخص می‌گردد. توجه به رتبه این رقم برای تک تک شاخص‌ها، نشان می‌دهد که در بسیاری موارد رتبه اول به این رقم اختصاص داشت. با این حال در این تحقیق، روشن رقمی با عملکرد بالا نبود و از نظر عملکرد دانه متحمل به تنش خشکی آخر فصل شناخته نشد. بر اساس جدول ۱۲ نیز همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه وجود نداشت. به عبارت دیگر، وزن هزار دانه بالا در یک ژنوتیپ الزاما به معنی عملکرد دانه بالا نیست. در تحقیقی با ۱۰ ژنوتیپ گندم، که در داراب فارس در شرایط مختلف تنش خشکی انتهای فصل انجام شد نیز همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه گزارش نشد [۹]. پس از رقم روشن، رقم پیشگام با میانگین رتبه ۳/۳ در رده دوم از نظر تحمل به تنش قرار گرفت. رقم پیشگام از نظر چند شاخص مهم از جمله MP، GMP، STI، HM، STI(k1) و STI(k2) رتبه‌های خوبی داشت. از نظر میانگین رتبه شاخص‌ها، رقم سیروان و لاین WS-82-9 در رده سوم و چهارم قرار دارند.

شاخص‌ها، میانگین رتبه آن برابر با لاین WS-82-9 است. با توجه به شاخص‌های مختلف و میانگین رتبه، از نظر عملکرد بیولوژیک، رقم پیشتاز و لاین WS-86-14 دو ژنوتیپ حساس نسبت به تنش خشکی آخر فصل بودند. بیشترین و کمترین شاخص برداشت در شرایط بدون تنش را به ترتیب رقم‌های پارس و روشن و در شرایط تنش لاین WS-86-14 و رقم روشن داشت (جدول ۸). بر اساس میانگین رتبه شاخص‌ها، لاین WS-86-14 با داشتن کمترین میانگین، متحمل‌ترین ژنوتیپ بود. این لاین از نظر بسیاری شاخص‌ها رتبه خوبی داشت. از نظر میانگین رتبه، ارقام سیروان و پیشتاز در رده‌های بعد قرار دارند. همان گونه که قبلا گفته شد، بر اساس عملکرد دانه، رقم‌های پیشگام و سیروان متحمل‌تر از دیگر رقم‌ها بودند، اما بر اساس شاخص برداشت لاین WS-86-14 متحمل‌ترین ژنوتیپ است. در تحقیقی دیگر که با هدف گزینش ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم نان از نظر تحمل به تنش خشکی آخر فصل با ۲۰ ژنوتیپ در چهار منطقه سرد کشور انجام شد، علاوه بر ذکر مزایایی برای انتخاب بر اساس شاخص برداشت، اشاره شده است که برترین ژنوتیپ از نظر شاخص برداشت، همیشه برترین ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه نیست و متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی آخر فصل از نظر عملکرد دانه، با متحمل‌ترین ژنوتیپ از نظر شاخص برداشت متفاوت بود [۳۶].

در این تحقیق، گرچه متحمل‌ترین ژنوتیپ از نظر این دو صفت متفاوت است ولی با در نظر گرفتن چند ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه یعنی پیشگام، سیروان، الوند و WS-86-14 و چند ژنوتیپ برتر از نظر شاخص برداشت یعنی WS-86-14، سیروان، پیشتاز و پیشگام، می‌توان بین آنها ژنوتیپ‌های مشترکی یافت. به نظر می‌رسد در انتخاب برای تحمل به تنش خشکی آخر فصل، علاوه بر عملکرد دانه، می‌توان به شاخص برداشت نیز توجه نمود. این موضوع با در نظر گرفتن همبستگی مثبت و معنی‌دار

جدول ۶. میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در شرایط نرمال (Yp) و تنش خشکی آخر فصل (Ys) در دو سال آزمایش و مقادیر شاخص‌های حساسیت و تحمل ژنوتیپ‌ها

