مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی
جلد پنجم، شماره اول، نیمه اول ۹۱
۱۹-۳۲

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

ارزیابی مقاومت به خشکی انتهای فصل در ارقام گندم با استفاده از عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی

سعید موری[۱]، یحیی امام[۲*]،هدایت اله کریم زاده سورشجانی[۱]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ ۲. استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۱۱

چکیده

در یک پژوهش مزرعه‌ای دو ساله (۹۰-۸۹ و ۸۹-۸۸)، سی رقم گندم در دو محیط تنش خشکی آخر فصل و بدون تنش مورد مقایسه قرار گرفتند. آزمایش در هر دو سال در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. تیمار خشکی در کرت‌های اصلی (بدون تنش و قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و رقم‌های گندم در کرت‌های فرعیقرار داده شدند. در این بررسی شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل (TOL) و پایداری عملکرد (YSI) بر اساس عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه شدند. نتایج حاصل از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی نشان داد که رقم کویر با ۳۹۰/۴۸ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد دانه را داشت، در حالی که در تیمار آبیاری معمول بیشترین عملکرد دانه از رقم شیرودی (۸۷۳/۸۳ گرم در مترمربع) بدست آمد. مقایسه میانگین داده‌ها تحت شرایط آبیاری معمول نشان داد که رقم قدس (۵۷/۷ دانه در سنبله) و رقم یاواروس (۲۰/۷۲ دانه در سنبله) به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند. بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش خشکی نیز از ارقام زرین (۳۹/۴ دانه در سنبله) و سوراپلاتا (۹/۹ دانه در سنبله) بدست آمد. در پژوهش حاضر تفاوت بین ارقام از لحاظ وزن هزار دانه در دو حالت آبیاری معمول و تنش خشکی معنی‌دار بود. رقم سیستان بیشترین مقدار وزن هزار دانه (۴۵ گرم) را تحت شرایط بدون تنش و رقم امید بیشترین وزن هزار دانه (۳۵ گرم) را تحت شرایط تنش خشکی بعد از گلدهی به خود اختصاص دادند. مقایسه میانگین رقم‌های مورد مطالعه نشان داد که در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بیشترین عملکرد دانه به ترتیب از رقم‌هایکویر و درخشان بدست آمد.کمترین عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی مربوط به رقم ویریناک بود. بر اساس نتایج این آزمایش دو ساله شاخص‌های کمّی GMP, STI وMP به دلیل داشتن بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در هر دو شرایط، در ارزیابی تحمل به خشکی مناسب‌ترینشاخص‌هابودند.

***واژه‌های کلیدی*: حساسیت به تنش، میانگین هندسی بهره‌وری، تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری**

Archive of SID

مقدمه

ایران با میانگین نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال بر طبق تعریف آمبرژه جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید (Kardavani, 1999). بخش زیادی از اراضی زیر کشت گندم در ایران، در مناطق خشک یا نیمه-خشک قرار گرفته و هر ساله در نتیجه بروز تنش خشکی، عملکرد گندم کاهش چشمگیری می‌یابد. بر طبق الگوی فصلی بارندگی مدیترانه‌ای که شامل بسیاری از مناطق ایران (به ویژه مناطق جنوبی) نیز می‌شود، بیشترین بارندگی در زمستان اتفاق می‌افتد و محصولات زراعی پاییزه معمولاً از زمان گلدهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با خشکی مواجه میشوند. از سوی دیگر جمعیت جهان به شکل روز افزونی در حال افزایش است، به طوری که پیش بینی می‌شود که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹ میلیارد نفر برسد (FAO, 2006). بیشتر مدل‌ها پیش‌بینی کرده‌اند که کمبود جدی منابع غذایی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تشدید خواهد شد. مطابق پیش‌بینی‌ها جمعیت

نگارنده پاسخگو: یحیی امام. آدرس: شیراز- دانشگاه شیراز- دانشکده کشاورزی. پست الکترونیک: yaemam@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

ایران بر مبنای نرخ رشد ۲ درصد، در سال ۱۴۰۰ از ۱۲۰ میلیون نفر تجاوز خواهد کرد (Emam, 2011)؛ در این صورت با مشکل جدی جهت تأمین مواد غذایی جمعیت مذکور روبرو خواهیم بود. بنابراین درک و فهم پاسخ گیاهان به تنش‌های مختلف به ویژه تنش خشکی و یا سایر عوامل محدود کننده عملکرد، کاملاً ضروری است. بخش مهمی از توسعه کشاورزی و افزایش تولید مرهون کشت ارقام پرمحصول اصلاح شده در بسیاری از محصولات زراعی و باغی از جمله گندم است که غالباً ساختار ژنتیکی مشابه دارند (Van de Wouw et al., 2010).

پژوهشگران زیادی معتقدند که حساس‌ترین مراحل نمو گندم به تنش خشکی، مراحل زایشی می‌باشد (Johnston and Fowler, 1992; Mostafa et al.,1996). در پژوهشی که اعمال تنش‌های خشکی مشابه با الگوی بارندگی مدیترانه‌ای بود، عملکرد دانه ارقام تحت تنش، ۳۷ تا ۸۶ درصد کاهش یافت (Fischer and Maurer, 1978).

در مناطق خشک و نیمه خشک میزان بارندگی اندک (معمولاً کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر) و توزیع آن از سالی به سال دیگر متفاوت بوده و بنابراین میزان پیش بینی میزان و توزیع آن بسیار مشکل است. در چنین شرایطی عملکرد در سال‌های متوالی نوسانات زیادی دارد و به همین دلیل اصلاح ارقام برای مناطق خشک و نیمه خشک ضروری به نظر می‌رسد. هر چند اصلاح گندم بر اساس عملکرد به تنهایی چندان موفقیت آمیز نبوده است (Farsharadfar et al.,1995; Boyer, 1996; Moustafa et al., 1996; Golestani Araghi and Assad, 1998).

