نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۳۶۷-۳۶۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 2, Summer. 2012, p. 361-367

ارزیابی تحمل به خشکی انتهای فصل ژنوتیپ‌های گندم دوروم با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی

محمد شریفی الحسینی [۱*]– مسعود عزت احمدی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۲/۱۷

چکیده

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم دوروم (*Triticum durum*) به تنش‌خشکی آخر فصل، این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ اجرا شد. تعداد ۱۷ ژنوتیپ انتخابی گندم دوروم به همراه دو رقم گندم نان و یک رقم گندم دوروم (۲۰ ژنوتیپ و رقم) در دو آزمایش جداگانه (شرایط آبیاری مطلوب و تنش‌خشکی آخر فصل) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله عملکرد دانه نشان داد اختلاف معنی‌داری بین ژنو تیپ‌ها وجود داشت (P≤٪۱). اثر سال و تنش‌رطوبتی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (P≤٪۱) ، ولی اثرات متقابل دوگانه و سه گانه معنی‌دار نبود. به‌دلیل همبستگی بالای شاخص های STI و MP با عملکرد دانه تحت وجود و عدم وجود تنش‌خشکی ، چنین به نظر می‌رسد از این شاخص‌ها می‌توان برای گزینش لاین‌های متحمل به خشکی گندم استفاده کرد. بر اساس این دو شاخص ، ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ ،۱۴و ۴ متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش‌خشکی انتهای فصل بود.ند . همچنین بر اساس شاخص‌های حساسیت SSI و TOL ژنوتیپ های شماره ۷ و ۱۲ حساس‌ترین ژنوتیپ به خشکی بودند.

واژه‌های کلیدی: گندم دوروم، تنش رطوبتی، عملکرد دانه، شاخص‌های تحمل به خشکی

مقدمه

بخش وسیعی از اراضی زیر کشت گندم در جهان و ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است و در این مناطق به‌علت کمبود منابع آب و در نتیجه خشکی محیط، عملکرد گندم کاهش می‌یابد (۸). استفاده از ارقامی که آب قابل‌دسترس را با کارایی بیشتر مصرف کرده و متحمل خشکی باشند، یک روش اساسی برای افزایش تولید در محیط‌های مستعد خشکی است (۱۴). به‌نظر می‌رسد کمبود آب در برخی مناطق امنیت غذایی جهان را به مخاطره خواهد افکند، به‌ویژه با توجه به گرم شدن جهانی هوا بر اثر گازهای گلخانه‌ای که الگوی بارندگی دنیا را تغییر داده، اثرات خشکی در آینده نیز تشدید خواهد شد. در استان خراسان‌رضوی، گندم با تنش‌خشکی انتهای فصل مواجه می باشد که در این گونه مزارع، ثبات و پایداری بیشتر عملکرد در محیط‌های با تنش و بدون تنش از پتانسیل عملکرد اهمیت بیشتری دارد (۸). از میان انواع گونه‌های جنس تریتیکوم، گندم دوروم (*Triticum durum*) به مناطق کم باران دارای تنش‌خشکی و تغییرات شرایط آب و هوایی، بهتر از ارقام گندم نان سازگاری دارد و در شرایط مطلوب و فاریاب، محصول آن با گندم نان قابل رقابت است (۱۰ و ۱۶). ۹ درصد مساحت گندم‌کاری جهان و ۵ درصد گندم تولیدی جهان به گندم دوروم اختصاص دارد (۸). علی‌رغم نیاز مبرم صنایع ماکارونی سازی کشور به گندم دوروم و وجود ارقام و لاین‌های پر محصول و سازگار به محیط‌های خشک و کم آب، این گندم تا کنون جایگاه مناسبی در منطقه پیدا نکرده و اهمیت آن برای زارعین ناشناخته مانده است.

در تحقیقی که توسط اورتیزفررا و همکاران (۲۱) انجام گرفت تعداد ۸۴ لاین و رقم گندم جهت ارزیابی و ارتباط ۱۱ صفت مورفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک با عملکرد تحت شرایط تنش‌خشکی انتهای فصل مورد مطالعه قرار گرفتند و از میان صفات مورد مطالعه، صفاتی نظیر لوله‌شدن بیشتر برگ، طول پدانکل و گل‌دهی زودتر، همبستگی معنی‌داری با عملکرد تحت شرایط تنش‌خشکی انتهایی نشان داد. عملکرد دانه و پایداری آن در مناطق متعددی که تنش‌های محیطی وجود دارد همیشه به‌عنوان معیار مهمی در گزینش و معرفی ارقام مورد استفاده قرار گرفته است (۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۴). سیمان و همکاران (۲۶) در مقایسه هفت رقم گندم دوروم گزارش کردند که تنش‌خشکی آخر فصل، زمان دوره دانه‌بندی

۱ و ۲- به ترتیب مربی پژوهش و استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: (Email : sharif.m2000@yahoo.com