| رتبه شاخص میانگین | رتبه | MSTI (k2) | رتبه | MSTI (k1) | رتبه | HM | رتبه | YSI | رتبه | YI | رتبه | SSI | رتبه | STI | رتبه | GMP | رتبه | MP | رتبه | Tol | رتبه | Ys | رتبه | Yp | ژنوتیپ |
|-------------------|------|-----------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|--------------|
| ۵/۷ | ۵ | ۰/۵۴ | ۱۰ | ۰/۳۳ | ۶ | ۵۷۴۴ | ۱ | ۰/۶۴ | ۴ | ۱/۰۹ | ۱ | ۰/۷۲ | ۸ | ۰/۴۶ | ۸ | ۵۸۹۰ | ۱۰ | ۶۰۳۸ | ۱ | ۲۶۶۶ | ۴ | ۴۷۰۶ | ۱۰ | ۷۳۷۱ | WS-82-9 |
| ۲/۵ | ۲ | ۰/۸۰ | ۲ | ۰/۷۵ | ۲ | ۶۴۹۵ | ۴ | ۰/۵۲ | ۱ | ۱/۱۴ | ۴ | ۰/۹۶ | ۲ | ۰/۶۲ | ۲ | ۶۸۵۲ | ۲ | ۷۲۲۹ | ۶ | ۴۶۰۹ | ۱ | ۴۹۲۵ | ۲ | ۹۵۳۴ | سیروان |
| ۳/۸ | ۳ | ۰/۶۳ | ۵ | ۰/۵۰ | ۳ | ۶۰۷۶ | ۲ | ۰/۵۶ | ۳ | ۱/۰۹ | ۲ | ۰/۸۸ | ۴ | ۰/۵۳ | ۴ | ۶۳۳۲ | ۵ | ۶۵۹۹ | ۳ | ۳۷۱۷ | ۳ | ۴۷۴۱ | ۸ | ۸۴۵۸ | WS-86-14 |
| ۴/۷ | ۴ | ۰/۵۸ | ۴ | ۰/۵۵ | ۴ | ۵۹۹۴ | ۵ | ۰/۵۱ | ۵ | ۱/۰۵ | ۵ | ۰/۹۷ | ۵ | ۰/۵۳ | ۵ | ۶۳۳۰ | ۴ | ۶۶۸۵ | ۴ | ۴۲۹۹ | ۵ | ۴۵۳۵ | ۶ | ۸۸۳۴ | پیشناز |
| ۹/۱ | ۱۰ | ۰/۳۴ | ۶ | ۰/۵۰ | ۱۰ | ۵۳۱۵ | ۱۱ | ۰/۴۱ | ۱۱ | ۰/۸۷ | ۱۱ | ۱/۱۸ | ۹ | ۰/۴۵ | ۹ | ۵۸۵۲ | ۶ | ۶۴۴۲ | ۱۱ | ۵۳۹۱ | ۱۱ | ۳۷۴۷ | ۴ | ۹۱۳۸ | پارسی |
| ۸/۲ | ۹ | ۰/۳۸ | ۹ | ۰/۴۱ | ۹ | ۵۴۱۴ | ۷ | ۰/۴۸ | ۷ | ۰/۹۲ | ۷ | ۱/۰۵ | ۱۰ | ۰/۴۴ | ۱۰ | ۵۷۹۱ | ۹ | ۶۱۹۵ | ۵ | ۴۳۹۹ | ۷ | ۳۹۹۵ | ۹ | ۸۳۹۴ | بک کراس روشن |
| ۷/۷ | ۸ | ۰/۳۹ | ۷ | ۰/۴۸ | ۷ | ۵۴۷۴ | ۱۰ | ۰/۴۵ | ۹ | ۰/۹۱ | ۱۰ | ۱/۱۰ | ۶ | ۰/۴۶ | ۶ | ۵۹۲۵ | ۷ | ۶۴۱۳ | ۸ | ۴۹۱۰ | ۹ | ۳۹۵۹ | ۵ | ۸۸۶۸ | ارگ |
| ۸/۸ | ۱۱ | ۰/۲۹ | ۱۱ | ۰/۲۳ | ۱۱ | ۴۹۸۷ | ۳ | ۰/۵۶ | ۱۰ | ۰/۸۹ | ۳ | ۰/۸۸ | ۱۱ | ۰/۳۶ | ۱۱ | ۵۲۰۲ | ۱۱ | ۵۴۲۶ | ۲ | ۳۰۸۷ | ۱۰ | ۳۸۸۳ | ۱۱ | ۶۹۷۰ | روشن |
| ۲/۸ | ۱ | ۰/۸۳ | ۱ | ۰/۸۶ | ۱ | ۶۵۷۷ | ۶ | ۰/۴۹ | ۲ | ۱/۱۳ | ۶ | ۱/۰۲ | ۱ | ۰/۶۵ | ۱ | ۷۰۰۱ | ۱ | ۷۴۵۳ | ۱۰ | ۵۱۱۰ | ۲ | ۴۸۹۸ | ۱ | ۱۰۰۰۸ | پیشگام |
| ۵/۳ | ۶ | ۰/۵۴ | ۳ | ۰/۶۳ | ۵ | ۵۹۲۶ | ۸ | ۰/۴۶ | ۶ | ۰/۹۹ | ۸ | ۱/۰۸ | ۳ | ۰/۵۴ | ۳ | ۶۳۷۵ | ۳ | ۶۸۵۸ | ۹ | ۵۰۵۷ | ۶ | ۴۳۳۰ | ۳ | ۹۳۸۷ | الوند |
| ۷/۸ | ۷ | ۰/۳۹ | ۸ | ۰/۴۶ | ۸ | ۵۴۷۳ | ۹ | ۰/۴۶ | ۸ | ۰/۹۲ | ۹ | ۱/۰۸ | ۷ | ۰/۴۶ | ۷ | ۵۸۹۳ | ۸ | ۶۳۴۶ | ۷ | ۴۷۰۸ | ۸ | ۳۹۹۲ | ۷ | ۸۷۰۰ | مهدوی |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ۴۳۳۷ | ۸۶۹۶ | میانگین | |

LSD 5% = ۸۷۶ برای ستون‌های Yp و Ys

اعداد کوچکتر در رتبه بندی‌ها و میانگین رتبه شاخص‌ها نشان دهنده برتری ژنوتیپ است.

جدول ۷. میانگین عملکرد بیولوژیک (kg/ha) در شرایط نرمال (Yp) و تنش خشکی آخر فصل (Ys) در دو سال آزمایش و مقادیر شاخص‌های حساسیت و تحمل ژنوتیپ‌ها