در کشورهای در حال توسعه حدود ۳۲ درصد از ۹۹ میلیون هکتار سطح زیر کشت گندم به نوعی با تنش خشکی مواجه است. اغلب مناطق تولید گندم در جهان در بخشی از فصل رشد با کمبود آب مواجه هستند. اثر این کمبود رطوبت بر نمو دانه و عملکرد به حساسیت مرحله‌ای از رشد نمو که گیاه در آن قرار دارد بستگی دارد (Cesar et al., 2003). پژوهشگران بسیاری کاهش عملکرد دانه گندم را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Emam et al., 2007). مشخص شده است زمانی که خشکی آخر دوره رشد تولید محصول را تهدید می‌کند، گزینش ارقام و لاین‌های با قدرت رشد زیاد که بتوانند زمانی که رطوبت قابل استفاده بیشتری در خاک موجود است، از مرحله رویشی وارد مرحله زایشی شوند، می‌تواند منجر به افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه شود. این ارقام یا لاین‌ها فرصت بیشتری برای استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک قبل از وقوع خشکی آخر دوره را خواهند داشت (Slafer and Araus, 1998).

تحمل به خشکی صفتی کمّی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (Takeda and Matsuoka, 2008). راسیل و هامبلین (Rossielle and Hamblin, 1991) شاخص تحمل (TOL)[1] و شاخص میانگین بهره‌وری (MP)[2] را پیشنهاد کرده‌اند. مقادیر بالای TOL نشان دهنده‌ی حساسیت نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش است. شاخص MP نیز به صورت متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش تعریف می‌شود. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل تنش[3] (STI) را به عنوان معیاری برای گزینش ارقام تحمل کننده تنش خشکی پیشنهاد کرد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده تحمل زیاد به تنش و عملکرد بالقوه زیاد است. شاخص دیگری که توسط وی ارائه شد میانگین هندسی بهره‌وری[4] (GMP) است. این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک ژنوتیپ‌ها از قدرت بالاتری برخوردار است.

یکی دیگر از شاخص‌های انتخاب، شاخص حساسیت به تنش[5] (SSI) است (Fischer and Maurer, 1978). این پژوهشگران نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی با SSI کمتر از واحد به تنش خشکی مقاوم‌تر هستند. شاخص پایداری عملکرد[6] (YSI)، عملکرد در شرایط تنش در یک رقم را وابسته به عملکرد آن رقم در شرایط غیرتنش ارزیابی می‌کند. این شاخص می‌تواند شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی باشد، بنابراین انتظار می‌رود که ارقامی با YSI بالاتر در هر دو شرایط عملکرد زیادتری داشته باشند (Bouslama and Schapaugh, 1984). شاخص حساسیت به تنش[7] (SSI) بیشتر برای حذف ژنوتیپ‌های حساس مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر

1. Tolerance
2. Mean Productivity
3. Stress Tolerance Index
4. Geometric Mean Productivity
5. Stress Susceptibility index
6. Yield Stability index
7. Stress sensitive index

Archive of SID

www.SID.ir

اساس آن هر ژنوتیپی که مقادیر زیادتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد در برابر تنش حساس‌تر خواهد بود (Fischer and Maurer, 1978). هدف از انجام این پژوهش شناسایی ارقام گندم مقاوم به خشکی از طریق بررسی همبستگی‌های موجود میان عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مزرعه‌ای در سال‌های زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در منطقه باجگاه واقع در ۱۶ کیلومتری شمال غربی شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا انجام شد. بر اساس نتایج آزمایش تجزیه خاک، خاک مزرعه مورد آزمایش دارای بافت رسی شنی بود (جدول ۱).

آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گردید. رژیم آبیاری و رقم به ترتیب به عنوان کرت‌های اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری معمول (عرف محل) و قطع آبیاری پس از گل شکفتگی (دور آبیاری معمول تا زمان گل شکفتگی و پس از آن قطع آبیاری تا زمان رسیدگی و برداشت محصول) بود. پس از اعمال تنش هیچ گونه بارندگی در منطقه رخ نداد (شکل ۱). در تیمار آبیاری معمولی در صورت نیاز (بعضی مواقع به علت بارندگی آبیاری انجام نشد) هر ۱۰ روز یک‌بار تا انتهای فصل رشد آبیاری انجام شد و در تیمار دیگر آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار تا زمان گل‌دهی انجام وپس از آن آبیاری تا انتهای فصل رشد قطع شد. حجم کل آب آبیاری و بارندگی در تیمار آبیاری معمولی ۶۸۸ و ۶۹۵ میلی‌متر به ترتیب در دو سال بود. همچنین در دو سال حجم کل آب آبیاری و بارندگی در تیمار تنش خشکی به ترتیب ۵۱۸ و ۵۳۳ میلی‌متر بود.

عملیات تهیه زمین شامل یک بار شخم با گاوآهن برگردان‌دار و یک بار استفاده از دیسک و ماله بود. هر یک از ارقام مختلف گندم روی چهار خطبه فاصله ۳۰ سانتی-متر (کشت در دو طرف پشته) بر اساس تراکم ۳۳۰ بوته در متر مربع به صورت دستی در تاریخ ۱۵ آبان هر دو سال (تاریخ کاشت بهینه منطقه) کشت شدند. طول هر خط کشت دو متر و جهت کاشت در هر دو سال شرقی-غربی در نظر گرفته شد. فاصله بین تکرارها و فاصله بین دو عامل اصلی در هر تکرار ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. ویژگی‌های ارقام گندم در جدول ۲ آورده شده است. میزان کودهای شیمیایی مورد نیاز قبل از کشت بر اساس آزمون خاک تعیین گردید و بر این اساس میزان ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار در سه مرحله مصرف گردید. کنترل علف‌های هرز پهن برگ از طریق کاربرد علف کش 2-4-D و علف‌های هرز باریک برگ به صورت دستی انجام شد.

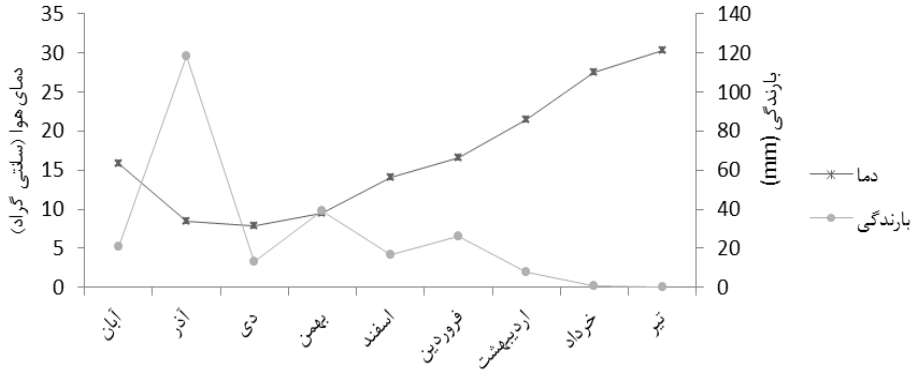
جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۶۰ سانتیمتری