را ۱۰ تا ۱۱ روز کاهش داد. عزت احمدی و همکاران (۶) کاهش طول‌سنبله، طول پدانکل، ارتفاع گیاه و طول دوره پرشدن دانه را در اثر تنش‌رطوبتی گزارش کردند. خشکی بسته به زمان وقوع تنش و مرحله رشد گیاه با تاثیر بر اجزای عملکرد، موجب کاهش عملکرد می‌شود (۲۵ و ۲۷). به طور مثال، تنش‌خشکی در مرحله پرشدن دانه با کاهش وزن تک دانه‌ها از طریق کاهش تولید مواد فتوسنتزی، عملکرد را کاهش می‌دهد (۲، ۱۳ و ۱۵). گیونتا و همکاران (۱۹) گزارش کردند که تنش‌خشکی انتهایی، عملکرد دانه ارقام گندم دوروم را بین ۲۰ تا ۸۰ درصد کاهش داد.

شفازاده و همکاران (۴) در تحقیقی دو ساله به‌منظور بررسی تحمل به خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امید بخش گندم از شاخص‌های پنج گانه تحمل به خشکی استفاده کردند. شاخص‌های STI، MP و GMP در هر دو شرایط دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه بودند و توانستند جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر متحمل به خشکی و پر محصول در هر دو شرایط محیطی به‌کار روند. گراوندی و همکاران (۹) نیز بیان داشتند نتایج تحلیل همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه نشان داد که شاخص‌های STI[1]، MP[2] و GMP[3] برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش‌خشکی مناسب هستند. در بررسی دیگری به منظور ارزیابی ژنوتیپ های متحمل به خشکی گندم های دوروم با استفاده از شاخص STI لاین شماره ۶۷ – Topday-18/focha-1/Altar 84 با عملکرد دانه ۸۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، بهترین لاین در شرایط تنش و بدون تنش بود (۳). شهریاری و همکاران (۲۵) شاخص‌های GMP، STI را برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کردند. عزت احمدی (۵) درجه تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌های گندم به سطوح مختلف تنش‌رطوبتی را با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار داد و گزارش کرد شدت تنش‌خشکی محیط (SI)[4] تحت تیمار تنش‌خشکی پس از گرده‌افشانی موجب کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم به حدود ۳۵ درصد نسبت به شاهد شد و توانایی شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI) برای دسته بندی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل بیش از شاخص‌های دیگر بود. روستایی (۲) در مطالعه ژنتیکی تحمل به تنش‌خشکی در گندم بر اساس خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و نشان‌گرهای مولکولی نتیجه گرفت شاخص‌های STIوGMP بیشترین مقادیر همبستگی را با عملکرد دانه تحت شرایط تنش‌خشکی (Ys)[5] دارا بودند و به عنوان شاخص‌های مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش‌خشکی تشخیص داده شدند. همچنین شاخص‌های TOL[6]وMP بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی (YP)[7] داشتند و به عنوان شاخص‌های مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش تحت شرایط آبیاری بودند. با توجه به مطالب فوق، هدف از این تحقیق، شناسایی لاین‌های متحمل به تنش‌خشکی انتهای فصل و ارزیابی عملکرد آن‌ها در شرایط تنش و بدون تنش و نیز شناسایی بهترین شاخص‌ها برای تعیین لاین‌های متحمل به تنش‌خشکی در منطقه نیشابور بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی نیشابور اجرا شد. این ایستگاه در ابتدای جاده باغرود و در ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است که متوسط بارندگی سالیانه آن ۲۲۰ میلی‌متر می‌باشد. ۶۵ درصد این بارندگی‌ها از دی تا فروردین ماه اتفاق افتاده و بارندگی تابستانه کمتر از ۱۰ درصد کل بارش را شامل می‌شود. طول و عرض جغرافیایی ایستگاه به ترتیب ′۵۸,۴۸° شرقی و ′۲۶,۱۲° شمالی می‌باشد. آب و هوای شهرستان نیشابور بر اساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن بین دو نوع آب و هوای مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک است.

آزمایش شامل ۱۷ لاین پیشرفته متحمل به خشکی گندم دوروم انتخابی از مواد برتر آزمایش مقدماتی سال اول به همراه سه رقم گندم دوروم آریا، گندم نان چمران و مرودشت بود. گندم دوروم آریا از ارقام جدید و پر محصول گندم دوروم منطقه، گندم چمران از ارقام گندم نان متداول در مناطق خشک استان‌های خراسان و گندم مرودشت از ارقام جدید و پر محصول گندم نان مناطق معتدل کشور بوده که به‌عنوان شاهد در این طرح شرکت داشتند. ۲۰ ژنوتیپ و رقم مورد بررسی به‌صورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) و تنش‌رطوبتی انتهایی ارزیابی شدند. تنش‌خشکی با قطع آبیاری پس از ظهور سنبله (قطع دو نوبت آبیاری در مرحله دانه‌بندی) اعمال شد. خاک محل‌آزمایش سیلتی لوم و EC آب و خاک آن به‌ترتیب ۱/۷۶ و ۱/۸۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. پس از عملیات تهیه زمین و بلوک‌بندی، بذور هر ژنوتیپ با بذرکار آزمایشات غلات در شش خط شش متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر در کرت‌هایی به مساحت ۷/۲ متر مربع کشت گردید. تراکم بذر برای کلیه ژنوتیپ‌ها یکسان و بر اساس وزن هزار دانه و ۴۵۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. میزان کود بر اساس آزمون

