دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱

بررسی عملکرد، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و ارزیابی تحمل به خشکی ارقام جو زراعی (*Hordeum vulgare L.*) در استان خوزستان

محمد معتمدی [۱*] و عبدالکریم بنی سعیدی

گروه تولید و ژنتیک گیاهی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی : Motamedi۵۵۵@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۵ خردادماه ۱۴۰۱ ، تاریخ پذیرش: ۱۸ تیرماه ۱۴۰۱)

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری در کرت اصلی شامل آبیاری نرمال مزرعه و قطع آبیاری در زمان گرده افشانی بود و ارقام نصرت، والفجر، ترکمن، جنوب، یوسف و کارون در کرت فرعی گنجانده شدند. نتایج نشان داد در شرایط تنش خشکی بیشترین عملکرد دانه در ارقام نصرت و یوسف به میزان ۵۱۳/۱ و ۵۱۳/۸ گرم در متر مربع و کمترین عملکرد دانه در رقم کارون به میزان ۲۰۱/۵ گرم در متر مربع مشاهده شد. میزان کاهش وزن هزار دانه ارقام نصرت، یوسف، ترکمن، جنوب، والفجر و کارون تحت تاثیر تنش خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۲/۸، ۱۱/۳، ۱۳/۶، ۱۷/۲، ۱۶/۵ و ۲۹/۶ درصد بود. تنش خشکی طول دوره پرشدن دانه را در تمام ارقام مورد بررسی در مقایسه با شرایط نرمال کاهش داد، بطوریکه کمترین طول دوره پرشدن دانه متعلق به رقم کارون با ۲۲/۱ روز بود. اما ارقام نصرت و یوسف بیشترین دوره پرشدن دانه را داشتند. در شرایط تنش خشکی ارقام نصرت و یوسف بیشترین رطوبت نسبی برگ، شاخص کلروفیل، کربوهیدرات های محلول برگ و پروتئین های محلول برگ را به خود اختصاص دادند. در مجموع با توجه به نتایج شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش ارقام نصرت و یوسف متحمل‌ترین و ارقام والفجر، کارون و جنوب حساس‌ترین ارقام به تنش خشکی آخر فصل بودند.

واژه های کلیدی: رطوبت نسبی، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل، وزن هزاردانه

مقدمه

ارزیابی واکنش گیاهان زراعی به تنش های محیطی نظیر شوری، خشکی و تغییرات دمایی و انتخاب گیاهان متحمل به این تنش ها در کنار شناسایی سازوکارهای احتمالی تحمل تنش امروزه نقش به سزایی در افزایش تولید گیاهان زراعی دارد. گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین گیاه غله مهم است که توسط انسان به صورت مستقیم یا در قالب تهیه خوراک دام مورد استفاده قرار می گیرد. این گیاه با تحمل طیف وسیعی از شرایط نامساعد اقلیمی و خاک، در مناطقی که زراعت سایر غلات با مشکل مواجه است یک منبع غذایی مهم تامین کننده نیاز های غذایی بشر است (۱۶). در ایران نیز این گیاه پس از گندم بیشترین سطح کشت غلات را به خود اختصاص داده است اما تنش خشکی آخر فصل یکی از عوامل محدود کننده عملکرد دانه جو در بیشتر مناطقی است که این گیاه کشت می‌شود (۸).

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش های محیطی است که به صورت فقدان یا کمبود آب قابل دسترس گیاه جهت رشد و نمو تعریف می شود و در بسیاری از مناطق از جمله اقلیم ایران تولید بهینه گیاهان زراعی را با مشکل مواجه می نماید. البته باید توجه نمود واکنش گیاهان زراعی به تنش خشکی به شدت تنش، دوام تنش و زمان وقوع تنش بستگی دارد. اگر چه ارقام جو معمولا در گروه گیاهان متحمل به تنش خشکی قرار می گیرند اما این گیاه در مراحل ساقه رفتن و گرده افشانی به تنش خشکی حساس است (۱۸). تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی موجب کاهش عملکرد دانه، وزن هزاردانه و ارتفاع بوته ارقام جو شد اما میان ارقام جو در واکنش به تنش خشکی تفاوت معنی داری مشاهده شد بررسی شاخص های تحمل به تنش خشکی نشان داد تفاوت قابل ملاحظه ای میان ارقام جو از نظر تحمل به تنش خشکی وجود دارد و ارقام متحمل به تنش خشکی آخر فصل از شاخص برداشت، طول سنبله و وزن هزاردانه بیشتری برخوردار بودند (۸). تنش خشکی آخر فصل یک عامل محدود کننده رشد و عملکرد ارقام جو است که با کاهش وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت جو را تحت تاثیر قرار می دهد (۶). عوامل گوناگونی موجب تاثیر منفی تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه غلات از جمله جو می شوند که می توان به کاهش رطوبت نسبی برگ، اختلال در گرده افشانی و تشکیل دانه، کاهش سطح فتوسنتز کننده و انتقال مواد فتوسنتزاشاره نمود (۳،۹ و۱۷) حفظ رطوبت نسبی کافی برگ در شرایط تنش های محیطی نظیر شوری و خشکی به ویژه در انتهای فصل رشد که مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه ها تامین می شود بسیار ضروری است لذا ارقام متحمل به تنش غلات در شرایط تنش معمولا از رطوبت نسبی برگ بالاتری در مقایسه با ارقام حساس به تنش برخوردار هستند (۷،۱۱). تنظیم اسمزی فرآیندی فیزیولوژیک است که گیاه را قادر می سازد با تغییر پتانسیل اسمزی بافت های مختلف گیاهی، آب بیشتری را از خاک جذب نماید و این تغییر پتانسیل اسمزی با تجمع ترکیبات مختلف نظیر پروتئین های محلول، کربوهیدرات های محلول و پرولین حاصل می شود (۹). تحقیقات نشان داد میزان تجمع کربوهیدرات های محلول در ساقه گندم متحمل به خشکی زاگرس به میزان معنی داری بیشتر از کربوهیدرات های محلول ساقه رقم حساس به خشکی بود . ارقام گندم متحمل به تنش خشکی قادرند با تجزیه کربوهیدرات های ذخیره ای نظیر نشاسته، غلظت کربوهیدارت های محلول در برگ و ساقه را افزایش داده و با حفظ تورژسانس سلول در شرایط تنش خشکی سبب تحمل شرایط تنش و جذب آب بیشتری شوند (۲۵).

عملکرد دانه یکی از صفات مهم در شناخت ارقام متحمل به تنش های محیطی نظیر خشکی در گیاهان زراعی است و شناخت و اصلاح صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط تنش دارند نقش به سزایی در تولید ارقام متحمل به تنش دارد (۲۰). به منظور تشخیص ارقام متحمل به خشکی، شاخص‌های گزینش بر اساس روابط ریاضی در شرایط بدون تنش و تنش پیشنهاد شده است. شاخص تحمل به تنش (STI) توسط فرناندز (۲۶) پیشنهاد شد. مقادیر بالای STI بیانگر تحمل زیاد به تنش و عملکرد بالقوه زیاد است. شاخص تحمل به تنش (TOL) عبارت است از تفاوت عملکرد در شرایط نرمال (Yp) و تنش (Ys). مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده حساسیت به تنش است. گروهی دیگر از محققین شاخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد دادند. مقادیر کم این شاخص بیانگر تحمل بالاتر به تنش است (۲۷). در بیشتر مطالعات SSI با TOL همبستگی مثبت نشان داده است و لذا می‌توان با استفاده از این دو شاخص ارقام برخوردار از عملکرد مطلوب در محیط‌های تنش ولی دارای عملکرد کم در محیط‌های نرمال را تفکیک کرد (۲۶). شاخص MP، میانگین عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش است (۳۵). همبستگی MP با Yp و Ys در غالب آزمایشات مثبت بوده است، لذا انتخاب بر اساس این شاخص میانگین عملکرد را در هر دو شرایط بدون تنش و تنش افزایش می‌دهد . از آنجا که MP میانگین عملکرد در دو محیط بدون تنش و تنش است، به نظر می‌رسد انتخاب بر اساس این شاخص منجر به شناسایی ارقام پر محصول در هر دو شرایط گردد. شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) بر خلاف MP به داده‌های با مقادیر بسیار کم یا بسیار زیاد حساسیت بالایی نداشته و در تشخیص ارقامی با عملکرد زیاد در هر دو شرایط موثرتر است (۲۶). حسینی و همکاران (۶) در ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام جو زراعی شاخص‌های مختلفی نظیر TOL, Harm, MP, GMP, SSI و STI را در شرایط تنش و نرمال محاسبه نموده و ارقام متحمل را بر اساس این شاخص‌ها معرفی نمودند. دولت پناه و همکاران (۷) نیز در مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات زراعی ارقام جو شاخص STI را شاخص مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی نمودند. با توجه به اهمیت زراعت جو و تاثیر پذیری این گیاه از تنش خشکی آخر فصل، این تحقیق به منظور شناسایی ارقام متحمل و حساس به خشکی جو در شرایط آب و هوایی استان خوزستان و تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد این ارقام انجام شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر در استان خوزستان به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری در کرت اصلی شامل آبیاری نرمال مزرعه و قطع آبیاری در زمان گرده افشانی بود و ارقام جو (شش ردیفه) نصرت، والفجر، ترکمن، جنوب، یوسف و کارون در کرت فرعی گنجانده شدند.