Table 1. Some soil physico-chemical properties of experimental site at 60 cm depth

EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	1
pH	اسیدیته کل اشباع	7.74
Saturation percentage	درصد اشباع	60
Clay (%)	درصد رس (٪)	40
Silt (%)	درصد سیلت (٪)	42
Sand (%)	درصد شن (٪)	18
TNV (%)	مواد خنثی شونده (٪)	20
Total N (%)	نیتروژن کل (٪)	0.12
OC (%)	کربن آلی (٪)	1.26
P_{ava} ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	21.5
K_{ava} ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	450

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. میانگین بارندگی و دما در طول فصل رشد، میانگین دو سال آزمایش

Figure 1. Average temperature and rainfall during the growing season in two studying years.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های ارقام مورد بررسی (اقتباس از Najafian et al., 2008; Rahimi and Gholami, 2004).

Table 2. Some properties of experimental wheat cultivar (from Najafian et al., 2008; Rahimi and Gholami, 2004).

Cultivar	نام رقم	YR	DR	PL
Alborz	البرز	1979	Semi Resistant	Hexaploid
Omid	امید	1957	Sensitive	Hexaploid
Azar	آذر	1957	Resistant	Hexaploid
Bahar	بهار	2008	Unknown	Hexaploid
Star	استار	1996	Unknown	Hexaploid
Behrang	بهرنگ	2001	Unknown	Tetraploid
Pishtaz	پیشتاز	2003	Resistant	Hexaploid
Chamran	چمران	1998	Resistant	Hexaploid
Dabira	دبیرا	Unknown	Unknown	Hexaploid
Derakhshan	درخشان	1970	Resistant	Hexaploid
Roshan	روشن	1959	Semi Resistant	Hexaploid
Zagros	زاگرس	Unknown	Unknown	Hexaploid
Zarin	زرین	1996	Sensitive	Hexaploid
Sardari	سرداری	1940	Resistant	Hexaploid
Souraplata	سوراپلاتا	Unknown	Unknown	Tetraploid
Sistan	سیستان	2007	Unknown	Hexaploid
Shah pasand	شاه پسند	1943	Sensitive	Hexaploid
Shiraz	شیراز	2003	Resistant	Hexaploid
Shiroudi	شیرودی	1998	Resistant	Hexaploid
Falat	فلات	1991	Semi Resistant	Hexaploid
Ghods	قدس	1990	Sensitive	Hexaploid
Kaveh	کاوه	1981	Unknown	Hexaploid
Karaj	کرج	1974	Unknown	Hexaploid
Karkheh	کرخه	2004	Resistant	Tetraploid
Kavir	کویر	1998	Resistant	Hexaploid
Gaspard	گاسپارد	1995	Unknown	Hexaploid
Marvdasht	مرودشت	2000	Unknown	Hexaploid
Niknejad	نیک نژاد	1996	Unknown	Hexaploid
Vreenak	ویریناک	Unknown	Unknown	Hexaploid
Yavarous	یاواروس	1997	Resistant	Tetraploid

YR: Year released, DR: Drought resistance, PL: Ploidy level

Archive of SID

www.SID.ir

جهت ارزیابی ارقام مورد مطالعه از نظر حساسیت و مقاومت به تنش خشکی از شاخص‌های تنش شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری(MP)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، بر اساس روابط زیر استفاده شد.

$$STI = \frac{Ys \times Yp}{\bar{Y}} \quad \text{(Fernandez, 1992)} \qquad [۱]$$

$$TOL = Yp - Ys \quad \text{(Rossielle and Hamblin, 1981)} \qquad [۲]$$

$$YSI = \frac{Ys}{Yp} \quad \text{(Bouslama and Schapaugh, 1984)} \qquad [۳]$$

$$SSI = \frac{1 - Ys/Yp}{1 - \bar{Ys}/\bar{Yp}} \quad \text{(Fischer and Maurer, 1978)} \qquad [۴]$$

$$MP = \frac{Ys + Yp}{2} \quad \text{(Rossielle and Hamblin, 1981)} \qquad [۵]$$

$$GMP = \sqrt{(Ys \times Yp)} \quad \text{(Fernandez, 1992)} \qquad [۶]$$

که در این روابط Yp= عملکرد هر رقم در شرایط بهینه؛ Ys = عملکرد هر رقم در شرایط تنش؛ $\bar{Y}_p$ = میانگین عملکرد ارقام در شرایط بهینه؛ و $\bar{Y}_s$ = میانگین عملکرد ارقام در شرایط تنش می‌باشند.

برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون بارتلت استفاده شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد. برای تعیین بهترین شاخص‌ها از همبستگی ساده بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های مذکور استفاده گردید. تعیین انواع همبستگی با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و برای تجزیه به مولفه های اصلی و ترسیم بای پلات از نرم افزار Statgraph استفاده شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارزیابی ارقام بر اساس شاخص پایداری عملکرد (YSI) نشان داد که ارقام امید، چمران و کاوه در گروه ارقام مقاوم و ارقام البرز، استار و درخشان در دسته ارقام حساس قرار می‌گیرند (جدول ۳).

نیرومند موید و همکاران (Nourmand Moayyed et al., 2001) نیز در آزمایشی که به منظور بررسی تنوع صفات کمّی و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم نان انجام دادند، همبستگی بین شاخص SSI با YS را منفی و معنی‌دار ($r = -0.56^{**}$) گزارش کردند. نتایج ضرایب همبستگی موید این مطلب بود که شاخص SSI همبستگی قوی و منفی با عملکرد در شرایط تنش داشت (جدول ۴).

بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI)، هرچه اختلاف بین عملکرد در شرایط معمول و تنش بیشتر باشد، مقدار شاخص تحمل به تنش کوچک‌تر می‌شود و بنابراین، برخلاف شاخص حساسیت به خشکی، مقادیر بالاتر این شاخص نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش می‌باشد (Fernandez, 1992). محاسبه شاخص تحمل به تنش (STI) برای ارقام به ترتیب بیانگر تحمل بیشتر ارقام شیرودی، کویر، بهار و زرین در مقایسه با سایر ارقام بود (جدول ۳). ارقام یاد شده ضمن احراز بالاترین مقادیر شاخص STI در بین ارقام مورد بررسی از نظر میانگین عملکرد نیز در شرایط تنش در گروه ارقام پر محصول قرار داشتند (جدول ۵). باتوجه به آنچه که بیان شد، نتیجه گرفته می‌شود که شاخص تحمل به تنش به لحاظ گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط معمول و تنش از کارایی بالایی برخوردار می‌باشد. نتایج ضرایب همبستگی نیز نشان داد که در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول، شاخص STI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارا است (جدول ۴). مقدم و هادیزاده (Moghadam and Hadizadeh, 2001) قبلاً در ارتباط با مطلوبیت شاخص تحمل به تنش (STI) در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل، گزارش‌هایی را ارایه کرده بودند.