1 – Stress Tolerance Index
2– Mean Productivity
3 - Geometric Mean Productivity
4 - Stress Intensity
5 - Yield of Stress
6 - Tolerance Index
7 - Yield of Poten tional

شیمیایی خاک، به‌صورت ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم، ۵۰ کیلوگرم سولفات‌روی در هکتار قبل از کاشت و ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار با سه تقسیط (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در اواسط پنجه‌زنی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در اواسط ساقه‌رفتن) مصرف شد. در طول فصل رشد از صفات مختلفی مانند ارتفاع بوته، تاریخ ظهور سنبله، تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک یادداشت‌برداری گردید. به منظور بررسی میزان کاهش و یا افزایش صفات در دو شرایط تنش و بدون‌تنش، درصد تغییرات صفات ۲۰ ژنوتیپ از تفاوت میزان صفت در شرایط تنش و شرایط عادی تقسیم بر میزان صفت در شرایط عادی ضربدر ۱۰۰محاسبه شد.

پس از رسیدن و برداشت محصول، عملکرد دانه ارقام در دو شرایط تنش و بدون‌تنش توزین و بر مبنای موازین آماری طرح به کار رفته با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه واریانس مرکب دو ساله قرار گرفت. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌ها به شرح زیر انجام شد:

$$TOL = Yp - Ys \qquad GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$$

$$MP = \frac{Y_P + Ys}{2} \qquad STI = \frac{Y_s \times Y_p}{(\overline{Y}_p)2}$$

$$SSI = (1 - \frac{Y_s}{Y_p}) / SI \qquad SI = D = 1 - \frac{\overline{Y}s}{\overline{Y}p}$$

در این معادلات،

Y_p = عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش‌خشکی،

Y_s = عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش‌خشکی،

Y_p = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش‌خشکی،

Y_s = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش‌خشکی،

SSI = شدت تنش (Stress Intensity) می باشد.

ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه با شاخص‌های مورد بررسی در هر دو شرایط رطوبتی، جهت شناسایی بهترین شاخص محاسبه شد. شاخصی که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد لاین‌ها در شرایط تنش و بدون‌تنش داشته باشد و با شاخص‌های مخالف خود همبستگی مثبت نداشته باشد بهترین شاخص جهت ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر گروه اول خواهد بود.

نتایج و بحث

تجزیه مرکب عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی در طی دو سال زراعی و تحت دو شرایط متفاوت رطوبتی نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. اثر سال و تنش‌رطوبتی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه در سال اول و دوم به‌ترتیب ۵۴۱۲ و۸۱۲۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). تفاوت معنی‌دار در دو سال آزمایش به‌دلیل خسارت تگرگ سال اول و همچنین شرایط آب و هوایی بهتر در سال دوم اجرای آزمایش بود. متوسط درصد کاهش عملکرد دانه ناشی از اعمال تنش‌رطوبتی سال اول و دوم اجرای طرح به‌ترتیب ۳۰ و ۲۳ درصد و مقدار متوسط آن ۲۶/۵ درصد نسبت به شرایط آبیاری کامل بود (جدول ۲). کاهش عملکرد دانه ارقام گندم با اعمال تنش‌رطوبتی با نتایج برخی محققان مطابقت دارد (۱، ۴، ۲۰، ۲۲، ۲۳ و ۲۴). اثر متقابل سال × تنش‌رطوبتی، سال × ژنوتیپ، ژنوتیپ × تنش‌رطوبتی و اثر متقابل سه جانبه سال × تنش‌رطوبتی × ژنوتیپ معنی‌دار نشد (جدول ۱). این امر بیانگر واکنش یکسان ژنوتیپ ها در سال‌ها و سطوح تنش بود. تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل و تنش‌خشکی نشان داد که ژنوتیپ‌های آزمایشی در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری دارند. مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل بیانگر برتری لاین شماره ۷ با ۸۸۰۵ کیلوگرم در هکتار و برتری لاین شماره ۱۵ با ۶۳۲۹ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش‌رطوبتی بود (جدول ۲). محاسبه و بررسی روابط همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که بهترین شاخص ها جهت بررسی ژنو تیپ های متحمل، شاخص های MP و STI می‌باشند (جدول ۲). این نتایج با بخشی از نتایج فرناندز (۱۷)، شفازاده و همکاران (۴) و سنجری پیرواتلو (۲۴) مطابقت دارد. در بررسی‌های شفازاده و همکاران (۴) ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه و شاخص‌ها نشان داد که شاخص‌های STI، MP وGMP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش‌خشکی بوده و در گزینش ژنوتیپ ها برای تحمل به کم آبیاری استفاده گردیدند؛ بر این اساس رقم پیشتاز و ژنوتیپ Huw234-lR34/PRINA متحمل‌ترین گندم به خشکی شناخته شدند.

