

ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط خشکی آخر فصل در زنجان

مسعود کامل^{۱*}، امیر یزدان‌سپاس^۲ و نادر محمدی^۳

(۱) عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، ایران.

(۲) عضو هیات علمی موسسه اصلاح بذر کرج، کرج، ایران.

(۳) کارشناس بخش اصلاح بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، ایران.

* نویسنده مسئول: Masoud.kamel@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۰۲

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و ارزیابی تحمل لاین‌ها به تنش این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی خیرآباد زنجان اجرا شد. در این آزمایش، ۱۴ ژنوتیپ گندم نان انتخابی از آزمایش‌های به‌نژادی بخش غلات مرکز تحقیقات کشاورزی زنجان در قالب دو آزمایش جداگانه تحت کشت آبی و تنش خشکی آخر فصل قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس در شرایط عدم تنش نشان داد که بین کلیه صفات ژنوتیپ‌ها به جز عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس در شرایط خشکی نشان داد که بین کلیه صفات ژنوتیپ‌ها به جز عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و از نظر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بر اساس شاخص‌های تحمل (STI، MP و GMP) ژنوتیپ‌های ۱۱، ۶، ۹ و ۴ ژنوتیپ‌های متحمل تر بودند. از بین ژنوتیپ‌های مذکور ژنوتیپ ۱۱ که بالاترین مقدار شاخص‌های STI=۰/۹۸، MP=۴۷۶۵/۰۵ و GMP=۴۷۲۳/۱۱ را داشت و بیش‌ترین عملکرد را در شرایط تنش خشکی (Ys) (۴۱۳۴/۲۶ کیلوگرم در هکتار) داشته است، به عنوان ژنوتیپ پرمحصول و متحمل انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص‌های خشکی، عملکرد، اجزای عملکرد.

مقدمه

کشور ایران به لحاظ موقعیت آگروکلیمایی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود به‌طوری که متوسط بارندگی آن حدود ۲۵۰ میلی‌متر و کم‌تر از یک‌سوم میانگین بارندگی جهانی است (خزاعی، ۱۳۸۷). مناطق مرتفع و کوهستانی معمولاً دارای زمستان‌های طولانی و بهار کوتاه توأم با گرما و خشکی می‌باشند و تغییرات دما در این مناطق بسیار زیاد است. بنابراین ارقام گندم و جو این مناطق نه تنها باید دارای تحمل به سرما و یخبندان باشند، بلکه باید از تحمل به خشکی نیز برخوردار باشند (Tahir, 1985). تنش‌های سرما و خشکی از عمده‌ترین مسایل مرتبط با تولید در مناطق سردسیر دیم محسوب می‌گردند. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک را کاهش داده است. نتایج تحقیقات نشان داد که گندم در شرایط تنش شدید خشکی، دانه‌های کوچک‌تر و محصول کم‌تری تولید می‌کند (Samarah, 2005). Goding و همکاران (۲۰۰۳) در آزمایش شدت و زمان اعمال تنش خشکی در گندم گزارش دادند که تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه و وزن هکتولتر شده و بیش‌ترین تأثیر آن نیز در دوره پر شدن دانه، بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده‌افشانی می‌باشد. Pierre و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که تنش آبی در مرحله پر شدن دانه در ۹ ژنوتیپ گندم نان، باعث کاهش عملکرد، وزن هزار دانه و ضخامت دانه آن‌ها شد. Rosielle و Hamblin (۱۹۸۱) شاخص تحمل^۱ (TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری^۲ (MP) را پیشنهاد داده‌اند. مقادیر بالای شاخص تحمل نشان دهنده حساسیت نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش است. شاخص میانگین بهره‌وری نیز به صورت متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش تعریف می‌شود. به لحاظ تئوریک گزینش بر اساس این شاخص سبب انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که افت عملکردشان در شرایط تنش خشکی نسبت به محیط بدون تنش ناچیز باشد. یعنی تحت شرایط بدون تنش عملکرد پائین ولی در شرایط تنش عملکرد بالقوه بالایی دارند. شاخص متوسط باروری نیز باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی در شرایط مطلوب داشته ولی از عملکرد پایینی در شرایط نامطلوب برخوردارند. به‌طورکلی، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند. زیرا این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. Fernandez (۱۹۹۲) شاخص تحمل تنش^۳ (STI) را به عنوان معیاری برای گزینش ارقام تحمل کننده تنش خشکی پیشنهاد کرد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده‌ی تحمل زیاد تنش و عملکرد بالقوه بالا