با در نظر گرفتن شاخص تحمل (TOL) که به صورت اختلاف بین عملکرد در شرایط معمول و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر کمتری از شاخص فوق را به خود اختصاص دهند (Rossielle and Hamblin, 1981). بررسی میزان تحمل ارقام با استفاده از این شاخص حاکی از برتری ارقام امید و چمران در مقایسه با سایر ارقام بود (جدول ۳). این دو رقم از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش در گروه ارقام پرمحصول قرار داشتند (جدول ۵). همچنین رقم درخشان با کسب بالاترین مقدار شاخص فوق به عنوان حساس‌ترین

Archive of SID

www.SID.ir

رقم به خشکی شناخته شد. این شاخص در شناسایی ارقامی که در هر دو محیط تنش و معمول دارای عملکرد مناسب بودند نسبتاً موفق نبود (جدول ۳).

براساس شاخص میانگین بهره‌وری (MP) که به صورت میانگین حاصل جمع عملکرد درشرایط معمول و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر هستند که مقادیر بیشتری از این شاخص را داشته باشند (Rossielle and Hamblin, 1981). بر همین اساس به ترتیب ارقام شیرودی، کویر، بهار و زرین به عنوان متحمل‌ترین ارقام ارزیابی شدند (جدول ۳). دورقم ویریناک و سوراپلاتا بر اساس این شاخص با کسب کمترین مقادیر شاخص مذکور به عنوان حساس‌ترین ارقام شناخته شدند. این شاخص نیز مانند شاخص STI دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش بود (جدول ۴). درتحقیقی بر روی گیاه ذرت، بین شاخص میانگین بهره‌وری و عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبتی مشاهده نشد (Moghadam and Hadizadeh, 2001)، که این موضوع مغایر با نتایج به دست آمده در این بررسی است.

جدول ۳. برآورد تحمل به تنش ارقام گندم بر اساس میانگین دو ساله عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهای فصل

Table 3. Estimates of stress tolerance of wheat cultivar based on mean yield of two years under non-stress and post anthesis drought stress condition

Cultivar	رقم	YP	YS	YSI	STI	GMP	SSI	MP	TOL
Alborz	البرز	594.97	186.11	0.31	0.27	332.76	1.26	390.54	408.87
Omid	امید	474.92	361.59	0.76	0.41	414.40	0.44	418.25	113.34
Azar	آذر	666.03	316.36	0.47	0.51	459.03	0.96	491.20	349.67
Bahar	بهار	843.04	361.03	0.43	0.73	551.69	1.05	602.04	482.01
Star	استار	581.03	177.96	0.31	0.25	321.56	1.27	379.50	403.07
Behrang	بهرنگ	713.40	339.42	0.48	0.58	492.08	0.96	526.41	373.98
Pishtaz	پیشتاز	638.10	270.91	0.42	0.42	415.77	1.05	454.50	367.20
Chamran	چمران	580.67	377.26	0.65	0.53	468.04	0.64	478.97	203.41
Dabira	دبیرا	699.64	351.83	0.50	0.59	496.14	0.91	525.73	347.82
Derakhshan	درخشان	849.35	248.37	0.29	0.51	459.29	1.30	548.86	600.99
Roshan	روشن	594.51	232.31	0.39	0.33	371.63	1.12	413.41	362.21
Zagros	زاگرس	523.25	303.61	0.58	0.38	398.57	0.77	413.43	219.65
Zarin	زرین	796.68	339.27	0.43	0.65	519.89	1.05	567.98	457.41
Sardari	سرداری	661.24	326.47	0.49	0.52	464.62	0.93	493.85	334.77
Souraplata	سوراپلاتا	367.70	149.70	0.41	0.13	234.62	1.09	258.70	218.00
Sistan	سیستان	768.64	314.06	0.41	0.58	491.32	1.08	541.35	454.58
Shah pasand	شاه پسند	452.38	228.29	0.50	0.25	321.36	0.91	340.34	224.09
Shiraz	شیراز	792.36	260.03	0.33	0.49	453.91	1.23	526.19	532.33
Shiroudi	شیرودی	873.83	351.68	0.40	0.74	554.36	1.09	612.76	522.15
Falat	فلات	649.90	358.63	0.55	0.56	482.77	0.82	504.26	291.28
Ghods	قدس	709.80	299.73	0.42	0.51	461.24	1.06	504.76	410.08
Kaveh	کاوه	611.05	374.26	0.61	0.55	478.21	0.71	492.65	236.80
Karaj	کرج	606.82	312.71	0.52	0.46	435.62	0.89	459.77	294.11
Karkheh	کرخه	671.56	264.37	0.39	0.43	421.35	1.11	467.96	407.20
Kavir	کویر	788.52	390.48	0.50	0.74	554.89	0.92	589.50	398.04
Gaspard	گاسپارد	642.88	308.32	0.48	0.48	445.21	0.95	475.60	334.56
Marvdasht	مرودشت	748.64	297.37	0.40	0.53	471.83	1.10	523.00	451.27
Niknejad	نیک نژاد	699.90	346.71	0.50	0.58	492.61	0.92	523.31	353.19
Vreenak	ویریناک	372.65	121.69	0.33	0.11	212.95	1.23	247.17	250.96
Yavarous	یاواروس	386.36	216.51	0.56	0.20	289.23	0.80	301.44	169.85

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول

Table 4. Correlation coefficients between drought tolerance indices and wheat cultivar grain yield under stress and normal irrigation