به منظور تهیه زمین در ابتدای آبان ماه پس از ماخار نمودن زمین، عملیات شخم با گاوآهن برگردان دار در عمق ۳۰ سانتی متری انجام شد و پس از آن با یکبار عملیات دیسک، کلوخه های خاک خرد شد. کاشت ارقام جو در سال ۱۳۹۵ انجام شد و قبل از آن ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات تریپل، ۱۱۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۸۰ کیلوگرم کود اوره توسط دیسک عمیق با خاک مزرعه مخلوط شد. ۸۰ کیلوگرم کود اوره نیز به صورت سرک استفاده شد. تراکم کاشت شامل ۳۵۰ بوته در مترمربع بود و هر کرت فرعی از هفت خط کشت با فاصله ۲۰ سانتی

متر به طول ۴ متر تشکیل شده بود. فاصله کرت های فرعی از یکدیگر نیم متر و فاصله کرت های اصلی از یکدیگر دو متر بود. فاصله تکرارها نیز دو متر در نظر گرفته شد. پس از کاشت، آبیاری مزرعه به صورت نرمال و بر اساس نیاز آبی گیاهان تا زمان اعمال تنش خشکی انجام شد. در طول دوره زراعت جو، آفت یا بیماری خاصی مشاهده نشد و علف های هرز طی دو مرحله وجین دستی حذف شدند. خصوصیات خاک محل آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر) و میزان بارندگی و دمای ماهیانه در جدول ۱ و جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته خاک	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (mg/ kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/ kg)	نیتروژن کل (%)	بافت خاک
۳/۱	۷/۲	۰/۵۱	۱۶/۵	۱۹۴	۰/۶۸	رسی لومی

جدول ۲- برخی اطلاعات هواشناسی فصل رشد دوره آزمایش

	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
میانگین بارش(mm)	۲۳/۱	۵۲/۲	۵۷/۱	۱۷/۱	۵/۲	۳/۷	۱/۲
میانگین دما (C˚)	۲۳	۱۷/۵	۱۷/۴	۲۲	۲۲/۱	۲۷/۵	۳۰/۸

رطوبت نسبی برگ، غلظت کربوهیدرات های محلول، پرولین و پروتئین های محلول برگ

۱۴ روز پس از قطع آبیاری، جهت بررسی رطوبت نسبی برگ، غلظت کربوهیدرات های محلول، پرولین و پروتئین های محلول برگ از برگ پرچم ارقام جو با رعایت حاشیه نمونه برداری شد. جهت بررسی محتوی آب نسبی برگ، پس از نمونه گیری از برگ و انتقال سریع آن به آزمایشگاه و اخذ وزن تر ، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت دریک طرف دربسته در آب مقطر شناور شده و وزن آنها مجدداً اندازه‌گیری شد (وزن اشباع). بعد از این مدت برگ‌ها به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند و وزن خشک برگ‌ها نیز اندازه‌گیری شد. محتوی آب نسبی برگ بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (۲۱):

رابطه ۱

$$\text{محتوی آب نسبی برگ} = \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع})} \times ۱۰۰$$

به منظور بررسی غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ ابتدا ۰/۱ گرم برگ خشک پرچم آسیاب شده در یک لوله‌ی آزمایشی ریخته شد و ۱۵ میلی‌لیتر الکل اتانول ۸۰ درصد در حال جوشیدن به آن اضافه شد. بعد از حدود

۲۰ ثانیه نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند پس از طی مراحل بعدی بر اساس پروتکل مربوطه بعد از ۴۵ دقیقه و با تثبیت رنگ قهوه‌ای در نمونه‌ها میزان جذب با استفاده از اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شد. جهت قرائت ابتدا محلول‌های استاندارد ۰، ۱۰ الی ۱۰۰ ppm گلوکز ساخته شد و منحنی استاندارد رسم گردید. با استفاده از منحنی استاندارد و اعداد قرائت شده مقدار کربوهیدرات‌های محلول محاسبه شد (۲۴). جهت بررسی غلظت پرولین برگ (۲۸) و پروتئین‌های محلول برگ (۲۲) نیز از نمونه‌های برگ پرچم ارقام جو استفاده شد.

شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل ۱۴ روز پس از قطع آبیاری به کمک دستگاهSPAD ساخت شرکت مینولتا و از طریق نمونه گیری از برگ های پرچم بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ انجام شد.

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

به منظور بررسی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، یک متر مربع از وسط هر کرت آزمایشی کف بر شده و پس از انتقال به آزمایشگاه و تفکیک کامل دانه از کاه و کلش، کاه و کلش به آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند. وزن هزار دانه نیز در هر کرت از ۲ نمونه تصادفی ۵۰۰ عددی از هر کرت شمارش شد و در صورتیکه اختلاف فاحشی مشاهده نشد میانگین این دو نمونه به عنوان وزن ۵۰۰ دانه درج گردید و ضرب در دو شد. جهت بررسی تعداد دانه در سنبله، پس از برداشت گیاهان، از هر کرت ۱۵ سنبله اصلی جدا شد و تعداد دانه ها به صورت مجزا بررسی و سپس میانگین گیری شد. جهت بررسی شاخص برداشت نیز میزان عملکرد دانه یک متر مربع تقسیم بر میزان عملکرد بیولوژیک یک متر مربع شد. به منظور بررسی مدت زمان پر شدن دانه، ۲۰ بوته در هر کرت انتخاب شدند و مدت زمان بین گرده افشانی تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک آنها ثبت و بررسی شد.

شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش برای ارقام مورد مطالعه به شرح زیر محاسبه شدند(۲۶):

رابطه ۲ $SSI=\left[1-\left(Ys-Yp\right)\right]/\left[1-\left(\bar{Y}s-\bar{Y}p\right)\right]$

رابطه ۳ $MP=\left(Yp+Ys\right)/2$

رابطه ۴ $TOL=Yp-Ys$

رابطه ۵ $STI=\left(Yp\times Ys\right)/\left(\bar{Y}p\right)^2$

رابطه ۶ $GMP=\left(Yp\times Ys\right)^{1/2}$

۱۹۹

$HM=2\left(Yp\times Ys\right)/\left(Yp+Ys\right)$

رابطه ۸ $YSI=Ys/Yp$

که در آن Ys عملکرد دانه تحت شرایط تنش ، Yp عملکرد دانه در شرایط غیر تنش، $\bar{Y}s$ و $\bar{Y}p$ به ترتیب متوسط عملکرد ارقام در شرایط تنش و بدون تنش است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و همبستگی داده ها به کمک نرم افزار SPSS انجام شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن (در سطح احتمال یک درصد) انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه ارقام جو تحت تاثیر معنی دار تنش خشکی، رقم و بر همکنش این دو فاکتور قرار گرفت (جدول۳). در شرایط نرمال بیشترین عملکرد بیولوژیک به ارقام نصرت و یوسف (به ترتیب ۲۲۰۷ و ۲۰۱۳ گرم در متر مربع) تعلق داشت در حالیکه عملکرد بیولوژیک سایر ارقام تفاوت معنی داری نداشت. اگرچه تنش خشکی سبب کاهش معنی دار وزن خشک کل در تمام ارقام مورد بررسی شد اما عملکرد بیولوژیک ارقام نصرت و یوسف به میزان معنی داری بیش از سایر ارقام مورد مطالعه بود (جدول۴). در شرایط نرمال عملکرد دانه ارقام نصرت و یوسف به ترتیب ۵۴۲/۱ گرم در متر مربع و ۵۳۸/۶ گرم در متر مربع بود که به میزان معنی داری بیش از عملکرد دانه سایر ارقام بود (جدول۴).

جدول ۳- میانگین مربعات تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام جو

	میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	وزن هزاردانه	تعداد دانه در سنبله
بلوک	۲	۲۵۳۲*	۳۵۲۱/۹ **	۲۵/۳ns	۵۰۱/۱**	۱۴۵/۱**
آبیاری	۱	۹۰۶۱/۲ **	۱۵۳۷۸/۹**	۶۲۵/۱**	۱۵۵۳/۱**	۱۶۱۰/۲**
خطای اصلی	۲	۳۸۸/۳	۶۱۰/۲	۳۰/۱	۱۲۵/۱	۱۱۲۳/۶
رقم	۵	۱۰۲۲۲/۳**	۱۲۳۱۱**	۷۹۵/۵**	۱۴۱۹/۳**	۱۳۸۱/۹**
رقم ×آبیاری	۵	۷۵۰۵/۲**	۱۳۰۸۷/۱**	۳۹۳/۱**	۱۵۰۹/۳**	۱۱۵۲/۸**
خطای فرعی	۸	۱۳۸/۱	۲۵۰/۳	۱۴/۵	۱۱۲/۸	۱۹/۱

ns، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد آماری

ادامه جدول ۳- میانگین مربعات تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام جو

میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت پروتئین‌های محلول	غلظت کربوهیدرات‌های محلول	غلظت پرولین	رطوبت نسبی برگ	شاخص کلروفیل	دوره رسیدگی
بلوک	۲	۹/۵*	۴۱۰/۱**	۰/۰۰۰۱ ns	۱۱۳/۱**	۱۵/۴ns	۱۵/۱*
آبیاری	۱	۲۲**	۹۱۸/۵**	۰/۰۰۲۴**	۵۱۲/۳**	۳۵۵/۱**	۵۱/۲*
خطای اصلی	۲	۴/۶	۱۰۱/۳	۰/۰۰۰۸	۱۹/۴	۳۱/۷	۱۱/۹
رقم	۵	۱۵/۵**	۱۰۰۲/۹**	۰/۰۰۱۱ ns	۳۵۹/۵**	۴۰۱/۲**	۶۲/۸**
رقم×آبیاری	۵	۷/۸**	۴۳۷/۵**	۰/۰۰۱۵ ns	۶۹۲/۸**	۱۰۹/۲**	۷۸/۲**
خطای فرعی	۸	۱/۲	۳۵/۷	۰/۰۰۲۱	۱۵/۳	۵/۱	۹/۳

ns، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد آماری

تنش خشکی سبب کاهش معنی دار عملکرد دانه تمام ارقام مورد بررسی در واحد سطح شد. در این شرایط بیشترین عملکرد دانه در ارقام نصرت و یوسف به میزان ۵۱۳/۵۱۱ و ۵۱۳/۸ گرم در متر مربع و کمترین عملکرد دانه در رقم کارون به میزان۲۰۱/۵ گرم در متر مربع مشاهده شد. تنش خشکی آخر فصل سبب کاهش معنی دار وزن خشک دانه و ماده خشک ارقام جو شد زیرا تنش خشکی آخر فصل بر وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، مدت زمان موثر پر شدن دانه و میزان فتوسنتز برگ ها تاثیر منفی دارد (۶). در پژوهش حاضر در شرایط تنش خشکی ارقام نصرت و یوسف در مقایسه با سایر ارقام جو از عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک بیشتری برخوردار بودند. بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد ارقام جو نشان داد تنش خشکی موجب کاهش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ و ساقه به سمت دانه ها شده و با تاثیر گذاری بر وزن دانه، عملکرد دانه را کاهش می دهد (۳). تنش خشکی سبب کاهش معنی دار عملکرد دانه گندم شد زیرا وزن دانه و تعداد دانه در واحد سطح در ارقام حساس به تنش خشکی کاهش یافت (۴۰).

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام مختلف جو تحت شرایط آبیاری

آبیاری	ارقام جو	دوره رسیدگی	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه (g)	شاخص برداشت (٪)	عملکرد دانه (g/m^2)	عملکرد بیولوژیک (g/m^2)
آبیاری نرمال	نصرت	۳۰/۱ a	۳۵/۱a	۳۳/۸a	۲۴/۵b	۵۴۲/۱ a	۲۲۰۷/۲a
	یوسف	۲۹/۸ a	۳۴/۱a	۳۴/۱a	۲۷/۶a	۵۳۸/۶ a	۲۰۱۳a
	ترکمان	۳۰/۵a	۳۰/۲a	۲۹/۱ b	۲۴/۳b	۳۲۸/۱ c	۱۳۴۹/۵ c
	جنوب	۲۷/۵b	۳۰a	۲۹/۵ b	۲۴b	۳۲۵/۱ c	۱۳۵۶/۲c
	والفجر	۲۶/۵b	۳۱a	۳۰ b	۲۴/۶b	۳۳۲/۱c	۱۳۴۷ c
	کارون	۲۷/۰ b	۳۱/۱a	۳۰b	۲۴/۲b	۳۲۷/۱c	۱۳۵۱/۵ c
قطع آبیاری	نصرت	۲۷/۴ b	۳۴/۱a	۲۹/۵ b	۲۶/۹a	۵۱۳/۱ b	۱۹۰۵/۲ b
	یوسف	۲۸/۱ b	۲۹ab	۳۰/۱ b	۲۶/۸a	۵۱۸/۸ b	۱۹۱۱/۲b
	ترکمان	۲۵/۷ c	۲۶/۱۱b	۲۵/۴c	۲۳/۷b	۲۸۵/۹ d	۱۱۹۸/۵ d
	جنوب	۲۵ c	۲۷/۴b	۲۴/۵c	۲۰/۱c	۲۴۱/۲d	۱۱۹۵/۱ d
	والفجر	۲۵/۹ c	۲۶/۸b	۲۵/۸c	۱۹/۱c	۲۳۱/۲d	۱۲۰۱/۷ d
	کارون	۲۲/۱ d	۲۰/۱c	۲۱.۱d	۱۶/۱d	۲۰۱/۵ e	۱۲۴۱/۳ d

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند تفاوت معنی‌داری با هم ندارند