| ژنوتیپ | رتبه | Yp | رتبه | Ys | رتبه | Tol | رتبه | MP | رتبه | GMP | رتبه | STI | رتبه | SSI | رتبه | YI | رتبه | YSI | رتبه | HM | رتبه | MSTI (k1) | رتبه | MSTI (k2) | رتبه | |
|--------------|------|----|------|----|------|-----|-------|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|-------|-----|-------|----|------|-----------|-------|-----------|-------|-------|
| WS-82-9 | ۴/۸ | ۴ | ۰/۸۶ | ۸ | ۰/۷۲ | ۵ | ۱۷۹۶۵ | ۲ | ۰/۸۱ | ۴ | ۱/۰۶ | ۲ | ۰/۷۴ | ۶ | ۰/۷۶ | ۶ | ۱۸۰۶۵ | ۷ | ۱۸۱۶۵ | ۲ | ۳۸۱۴ | ۴ | ۱۶۲۵۸ | ۸ | ۲۰۰۷۲ | |
| سیروان | ۷/۲ | ۷ | ۰/۶۶ | ۳ | ۰/۸۳ | ۷ | ۱۷۴۵۶ | ۱۰ | ۰/۶۶ | ۸ | ۰/۹۵ | ۱۰ | ۱/۳۱ | ۷ | ۰/۷۴ | ۷ | ۱۷۸۲۹ | ۶ | ۱۸۲۰۹ | ۱۰ | ۷۴۰۴ | ۸ | ۱۴۵۰۷ | ۳ | ۲۱۹۱۱ | |
| WS-86-14 | ۹/۶ | ۱۱ | ۰/۵۲ | ۱۰ | ۰/۵۶ | ۱۰ | ۱۶۲۰۱ | ۸ | ۰/۷۱ | ۱۱ | ۰/۹۰ | ۸ | ۱/۱۱ | ۱۰ | ۰/۶۳ | ۱۰ | ۱۶۴۳۲ | ۱۰ | ۱۶۶۶۸ | ۷ | ۵۵۷۹ | ۱۱ | ۱۳۸۷۸ | ۹ | ۱۹۴۵۷ | |
| پیش‌تاز | ۹/۳ | ۱۰ | ۰/۵۳ | ۱۱ | ۰/۵۲ | ۱۱ | ۱۶۱۸۷ | ۶ | ۰/۷۵ | ۹ | ۰/۹۲ | ۶ | ۰/۹۷ | ۱۱ | ۰/۶۳ | ۱۱ | ۱۶۳۵۷ | ۱۱ | ۱۶۵۳۰ | ۵ | ۴۷۶۲ | ۹ | ۱۴۱۴۹ | ۱۱ | ۱۸۹۱۱ | |
| پارسی | ۷/۴ | ۸ | ۰/۶۳ | ۹ | ۰/۵۹ | ۹ | ۱۶۸۴۹ | ۴ | ۰/۷۶ | ۷ | ۰/۹۷ | ۴ | ۰/۹۱ | ۹ | ۰/۶۸ | ۹ | ۱۷۰۰۲ | ۹ | ۱۷۱۵۶ | ۴ | ۴۵۸۹ | ۷ | ۱۴۸۶۱ | ۱۰ | ۱۹۴۵۰ | |
| بک کراس روشن | ۴/۳ | ۳ | ۰/۸۷ | ۷ | ۰/۷۳ | ۴ | ۱۸۰۴۵ | ۳ | ۰/۸۱ | ۳ | ۱/۰۶ | ۳ | ۰/۷۴ | ۵ | ۰/۷۷ | ۵ | ۱۸۱۴۷ | ۵ | ۱۸۲۵۰ | ۳ | ۳۸۶۲ | ۳ | ۱۶۳۱۹ | ۷ | ۲۰۱۸۱ | |
| ارگ | ۸/۷ | ۹ | ۰/۶۱ | ۶ | ۰/۷۸ | ۸ | ۱۷۱۰۷ | ۱۱ | ۰/۶۵ | ۱۰ | ۰/۹۲ | ۱۱ | ۱/۳۴ | ۸ | ۰/۷۲ | ۸ | ۱۷۴۹۹ | ۸ | ۱۷۸۹۹ | ۱۱ | ۷۲۵۷ | ۱۰ | ۱۴۱۳۵ | ۴ | ۲۱۶۶۲ | |
| روشن | ۲/۳ | ۲ | ۰/۹۸ | ۵ | ۰/۷۹ | ۲ | ۱۸۵۱۶ | ۱ | ۰/۸۲ | ۱ | ۱/۱۰ | ۱ | ۰/۶۸ | ۲ | ۰/۸۱ | ۲ | ۱۸۶۰۳ | ۳ | ۱۸۶۹۰ | ۱ | ۳۶۰۳ | ۱ | ۱۶۸۸۸ | ۶ | ۲۰۴۹۱ | |
| پیش‌گام | ۴/۸ | ۵ | ۰/۸۳ | ۲ | ۰/۹۱ | ۳ | ۱۸۲۶۱ | ۹ | ۰/۷۱ | ۵ | ۱/۰۱ | ۹ | ۱/۱۴ | ۳ | ۰/۸۰ | ۳ | ۱۸۵۴۱ | ۲ | ۱۸۸۲۵ | ۹ | ۶۵۱۹ | ۵ | ۱۵۵۶۶ | ۲ | ۲۲۰۸۴ | |
| الوند | ۲/۳ | ۱ | ۱/۰۴ | ۱ | ۰/۹۹ | ۱ | ۱۹۰۹۷ | ۵ | ۰/۷۶ | ۲ | ۱/۰۹ | ۵ | ۰/۹۴ | ۱ | ۰/۸۷ | ۱ | ۱۹۲۸۳ | ۱ | ۱۹۴۷۰ | ۶ | ۵۳۹۱ | ۲ | ۱۶۷۷۵ | ۱ | ۲۲۱۶۵ | |
| مهدوی | ۵/۶ | ۶ | ۰/۷۸ | ۴ | ۰/۸۲ | ۶ | ۱۷۹۳۰ | ۷ | ۰/۷۳ | ۶ | ۱/۰۱ | ۷ | ۱/۰۶ | ۴ | ۰/۷۷ | ۴ | ۱۸۱۵۹ | ۴ | ۱۸۳۹۰ | ۸ | ۵۸۱۵ | ۶ | ۱۵۴۸۳ | ۵ | ۲۱۲۹۷ | |
| میانگین | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ۱۵۳۴۷ | ۲۰۶۹۸ |

LSD 5% = ۵۹۹ برای ستون‌های Yp و Ys

اعداد کوچکتر در رتبه بندی‌ها و میانگین رتبه شاخص‌ها نشان دهنده برتری ژنوتیپ است.