		YP	YS	YSI	STI	GMP	SSI	MP
YP	عملکرد در شرایط بهینه							
YS	عملکرد در شرایط تنش	0.56^{**}						
YSI	شاخص پایداری عملکرد	-0.31^{ns}	0.60^{**}					
STI	شاخص تحمل به تنش	0.87^{**}	0.88^{**}	0.16^{ns}				
GMP	میانگین هندسی بهره‌وری	0.87^{**}	0.90^{**}	0.19^{ns}	0.99^{**}			
SSI	شاخص حساسیت به تنش	0.31^{ns}	-0.60^{**}	-1.00^{**}	-0.16^{ns}	-0.19^{ns}		
MP	میانگین بهره‌وری	0.95^{**}	0.79^{**}	-0.00^{ns}	0.97^{**}	0.98^{**}	-0.00^{ns}	
TOL	شاخص تحمل	0.86^{**}	0.06^{ns}	-0.74^{**}	0.50^{**}	0.49^{**}	0.739^{**}	0.66^{**}

ns ,**به ترتیب نشانگر عدم وجود اثر معنی دار، و اثر معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns, and**: Not-significant, significant at 1% levels of probability, respectively

براساس شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر بیشتری از این شاخص را کسب کرده باشند (Fernandez, 1992). قبلاً نیز گزارش شده بود که شاخص میانگین بهره‌وری در یافتن ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش هستند از سایر شاخص‌های معرفی شده موفق‌تر است (Nourmand Moayyed et al., 2001). محاسبه این شاخص برای ارقام در تنش خشکی آخر فصل بیانگر تحمل بیشتر ارقام کویر، شیرودی، بهار و زرین بود (جدول ۳). نتایج جدول ضرایب همبستگی نیز همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین این شاخص و عملکرد پتانسیل نشان داد (جدول ۴). با این شاخص نیز دو رقم ویریناک و سوراپلاتا به عنوان حساس‌ترین ارقام ارزیابی شدند. این شاخص دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و معمول بود (جدول ۴). بنابراین، این شاخص را می‌توان به عنوان یک شاخص مناسب برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار داد، زیرا بیان شده است شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و بدون تنش باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها قابل استفاده هستند (Fernandez, 1992; Richards, 1996). این نتیجه با یافته‌های برخی از پژوهشگران مطابقت دارد (Nourmand Moayyed et al.,2001; Shafazadeh etal., 2004). به علت حساسیت کمتر این شاخص به مقادیر عملکرد در شرایط تنش و معمول، این شاخص نسبت به شاخص MP دارای برتری است (Fernandez, 1992).

با توجه به اینکه در شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول شاخص‌هایSTI, GMP, MP بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند، بنابراین می‌توان آن‌ها را به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در این آزمایش در نظر گرفت و ارقامی که بالاترین مقدار را در این شاخص‌ها داشته باشند به عنوان متحمل‌ترین ارقام شناسایی و انتخاب کرد. به طور کلی شاخص‌هایی که در محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شده و نیاز به شاخص انتخاب مناسب را برآورده می‌سازند، چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در دو محیط می‌باشند (Fernandez, 1992; Ober et al., 2005). شفازاده (Shafazadeh et al., 2004) نیز بیان داشت که شاخص‌های STI, GMP, MP به دلیل داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی می‌توانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و پرمحصول برای هر دو شرایط محیطی به کار روند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. جدول مقایسه میانگین عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه ارقام گندم در شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری در مرحله گلدهی

Table 5. Mean comparison of Biological yield, grain yield, harvest index, number of grain/spike and 1000 grain weight wheat cultivar in normal irrigation and cut off irrigation at flowering

cultivar	رقم	عملکرد زیست توده Biological yield ($g.m^{-2}$)		عملکرد دانه Grain yield ($g.m^{-2}$)		شاخص برداشت Harvest index (%)		تعداد دانه در سنبله grains per ear		وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	
		تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)
Alborz	البرز	855.6	1619.8	186.1	594.9	24.5	36.7	31.3	34.8	50.1	75.3
Omid	امید	1304.3	1300.1	361.5	474.9	28.1	37.9	20.9	22.4	25.3	43.0
Azar	آذر	1106.2	1439.0	316.3	666.0	30.4	46.3	28.5	41.9	5.2	30.0
Bahar	بهار	1019.9	1798.2	361.0	843.0	35.9	46.9	27.1	39.6	25.2	39.0
Star	استار	613.1	1364.0	177.9	581.0	29.2	44.3	15.0	30.5	25.2	75.4
Behrang	بهرنگ	1061.0	1695.6	339.4	713.4	32.4	42.6	37.4	47.3	5.1	50.2
Pishtaz	پیشتاز	887.8	1491.6	270.9	638.1	30.8	43.0	32.4	34.1	17.0	50.3
Chamran	چمران	1376.4	1471.7	377.2	580.6	30.0	39.5	31.3	33.0	75.1	50.2
Dabira	دبیرا	1136.5	1673.4	351.8	699.6	32.0	42.0	28.7	40.7	75.2	50.2
Derakhshan	درخشان	799.6	1745.3	248.3	849.3	31.7	48.7	22.9	52.9	25.1	25.2
Roshan	روشن	858.8	1427.6	232.3	594.5	27.0	41.8	27.4	34.3	18.0	25.3
Zagros	زاگرس	1107.6	1490.7	303.6	523.2	27.4	35.1	20.1	26.2	75.2	50.3
Zarin	زرین	1091.7	1755.9	339.2	796.6	31.3	45.4	39.4	52.7	25.1	25.3
Sardari	سرداری	963.6	1637.4	326.4	661.2	34.0	40.4	26.3	29.8	75.2	75.3
Souraplata	سوراپلاتا	1164.3	1252.2	149.7	367.7	12.9	30.2	9.9	25.9	25.3	33.0
Sistan	سیستان	1023.4	1688.3	314.0	768.6	30.6	45.5	22.3	33.1	50.2	25.4
Shah	شاه	898.8	1242.8	228.2	452.3	26.4	36.3	29.2	39.3	75.1	30.0
Shiraz	شیراز	735.8	1654.8	260.0	792.3	35.4	47.8	25.3	48.8	50.1	50.3
Shiroudi	شیرودی	1147.2	1905.9	351.6	873.8	31.0	45.8	35.5	50.2	50.1	33.0
Falat	فلات	1090.6	1382.1	358.6	649.9	33.5	47.1	24.7	42.9	75.2	25.2
Ghods	قدس	896.4	1626.7	299.7	709.8	33.3	43.6	35.6	57.7	25.1	25.0
Kaveh	کاوه	1211.3	1390.3	374.2	611.0	31.0	43.9	38.1	39.4	50.2	25.3
Karaj	کرج	1157.9	1660.6	312.7	606.8	27.0	37.0	26.6	38.5	00.2	50.2
Karkheh	کرخه	1012.0	1576.0	264.3	671.5	29.8	42.6	21.3	32.5	25.2	25.4
Kavir	کویر	1110.0	1647.0	390.4	788.5	35.3	48.0	34.1	40.6	25.2	75.3
Gaspard	گاسپارد	829.1	1424.1	308.3	642.8	37.2	45.1	34.4	50.4	25.2	50.2
Marvdasht	مرودشت	863.7	1627.2	297.3	748.6	34.5	45.9	33.6	49.2	18.0	30.0
Niknejad	نیک نژاد	967.5	1640.7	346.7	699.9	36.0	42.6	25.6	40.9	75.2	75.3
Vreenak	ویریناک	1388.9	1186.1	121.6	372.6	9.3	32.3	12.0	28.6	25.1	24.0
Yavarous	یاواروس	1223.6	1193.8	216.5	386.3	19.9	32.9	22.0	20.7	25.2	50.4
LSD		*295.3*	*221.3*	*18.4*	*48.7*	*7.3*	*5.0*	*1.0*	*0.9*	*0.001*	*0.001*