در شرایط نرمال بیشترین شاخص برداشت به رقم یوسف تعلق داشت (۲۶/۷ درصد) در حالیکه شاخص برداشت سایر ارقام تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشت. واکنش شاخص برداشت ارقام مختلف جو به تنش خشکی متفاوت بود بطوریکه بیشترین شاخص برداشت در ارقام نصرت و یوسف به ترتیب به میزان ۲۶/۹ درصد و ۲۶/۸ درصد و کمترین شاخص برداشت در رقم کارون به میزان ۱۶/۱ درصد مشاهده شد. در واقع در شرایط تنش خشکی، تغییرات شاخص برداشت نسبت به شرایط نرمال مثبت بود (جدول۵). پس از رقم کارون، ارقام والفجر و جنوب کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول۵). کاهش شاخص برداشت تحت تاثیر تنش خشکی در ارقام جو به ویژه ارقام حساس به تنش گزارش شده است (۳). شاخص برداشت بیانگر توانایی اختصاص ماده خشک به عملکرد اقتصادی است و کاهش آن در شرایط تنش خشکی ناشی از کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله جو است (۷) که با نتایج پژوهش حاضر نیز همخوانی دارد. در ارقام یوسف و نصرت کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال به ترتیب ۵/۳ و ۴/۷ درصد بود و این در حالی است که میزان کاهش عملکرد دانه ارقام کارون، والفجر و جنوب به ترتیب ۳۸/۱ درصد، ۳۰/۴ درصد و ۲۵/۸ درصد بود و به همین دلیل میزان شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی در ارقام یوسف و نصرت بیش از سایر ارقام بود (جدول۴). نتایج جدول ۵ نشان داد تغییرات وزن خشک کل ارقام جو تحت شرایط تنش تقریبا مشابه بود و تفاوت فاحشی نداشت و این نشان می دهد تغییرات عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی است که میزان شاخص برداشت را تعیین می کند. توانایی ارقام نصرت و یوسف در حفظ عملکرد دانه و به تبع آن شاخص برداشت در شرایط تنش، احتمالا به دلیل رطوبت نسبی بیشتر برگ و بیشتر بودن شاخص کلروفیل (جدول۴) این ارقام است که از کاهش شدید وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله این ارقام در شرایط تنش خشکی جلوگیری نمود. تحقیقات نشان داد ارقامی از گندم که دارای عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بالا هستند به احتمال زیاد دارای عملکرد دانه بالایی در شرایط کنترل و تنش رطوبتی هستند (۳۴).

تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه

نتایج جدول ۳ نشان داد تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه تحت تاثیر معنی دار رقم، خشکی و برهمکنش این دو فاکتور قرار گرفت. در شرایط نرمال تعداد دانه در سنبله ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی داری نشان نداد اما تنش خشکی سبب کاهش معنی دار تعداد دانه در سنبله ارقام جو شد بطوریکه رقم ترکمن کمترین تعداد دانه در سنبله را داشت (۲۰/۱ عدد) و پس از آن ارقام جنوب، والفجر و ترکمن قرار داشتند. تعداد دانه در سنبله ارقام نصرت و یوسف تحت تاثیر تنش خشکی تفاوت معنی داری با شرایط نرمال نداشت (جدول۴).

جدول ۵- درصد تغییرات صفات مورد بررسی در شرایط قطع آبیاری نسبت به شرایط نرمال

رقم	پروتئینهای محلول	کربوهیدرات محلول	رطوبت نسبی برگ	شاخص کلروفیل	شاخص برداشت	دوره پرشدن دانه	وزن هزاردانه	دانه در سنبله	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
نصرت	۹۸	۳۵/۰	-۶/۱	-۱۰/۷	۱۰/۲	-۸/۶	-۱۲/۸	-۲/۸	-۱۳/۶	-۵/۳
یوسف	۷۶/۱	۳۹/۰	-۸/۱	-۱۲/۱	۰/۳۷	-۶/۲	-۱۱/۳	-۳/۳	-۵/۰	-۴/۷
ترکمان	۲/۷	۲۵/۲	-۱۶/۴	-۱۸/۹	-۲/۴	-۱۵/۷	-۱۳/۶	-۱۳/۵	-۱۴/۰	-۱۲/۸
جنوب	۸۷/۱	۲۷/۰	-۱۵/۲	-۳۹/۰	-۱۶/۵	-۹/۰	-۱۷/۲	۱۰/۰	-۱۱/۸	-۲۵/۸
والفجر	۲۸/۱	۵/۹	-۱۴/۲	-۲۷/۲	-۲۲/۳	-۲/۲۶	-۱۶/۵	-۱۳/۵	-۱۳/۱	-۳۰/۴
کارون ۲۰۳	۴۰/۲	۵/۰	۲۷/۰	-۳۷/۰	-۳۳/۴	-۱۸/۱	-۲۹/۶	-۳۵/۰	-۸/۱	-۳۸/۱

میزان کاهش تعداد دانه درسنبله ارقام نصرت، یوسف، ترکمن، جنوب، والفجر و کارون تحت تاثیر تنش خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲/۸، ۳/۳، ۱۳/۵، ۱۰، ۱۳/۵ و ۳۵ درصد بود (جدول۵). وزن هزاردانه ارقام نصرت و یوسف در شرایط نرمال به میزان معنی داری بیش از ارقام دیگر بود. تنش خشکی نیز سبب کاهش معنی دار وزن هزاردانه کلیه ارقام مورد بررسی جو در مقایسه با شرایط نرمال شد. کمترین وزن هزاردانه در شرایط تنش خشکی در رقم کارون به میزان ۲۱/۱ گرم مشاهده شد (جدول۴). تنش خشکی وزن هزاردانه ارقام نصرت، یوسف، ترکمن، جنوب، والفجر و کارون را در مقایسه با شاهد به ترتیب کاهش داد. ۱۲/۸، ۱۱/۳، ۱۳/۶، ۱۷/۲، ۱۶/۵ و ۲۹/۶ درصد کاهش داد (جدول۵). اعمال تنش خشکی در زمان گرده افشانی هم موجب کاهش تعداد دانه در سنبله و هم کاهش وزن دانه های جو می شود زیرا کاهش جریان مواد فتوسنتزی به سمت دانه های در حال پر شدن علاوه بر کاهش وزن دانه، سقط شدن دانه ها را نیز در پی دارد (۸) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. علی رغم این موضوع، نتایج تحقیقی دیگر نشان داد تنش خشکی انتهای فصل تاثیر معنی داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت و صرفا وزن دانه ها به عنوان یک جز مهم عملکرد تحت تاثیر تنش قرار گرفت و کاهش یافت (۲). به نظر می رسد در شرایط تنش خشکی ارقام متحمل یوسف و نصرت با حفظ کلروفیل و تداوم فتوسنتز مطلوب به دلیل رطوبت مناسب برگ (جدول ۶) علاوه بر تامین مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه ها، از کاهش وزن و ریزش دانه ها جلوگیری نمودند که با نتایج سایر محققین همخوانی دارد (۱). تنش خشکی در ابتدای دوره پرشدن دانه جو با کاهش تعداد سلول های آندوسپرم ظرفیت پذیرش مواد فتوسنتزی و رشد دانه را کاهش می دهد که در نهایت موجب کاهش وزن دانه می شود (۳). در آزمایش حاضر رقم کارون تحت تاثیر تنش خشکی کمترین تعداد دانه در سنبله را داشت و تعداد دانه های بسیار کوچک و غیر قابل شمارش در این رقم زیاد بود (داده ها نشان داده نشده است) که بیانگر عدم توانایی این رقم در تامین مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای پر شدن دانه است (جدول۴).