^۱ Tolerance^۲ Mean Productivity^۳ Stress Tolerance Index

است. شاخص دیگری که توسط Fernandez (۱۹۹۲) ارائه شد، میانگین هندسی بهره وری^۱ (GMP) در تفکیک MP است. این شاخص در مقایسه با ژنوتیپ‌ها از قدرت بالاتری برخوردار است. نظر به این که محاسبه MP بر اساس میانگین حسابی است، در صورتی که اختلاف بین عملکرد در شرایط تنش (Y_s) و نرمال (Y_p) خیلی زیاد باشد، مقدار MP با مقداری اشتباه برآورد خواهد شد. اما به سبب این که میانگین هندسی باروری، حساسیت زیادی به وجود تفاوت شدید بین Y_s و Y_p ندارد، لذا شاخص بهتری نسبت به MP برای تفکیک گروه a از سایر گروه‌ها خواهد بود (Fernandez, 1992). یکی دیگر از شاخص‌های انتخاب، شاخص حساسیت به تنش^۲ (SSI) است، که Fisher و Maurer (۱۹۷۸) آن را پیشنهاد دادند. این محققین نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی با حساسیت به تنش (SSI) کم‌تر از واحد، به خشکی مقاوم‌تر هستند، بنابراین کاهش عملکرد آن‌ها در شرایط خشکی کم‌تر از کاهش عملکرد متوسط کل ژنوتیپ‌ها است. Sio-Se Marde و همکاران (۲۰۰۶) با ارزیابی ۱۱ ژنوتیپ گندم نان گزارش کردند که در شرایط تنش ملایم شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی باروری (GMP) برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش مناسب هستند. Golabadi و همکاران (۲۰۰۶) با ارزیابی ۱۵۱ خانواده F3 و F4 گندم دوروم در شرایط تنش بعد از گل‌دهی و بدون تنش خشکی گزارش کردند که شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی باروری (GMP) با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و شاخص‌های با عملکرد در شرایط تنش هستند، بنابراین می‌توان برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی برای مقادیر بالای شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی باروری (GMP) و مقادیر پایین شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین بهره‌وری (MP) گزینش کرد. هدف از این پژوهش ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل، برای یافتن ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این بررسی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خیرآباد زنجان در سال ۹۱ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. میزان کود مصرفی با توجه به نتایج تجزیه خاک در محل بر اساس ۲۵ کیلوگرم فسفات آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار محاسبه و قبل از کاشت به صورت جای‌گذاری در زیر بذر مصرف گردید. ۲۰ کیلوگرم فسفر مورد نیاز نیز هم‌زمان با کاشت از منبع کود سوپر فسفات تریپل به روش جای‌گذاری مصرف شد. مقدار ۳۰ کیلوگرم کود ازته در بهار در آزمایش آبیاری تکمیلی هم‌زمان با آبیاری از منبع کود اوره به صورت سرک مصرف گردید. کلیه بذر قبل از کاشت توسط قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به میزان ۲ گرم در هر کیلوگرم بذر ضدعفونی شده و جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از روش

¹ Geometric Mean Productivity

² Stress Susceptibility Index

شیمیایی استفاده شد. در این بررسی تعداد ۱۴ ژنوتیپ گندم نان انتخابی از آزمایش‌های به‌نژادی بخش غلات مؤسسه تحقیقات کشاورزی زنجان تحت کشت آبی و تنش خشکی آخر فصل در قالب دو آزمایش جداگانه قرار گرفتند. کرت‌های آزمایش به صورت ۶ خط ۶ متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و تراکم بذر بر اساس ۴۵۰ دانه در مترمربع با توجه به وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاوآهن قلمی انجام گردید. کاشت بذور با استفاده از دستگاه بذرکار کشت شدند. آبیاری به میزان ۵۰ میلی‌متر در هکتار انجام شد. پس از آن آبیاری برای هر دو آزمایش، به صورت یک هفته یک‌بار تا مرحله ظهور سنبله انجام شد. از این مرحله به بعد، آبیاری فقط برای ژنوتیپ آبیاری اعمال گردید و برای تعیین واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش آخر فصل، این آبیاری برای آزمایش دوم انجام پذیرفت. در مرحله رسیدگی کامل تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر پلات برداشت شده و صفات تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی، وزن دانه در سنبله، طول پدانکل، عملکرد بیولوژیک، وزن هزاردانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند.

محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی

Fisher و Maurer آن را (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش را پیشنهاد کردند که بر اساس رابطه زیر محاسبه

می‌شود.

$$SSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{SI} \quad SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) \quad \text{رابطه ۱:}$$

Y_p = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش

Y_s = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش

$\bar{Y}_p$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش

$\bar{Y}_s$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش

SI = شدت تنش

Rosielle و Hamblin (۱۹۸۱) شاخص تحمل و شاخص متوسط باروری را به صورت زیر ارائه دادند.

$$TOL = Y_p - Y_s \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2} \quad \text{رابطه ۳:}$$

Fernandez (۱۹۹۲) شاخص تحمل به تنش را ارائه کرد که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در دو

محیط تنش و بدون تنش از سایر ژنوتیپ‌ها بود. این شاخص به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2} \quad \text{رابطه ۴:}$$

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)} \quad \text{رابطه ۵:}$$

تجزیه واریانس ساده صفات زراعی با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ژنوتیپها با همدیگر به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

جدول ۱: شجره و نام ژنوتیپهای مورد آزمایش

Plot. No.	Genotype	Growth habit
۱	Col No.3625//Alamoot	w
۲	/Vee"s"/3/Gascogne/4/Alamoot	w
۳	Alvd//Aldan/Ias58/3/4/Mv17	w
۴	Rsh2*/10120//Zagros	w
۵	1-72-92/Vratza//Almt	w
۶	Bez/90zhong 87/3/Alvd//Aldan/Ias	w
۷	Owl/4/Gv/D630//Ald"s"/Azd	w
۸	AGRI/BJY//VEE/6/SN64	w
۹	1-72-92/Gascogne//Almt	w
۱۰	Gascogne/7/Zarrin	w
۱۱	Gds/4/Anza/3/Nac/6/Gascogne	w
۱۲	1-72-92/Col/No.3617//Owl	w
۱۳	VEE/3/TNMU/4/KS82142//CUPE	w
۱۴	MADSEN/TAM-202//TX89V	w
۱۵	Sardari- HD83//	w

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده برای صفات ساده زراعی در شرایط نرمال

نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ نشان داد که بین ژنوتیپها در شرایط عدم تنش (نرمال) از نظر صفات وزن دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله در مرحله گردهافشانی و وزن پدانکل در مرحله گردهافشانی در سطح احتمال یک درصد و از نظر صفات عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار وجود داشت که این نتایج با نتایج آزمایش کمیلی و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد. با توجه به این که در سال اجرای آزمایش بارندگی به میزان قابل توجهی کمتر از بارندگی بلند مدت بود، لذا نتایج نشان داد افزایش یافته است. از نظر صفات عملکرد بیولوژیک در مرحله گردهافشانی، وزن سنبله، وزن پدانکل، وزن هزار دانه و عملکرد اختلاف معنی داری بین ژنوتیپها مشاهده نگردید (جدول ۱).

نتایج تجزیه واریانس ساده در محیط تنش خشکی آخر فصل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپها از نظر صفات عملکرد بیولوژیک در مرحله گردهافشانی، وزن سنبله در مرحله گردهافشانی، وزن پدانکل در مرحله گردهافشانی، عملکرد بیولوژیک، وزن سنبله، وزن پدانکل، وزن دانه و تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد و از نظر صفات عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار وجود دارد. از نظر صفت وزن هزار دانه اختلاف معنی دار نبود (جدول ۲).