S: Stress; I: Irrigation

تعیین مقاومت به خشکی ارقام مورد آزمایش

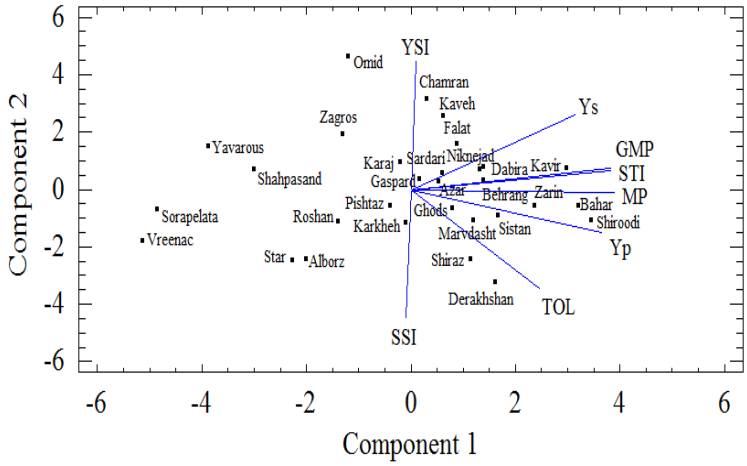
پس از شناسایی تجربی شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی، برای تعیین ارقام مقاوم به خشکی از نمودار چند متغیره (موسوم به بای پلات) استفاده شد (شکل ۲). برای این منظور از تجزیه به مولفه های اصلی استفاده گردید. این نمودار بر مبنای دو مولفه اول و دوم که ۹۸/۶۴ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه می‌کرد رسم شد (جدول ۶). همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در فضای بای پلات ارقام در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و مقاومت آن‌ها به شرایط تنش است.

در نمودار بای‌پلات ضریب همبستگی بین هر دو شاخص تقریباً با کسینوس زاویه بین بردارهای آنها برابر است، به طوری که (r = cos0°= 1, cos90°= 0, cos180°= -1)می‌باشد(Yan and Rajcan, 2002). بنابراین زاویه منفرجه بین بردارها نشان دهنده رابطه منفی شدید، زاویه قائمه نشان دهنده رابطه نزدیک به صفر و زاویه حاده نشان دهنده رابطه مثبت بین شاخص‌ها است. با توجه به زاویه حاده بین شاخص‌های انتخاب در نمودار بای پلات، مشخص شد که شاخص‌هایMP, GMP, STI علاوه بر همبستگی بالا با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش با یکدیگر نیز همبستگی مثبت و بالایی دارند و به عنوان بهترین شاخص‌ها شناخته شدند. در مطالعه فرشیدفر و همکاران (Farshadfaret al., 1995) نیز چنین شرایطی وجود داشت.



شکل ۲. نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در ارقام گندم بر اساس اولین و دومین مولفه اصلی

Fig. 2. Biplot display tolerance and sensitivity to drought in wheat indicators based on the first and second principal components.

نمودار بای پلات نشان داد ارقام شیرودی، بهار، زرین و کویر در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم مقاومت به خشکی (STI, GMP, MP) قرار دارند. ارقام شیرودی و بهار در مجاورت مولفه اول یعنی پتانسیل عملکرد قرار دارند و نشان می‌دهد که زیاد بودن مقاومت به خشکی در این دو رقم در اثر پتانسیل عملکرد بالای آن‌ها می‌باشد. همچنین ارقام شیراز، درخشان، قدس و مرودشت در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI, TOL) و پتانسیل عملکرد قرار دارند که به معنی بالا بودن عملکرد آن‌ها در شرایط آبیاری معمول و در عین حال حساسیت آن‌ها به کمبود آب است. در واقع می‌توان گفت که این ارقام دارای سازگاری خصوصی به شرایط آبیاری معمول هستند. همچنین نمودار بای پلات نشان داد ارقام ویریناک، سوراپلاتا، استار، البرز و شاهپسند دارای عملکرد پایین و حساسیت بالا به تنش خشکی می‌باشند. پراکنش ارقام در سطح بای پلات نشان داد که فاصله ژنتیکی زیادی بین برخی از ارقام از نظر عملکرد و مقاومت به خشکی وجود دارد. بنابراین می‌توان از این ارقام در برنامه های دورگ گیری در جهت افزایش عملکرد و مقاومت به خشکی استفاده کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. بردارها و مقادیر ویژه برای شش شاخص حساسیت و تحمل به خشکی در ارقام گندم.

Table 6. Vectors and eigen values for the six indicators of sensitivity and drought tolerance in wheat cultivar.