طول دوره رسیدگی دانه

طول دوره رسیدگی دانه تحت تاثیر معنی دار تنش خشکی، رقم و برهمکنش خشکی و رقم قرار گرفت (جدول۳). بررسی طول دوره رسیدگی دانه نشان داد در شرایط نرمال ارقام یوسف، نصرت و جنوب بیشترین طول دوره رسیدگی دانه را داشتند. تنش خشکی طول دوره پرشدن دانه را در تمام ارقام مورد بررسی در مقایسه با شرایط نرمال کاهش داد بطوریکه کمترین طول دوره پرشدن دانه متعلق به رقم کارون با ۲۲/۱ روز بود اما ارقام نصرت و یوسف بیشترین دوره پرشدن دانه را داشتند(جدول۴). سرعت پرشدن دانه و طول دوره پرشدن دانه نقش به سزایی در وزن و عملکرد دانه جو در شرایط تنش خشکی دارد و ارقامی که طول دوره پر شدن دانه بیشتری دارند از وزن دانه بیشتری در شرایط تنش برخوردارند (۳). نتایج جدول ۵ نشان داد تنش خشکی طول دوره پر شدن دانه رقم کارون را در مقایسه با شرایط نرمال بیش از ۱۸ درصد کاهش داد که نشانگر تاثیر منفی تنش خشکی بر پرشدن دانه است. تنش خشکی در زمان پر شدن دانه‌ها سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی، کاهش اندازه دانه و در نتیجه کاهش دوره رسیدگی و وزن دانه گندم می‌گردد (۱۳). طول دوره پرشدن دانه و سرعت آن، تعیین کننده وزن دانه غلات است و تنش خشکی پس از گلدهی با کاهش طول دوره و سرعت پر شدن دانه سبب کاهش معنی دار وزن دانه غلات می شود (۳۹،۴۰) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل برگ ارقام جو به میزان معنی داری تحت تاثیر تنش خشکی، رقم و برهمکنش این دو فاکتور قرار گرفت (جدول ۳). در شرایط نرمال تفاوت معنی داری بین شاخص کلروفیل برگ ارقام جو مشاهده نشد اما تنش خشکی سبب کاهش معنی دار شاخص کلروفیل تمام ارقام مورد مطالعه شد (جدول ۶). در این شرایط بیشترین شاخص کلروفیل در ارقام نصرت، یوسف و ترکمن مشاهده شد (به ترتیب ۴۰/۷، ۴۱/۳ و ۳۸/۱) در حالیکه ارقام جنوب و کارون کمترین مقدار شاخص کلروفیل را داشتند (به ترتیب ۲۸/۶ و ۲۹/۱). بررسی تغییرات شاخص کلروفیل در شرایط تنش خشکی نشان داد بیشترین کاهش درصد شاخص کلروفیل به ارقام جنوب و کارون تعلق داشت (جدول۵). تنش های محیطی نظیر شوری و خشکی موجب افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، کاهش غلظت و شاخص کلروفیل، تخریب ساختار کلروفیل و کاهش سنتز کلروفیل جدید در برگ غلات می شود. از دلایل عمده تخریب کلروفیل در شرایط تنش خشکی می توان به تخریب غشاهای سولی، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و افزایش سطح رادیکال های آزاد اکسیژن اشاره نمود (۴،۱۱،۳۹). بررسی واکنش جو به تنش خشکی نشان داد بین عملکرد دانه با برخی صفات فیزیولوژیک نظیر شاخص کلروفیل و رطوبت نسبی برگ همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد (۳۶) که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد. بررسی ارقام گندم در شرایط تنش خشکی نشان داد غلظت کلروفیل و شاخص کلروفیل برگ ارقام متحمل به خشکی گندم بیش از ارقام حساس به تنش بود و منجر به پایداری فتوسنتز ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش شد (۹). در پژوهش حاضر نیز ارقام نصرت و یوسف که شاخص کلروفیل بالایی در شرایط تنش خشکی داشتند از عملکرد دانه و وزن هزاردانه بالاتری برخوردار بودند در حالیکه ارقام حساس به تنش مانند ترکمن از شاخص کلروفیل کمی برخوردار بودند علی رغم این موضوع برخی محققین بیان نمودند همبستگی معنی داری میان غلظت و شاخص کلروفیل برگ گندم با عملکرد دانه تحت تاثیر تنش خشکی وجود ندارد (۲۵).

رطوبت نسبی برگ، غلظت پرولین، غلظت پروتئین ها و کربوهیدرات های محلول برگ

نتایج نشان داد رطوبت نسبی برگ، غلظت پروتئین ها و کربوهیدرات های محلول برگ به میزان معنی داری تحت تاثیر تنش خشکی، رقم و برهمکنش این دو فاکتور قرار گرفت. غلظت پرولین برگ فقط تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول۳). رطوبت نسبی برگ ارقام جو در شرایط نرمال تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. در شرایط تنش خشکی نیز

رطوبت نسبی برگ ارقام نصرت و یوسف تحت تاثیر معنی دار تنش قرار نگرفت اما تنش خشکی رطوبت نسبی برگ ارقام والفجر، ترکمن و جنوب را نسبت به ارقام یوسف و نصرت کاهش داد (جدول۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مختلف جو تحت شرایط آبیاری

آبیاری	ارقام جو	غلظت پروتئین‌های محلول (mg/g)	غلظت کربوهیدرات‌های محلول (mg/g)	غلظت پرولین (mg/g)	رطوبت نسبی برگ (%)	شاخص کلروفیل
آبیاری نرمال	نصرت	۶/۱c	۹۹/۴ d	۰/۰۰۱۷b	۸۴a	۴۵/۶ a
	یوسف	۶/۷c	۹۸/۱ d	۰/۰۰۱۵b	۸۶a	۴۷ a
	ترکمان	۷/۳c	۹۸ d	۰/۰۰۱۹b	۸۵a	۴۷/۱ a
	جنوب	۴/۱d	۷۹/۹ d	۰/۰۰۱۸b	۸۵a	۴۷/۱ a
	والفجر	۶/۹c	۱۰۶ cd	۰/۰۰۱۷b	۸۴a	۴۶/۲ a
	کارون	۶/۵c	۱۰۵ cd	۰/۰۰۱۵b	۸۵a	۴۶/۲ a
قطع آبیاری	نصرت	۱۲/۱a	۱۳۴ a	۰/۰۲۹a	۷۹ab	۴۰/۷ b
	یوسف	۱۱/۸a	۱۳۷ a	۰/۰۳۰a	۷۹ab	۴۱/۳ b
	ترکمان	۷/۵c	۱۲۴ b	۰/۰۲۴a	۷۱b	۳۸/۱ bc
	جنوب	۷/۶c	۱۲۵ b	۰/۰۲۵a	۷۲b	۲۸/۶ d
	والفجر	۸/۹b	۱۱۳ c	۰/۰۲۴a	۷۲b	۳۳/۵ c
	کارون	۹/۱b	۱۱۱c	۰/۰۲۹a	۶۲ c	۲۹/۱ d

در هر ستون، میانگین هایی که دارای حروف مشابه هستند تفاوت معنی داری با هم ندارند

کمترین میزان رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش در رقم ترکمن به میزان ۶۲ درصد مشاهده شد. میزان کاهش درصد رطوبت نسبی برگ ارقام نصرت، یوسف، ترکمن، جنوب، والفجر و کارون تحت تاثیر تنش خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۶، ۸/۱، ۱۶/۴، ۱۵/۲، ۱۴/۲ و ۲۷ درصد بود (جدول ۵). تنش خشکی غلظت پرولین برگ همه ارقام جو را نسبت به آبیاری نرمال به میزان یکسانی افزایش داد (جدول۶). در شرایط نرمال تفاوت معنی داری میان غلظت کربوهیدرات های محلول برگ پرچم ارقام جو مشاهده نشد اما تنش خشکی سبب افزایش معنی دار غلظت کربوهیدرات های محلول شد. ارقام متحمل به خشکی یوسف و نصرت بیشترین غلظت کربوهیدرات های محلول را داشتند در حالیکه ارقام والفجر و کارون کمترین غلظت این ترکیبات قندی را در شرایط تنش به خود اختصاص دادند (جدول ۶). میزان افزایش غلظت کربوهیدرات های محلول برگ ارقام نصرت، یوسف، ترکمن، جنوب، والفجر و کارون تحت تاثیر تنش خشکی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۳۵، ۳۹، ۲۵/۲، ۲۷، ۵/۹ و ۵ درصد بود که بیانگر حداقل افزایش غلظت کربوهیدرات های محلول در ارقام کارون و والفجر بود (جدول۵). در شرایط آبیاری نرمال به استثنای رقم جنوب، میزان پروتئین های محلول برگ سایر ارقام جو مشابه بود و تفاوت معنی داری نداشت در حالیکه تنش خشکی سبب افزایش معنی دار غلظت پروتئین های محلول برگ کلیه ارقام به استثنای رقم جنوب شد. بیشترین میزان پروتئین های محلول برگ در شرایط تنش خشکی در ارقام نصرت و یوسف مشاهده شد (جدول۶). از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی که نشان دهنده وضعیت آبی گیاهان تحت تاثیر شرایط تنش‌های محیطی هستند می‌توان به درصد رطوبت نسبی بافت گیاه اشاره کرد. همبستگی مثبت میان رطوبت نسبی برگ