جدول ۸. میانگین شاخص برداشت (%) در شرایط نرمال (Yp) و تنش خشکی آخر فصل (Ys) در دو سال آزمایش و مقادیر شاخص های حساسیت و تحمل ژنوتیپ ها

| ژنوتیپ | رتبه | Yp | رتبه | Ys | رتبه | Tol | رتبه | MP | رتبه | GMP | رتبه | STI | رتبه | SSI | رتبه | YI | رتبه | YSI | رتبه | HM | رتبه | MST I(k1) | رتبه | MST I(k2) | رتبه | رتبه |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|-----------|------|------|
| WS-82-9 | ۱۰ | ۳۶/۹ | ۱۰ | ۲۸/۹ | ۵ | ۸/۰ | ۱ | ۳۲/۹ | ۱۰ | ۳۲/۶ | ۸ | ۰/۶۰ | ۸ | ۰/۶۷ | ۲ | ۱/۰۲ | ۵ | ۰/۷۸ | ۲ | ۳۲/۴ | ۷ | ۰/۴۶ | ۱۰ | ۰/۶۲ | ۶ | ۶/۲ |
| سیروان | ۴ | ۴۳/۶ | ۴ | ۳۳/۹ | ۲ | ۹/۷ | ۳ | ۳۸/۸ | ۳ | ۳۸/۵ | ۳ | ۰/۸۴ | ۳ | ۰/۶۸ | ۳ | ۱/۱۹ | ۲ | ۰/۷۸ | ۳ | ۳۸/۲ | ۲ | ۰/۸۹ | ۳ | ۱/۱۹ | ۲ | ۲/۸ |
| WS-86-14 | ۵ | ۴۳/۵ | ۵ | ۳۴/۲ | ۱ | ۹/۳ | ۲ | ۳۸/۸ | ۲ | ۳۸/۵ | ۲ | ۰/۸۴ | ۲ | ۰/۶۶ | ۱ | ۱/۲۰ | ۱ | ۰/۷۹ | ۱ | ۳۸/۳ | ۱ | ۰/۸۹ | ۴ | ۱/۲۱ | ۱ | ۱/۹ |
| پیشناز | ۲ | ۴۶/۹ | ۲ | ۳۲/۱ | ۳ | ۱۴/۸ | ۷ | ۳۹/۵ | ۷ | ۳۸/۸ | ۱ | ۰/۸۵ | ۱ | ۰/۹۷ | ۳ | ۱/۱۳ | ۵ | ۰/۶۸ | ۵ | ۳۸/۱ | ۳ | ۱/۰۵ | ۱ | ۱/۰۸ | ۳ | ۲/۹ |
| پارسی | ۱ | ۴۷/۰ | ۱ | ۲۵/۲ | ۹ | ۲/۸ | ۱۱ | ۳۶/۱ | ۱۱ | ۳۴/۴ | ۵ | ۰/۶۷ | ۵ | ۱/۴۳ | ۱۱ | ۰/۸۹ | ۹ | ۰/۵۴ | ۱۱ | ۳۲/۸ | ۶ | ۰/۸۳ | ۵ | ۰/۵۲ | ۷ | ۷/۱ |
| بک کراس روشن | ۷ | ۴۱/۶ | ۷ | ۲۴/۴ | ۱۰ | ۱۷/۲ | ۱۰ | ۳۳/۰ | ۹ | ۳۱/۹ | ۱۰ | ۰/۵۷ | ۱۰ | ۱/۲۷ | ۱۰ | ۰/۸۶ | ۱۰ | ۰/۵۹ | ۱۰ | ۳۰/۸ | ۱۰ | ۰/۵۶ | ۹ | ۰/۴۲ | ۱۰ | ۹/۶ |
| ارگ | ۸ | ۴۱/۰ | ۸ | ۲۸/۰ | ۶ | ۱۳/۰ | ۵ | ۳۴/۵ | ۶ | ۳۳/۸ | ۶ | ۰/۶۵ | ۶ | ۰/۹۸ | ۶ | ۰/۹۸ | ۶ | ۰/۶۸ | ۶ | ۳۳/۲ | ۵ | ۰/۶۱ | ۷ | ۰/۶۳ | ۵ | ۶/۰ |
| روشن | ۱۱ | ۳۴/۱ | ۱۱ | ۲۳/۰ | ۱۱ | ۱۱/۱ | ۴ | ۲۸/۵ | ۱۱ | ۲۸/۰ | ۱۱ | ۰/۴۴ | ۱۱ | ۱/۰۰ | ۷ | ۰/۸۱ | ۱۱ | ۰/۶۷ | ۷ | ۲۷/۴ | ۱۱ | ۰/۲۹ | ۱۱ | ۰/۲۹ | ۱۱ | ۹/۸ |
| پیشگام | ۳ | ۴۵/۴ | ۳ | ۳۱/۵ | ۴ | ۱۳/۹ | ۶ | ۳۸/۵ | ۴ | ۳۷/۸ | ۴ | ۰/۸۱ | ۴ | ۰/۹۴ | ۴ | ۱/۱۱ | ۴ | ۰/۶۹ | ۴ | ۳۷/۲ | ۴ | ۰/۹۴ | ۲ | ۰/۹۹ | ۴ | ۳/۹ |
| الوند | ۶ | ۴۲/۵ | ۶ | ۲۵/۸ | ۷ | ۱۶/۷ | ۹ | ۳۴/۲ | ۹ | ۳۳/۱ | ۷ | ۰/۶۲ | ۷ | ۱/۲۱ | ۹ | ۰/۹۱ | ۷ | ۰/۶۱ | ۹ | ۳۲/۱ | ۸ | ۰/۶۳ | ۶ | ۰/۵۱ | ۸ | ۷/۵ |
| مهدوی | ۹ | ۴۰/۹ | ۹ | ۲۵/۸ | ۸ | ۱۵/۱ | ۸ | ۳۳/۴ | ۸ | ۳۲/۵ | ۹ | ۰/۵۹ | ۹ | ۱/۱۴ | ۸ | ۰/۹۱ | ۸ | ۰/۶۳ | ۸ | ۳۱/۶ | ۸ | ۰/۵۶ | ۸ | ۰/۴۹ | ۹ | ۸/۴ |
| میانگین | | ۴۲/۱ | | ۲۸/۴ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

LSD 5% = ۴/۷ برای ستون های Yp و Ys

اعداد کوچکتر در رتبه بندی ها و میانگین رتبه شاخص ها نشان دهنده برتری ژنوتیپ است.