همبستگی شاخص با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش به‌ترتیب $r = ۰/۷۸۵^{**}$ و $r = ۰/۹۱۵^{**}$ و همبستگی شاخص MP با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون‌تنش به‌ترتیب برابر $r = ۰/۶۸۷^{**}$ و $r = ۰/۹۵۴^{**}$ بود (جدول ۴). بر این اساس و با توجه به مقادیر شاخص‌های STI و MP، لاین شماره ۱۵ با شجره (Patka-7/Yazi-1) و عملکرد ۸۵۰۲ در شرایط آبیاری کامل و ۶۳۳۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش، متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به خشکی بود. شاخص STI این لاین بیشترین (۰/۸۸) و شاخص MP و GMP آن به‌ترتیب ۷۴۱۷ و ۷۳۳۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). این ژنوتیپ در شرایط آبیاری کامل، رتبه سوم و در شرایط تنش‌رطوبتی، رتبه اول عملکرد را به‌خود اختصاص داده است. بر اساس دو شاخص حساسیت (TOL و

SSI) حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شماره ۷و ۱۲ بودند (جدول۳). فلاحی و همکاران (۷) گزارش کردند که نتایج حاصل از مطالعه همبستگی بین شاخص‌ها و میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون‌تنش نشان داد که مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال‌کردن لاین‌ها در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌های بهره‌وری متوسط، تحمل تنش، میانگین هندسی بهره وری و میانگین هارمونیک هستند.

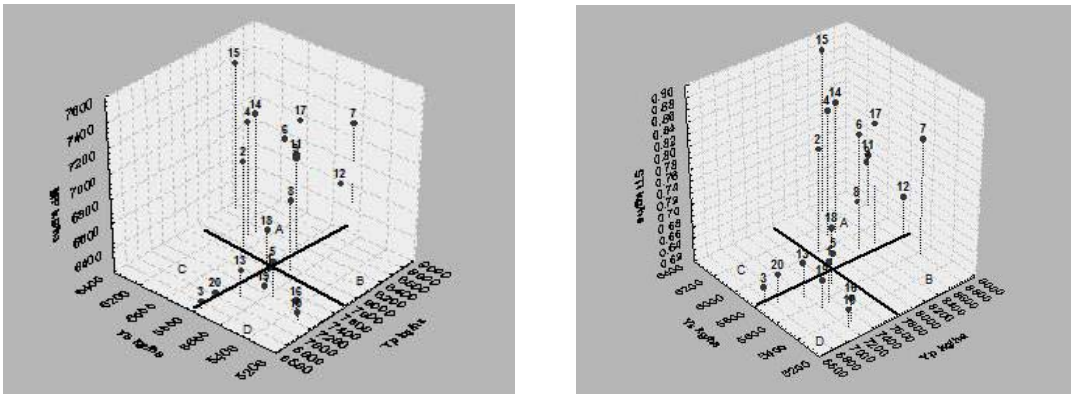
ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۱۷، ۱۴، ۶، ۷ و ۴ که عملکرد مطلوبی در هر دو شرایط داشتند از معیار تحمل به خشکی (TOL) و شاخص حساسیت به خشکی مناسبی برخوردار نبودند (جدول۲). ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش (YS) و بدون‌تنش (YP) مثبت و غیر معنی‌دار بود (r=۰/۴۴). عملکرد دانه در شرایط تنش (YS) با شاخص‌های MP، GMP و STI و در شرایط بدون تنش (YP) با تمام شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول۳). این نتایج با یافته‌های شفازاده و همکاران (۴) مطابقت دارد. بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه در شرایط بدون‌تنش به ترتیب با شاخص‌های STI، MP، TOL و GMP به‌دست آمد، ولی در شرایط تنش‌رطوبتی بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه به ترتیب با شاخص‌های STI ، MP و GMP حاصل شد. بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (۱۷) با توجه به معیارهای مطلوب محاسبه شده (MP وSTI) و همچنین نمودار پراکنش شاخص های تحمل می‌توان ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۱۴ و ۴را جزء ژنوتیپ‌های گروه اول (عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون‌تنش) منظور نمود (شکل ۱ و جدول ۲).