با شاخص کلروفیل، میان فتوسنتز، عملکرد دانه و شاخص برداشت غلات مانند گندم و جو گزارش شده است (۳۶،۳۹). تحقیقات نشان داده بررسی رطوبت نسبی برگ یک فاکتور کلیدی در انتخاب گیاهان زراعی متحمل به تنش های محیطی نظیر شوری و خشکی است زیرا بیشتر بودن رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش به معنی جذب آب بیشتر و افزایش تورژسانس سلولی و در نتیجه حفظ کارایی فتوسنتزی گیاه است (۲۵،۳۱). حفظ رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش خشکی نشان دهنده توانایی ریشه ها در جذب آب و توانایی تنظیم اسمزی گیاه است و ارقام متحمل به تنش خشکی گندم از رطوبت نسبی برگ بالاتری برخوردار بودند (۳۴). بررسی واکنش ارقام جو به تنش خشکی آخر فصل نشان داد همبستگی مثبت و معنی داری میان رطوبت نسبی برگ با غلظت کلروفیل، وزن دانه، توانایی فتوسنتز و عملکرد دانه جو وجود دارد (۱۹) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد. افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ و پرولین در گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش شوری علاوه بر اینکه در تنظیم اسمزی و حفظ رطوبت نسبی برگ نقش دارد، اهمیت ویژه‌ای در حفاظت غشاهای سلولی دارد (۳۲) اما در پژوهش حاضر غلظت پرولین در تمام ارقام مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی مشابه بود. در شرایط تنش خشکی، گیاهان قادرند با تجمع ترکیباتی نظیر پرولین و کربوهیدرات های محلول پتانسیل اسمزی برگ را کاهش داده و زمینه مناسب برای جذب آب بیشتر توسط ریشه را فراهم کنند. افزایش غلظت ترکیباتی نظیر کربوهیدرات های محلول برگ در شرایط تنش خشکی و همچنین افزایش فعالیت آنزیم های پروتئاز برگ که منجر به افزایش غلظت پروتئین های محلول برگ گیاهان خانواده غلات نظیر گندم و جو می شود در تنظیم اسمزی و حفظ رطوبت نسبی برگ نقش دارد (۱۲،۱۵،۳۶). علی رغم این موضوع برخی تحقیقات نشان داد تنش خشکی علی رغم تاثیر منفی بر رشد ژنوتیپ های گندم، تاثیر معنی داری بر رطوبت نسبی برگ ارقام گندم نداشت (۹،۱۰). نتایج نشان داد ارقام متحمل به خشکی نصرت و یوسف در مقایسه با سایر ارقام رطوبت نسبی برگ، غلظت کربوهیدرات و پروتئین محلول بیشتری داشتند (جدول۶).

شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی

نتایج حاصل از ارزیابی ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و نرمال و شاخص‌های تحمل به تنش را می‌توان برای انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌ها و انتخاب ژنوتیپ‌ها به کار برد. عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و نرمال بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با شاخص‌های MP، GMP، HM، STI نشان داد (جدول۷). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌ها و عملکرد دانه در هر دو شرایط به این مفهوم است که این شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها مطلوب هستند. شاخصی بهترین است که در هر دو شرایط نرمال و تنش همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه داشته باشد. در بیشتر آزمایشات همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص MP در هر دو شرایط مثبت است (۳۵). شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و نرمال داشت در حالی که شاخص TOL همبستگی منفی و غیر معنی دار با Yp (۰/۷۵-) و همبستگی منفی و معنی دار با Ys (۰/۸۵-) داشت (جدول ۷). این نتایج با یافته های حسینی و همکاران (۶) تطابق دارد. مقادیر کمتر SSI و TOL منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالا در شرایط تنش و عملکرد پایین در شرایط نرمال دارند لذا در شناسایی ارقام متحمل و پر محصول چندان کارایی ندارند.

بر اساس شاخص‌های YSI, GMP, MP, Harm متحمل‌ترین ارقام دارای مقادیر بزرگتر هستند بر این اساس ارقام نصرت و یوسف تحمل بیشتری به تنش خشکی نشان دادند و ارقام والفجر، کارون و جنوب با کمترین مقادیر برای این چهار شاخص ضعیف‌ترین ارقام بودند (جدول ۸). شاخص MP منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی می شود که عملکرد بالا در شرایط نرمال و عملکرد کم در شرایط تنش دارند. فرناندز (۲۶) بیان کرد حساسیت شاخص GMP به تفاوت بین Yp و Ys کمتر از MP است و بنابراین GMP توانایی بیشتری برای تفکیک ژنوتیپ‌ها در مقایسه با MP را دارد. مقادیر بالای شاخص STI (تحمل به تنش فرناندز) نیز دلالت بر تحمل به تنش رقم دارد بر این اساس نیز ارقام یوسف و نصرت نسبت به تنش خشکی متحمل‌تر بودند. دولت پناه و همکاران (۷) شاخص STI را بهترین شاخص برای شناسایی ارقام متحمل به تنش خشکی معرفی کردند.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش

	Yp	Ys	TOL	SSI	harm	MP	GMP	STI	YSI
Yp	۱/۰۰								
Ys	۰/۹۸**	۱/۰۰							
TOL	-۰/۷۵^{ns}	-۰/۸۵*	۱/۰۰						
SSI	-۰/۸۲*	-۰/۹۰*	۰/۹۹**	۱/۰۰					
harm	۰/۹۸**	۰/۹۹**	-۰/۸۵*	-۰/۹۰*	۱/۰۰				
MP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	-۰/۸۱^{ns}	-۰/۸۷*	-۰/۹۹**	۱/۰۰			
GMP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	-۰/۸۲*	-۰/۸۸*	-۰/۹۹**	-۰/۹۹**	۱/۰۰		
STI	۰/۹۹**	۰/۹۹**	-۰/۸۰^{ns}	-۰/۸۶*	-۰/۹۹**	۰/۹۸**	-۰/۹۹**	۱/۰۰	
YSI	۰/۸۲*	۰/۹۰*	-۰/۹۹**	-۰/۹۹**	-۰/۹۰*	۰/۸۷*	۰/۸۸*	۰/۸۶*	۱/۰۰

*و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد آماری

جدول ۸ – مقادیر میانگین عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های جو

ارقام	Yp	Ys	TOL	SSI	YSI	STI	GMP	MP	HM
نصرت	۵۴۷/۲	۵۱۲/۶	۳۴/۷	۰/۳۶	۰/۹۴	۱/۷۵	۵۲۹/۶	۵۲۹/۹	۱۵۳۷/۷
یوسف	۵۴۴/۶	۵۱۲/۵	۳۲/۱	۰/۳۳	۰/۹۴	۱/۷۴	۵۲۸/۳	۵۲۸/۵	۱۵۳۷/۵
ترکمان	۳۲۵/۸	۲۸۰/۵	۳۴۵	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۵۷	۳۰۲/۳	۳۰۳/۱	۸۴۱/۴
جنوب	۳۲۳/۷	۲۳۵/۶	۸۸/۱	۱/۵۴	۰/۷۳	۰/۴۷	۲۷۶/۲	۲۷۹/۷	۷۰۶/۹
والفجر	۳۳۲/۱	۲۳۲/۲	۹۹/۹	۱/۷۱	۰/۷۰	۰/۴۸	۲۷۷/۷	۲۸۲/۱	۶۹۶/۵
کارون	۳۲۷/۲	۲۰۵/۳	۱۲۱/۹	۲/۱۲	۰/۶۳	۰/۴۱	۲۵۹/۲	۲۶۶/۳	۶۱۶/۰

نیکخواه و همکاران (۱۹) نیز در مطالعه صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های نوترکیب جو بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و نرمال را با شاخص های STI, GMP و Harm به دست آوردند و به عنوان بهترین شاخص‌ها در این آزمایش تعیین نمودند. در پژوهش حاضر بر اساس شاخص‌های MP ,YSI, GMP, Harm و STI نتایج مشابهی به دست آمد لذا به منظور اطمینان بیشتر از انتخاب رقم متحمل رقمی معرفی می شود که عملکرد بیشتری در شرایط تنش داشته است که در این بررسی ارقام نصرت و یوسف بیشترین عملکرد را در هر دو شرایط دارا بودند.