Component	Eigen value	Variance (%)	YS	YP	YSI	STI	GMP	SSI	MP	TOL
1	87.3	60.9	0.27	0.42	0.01	0.45	0.45	-0.01	0.45	0.29
2	3.1	38.5	0.33	-0.19	0.57	0.08	0.09	-0.57	-0.01	-0.44

عملکرد زیست توده

بین ارقام نیز از نظر میزان عملکرد زیست توده اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل تنش خشکی و ارقام نیز بسیار معنی دار گردید (جدول ۵). در شرایط آبیاری معمول رقم شیرودی دارای بیشترین و رقم ویریناک دارای کمترین عملکرد زیست توده بودند (جدول ۵). رقم شیرودی همچنین از عملکرد دانه بالایی برخوردار بود که می‌تواند به دلیل توانایی بیشتر این رقم در تولید ماده خشک در اثر فتوسنتز بالاتر باشد. در شرایط تنش خشکی بالاترین عملکرد زیست توده مربوط به رقم ویریناک و کمترین آن مربوط به رقم استار بود. گزارش شده است که تنش رطوبتی سبب کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌گردد(Clarkeet al., 1984). بر اساس پژوهش‌های انجام گرفته تنش خشکی در مراحل مختلف به ویژه در زمان پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد می‌شود و همچنین کاهش فتوسنتز و از طرف دیگر کاهش انتقال مواد پرورده به اجزای گیاه، سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌گردد (Emam et al., 2011). تنش خشکی از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و اختلال در متابولیسم باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌شود (Tezara et al., 1999; Liang et al., 2002; Lawson et al., 2003).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی نشان داد که عملکرد دانه از ۱۲۱/۶۸۸ گرم در مترمربع در رقم ویریناک تا ۳۹۰/۴۸ گرم در متر مربع در رقم کویر متغیر بود (جدول ۵). در تیمار آبیاری معمول نیز بیشترین عملکرد دانه از رقم شیرودی بدست آمد که با رقم درخشان تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد مربوط به رقم سوراپلاتا بود که تفاوت معنی‌داری با ارقام ویریناک و یاواروس نداشت. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در تمام ارقام معنی‌دار گردید که این موضوع می‌تواند به دلیل تأثیر منفی تنش بر اجزای عملکرد دانه به ویژه تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه باشد. تفاوت در عملکرد پتانسیل ارقام مختلف به دلیل ورود ژن‌های پاکوتاهی در اصلاح ارقام مصادف با دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی در جهان بوده است. این یافته با نتایج ژو و همکاران (Zhou et al., 2007) مطابقت داشت.

کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل مورد توجه سایر پژوهشگران هم قرار گرفته است (Kirigwi et al., 2004; Rajala et al., 2009). گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Gonalez et al., 2010). میان عملکرد دانه و شاخص‌های کمّی مقاومت به خشکی باید رابطه‌ای وجود داشته باشد که بر اساس آن ارقام با عملکرد زیاد دارای مقادیر بالای شاخص‌های کمّی MP، GMP و STIو مقادیر کم شاخص‌هایSSIو TOLهستند و برعکس. این روابط را می‌توان از طریق همبستگی‌های موجود بین این صفات بررسی کرد (جدول ۴).

شاخص برداشت

بیشترین شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی از رقم گاسپارد و کمترین آن از رقم ویریناک بدست آمد (جدول ۵). در شرایط آبیاری معمول نیز بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب در ارقام درخشان و سوراپلاتا مشاهده شد. در پژوهش‌های مشابه نیز اعمال تنش به ویژه پس از مرحله گل شکفتگی کاهش معنی دار شاخص برداشت در ارقام گوناگون را در پی داشته است (Debake et al.,1996)، که با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد. کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی بعد از گلدهی به کاهش دسترسی به مواد پرورده جاری طی دوره پر شدن دانه نسبت داده شده است (Emam, 2011). در پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

حاضر همبستگی بین شاخص برداشت و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بسیار مثبت و معنی‌دار شد (جدول ۷). کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Foulkes et al., 2001; Foulkes et al., 2007; Sio-Se Mardeh et al., 2006).

تعداد دانه در سنبله

تفاوت بین ارقام و تیمارهای آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین داده‌ها تحت شرایط آبیاری معمول نشان داد که رقم قدس و رقم یاواروس به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند. بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش خشکی نیز از ارقام زرین و سوراپلاتا به دست آمد (جدول ۵). اعمال تنش خشکی در مرحله گل شکفتگی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در ارقام باشد (Royo et al., 2006).

وزن هزار دانه

وزن دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در گندم می‌باشد و بسته به دوره و مرحله وقوع تنش تحت تأثیر قرار می‌گیرد(Fischer, 1973). در پژوهش حاضر تفاوت بین ارقام از لحاظ وزن هزار دانه در دو حالت آبیاری معمول و تنش خشکی معنی‌دار بود. رقم سیستان بیشترین مقدار وزن هزار دانه را تحت شرایط بدون تنش و رقم امید بیشترین وزن هزار دانه را تحت شرایط تنش خشکی بعد از گلدهی به خود اختصاص دادند (جدول ۵). تنش خشکی بعد از گلدهی سبب شد که وزن هزار دانه در ارقام کاهش پیدا کند که این موضوع احتمالاً به دلیل کوتاه تر شدن طول دوره پر شدن دانه و دمای زیادتر طی روزهای پایانی دوره رشد بود. از آنجا که در شرایط گرما تعرق گیاه افزایش می‌یابد،احتمالاً رویارویی گیاه با تنش خشکی زیادتر شده و در این صورت طول دوره رشد کاهش پیدا کرده و دانه‌هاکوچک‌تر می‌شوند (Warington et al., 1997).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بیشترین عملکرد دانه به ترتیب از رقم‌هایکویر و درخشان بدست آمد. کمترین عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی مربوط به رقم ویریناک بود. بر اساس نتایج این آزمایش دو ساله شاخص‌های کمّی GMP, STI و MP به دلیل داشتن بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در هر دو شرایط، در ارزیابی تحمل به خشکی مناسب‌ترین شاخص‌ها بودند.

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول

Table 3. Correlation coefficients between yield and yield component under stress and normal irrigation

Treatment	تیمار	صفات Traits	BY	GY	HI	GN
Irrigation termination	قطع آبیاری	GY	0.26^{ns}			
		HI	-0.43^{*}	0.74^{**}		
		GN	-0.09^{ns}	0.61^{**}	0.62^{**}	
		GW	0.25^{ns}	0.01^{ns}	-0.20^{ns}	-0.66^{**}
Normal Irrigation	آبیاری معمول	GY	0.90^{**}			
		HI	0.61^{**}	0.88^{**}		
		GN	0.61^{**}	0.73^{**}	0.70^{**}	
		GW	-0.06^{ns}	-0.06^{ns}	-0.04^{ns}	-0.60^{**}

ns ,*,**به ترتیب نشانگر عدم وجود اثر معنی دار، و اثر معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. BY: عملکرد بیولوژیک؛ GY: عملکرد دانه؛ HI: شاخص برداشت؛ GN: تعداد دانه در بلال؛ GW: وزن هزار دانه.

ns, * and**: Not-significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

BY: Biological yield, GY: Grain yield, HI: Harvest index, GN: Number of grain per ear, GW: 1000 grain weight

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Bouslama, M., Schapaugh, W.T., 1984. Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24, 933- 937.