جدول ۹. میانگین وزن هزار دانه (gr) در شرایط نرمال (Yp) و تنش خشکی آخر فصل (Ys) در دو سال آزمایش و مقادیر شاخص های حساسیت و تحمل ژنوتیپ ها

| ژنوتیپ | رتبه | Yp | رتبه | Ys | رتبه | Tol | رتبه | MP | رتبه | GMP | رتبه | STI | رتبه | SSI | رتبه | YI | رتبه | YSI | رتبه | HM | رتبه | MST I(k1) | رتبه | MST I(k2) | رتبه | میانگین رتبه ها |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|-----------|------|-----------------|
| WS-82-9 | ۱۰ | ۳۹/۴ | ۲ | ۲۷/۱ | ۱ | ۱۲/۳ | ۶ | ۳۳/۲ | ۶ | ۳۲/۶ | ۶ | ۰/۵۹ | ۶ | ۰/۷۳ | ۱ | ۱/۱۱ | ۲ | ۰/۶۹ | ۱ | ۳۲/۱ | ۵ | ۰/۵۲ | ۸ | ۰/۷۳ | ۳ | ۴/۳ |
| سیروان | ۸ | ۴۰/۸ | ۳ | ۲۶/۶ | ۲ | ۱۴/۲ | ۵ | ۳۳/۷ | ۴ | ۳۲/۹ | ۴ | ۰/۶۱ | ۴ | ۰/۸۲ | ۲ | ۱/۰۹ | ۳ | ۰/۶۵ | ۲ | ۳۲/۲ | ۴ | ۰/۵۶ | ۶ | ۰/۷۲ | ۴ | ۳/۹ |
| WS-86-14 | ۷ | ۴۱/۲ | ۵ | ۲۶/۱ | ۳ | ۱۵/۱ | ۴ | ۳۳/۷ | ۴ | ۳۲/۸ | ۵ | ۰/۶۰ | ۵ | ۰/۸۶ | ۳ | ۱/۰۷ | ۵ | ۰/۶۳ | ۳ | ۳۲/۰ | ۶ | ۰/۵۷ | ۵ | ۰/۶۹ | ۵ | ۴/۷ |
| پیشناز | ۵ | ۴۲/۶ | ۸ | ۲۲/۸ | ۸ | ۱۹/۸ | ۸ | ۳۲/۷ | ۸ | ۳۱/۲ | ۷ | ۰/۵۴ | ۷ | ۱/۰۹ | ۸ | ۰/۹۳ | ۸ | ۰/۵۴ | ۸ | ۳۰/۷ | ۷ | ۰/۵۵ | ۷ | ۰/۴۷ | ۷ | ۷/۳ |
| پارسی | ۲ | ۴۶/۲ | ۶ | ۲۴/۷ | ۱۰ | ۲۱/۵ | ۲ | ۳۵/۵ | ۳ | ۳۳/۸ | ۳ | ۰/۶۴ | ۳ | ۱/۰۹ | ۹ | ۱/۰۱ | ۶ | ۰/۵۴ | ۹ | ۳۲/۲ | ۳ | ۰/۷۶ | ۲ | ۰/۶۶ | ۶ | ۵/۱ |
| بک کراس روشن | ۱۱ | ۳۵/۸ | ۱۱ | ۱۹/۲ | ۴ | ۱۶/۶ | ۱۱ | ۲۷/۵ | ۱۱ | ۲۶/۲ | ۱۱ | ۰/۳۹ | ۱۱ | ۱/۰۹ | ۷ | ۰/۷۹ | ۱۱ | ۰/۵۴ | ۷ | ۲۵/۰ | ۱۱ | ۰/۲۸ | ۱۱ | ۰/۲۴ | ۱۱ | ۹/۸ |
| ارگ | ۹ | ۴۰/۷ | ۷ | ۲۳/۰ | ۵ | ۱۷/۷ | ۹ | ۳۱/۹ | ۹ | ۳۰/۶ | ۹ | ۰/۵۲ | ۹ | ۱/۰۲ | ۶ | ۰/۹۴ | ۷ | ۰/۵۷ | ۶ | ۲۹/۴ | ۸ | ۰/۴۹ | ۱۰ | ۰/۴۷ | ۸ | ۷/۸ |
| روشن | ۱ | ۴۹/۲ | ۱ | ۲۸/۴ | ۹ | ۲۰/۷ | ۱ | ۳۸/۸ | ۱ | ۳۷/۴ | ۱ | ۰/۷۸ | ۱ | ۰/۹۹ | ۵ | ۱/۱۷ | ۱ | ۰/۵۸ | ۵ | ۳۶/۰ | ۱ | ۱/۰۶ | ۱ | ۱/۰۶ | ۱ | ۲/۳ |
| پیشگام | ۴ | ۴۴/۰ | ۴ | ۲۶/۲ | ۶ | ۱۷/۹ | ۳ | ۳۵/۱ | ۳ | ۳۳/۹ | ۲ | ۰/۶۴ | ۲ | ۰/۹۶ | ۴ | ۱/۰۷ | ۴ | ۰/۵۹ | ۴ | ۳۳/۸ | ۲ | ۰/۶۹ | ۳ | ۰/۷۴ | ۲ | ۳/۳ |
| الوند | ۳ | ۴۴/۲ | ۱۰ | ۲۱/۷ | ۱۱ | ۲۲/۵ | ۱۱ | ۳۳/۰ | ۷ | ۳۱/۰ | ۸ | ۰/۵۴ | ۸ | ۱/۱۹ | ۱۱ | ۰/۸۹ | ۱۰ | ۰/۴۹ | ۱۱ | ۲۹/۱ | ۹ | ۰/۵۹ | ۴ | ۰/۴۳ | ۹ | ۸/۴ |
| مهدوی | ۶ | ۴۱/۵ | ۹ | ۲۲/۱ | ۷ | ۱۹/۴ | ۱۰ | ۳۱/۸ | ۱۰ | ۳۰/۳ | ۱۰ | ۰/۵۱ | ۱۰ | ۱/۱۰ | ۱۰ | ۰/۹۱ | ۹ | ۰/۵۳ | ۱۰ | ۲۹/۸ | ۱۰ | ۰/۴۹ | ۹ | ۰/۴۲ | ۱۰ | ۹/۲ |
| میانگین | | ۴۲/۳ | | ۲۴/۴ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

۳/۱ = LSD 5% برای ستون‌های Yp و Ys

اعداد کوچکتر در رتبه بندی‌ها و میانگین رتبه شاخص‌ها نشان دهنده برتری ژنوتیپ است.