بر اساس شاخص‌های SSI و TOL مقادیر پایین این شاخص‌ها حاکی از تحمل بیشتر رقم نسبت به تنش دارد. بر این اساس ارقام نصرت و یوسف متحمل‌ترین و ارقام کارون، والفجر و جنوب حساس‌ترین ارقام در این بررسی بودند (جدول ۸) . زنگی (۴۱) گزارش کرد که مقدار بیشتر TOL معرف حساسیت بیشتر به تنش است و لذا مقدار کم این شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها مطلوب است. شاخص TOL موجب انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در شرایط تنش عملکرد پایین دارند و در صورتی که رقمی عملکرد پایین در شرایط نرمال داشته باشد بدیهی است تفاوت دو عملکرد کوچک بوده و طبق این

شاخص متحمل می باشد لذا این شاخص به تنهایی نمی‌تواند منجر به شناسایی ارقام متحمل گردد. ژنوتیپ‌های دارای شاخص SSI کمتر به عنوان متحمل به تنش در نظر گرفته می‌شوند زیرا این ارقام کاهش کمتری در عملکرد دانه تحت تنش نسبت به شرایط نرمال نشان می‌دهند. هر چند که SSI به طور گسترده‌ای توسط پژوهشگران برای شناسایی ژنوتیپ-های حساس و متحمل مورد استفاده قرار گرفته است (۲۳،۳۸) ولی شاخص SSI منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که متحمل به تنش هستند ولی پتانسیل عملکردشان پایین است (۳۳). در مجموع با توجه به نتایج شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش ارقام نصرت و یوسف متحمل‌ترین و ارقام والفجر، کارون و جنوب حساس‌ترین ارقام بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد قطع آبیاری در مرحله گرده افشانی و پرشدن دانه سبب کاهش معنی دار عملکرددانه و عملکرد بیولوژیک تمام ارقام جو مورد بررسی شد. بررسی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش نشان داد ارقام نصرت و یوسف متحمل‌ترین و ارقام والفجر، کارون و جنوب حساس‌ترین ارقام به تنش خشکی آخرفصل بودند. ارقام یوسف و نصرت در شرایط تنش، با کمترین تغییرات وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله، کمترین کاهش عملکرد دانه و بیشترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. ارقام متحمل نصرت و یوسف در شرایط تنش خشکی از شاخص کلروفیل، رطوبت نسبی برگ و غلظت اسمولیت‌های سازگار (به استثنای پرولین) بیشتری برخوردار بودند که احتمالا با تاثیر مثبت بر حفظ کارایی فتوسنتزی این ارقام سبب طولانی‌تر شدن دوره پرشدن دانه این ارقام در شرایط تنش خشکی شد.

منابع

۱- بهداد، م.، ف. پاک نژاد، س.وازان، م.ر.اردکانی و م.نصری. ۱۳۸۸. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد در رشد مختلف در مراحل مختلف رشد در ارقام گندم. مجله تنش های محیطی در علوم گیاهی، ۱(۲)، ۱۴۳-۱۵۷

۲- پاک نژاد، ف.، ز. فاطمی ریکا و م. الکایی دهنو. ۱۳۹۶. بررسی اثر خشکسالی پایان فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ده رقم جو (*Hordeum Vulgar* L.) در منطقه کرج. تنش های محیطی در علوم زراعی، ۱۰:۳۹۱-۴۰۱

۳- پورعیسی، م.، م. نبی پور و م. مسکرباشی. ۱۳۹۴. بررسی رشد دانه و سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه ارقام جو (Hordeum vulgare L.)در شرایط خشکی نهایی. مجله تولیدات گیاهی، ۴۱:۳۸-۵۳.

۴- توکلی، ع.، ع. احمدی و ح. علیزاده. ۱۳۸۸. برخی از جنبه های عملکرد فیزیولوژیکی ارقام حساس و متحمل گندم در شرایط تنش خشکی پس از گرده افشانی. مجله علوم زراعی ایران، ۴۰(۱): ۲۱۱-۱۹۷

۵- حسن پور، ج.، م. کافی و م. ج. میراهادی. ۱۳۸۷. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی جو. مجله علوم کشاورزی ایران، ۱: ۱۶۵-۱۷۱

۶- حسینی، س. م. س.، ک. مصطفوی و ف. آقایاری. ۱۳۹۶. بررسی تحمل به تنش خشکی در ارقام جو با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۱۳(۱): ۴۲-۳۵

۷- دولت پناه، ط.، م. روستایی، ف. احک پز و ن. محبعلی پور. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ های جوی زمستانه و اختیاری در منطقه مراغه. نشریه بهبود بذر و گیاه، ۲۹(۲): ۲۵۷- ۲۷۵.

۸- صابری، م. ح.، نیکخواه، ح.ر.، تجلی، ح. و ای. ارزمجو. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی پایانی بر عملکرد و انتخاب بهترین شاخص های تحمل در لاین های امیدوارکننده جو، مجله زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۱: ۲۷- ۳۴.

۹- عبدلی، م.، م. سعیدی، س. جلالی هنرمند، س. منصوری فر و م. اقبال قبادی .1392 .ارزیابی برخی از صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و ارتباط آنها با عملکرد و اجزای آن در برخی از ارقام اصلاح شده گندم در شرایط کم آبی پس از گلدهی .تنش های محیطی در علوم زراعی، ۶:۴۷-۵۳

۱۰- سعیدی، م. و ف. مرادی. ۱۳۹۰. تأثیر تنش آبی پس از گرده‌افشانی بر انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول از میانگره‌های دمگل و ماقبل آخر به دانه‌های در حال رشد دو رقم گندم نان. مجله علوم زراعی ایران، ۱۳(۳): ۵۴۸-۵۶۴

۱۱- فرهودی، ر. و ز خدارحم پور. ۱۳۹۱. واکنش تکاملی ۱۹ رقم گندم به تنش شوری در مرحله گیاهچه. فرآیند و عملکرد گیاه، ۱۱:۶۷-۷۷

۱۲- قربانی جاوید، م.، ف. مرادی، غ.ع. اکبری و من الله دادی. ۲۰۰۶. نقش برخی از متابولیت ها بر مکانیسم تنظیم اسمزی در ساقه یک ساله (Medicago laciniata (L.) Millتحت تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران، ۸(۲)، ۱۰۵-۹۰

۱۳- متقی، م.، غ.نجفیان و م.ر.بی همتا. ۱۳۸۸. تأثیر تنش خشکی پایان فصل بر عملکرد و کیفیت دانه نانوایی در ژنوتیپ های گندم هگزاپلوید. مجله علوم کشاورزی ایران ۱۱(۳)، ۳۰۶-۲۰۹

۱۴- متقی، م.، غ.نجفیان و م.ر.بیهمتا. ۱۳۸۸. تأثیر تنش خشکی پایان فصل بر عملکرد و کیفیت دانه نانوایی در ژنوتیپ های گندم هگزاپلوید. مجله علوم کشاورزی ایران ۱۱(۳)، ۳۰۶-۲۰۹

۱۵- مجدی، م.، م.ر. جلال کمالی، م. اسماعیل زاده مقدم، د. ارادتمند اصلی، ف. مرادی و س. طهماسبی. ۱۳۹۰. تغییرات در برخی ویژگی های زراعی و محتوای کربوهیدرات های محلول ساقه در گرده افشانی در ژنوتیپ های گندم بهاره تحت شرایط تنش خشکی نهایی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۳(۲): ۳۰۹-۲۹۹