Boyer, J.S., 1996. Advances in drought tolerance in plants. Adv. Agron. 56, 187-218.

Cesar, G.L., Banowetz, G.M., Peterson, C.J., Kronstad, W.E, 2003. Dehydrin Expression and Drought Tolerance in Seven Wheat Cult.Crop Sci. 43,577-582.

Clarke, J.M., Smith, T.F.T., McCaig, T.N., Grean, D.G., 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop Sci. 24, 537-541.

Debake, P., Puech, J., Casals, M.L., 1996. Yield build-up in winter wheat under soil water deficit. I: Lysimeter studies. Agronomie. 16, 3-23.

Emam, Y., 2011. Cereal Production.Shiraz University Press.Fourth edition.190 pages. [In Persian].

Emam, Y., Ranjbari, A. and M., Bahrani. M.J., 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought Stress. J. Sci. Tech. Agric. Nature Res. 11, 317-328. [In Persian with English Summary].

FAO, 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Quarterly Bulletin of Statistics. Rome, Italy.

Farshadfar, E., Koszegi, B., Tischner, T. Sutki, J., 1995. Substitution analysis of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Breed. 114, 542-544.

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 August.

Fischer, R.A., 1973. The effect of water at various stages of development on yield processes in wheat. pp. 233-241. In: Proceedings of Plant Responses to Climate Factors Symposium. UNESCO, Paris.

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29, 897- 912.

Foulkes, M.J., Scott, R.K. Bradley, S., 2007. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. J. Agric. Sci. 138, 153–169.

Foulkes, M.J., Scott, R.K. Syvester-Bradley, R., 2001. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: resource capture. J. Agric. Sci. 137, 1–16.

Gavuzzi.P, Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R.G., Ricciardi, G.L., Borghi, B., 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Plant. Sci. 77, 523- 531.

Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta-analysis. Theor. Appl. Genet. 120, 1241–1252.

Golestani Araghi, S., Assad, M.T., 1998. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica. 103, 293-299.

Gonzalez, A., Bermejo, V. Gimeno, B.S., 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. J. Agric. Sci. 148, 319–328.

Johnston, A.M., Fowler, D.E., 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. Can. J. Plant Sci. 72, 1075-1089.

Kardavani P., 1999. Arid Areas, University of Tehran Publication, Tehran. [In Persian].

Kirigwi, F.M., van Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R.G., Rajaram, S., Paulsen, G.M., 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica. 135, 361–371.

Archive of SID

www.SID.ir

Lawson T, Oxborough, K., Morison, J.I.L., Baker, N.R., 2003. The responses of guard and mesophyll cell photosynthesis to CO_2, O_2, light, and water stress in a range of species are similar. J. Exp. Bot. 54, 1743–52.

Liang, Y.C., Ding, R.X., 2002. Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants: A review. Environ. Pollut. 45. 298-308.

Moghadam. A., Hadizadeh, M.H., 2001. Study on density stress in selection of drought tolerant varieties of corn (*Zea mays* L). Iranian J. Crop Sci. 2, 25-38. [In Persian with English summary].

Moustafa, M.A., Boersma, L., Kronstand, W.E., 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop Sci. 36, 982-986.

Najafian, G., Jalal-Kamali, M.R., Azimian, J., 2008. Description of Iranian Grown Wheat Cultivars and Promising Lines. Amozesh Keshavarzi Press. 208 pp. [In Persian].

Nourmand-Moayyed, F., Rostami, M.A., Ghanadha, M.R., 2001. Evaluation of drought resistance indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian J. Agric. Sci. 32, 795-805. [In Persian with English summary].

Ober, E.S., Le-Bloa, M., Clark, C.J.A., Royal, A., Jaggard, K.W., Pidgeon, J.D., 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. Field Crops Res. 91, 231-249.

Rahimi, M., and A. Gholami. 2004. Features some important varieties of crops, the first volume:cereals., Shahrood University Press.136 pp.

Rajjala, A., Hakala, K., Makela, P., Muurinen, S., Peltonen-Sainio, P., 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Res. 114, 263–271.

Rahimi, M., Gholami, A., 2004. Iranian Main Crops Characteristics. I: Cereals. Sahrood University Press. 136pp. [In Persian].

Richards, R.A., 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Reg. 20, 157-166.

Rossielle, A., Hamblin A.J., 1981. Theoretical aspects of selection for stress and non-stress environment. Crop Sci. 21, 1441- 1446.

Royo, C., Alvaro, F., Martos, V., Ramdani, A., Isidro, J., Villegas, D., Garcia del Mortel, L.F., 2006. Genetic changes in durum wheat yield components and associated traits in Italian and Spanish varieties during the 20th century. Euphytica. 155, 259-270.

Shafazadeh, M.K., Yazdan-Sepas., A.A., Amini, A., Ghanadha, M.R., 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed Plant Improve. J. 20, 57-71. [In Persian with English summary].

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Mohammadi, V., 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Res. 98, 222–229.

Slafer, G.A., Araus, J.L. 1998. Improving wheat responses to abiotic stresses. In: Proceeding of 4th International Wheat Genetic Symposium, Saskatoon, Canada. Vol. 1, 201-213.

Takeda, S., Matsuoka, M., 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. Nature. 9, 444-457.

Tezara W., Mitchell, V.J., Driscoll, S.D., Lawlor, D.W., 1999. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. Nature. 1401. 914–7.

Van de Wouw, M., Van Hintum, T., Kik, C., Van Treuren, R., Visser, B., 2010.Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta-analysis. Theor. Appl. Genet. 120, 1241–1252.

Archive of SID

www.SID.ir

Warrington, I.J., Dunstone, R.L., Green, L.M., 1997. Temperature effects at three development stages on the yield of the wheat ear. Aust. J. Agric. Res. 28, 11-27.

Yan, W., Rajcan, I., 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario.Crop Sci., 32, 51-57.

Zhou, Y., He, Z.H., Sui, X.X., Xia, X.C., Zhang, X.K., Zhang, G.S., 2007. Genetic improvement of grain yield and associated traits in the northern china winter wheat region from 1960 to 2000. Crop Sci. 47, 245-253.

Archive of SID

www.SID.ir