جدول ۴ تغییرات ناشی از اعمال تنش‌رطوبتی را در برخی صفات آزمایشی نشان می‌دهد. کاهش ۲۶ درصدی عملکرد دانه در شرایط تنش‌رطوبتی عمدتاً به‌دلیل کاهش وزن هزار دانه بوده است (جدول ۴). میانگین وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون‌تنش به‌ترتیب برابر با ۳۶ و۴۴/۲ گرم بود (کاهش ۱۷/۹ درصدی وزن هزار دانه). تجزیه واریانس مرکب این صفت بیانگر معنی‌دار بودن اثرات سال، تنش‌رطوبتی و ژنوتیپ بود (جدول۱). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط بدون‌تنش از ژنوتیپ شماره ۵ با ۵۱ گرم و در شرایط تنش‌خشکی از لاین‌های شماره ۳ و۲۰ با ۴۱ گرم به‌دست آمد. مقایسه میانگین کل (دو شرایط) بیانگر برتری معنی‌دار وزن هزار دانه ژنوتیپ شماره ۳ با ۴۵/۹ گرم بود و این در حالی است که مقدار مذکور برای ژنوتیپ شماره ۱۵ (انتخابی متحمل به خشکی) برابر با ۳۸/۶ گرم بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	عملکرد دانه
سال	۱	۵۸۷۳۱۱۲۲۵/۹۵**
تنش‌خشکی	۱	۳۴۰۸۰۰۷۹۹/۱۹**
سال × تنش‌خشکی	۱	۱۶۸۲۴۸۳/۷۱^{ns}
تکرار (سال × تنش‌خشکی)	۱۲	۸۳۳۴۸۴۱/۱۱**
ژنوتیپ	۱۹	۲۲۸۲۲۳۴/۳۷**
سال × ژنوتیپ	۱۹	۱۴۶۵۰۷۶/۸۲^{ns}
ژنوتیپ × تنش‌خشکی	۱۹	۱۲۱۰۴۸۴/۵۰^{ns}
ژنوتیپ × سال × تنش‌خشکی	۱۹	۱۰۲۱۹۸۲/۷۰^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲۲۸	۹۹۵۲۷۸/۳۱

^{ns} و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱- نمودار سه بعدی پراکنش شاخص های تحمل به خشکی STI و MP گندم دوروم

جدول ۲- برآورد تحمل به تنش ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس میانگین دو ساله (۸۵-۱۳۸۳) عملکرد دانه در شرایط بدون‌تنش و تنش‌رطوبتی آخر فصل

ژنوتیپ	شجره	YP (kg/ha)	YS (kg/ha)	MP (kg/ha)	GMP (kg/ha)	TOL (kg/ha)	SSI	STI
۱	Chamran (Check)	۷۳۳۸	۵۵۶۳	۶۴۵۱	۶۳۸۹	۱۷۷۵	۰/۹۱	۰/۶۷
۲	Marvdasht	۷۸۸۷	۵۹۹۷	۶۹۴۳	۶۸۷۳	۱۸۸۰	۰/۹۰	۰/۷۸
۳	Aria (Stork)	۶۷۲۱	۵۷۸۵	۶۲۵۳	۶۲۳۵	۹۳۶	۰/۵۲	۰/۶۳
۴	Plata-1/Snm/Plata-q	۸۱۸۵	۶۰۹۱	۷۱۳۸	۷۰۴۹	۲۰۶۷	۰/۹۵	۰/۸۲
۵	Cndo/Vee//Celta	۷۴۱۰	۵۵۶۶	۶۴۸۸	۶۴۲۲	۱۸۴۴	۰/۹۴	۰/۶۸
۶	MRBS89-5/Silver	۸۲۹۲	۵۸۶۵	۷۰۷۹	۶۹۷۳	۲۴۲۷	۱/۱۰	۰/۸۰
۷	Plata-71/Fllo-qPlata-21	۸۸۰۵	۵۵۸۶	۷۱۹۶	۷۰۱۳	۳۲۱۹	۱/۳۸	۰/۸۰
۸	Rascon-q/3/Celta/Yavarose//Huiltub	۷۹۱۳	۵۶۵۶	۶۷۸۵	۶۶۹۰	۲۲۵۷	۱/۰۷	۰/۷۳
۹	Green-3/Ajata//RCD/SPMD/4/Silver	۸۲۲۶	۵۷۵۶	۶۹۹۱	۶۸۸۱	۲۴۷۰	۱/۱۴	۰/۷۷
۱۰	Skest//Hui/Tub/3/Silver	۷۲۱۵	۵۳۱۰	۶۲۷۲	۳۸۳۱	۱۹۰۵	۰/۹۹	۰/۶۳
۱۱	Topday-18/Focha-1//Altar-84	۸۲۵۵	۵۷۶۳	۷۰۰۹	۴۹۳۰	۲۴۹۲	۱/۱۴	۰/۷۸
۱۲	Topday-18/Focha-1//Altar-84	۸۳۱۵	۵۴۷۶	۶۸۹۶	۶۷۴۸	۲۸۳۹	۱/۲۹	۰/۷۴
۱۳	Altar-84/SRN//2*HAL-OU-1	۷۱۵۵	۵۶۹۳	۶۴۲۴	۶۳۸۲	۱۴۶۲	۰/۷۷	۰/۶۶
۱۴	Duken-12/2*Rascon-21	۸۲۸۴	۶۰۷۸	۷۱۸۱	۷۰۹۶	۲۲۰۶	۱/۰۰	۰/۸۳
۱۵	Patka-7/Yazi-1	۸۵۰۲	۶۳۳۰	۷۴۱۷	۷۳۳۶	۲۱۷۲	۰/۹۶	۰/۸۸
۱۶	Plata-1/Snm/Plata-q	۷۲۹۵	۵۳۴۸	۶۳۲۲	۶۲۴۶	۱۹۴۷	۱/۰۰	۰/۶۴
۱۷	Rascon-22/Rascon-2/11MOGO-2	۸۵۱۳	۵۸۴۵	۷۱۷۹	۷۰۵۴	۲۶۶۸	۱/۱۸	۰/۸۱
۱۸	Rascon-37/2*Tarro-2	۷۵۷۶	۵۶۸۶	۶۶۳۱	۶۵۶۳	۱۸۹۰	۰/۹۴	۰/۷۰
۱۹	Altar-84	۷۱۹۶	۵۵۴۰	۶۳۶۸	۶۳۹۷	۱۶۵۶	۰/۸۷	۰/۶۵
۲۰	Topday-18/Focha-1//Altar-84	۶۸۶۸	۵۷۴۶	۶۳۰۷	۶۲۸۲	۱۱۲۲	۰/۶۱	۰/۶۵