۱۶- مدج، ع.، نادری، ع. و س.ع.سیادت. ۱۳۸۶. تأثیر تنش گرمایی پس از گرده‌افشانی بر محدودیت منبع ارقام گندم و جو. مجله علوم کشاورزی ایران، ۱۳(۲)، ۴۰۳-۳۹۳

۱۷- منتظری تختی، ن.، گ. خواجویی نژاد، ر و م.ج.آروین. ۱۳۹۵. پاسخ ارقام جو به تیمارهای شیمیایی اسید سالیسیلیک و سلنیوم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه. مجله کشاورزی، ۱۸: ۴۳۱-۴۴۱

۱۸- نور محمدی، غ.، ع. سیادت و ع. کاشانی. ۱۳۸۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران. اهواز، ایران

۱۹- نیک خواه، حمیدرضا، نقوی، محمدرضا، محمدی، ولی اله، و سلطانلو، حسن. (۱۳۹۳). مطالعه صفات فیزیولوژیکی و زراعی مرتبط با تحمل به خشکی در جمعیت لاین های نوترکیب جو (ایگری × آریگاشار). مجله به نژادی نهال و بذر (نهال و بذر)، ۱-۳۰(۴)، ۸۴۰-۸۲۱.

۲۰- Ashraf, M. and P.J.C. Harris. ۲۰۰٦. Abiotic Stresses. International Book, Distributing Co., USA.

۲۱- Barrs, H.D. ۱۹٦۸. Determination of water deficits in plant tissues. Water Deficits and Plant Growth, Vol. I. Academic Press,New Dehli, India.

۲۲-Bradford, M.M., ۱۹۷۹. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Biochemistry, ۷۲, ۲٤۸-۲٥٤.

۲۳- Clarke, J.M., R.M. DePauw and T.F. Townley-Smith. ۱۹۹۲. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science, ۳۲(۳): ۷۲۳-۷۲۸.

۲٤- Dubois, M. K. A., J.K. Gilles, P.A. Hamilton and F. Smith. ۱۹٥٦. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Snalytical Chemistry, ۲۸: ۳٥۰-۳٥٦.

۲٥- Farshadfar, E., H. Ghasempour and H. Vaezi. ۲۰۰۸. Molecular aspects of drought tolerance in bread wheat (T. aestivum). Pakistan Journal of Biological Science, ۱۱(۱): ۱۱۸-۱۲۱.

۲٦- **Fernandez, G.C.** ۱۹۹۲. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, pp. ۲٥۷-۲۷۰.

۲۷- **Fischer, R.A. and R. Maurer.** ۱۹۷۸. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Crop and Pasture Science, ۲۹(٥): ۸۹۷-۹۱۲.

۲۸- Ghoulam, C., A. Foursy and K. Fares, ۲۰۰۲. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany, ٤۷: ۳۹-٥۰.

۲۹- Gregersen, P.L. and P.B. Holm. ۲۰۰۷. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Plant Biotechnology, ٥: ۱۹۲-۲۰٦.

۳۰- Hossain, A.B.S., R.G. Sears, T.S. Cox and G.M. Paulsen. ۱۹۹۰. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Science, ۳۰(۳): ٦۲۲-٦۲۷.

۳۱- Jakob, G., J. Ton, V. Flors, L.J. Zimmerli, P. Metraux, B. Mauch Mani. ۲۰۰۵. Enhancing Arabidopsis salt and drought stress tolerance by chemical priming for its ABA Response. Plant Physiology, ۱۳۹: ۲۶۷-۲۷٤

۳۲- Munns R. ۲۰۰۲. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment. ۲۵: ۲۳۹-۲۵۰.

۳۳- Ramirez-Vallejo, P. and J.D. Kelly. ۱۹۹۸. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica, ۹۹(۲): ۱۲۷-۱۳٦.

۳٤- Reynolds, M., M.J. Foulkes, G.A. Slafer, P. Berry, M.A.J. Parry, J.W. Snape and W.J. Angus. ۲۰۰۹. Raising yield potential in wheat. Journal of Experimental Botany, ٦۰, ۱۸۹۹-۱۹۱۸.

۳۵- Rosielle, A.A. and J. Hamblin. ۱۹۸۱. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop science, ۲۱(٦): ۹٤۳-۹٤٦.

۳٦- Sarabadani, R., M. R. Bihamta, Z. S. Shobbar, M. Shahbazi, A. Karami, M. R. Naghavi, , H. R. Nikkhah, and H. Dehghani. ۲۰۱٤. The effect of late terminal drought stress on yield and many physiological characteristics in barley varieties and lines. Journal of Water Research in Agriculture ۲۷(٤): ۵۳۵-۵٤۹.

۳۷- Taleahmad, S. and R. Hadad. ۲۰۱۰. Effect of silicon on antioxidant enzymes activities and osmotic adjustment contents in two bread wheat genotypes under drought stress conditions. Plant Seed. ۲٦(۲): ۲۰۷-۲۲۵.

۳۸- Winter, S.R., J.T. Musick and K.B. Porter. ۱۹۸۸. Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistanct winter wheat. Crop science, ۲۸: (۳): ۵۱۲-۵۱٦.

۳۹- Yang, J. and J. Zhang. ۲۰۰۵. Grain filling of cereals under soil drying. New Physiologist, ۱٦۹: ۲۲۳-۲۳٦.

٤۰- Yang, J.C., J.H. Zhang, Z.Q. Wang, G. Xu and Q.S. Zhu. ۲۰۰٤. Activities of key enzymes in sucrose-to-starch conversion in wheat grains subjected to water deficit during grain filling. Plant Physiology, ۱۳۵: ۱٦۲۱–۱٦۲۹.

٤۱- Zangi, M.R. ۲۰۰۵. Correlation between drought resistance indices and cotton yield in stress and non-stress conditions. Asian Journal of Plant Science, ٤: ۱۰٦-۱۰۸.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 12, Issue 1, spring and summer 2022

Evaluation of Yield, Some Physiological Properties and Drought Tolerance Evaluation of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars in Khuzestan Province

Mohammad Motamedi[1] *and abdolkarim banisaiedi

1-Department of Plant production and genetics, Shoushtar branch, Islamic Azad University, shoushtar, Iran

Corresponding Author; Email: Motamedi555@gmail.com

(Received: 5 June 2022; Accepted: 9 July 2022)

Abstract

In order to evaluate the effect of late season drought stress on grain yield and yield components, some physiological characteristics and evaluation of stress tolerance index of barley (*Hordeum vulgare* L.), a split plot experiment was conducted in a randomized completely block design with three replications. Irrigation treatments in main plot included normal field irrigation and irrigation cut at pollination time and Nosrat, valfajr, Turkmen, Jonob, Yousef and Karon varieties were included in sub plot. The results showed that under drought stress the highest grain yield was observed in Nosrat and Yousef varieties (513.1 and 513.8 g / m2) and the lowest grain yield was observed in Karon (201.5 g / m^2) vareity. The 1000grain weight loss rate of Nosrat, Yousef, Turkmen, Jonob, Valfajer and Karon varieties were 12.8%, 11.3%, 13.6%, 17.2%, 16.5% and 29.6%, respectively. Drought stress reduced grain filling duration in all varieties compared to normal condition, with the lowest grain filling duration belonged to Karon with 22.2 days but Nosrat and Yousef cultivars had the highest grain filling period. In drought stress conditions, Nosrat and Yousef varieties had the highest leaf relative water content, chlorophyll index, water soluble carbohydrates and water soluble proteins. Overall, according to the results of tolerance and stress sensitivity indices, Nosrat and Yousef cultivars were the most tolerant and Valfajr, Karon and Jonob varities were the most sensetive to late season drought stress.

Keywords: Chlorophyll Index, Harvest Index, Relative water, 1000 grain Weight