جدول ۱۰. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص های ارزیابی کننده تحمل ژنوتیپ ها به شرایط تنش

| | Yp | Ys | Tol | MP | GMP | STI | SSI | YI | YSI | HM | MSTI(k1) | MSTI(k2) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ys | ۰/۳۱ ^{ns} | | | | | | | | | | | |
| Tol | ۰/۸۸ ^{**} | -۰/۱۹ ^{ns} | | | | | | | | | | |
| MP | ۰/۹۳ ^{**} | ۰/۶۵ [*] | ۰/۶۳ [*] | | | | | | | | | |
| GMP | ۰/۸۲ ^{**} | ۰/۸۰ ^{**} | ۰/۴۴ ^{ns} | ۰/۹۷ ^{**} | | | | | | | | |
| STI | ۰/۸۱ ^{**} | ۰/۸۱ ^{**} | ۰/۴۳ ^{ns} | ۰/۹۷ ^{**} | ۰/۹۹ ^{**} | | | | | | | |
| SSI | ۰/۶۳ [*] | -۰/۵۴ ^{ns} | ۰/۹۳ ^{**} | ۰/۲۹ ^{ns} | ۰/۰۷ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | | | | | | |
| YI | ۰/۳۱ ^{ns} | ۱/۰۰ ^{**} | -۰/۱۹ ^{ns} | ۰/۶۵ [*] | ۰/۸۰ ^{**} | ۰/۸۱ ^{**} | -۰/۵۴ ^{ns} | | | | | |
| YSI | -۰/۶۳ [*] | ۰/۵۴ ^{ns} | -۰/۹۳ ^{**} | -۰/۳۰ ^{ns} | -۰/۰۷ ^{ns} | -۰/۰۶ ^{ns} | -۱/۰۰ ^{**} | ۰/۵۴ ^{ns} | | | | |
| HM | ۰/۶۷ [*] | ۰/۹۱ ^{**} | ۰/۲۳ ^{ns} | ۰/۹۰ ^{**} | ۰/۹۷ ^{**} | ۰/۹۸ ^{ns} | -۰/۱۵ ^{ns} | ۰/۹۱ ^{**} | ۰/۱۵ ^{ns} | | | |
| MSTI(k1) | ۰/۹۳ ^{**} | ۰/۶۰ [*] | ۰/۶۶ [*] | ۰/۹۹ ^{**} | ۰/۹۵ ^{**} | ۰/۹۵ ^{ns} | ۰/۳۴ ^{ns} | ۰/۶۰ [*] | -۰/۳۴ ^{ns} | ۰/۸۶ ^{**} | | |
| MSTI(k2) | ۰/۵۸ ^{ns} | ۰/۹۵ ^{**} | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۸۴ ^{**} | ۰/۹۴ ^{**} | ۰/۹۵ ^{ns} | -۰/۲۶ ^{ns} | ۰/۹۵ ^{**} | ۰/۲۶ ^{ns} | ۰/۹۸ ^{**} | ۰/۸۲ ^{**} | |
| میانگین رتبه | -۰/۵۰ ^{ns} | -۰/۹۶ ^{**} | -۰/۰۲ ^{ns} | -۰/۷۸ ^{**} | -۰/۸۹ ^{**} | -۰/۹۰ ^{**} | -۰/۳۴ ^{ns} | -۰/۹۶ ^{**} | -۰/۳۴ ^{ns} | -۰/۹۷ ^{**} | -۰/۷۴ ^{**} | -۰/۹۸ ^{**} |

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۱۱. میانگین رتبه ژنوتیپ های گندم بر اساس شاخص های MP، GMP، STI، HM و MSTI(k1)

| مهدوی | الوند | پیشگام | روشن | ارگ | بک کراس روشن | پارسی | پیشناز | WS-86-14 | سیروان | WS-82-9 |
|-------|-------|--------|------|-----|--------------|-------|--------|----------|--------|---------|
| ۷/۶ | ۳/۴ | ۱/۰ | ۱۱/۰ | ۶/۶ | ۹/۴ | ۸/۰ | ۴/۴ | ۴/۲ | ۲/۰ | ۸/۴ |

جدول ۱۲. ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط تنش و بدون تنش

| | عملکرد دانه (بدون تنش) | عملکرد دانه (تنش) | عملکرد بیولوژیک (بدون تنش) | عملکرد بیولوژیک (تنش) | شاخص برداشت (بدون تنش) | شاخص برداشت (تنش) | وزن هزار دانه (بدون تنش) | وزن هزار دانه (تنش) |
|----------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| عملکرد دانه (تنش) | | ۰/۳۱ ^{ns} | | | | | | |
| عملکرد بیولوژیک (بدون تنش) | | ۰/۴۶ ^{ns} | | ۰/۱۶ ^{ns} | | | | |
| عملکرد بیولوژیک (تنش) | | -۰/۳۹ ^{ns} | | -۰/۲۵ ^{ns} | | ۰/۲۷ ^{ns} | | |
| شاخص برداشت (بدون تنش) | | ۰/۸۲ ^{**} | | ۰/۲۳ ^{ns} | | -۰/۱۳ ^{ns} | | -۰/۶۱ [*] |
| شاخص برداشت (تنش) | | ۰/۴۱ ^{ns} | | ۰/۸۶ ^{**} | | -۰/۰۴ ^{ns} | | -۰/۷۰ [*] |
| وزن هزار دانه (بدون تنش) | | -۰/۰۷ ^{ns} | | -۰/۲۴ ^{ns} | | ۰/۰۲ ^{ns} | | ۰/۱۸ ^{ns} |
| وزن هزار دانه (تنش) | | -۰/۲۹ ^{ns} | | ۰/۳۹ ^{ns} | | -۰/۰۳ ^{ns} | | -۰/۰۴ ^{ns} |
| | | | | | | | | -۰/۰۸ ^{ns} |
| | | | | | | | | ۰/۳۱ ^{ns} |
| | | | | | | | | ۰/۳۱ ^{ns} |
| | | | | | | | | ۰/۵۱ ^{ns} |

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

نتیجه گیری

شرایط تنش خشکی پایان فصل، به شدت تنش نیز بستگی دارد. برخی پژوهشگران معتقدند، این روش گزینش ممکن است فقط در شرایط تنش ملایم به عنوان مسیری میان بر استفاده گردد.