وزن سنبله در مرحله گرده‌افشانی

از نظر طول سنبله ساقه اصلی در هر دو شرایط محیطی (تنش خشکی و آبیاری) بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۳). مقایسه میانگین وزن سنبله در مرحله گرده‌افشانی در شرایط نرمال (آبیاری) و تنش نشان داد که در شرایط تنش خشکی آخر فصل ژنوتیپ ۱ با ۱۲/۷ گرم بیش‌ترین و ژنوتیپ شماره ۹ و ۱۱ به ترتیب با ۷/۹۷ و ۷/۸۳ گرم کم‌ترین وزن سنبله ساقه اصلی را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). در شرایط آبیاری بیش‌ترین وزن سنبله در مرحله گرده‌افشانی مربوط به ژنوتیپ ۳ با ۱۱/۰۳ گرم در ۱۵ بوته بود و این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های ۷ و ۹ اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین مقدار مربوط ژنوتیپ ۱۳ با ۷/۶۷ گرم در ۱۵ بوته بود و این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۲ اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱). در یک محیط خیلی خشک در گندم، ژنوتیپ‌هایی که سنبله نسبتاً بزرگ دارند در طول دوره پرشدن دانه زمانی که کانوپی برگ ممکن است پیر باشد سودمندتر است (علوی‌سینی و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش ارتفاع ساقه باعث می‌شود که نسبت بیش‌تری از مواد فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی به سنبله‌ها منتقل گردد. سی‌وسه‌مرد (۱۳۸۲) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمود. ژن‌های پا کوتاهی در ارقام پا کوتاه از طریق کاهش ارتفاع ساقه و وزن ساقه رقابت بین ساقه‌ها و سنبله‌ها را کاهش می‌دهند نیز انتقال بیش‌تر مواد فتوسنتزی به سنبله در ارقام پا کوتاه را گزارش کردند و آن را نشانه قوی‌تر بودن سنبله برای دریافت مواد فتوسنتزی در این رقم دانسته‌اند (Deborah and Bruce, 1998).

عملکرد بیولوژیک

در شرایط نرمال بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ ۳ با ۵۲/۶ تن در هکتار بود و کم‌ترین مقدار مربوط به ژنوتیپ ۲ با ۳۵ تن در هکتار بود (شکل ۲). ژنوتیپ ۳ دارای ارتفاع پایینی بود و می‌تواند با تراکم بالاتر کشت شود و به علت مقاوم به ورس بودن می‌توان از کودهای شیمیایی بیش‌تری برای رسیدن به عملکردهای بالاتر استفاده کرد. در شرایط تنش خشکی آخر فصل ژنوتیپ‌های ۱ و ۲ به ترتیب با ۲۶/۵۷ و ۲۶/۵۳ تن در هکتار بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۳ به ترتیب با ۱۶/۷۱ و ۱۳/۵ تن در هکتار بود (شکل ۲). با توجه به اینکه ژنوتیپ ۲ در شرایط نرمال کم‌ترین مقدار را داشت اما در شرایط تنش بیش‌ترین مقدار تولید کرده بود که این نشان دهنده مقاومت بیش‌تر این ژنوتیپ به تنش می‌باشد و از پایداری عملکرد بهتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. در آزمایشی که Austin (۱۹۸۹) با استفاده از ژنوتیپ‌های نیمه پاکوتاه و پا بلند به عنوان شاهد، از نظر تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و خشکی بر روی عملکرد دانه گندم انجام داد، مشخص شد که در شرایط آبیاری کامل، ژنوتیپ‌های نیمه پاکوتاه، عملکردی بین ۱۳ تا ۱۵ درصد بیش‌تر از ژنوتیپ‌های شاهد پا بلند داشتند و حتی در شرایطی

که در معرض خشکی زودرس و انتهای فصل قرار گرفتند، عملکرد ژنوتیپ‌های نیمه پاکوتاه ۱۱ درصد بیش‌تر از ژنوتیپ‌های شاهد پا بلند بود.

تعداد دانه در سنبله

بر اساس نتایج به دست آمده از نظر صفت تعداد دانه در سنبله اصلی، بین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط محیطی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در شرایط تنش خشکی آخر فصل ژنوتیپ شماره ۱ با ۵۱۰/۱۱ عدد و ژنوتیپ شماره ۹ با حدود ۲۷۷/۴۴ عدد کم‌ترین تعداد دانه در ۱۵ سنبله اصلی را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). در شرایط آبیاری بیش‌ترین تعداد دانه در ۱۵ سنبله اصلی مربوط به ژنوتیپ ۱۳ با ۷۲۷ عدد و کم‌ترین آن مربوط به ژنوتیپ شماره ۱ با ۵۰۹ عدد بود (شکل ۳). این نتایج در هر دو محیط با نتایج سنجر و یزدان‌سپاس (۱۳۸۷) مطابقت دارد. تعداد دانه در سنبله اصلی یکی از مهم‌ترین اجزاء عملکرد دانه در گندم می‌باشد. ژنوتیپ‌هایی که برای این صفت پایداری نشان می‌دهند، اغلب تحت تنش خشکی، تحمل بهتری از خود نشان می‌دهند.