*، Yp و Ys به ترتیب عملکرد دانه در محیط بدون تنش و با تنش؛ MP و GMP به ترتیب میانگین حسابی و هندسی عملکرد دانه؛ TOL ، SSI و STI به ترتیب شاخص تحمل، شاخص حساسیت به تنش و شاخص تحمل به تنش.

جدول ۳- ماتریس ضرایب همبستگی ساده میانگین عملکرد دانه گندم دوروم در شرایط مطلوب و تنش‌رطوبتی با شاخص های تحمل به خشکی (میانگین داده‌ها)

صفات	YP	YS	MP	GMP	TOL	SSI	STI
YP	۱						
YS	۰/۴۳۸*	۱					
MP	۰/۹۵۴**	۰/۶۸۷**	۱				
GMP	۰/۴۵۲*	۰/۵۶۵*	۰/۵۵۱*	۱			
TOL	۰/۹۰۸**	۰/۰۲۲^{ns}	۰/۷۴۱**	۰/۲۴۰^{ns}	۱		
SSI	۰/۸۳۱**	-۰/۱۲۸^{ns}	۰/۶۲۹**	۰/۱۴۲^{ns}	۰/۹۸۵**	۱	
STI	۰/۹۱۵**	۰/۷۵۸**	۰/۹۹۲**	۰/۵۵۶*	۰/۶۶۵**	۰/۵۴۷*	۱

* و ** : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد n.s : غیر معنی‌دار

*، YS و YPبه ترتیب عملکرد دانه در محیط تنش و بدون تنش؛ MP و GMP به ترتیب میانگین حسابی و هندسی عملکرد دانه؛ TOL ، SSI و STI به ترتیب شاخص تحمل، شاخص حساسیت به تنش و شاخص تحمل به تنش.

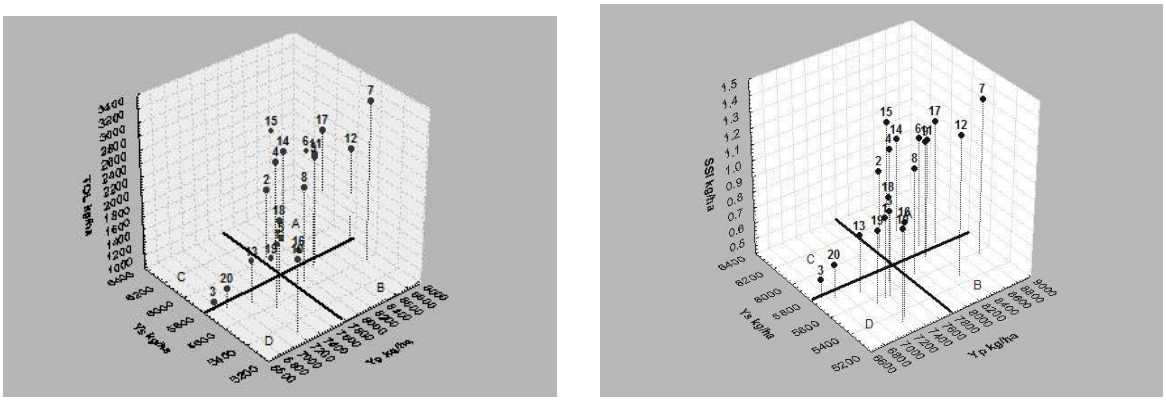
کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش‌خشکی انتهای فصل با نتایج برخی محققین (۱، ۳، ۱۰، ۱۵ و ۲۳) مطابقت دارد.