به نظر می‌رسد برای ارزیابی تحمل به تنش، انتخاب ژنوتیپ‌ها باید بر پایه چند شاخص صورت گیرد. بدین منظور می‌توان از میانگین رتبه شاخص‌هایی استفاده کرد که همبستگی معنی‌دار با صفت مورد نظر هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش دارند. در پایان، رقم‌های پیشگام، سیروان و الوند برای کاشت در مناطقی که احتمال وقوع تنش خشکی در آخر دوره رشد گندم وجود دارد توصیه می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود لاین WS-14-86 مورد بررسی تکمیلی قرار گیرد تا در صورت مناسب بودن سایر صفات زراعی، به عنوان یک لاین امیدبخش متحمل به تنش خشکی آخر فصل در نظر گرفته شود. همچنین مطالعات به‌زراعی ژنوتیپ‌های برتر در راستای افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی آخر فصل، توصیه می‌گردد.

نتایج این تحقیق نشان داد که هر چهار صفت مورد بررسی تحت تاثیر تنش خشکی آخر فصل کاهش یافت اما شدت کاهش هر صفت بسته به ماهیت آن، متفاوت بود. یکی از شاخص‌هایی که به عنوان معیاری از شدت تنش و میزان تاثیر آن بر یک صفت استفاده می‌شود، شاخص SI است. این شاخص برای چهار صفت عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه به ترتیب ۰/۵۰۱، ۰/۲۵۹، ۰/۳۲۵ و ۰/۴۲۴ محاسبه شد.

در این پژوهش، همبستگی عملکرد دانه بین دو شرایط تنش و بدون تنش معنی‌دار نبود. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که انتخاب غیر مستقیم ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و استفاده از آن‌ها در شرایط تنش کارایی زیادی ندارد و برای انتخاب رقم‌های متحمل به تنش خشکی آخر فصل (به ویژه در شرایط تنش شدید)، باید ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بررسی و با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت انتخاب شوند. با این حال، احتمالاً موفقیت در گزینش ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب و استفاده از آنها در

References

- [1]. Afiuni, D., & Marjovvi, A. R. (2009). Assessment of different bread wheat cultivars responses to irrigation water salinity. *Journal of Crop Cultivation Improvement*, 11 (2), 1-9, (in Farsi).
- [2]. Ahmadi, A., Jodi, M., Tavakoli, A. & Ranjbar, M. (2009). Investigation of yield and its related morphological traits responses in wheat genotypes under drought stress and irrigation conditions. *Journal of Water and Soil Science*; 12 (46), 155-165, (in Farsi).
- [3]. Ahmadi, A., Siosemardeh, A. & Zali, A. (2004). A comparison between the capacity of photoassimilate storage and remobilization, and their contribution to yield in four wheat cultivars under different moisture regimes. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(4), 921-931, (in Farsi).
- [4]. Ahmadi, A., Siosemardeh, A. & Zali, A. (2009). The rate and duration of grain filling and stem reserve remobilization in wheat cultivars as a response to water deficit. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(1), 181- 195, (in Farsi).
- [5]. Ahmadi Lahijani, M., & Emam Y. (2013). Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing*, 3 (9), 163-176, (in Farsi).
- [6]. Alimohamady, M., Rezaee, A. & Mirmohamady meybodi, A.M. (2009). Evaluation of some physiological traits and grain yield of ten iranian bread wheat cultivars under two irrigation conditions. *Journal of Water and Soil Science*, 13 (48), 107-120, (in Farsi).
- [7]. Bouslama, M. & Schapaugh, W.T. (1984) Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24, 933- 937.
- [8]. Dastfal, M., Barati, V., Navabi, F. & Haghghatnia, H. (2009). Effect of terminal drought stress on grain yield and its components in bread wheat (*Triticum*