جدول ۲: تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات زراعی در شرایط مطلوب

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک در مرحله افشانی	وزن سنبله در مرحله افشانی	وزن پدانکل در مرحله افشانی	عملکرد بیولوژیک در مرحله سنبله	وزن پدانکل	وزن سنبله	تعداد دانه	وزن دانه	وزن هزار دانه	عملکرد
تکرار	۲	۲۱/۲۲*	۷/۱۱**	۰/۳ ^{ns}	۳/۴ ^{ns}	۸/۸ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۱۸۳۳/۵ ^{ns}	۱۵/۴ ^{ns}	۹۲/۵۲**	۲۷۸۶۷۲۴/۹۵*
ژنوتیپ	۱۳	۱/۳۵ ^{ns}	۳/۶۴**	۱/۱۷**	۶۹/۰۸*	۲۶/۸ ^{ns}	۰/۵۲ ^{ns}	۲۰۵۷۵/۴۴**	۲۵/۹**	۳۴/۰۲ ^{ns}	۱۳۵۹۱۹۳/۹۳ ^{ns}
خطا	۲۶	۶/۰۳	۰/۵۷	۰/۳	۲۷/۵۵	۱۶/۳۴	۰/۲۹	۵۱۹۸/۵	۸/۴۲	۱۷/۶۱	۷۷۳۶۴۰/۴۴
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۹	۸/۳۸	۱۲/۴۳	۱۱/۸	۱۳/۲۳	۱۱/۶۸	۱۲/۷۴	۱۵/۰۱	۱۲/۱۸	۱۸/۴۱

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۳: تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات زراعی در شرایط تنش آخر فصل

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک در مرحله افشانی	وزن سنبله در مرحله افشانی	وزن پدانکل در مرحله افشانی	عملکرد بیولوژیک در مرحله سنبله	وزن پدانکل	وزن سنبله	تعداد دانه	وزن دانه	وزن هزار دانه	عملکرد
تکرار	۲	۸/۸ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۹۷/۲۵**	۳۱/۷۶**	۰/۵۷*	۴۱۰۴/۵۲ ^{ns}	۷/۵۷ ^{ns}	۱۸۶/۷۲**	۹۴۵۴۶/۹۳ ^{ns}
ژنوتیپ	۱۳	۲۶/۶۴*	۵/۹۳**	۰/۹۹**	۲۹/۹**	۱۷/۵۴**	۰/۴۷**	۱۳۷۹۸/۱۵**	۸/۶۲**	۱۴/۸۳	۱۰۰۳۶۱۲/۱۹*
خطا	۲۶	۳/۹۹	۰/۶۶	۰/۲۷	۶/۶۴	۲/۵۴	۰/۱۱	۳۰۳۸/۴	۲/۶	۹/۵۲	۴۷۶۷۳۹/۴۷
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۹۶	۸/۱۴	۱۰/۸۶	۱۱/۹۳	۱۱/۵۶	۱۲/۸۳	۱۴/۴۱	۱۸/۲	۱۵/۲۲	۲۱/۶۸

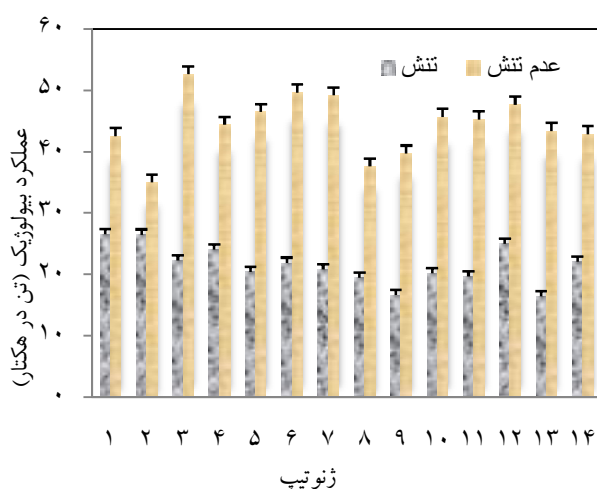
ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