کاهش درصد لکه آردی دانه‌ها تحت اثر تنش خشکی به‌دلیل رسوب و تجمع بیشتر پروتئین‌ها و کاهش درصد نشاسته دانه‌ها در شرایط تنش (۴۱ درصد)، از جمله صفات کیفی مطلوب ماکارونی‌سازی است. افزایش وزن هکتولیتر که با افزایش بازدهی آرد مرتبط است از دیگر صفات افزاینده صفات کیفی دانه‌ها تحت اثر تنش‌خشکی می‌باشد. همچنین اعمال تنش‌خشکی باعث زودرسی ژنوتیپ‌ها به میزان ۵ درصد شد (جدول ۴). بر اساس نتایج، استفاده از ارقام متحمل به خشکی گندم دوروم در مناطق معتدل و کم آب کشور موجب بهره‌وری بهینه از آب موجود و متضمن تامین نیازهای اولیه صنایع خمیری و ماکارونی‌سازی کشور به سمولینا (آرد

مخصوص گندم دوروم) می‌باشد. همان‌گونه که از نمودار سه بعدی پراکنش شاخص های تحمل)شکل ۱) و نواحی A، B، C و D مشخص است لاین های شماره ۱۵، ۱۴و ۴ دارای بیشترین مقادیر MP و قرار گیری در منطقه A به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی می‌شود. ژنوتیپی که به‌توان به‌عنوان رقمی که در شرایط تنش خشکی عملکرد مطلوبی داشته و در شرایط بدون تنش عملکرد ضعیف تری داشته باشد (منطقه C نمودارها در اشکال ۱و۲) وجود نداشت، اما ژنوتیپ های شماره ۷ و ۱۲ ژنوتیپ‌هایی بودند که تنها در شرایط بدون‌تنش عملکرد بالایی داشتند. این دو لاین با دارا بودن بیشترین مقدار شاخص حساسیت SSI و TOL که در ناحیه B نمودارهای پراکنش شاخص های حساسیت (شکل ۲) مشخص اند به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی می‌شوند (جدول شماره ۳ و شکل ۱و۲).

جدول ٤- میانگین و درصد تغییرات ناشی از تنش‌رطوبتی در صفات مورد بررسی گندم دوروم

صفت	میانگین صفت در شرایط بدون تنش	میانگین صفت در شرایط تنش	درصد تغییرات صفت
عملکرد دانه (kg/ha)	۷۴۲۵	۵۴۸۵	-۲۶
وزن هزار دانه (g)	۴۴	۳۶/۱۲	-۱۷/۹
ارتفاع بوته (cm)	۸۸/۹	۹۱/۹	-
روز تا ظهور سنبله	۱۱۳	۱۱۲/۸	-
روز تا رسیدگی	۱۷۱/۹	۱۶۳/۳	-۵
درصد لکه آردی	۱۵	۸/۷۵	-۴۱
وزن هکتولیتر	۸۳	۸۷/۵	۴/۵



شکل۲- نمودار سه بعدی پراکنش شاخص های تحمل به خشکی SSI و TOLگندم دوروم

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، لاین شماره ۱۵ (Patka-7/Yazi-1) متحمل‌ترین ژنوتیپ گندم دوروم نسبت به تنش‌خشکی انتهای فصل بود، به‌طوری‌که عملکرد دانه این ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون‌تنش به‌ترتیب برابر با ۶۳۳۰ و ۸۵۰۲ کیلوگرم هکتار بود. شاخص‌های STI و MP، همبستگی بالایی با عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون‌تنش نشان دادند. بنابراین می‌توان از این شاخص‌ها برای گزینش لاین‌های متحمل استفاده کرد. همچنین ژنوتیپ های شماره ۷ و ۱۲ با بیشترین مقدار شاخص SSI و TOL حساس‌ترین ژنوتیپ ها نسبت به خشکی انتهای فصل بودند.

منابع

۱- دستفال، م.، و. براتی، ف. نوابی، و ح. حقیقت نیا. اثر تنش‌خشکی انتهایی بر عملکرد دانه و اجزاء آن در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس. مجله به زراعی نهال و بذر،۲-۲۵(۳): ۳۴۴-۳۲۹.

۲- روستایی، م. ۱۳۸۸. مطالعه ژنتیکی تحمل به تنش‌خشکی در گندم بر اساس خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و نشان‌گرهای مولکولی. رساله دکتری اصلاح نباتات. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات. تهران.