- aestivum* L.) genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. *Seed and Plant Production Journal*, 25-2 (3), 331-346, (in Farsi).
- [9]. Dastfal, M., Barati, V., Emam, Y., Haghghatnia, H. & Ramazanpour, M. (2011). Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under terminal drought stress conditions in darab region. *Seed and Plant Production Journal*, 27 (2), 195-217, (in Farsi).
- [10]. Ehdaie, B., Alloush, G. A. & Waines, J. G. (2008). Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*, 106, 34-43.
- [11]. Ehdaie, B., Waines, J. G. & Hall, A. E. (1988). Differential responses of landrace and improved spring bread wheat genotypes to stress environments. *Crop Science*. 28, 838 - 842.
- [12]. Ehdaie, B. & Waines, J. G. (1989). Adaptation of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. *Journal of Genetics and Breeding*. 43, 151-156.
- [13]. Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Arzani, A., Rezai, A., & Mirlohi, A. F. (2012). Genetic analysis of some related characters to drought tolerance in bread wheat cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(1), 105-122, (in Farsi).
- [14]. Fernandez, G.C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance PP.257-270. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan, 13-16 Aug.
- [15]. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897- 912.
- [16]. Foulkes, M. J. R., Sylvester-Bradley, R., Weightman & Snape, J. W. (2007). Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research*, 103, 11-24.
- [17]. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R. G., Ricciavdi, G. L. & Broghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77, 523-531.
- [18]. Guttieri, M. J., Stark, J. C., Brien, K., & Souza, E. (2001). Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41, 327-335.
- [19]. Kandic, V., Dodig, D., Jovic, M., Nikolic, B. & Prodanovic, S. (2009). The importance of physiological traits in wheat breeding under irrigation and drought stress. *Genetika* 41(1), 11 -20.
- [20]. Kristin, A. S., Senra, R. R., Perez, F. I., Enriquez, B.C., Gallegos, J. A. A., Vallego, P. R., Wassimi, N. & Kelley, J. D. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37, 43-50.
- [21]. Malek shahi, F., Dehghani, H. & Alizadeh, B. (2009). A study of drought tolerance indices in canola (*Brassica napus* L.) genotypes. *Journal of Water and Soil Science*, 13 (48), 77-90, (in Farsi).
- [22]. Moori, S., Emam, Y. & Karimzadeh Sourashjani, H.A. (2012). Evaluation of late season drought resistance in wheat cultivars using grain yield, its components and drought resistance indices. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 5(1), 19-32, (in Farsi).
- [23]. Moshatati, A., Siadat, S. A. A., Alami Saeid, KH., Bakhshandeh, A. & Jalal Kamali, M. R. (2013). Comparison of wheat cultivars using indices of tolerance and susceptibility to terminal heat stress in Ahvaz. *Plant Production*, 36(2), 61-73, (in Farsi).
- [24]. Naderi, A., Akbari Moghaddam, H. & Mahmoodi, K. (2013). Evaluation of bread wheat genotypes for terminal drought stress tolerance in south-warm regions of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29 (3), 601-616, (in Farsi).
- [25]. Naderi, A., Dastfall, M., Koohkan, Sh.A. & Farzadi, H. (2013). Effectiveness of stability indices for bread wheat genotypes selection to water deficit tolerant. *Journal of Iranian Field Crop Research*, 11(3), 515-523, (in Farsi).
- [26]. Najafian, G. (2009). Drought tolerance indices, their relationship parameter of application in wheat breeding program. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3, 25-34.

- [27]. Paknejad, F., Majidi, E., Noormohammadi, G., Seadat, a. & Vazan, S. (2007). Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(1), 137-148, (in Farsi).
- [28]. Rajaram, S. (2000). International wheat breeding: past and present achievements and future directions. Oregon State University Extension Service, Special Report 1017.
- [29]. Richards, R. A., Condon, A.G. & Rebetzke, G.J. (2001) Traits to improve yield in dry environments. pp. 88-100. In: Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, I., and McNab, A. (eds.) Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMYT, Mexico D. F.
- [30]. Rossielle, A. & Hamblin, A. J. (1981). Theoretical aspects of selection for stress and non-stress environment. *Crop Science*. 21, 1441- 1446.
- [31]. Royo, C., Abaza, M., Blanco, R. and Garcia del Moral, L. F. (2000). Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27, 1051–1059.
- [32]. Saeidi, M., Moradi, F., Ahmadi, A., Spehri, R., Najafian, G. & Shabani, A. (2010). The effects of terminal water stress on physiological characteristics and sink- source relations in two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12 (4), 392-408, (in Farsi).
- [33]. Saeidi, M., Moradi F., & Jalali Honarmand, S. (2011). Contribution of spike and leaves photosynthesis and soluble stem carbohydrates remobilization in grain yield formation in two bread wheat cultivars under post- anthesis stress conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 27 (1), 1-19, (in Farsi).
- [34]. Sanjari Pireivatlou, A. G., Dehdar Masjedlou, B. & Aliyev, R. T. (2010). Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 5(20), 2829-2836.
- [35]. Talebi, R., Fayaz, F. & Naji, A. M. (2009). Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *General and Applied Plant Physiology*, 35 (1–2), 64-74.
- [36]. Yazdanehpas, A., Keshavarz, S., Kebriaie, A., Rafieipour, SH., AminZadeh, Gh., Koocheki, A. R., Chaichi, M., & NajafiMirak, T. (2009). A study of grain yield and yield components in some promising bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under normal irrigation and terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(1), 109- 119, (in Farsi).
- [37]. Zebarjadi, A. R., Tavakoli Shadpey, S., Etminan, A. R. & Mohammadi, R. (2013). Evaluation of drought stress tolerance in durum wheat genotypes using drought tolerance indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29 (1), 1-12, (in Farsi).

Evaluation of tolerance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to terminal drought stress based on some agronomic traits

- 1- D. Afiuni, PhD student of Agronomy, Aboureihan Campus, , University of Tehran
- 2- I. Allahdadi, Associate Professor, Department of Agronomy and Crop Breeding, Aboureihan Campus, University of Tehran
Alahdadi@ut.ac.ir
- 3- Gh. A. Akbari, Associate Professor, Department of Agronomy and Crop Breeding, Aboureihan Campus, University of Tehran
- 4- G. Najafian, Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj

Received: 05 Sep 2014

Accepted: 13 Mar 2015

Abstract

Terminal drought stress reduces wheat grain yield in many parts of Iran. Selection of tolerant genotypes can eliminate the damage of this stress. Genotypes WS-82-9, Sirvan, WS-86-14, Pishtaz, Parsi, Back cross roshan, Arg, Roshan, Pishgam, Alvand and Mahdavi were evaluated under normal irrigation and terminal drought at Isfahan during 2011-2013. Traits grain yield, biological yield, harvest index and thousand grain weight were studied. Terminal drought stress significantly reduced all traits and stress intensity for the traits was 0.501, 0.259, 0.325 and 0.424 respectively. Genotypes had significant difference for all studied traits. Eleven susceptibility and tolerance indices and also the average rank of each genotype were calculated. Based on the grain yield, varieties of Phishgam, Sirvan, Alvand and WS-86-14 were four tolerant genotypes respectively, and Roshan was the most susceptible genotype. There were significant positive correlations between MP, GMP, STI, HM and MSTI(k1) with grain yield in both stress and non-stress conditions. There was significant positive correlations between grain yield with harvest index, showing the importance of harvest index. Based on harvest index, WS-86-14 and Roshan was the most tolerant and most susceptible genotype, respectively. Varieties of Pishgam and Sirvan can be recommended for cultivation in areas with probability of terminal drought stresses.

Keywords: Biological yield; Grain yield; Harvest index; Grain weight; Varieties.