۳- شریفی الحسینی، م. ۱۳۸۲. بررسی مقاومت به خشکی لاین‌ها و ارقام گندم دوروم. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی

خراسان.
۴- شفا زاده، م.، ا. یزدان سپاس، ا. امینی، و م. ر. قنادها. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش. مجله نهال و بذر، ۲: ۷۰-۵۷.
۵- عزت احمدی، م. ۱۳۸۸. بررسی میزان تجمع، انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی ذخیره ای ژنوتیپ‌های امید بخش گندم نان در شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی. رساله دکتری زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات. تهران.
۶- عزت احمدی، م.، ق. نورمحمدی، م. قدسی و م. کافی. ۱۳۸۹. اثر تنش‌رطوبتی و محلول پاشی یدید پتاسیم بر خصوصیات زراعی و عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم نان. نشریه پژوهش های زراعی ایران، ۸ (۲): ۱۸۶-۱۷۷.
۷-فلاحی، ح. ع.، ج. آلت جعفربای، و ف. سیدی. ۱۳۹۰. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله به نژادی نهال و بذر، ۱-۲۷(۱): ۲۲-۱۵.
۸- کاظمی، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی (جلد اول، غلات). مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ص.۵۴-۵۱.
۹-گراوندی، م.، ع. فرشادفر، و د. کهریزی. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان در شرایط مزرعه و آزمایشگاه. مجله به نژادی نهال و بذر، ۱-۲۶(۲): ۲۵۲-۲۳۳.
10- Acevedo, E. 1989. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: Use of yield, morphological and physiological traits. ICARDA. pp. 273-305.
11- Ahmad, R., H. Saleem, Q. N. Ahmad, and K. H. Shah. 2003. Yield potential and stability of nine wheat varieties under water stress conditions. International Journal of Agriculture and Biology. 5(1): 7-9.
12- Cattivelli L., F. Rizza, F.W. Badeck, E. Mazzucotelli, A. M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare, A. Tondelli, and A. M. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 105: 1–14.
13- Clark, J. M., A. J. Karamanos, and G. M. Simpson. 1981. Case example of research progress in drought stress. In. G. M. Simpson. (Ed.) Water stress on plants. Academic Press New York.
14- Ehdaie, B., and J. G. Waines. 1993. Variation in water use efficiency and its components in wheat. Crop Science. 33: 294-299.
15- Ezzat Ahmadi, M., Gh. Noormohammadi, M. Ghodsi, and M. Kafi. 2009. Effects of water deficit and dessicant spray on yield, yield components, and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Pakistan Journal of Biological Sciences. 12(21): 1399-1407.
16- Fayaz, N., and A. Arzani. 2011. Moisture stress tolerance in reproductive growth stage in triticale (*X Triticosecale* Wittmack) cultivars under field conditions. Crop Breeding Journal. 1(1): 1-12.
17- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance proceeding of symposium. 13-18 Aug. In. pp. 257-779. Taiwan.
18- Finney, K. F., and W. T. Yamazoki. 1987. Quality of hard, soft and durum wheat. Madison Wisconsin. U.S.A.
19- Giunta, F., R. Motzo, and M. Deidda. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in Mediterranean environment. Field Crops Research. 33: 339-492.
20- Najafian, G., A. Jafarnejad, A. Ghandi, and R. Nikooseresht. 2011. Adaptative traits related to terminal drought tolerance in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under field conditions. Crop Breeding Journal. 1(1): 57-73.
21- Ortiz-Ferrara. G., S. K. Yau, and A. Moussa. 1989. Identification of agronomic traits associated with yield under stress condition. ICARDA. Allepo. Syria.
22- Rajala, A., K. Hakala, P. Makela, S. Muurinen, and P. Peltonen-Sanio. 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research. 114: 263-271.
23- Saeedpour, S. 2011. Effect of drought at the post-anthesis stage on remobilization of carbon reserves in two wheat cultivars differing in senescence properties. African Journal of Biotechnology. 10(18): 3549-3557.
24- Sanjari Pireivatlou, A., B. Dehdar Masjedlou, and R. T. Aliyev. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. Afr. J. Agric. Res. 5(20): 2829-2836.
25- Shahryari, R., E. Gurbanov, A. Gadimov, and D. Hassanpanah. 2008. Tolerance of 42 bread wheat genotypes to drought stress after anthesis. Pakistan Journal of Biological Sciences. 11(10): 1330-1335.
26-Siman, J., M. Peacock, and P. C. Struik. 1993. Differences in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. Plant and Soil. 157: 155-166.
27- Zarea Fizabady, A., and M. Ghodsi. 2004. Evaluation of yield and yield components of facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under different irrigation regimes in Khorasan province in Iran. Journal of Agronomy. 3: 184-187.