تعداد دانه بیش‌تر به ویژه در شرایط تنش خشکی به علت تنش رطوبتی موجب کاهش وزن هزاردانه و چروکیده شدن بذور و نهایتاً کاهش عملکرد دانه می‌شود. تنش خشکی در مرحله سنبله دهی تا پرشدن دانه به دلیل کاهش سنبله‌های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب کاهش محصول می‌گردد (امام، ۱۳۸۶). هنگامی که تنش خشکی ۱۵ روز پس از گرده‌افشانی اعمال شود، به دلیل اینکه دانه‌بندی قبل از این مرحله انجام می‌شود، فقط اندازه دانه‌ها کاهش می‌یابد، ولی در

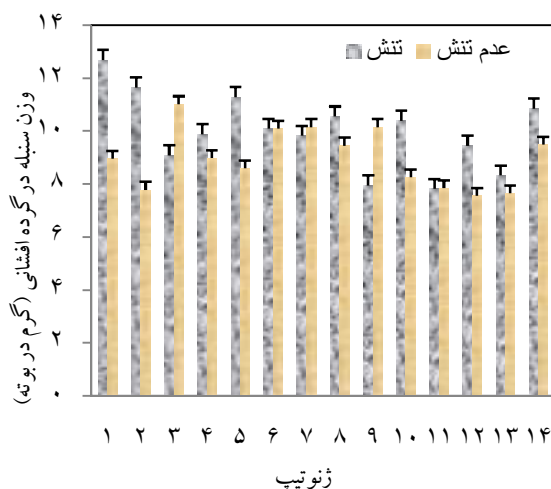
پنجه‌هایی که از نظر مراحل نمو عقب‌تر باشند تعداد دانه در سنبله نیز کاهش می‌یابد (Plaut *et al.*, 2004). در تحقیق دیگر مشاهده شد تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزاردانه به تنش خشکی دوره رشد زایشی حساسیت بسیار بالایی داشتند (Dencic *et al.* 2000).

وزن دانه در سنبله

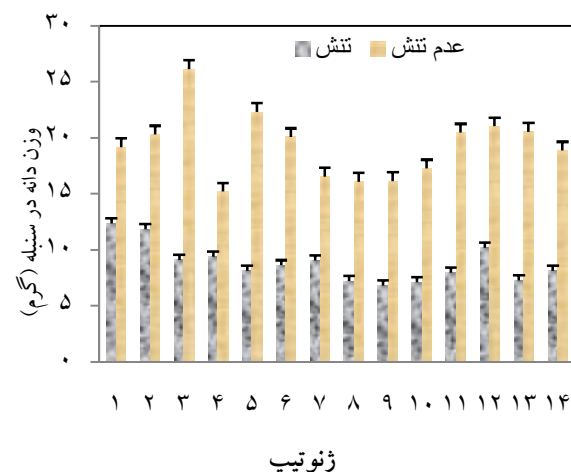
وزن دانه‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط خشکی محسوب می‌شود به‌طوری‌که اکثر گزارش‌ها نشان دادند که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از وزن دانه نسبتاً بالایی برخوردارند. در این بررسی نتایج حاصله نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت وزن دانه در سنبله ساقه اصلی در شرایط آبیاری و تنش خشکی آخر فصل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین وزن دانه در سنبله ساقه اصلی مربوط به ژنوتیپ ۳ (۲۶/۷۱ گرم) و کم‌ترین میزان آن به ژنوتیپ شماره ۴ (۱۵/۲۳ گرم) اختصاص داشت (شکل ۴). در شرایط تنش بیش‌ترین وزن دانه در سنبله ساقه اصلی مربوط به ژنوتیپ ۱ و کم‌ترین میزان آن به ژنوتیپ شماره ۹ به ترتیب با ۱۲/۴ و ۶/۸۸ گرم در ۱۵ سنبله اختصاص داشت (شکل ۴). میانگین وزن دانه در سنبله اصلی در شرایط آبیاری و تنش خشکی به ترتیب ۱۹/۳۳ و ۸/۸۵ گرم بود که گویای این مطلب است که صفت وزن دانه در سنبله اصلی ۵۴/۲۱ درصد در شرایط آبیاری نسبت به تنش خشکی افزایش یافته و واکنش صفت نسبت به آبیاری را نشان می‌دهد. Puri و همکاران (۱۹۸۲) در ارزیابی دو ساله ارقام جو انتخابی به همراه ارقام شاهد، از روش‌های مختلف همبستگی، رگرسیونی و تجزیه علیت استفاده کردند و وزن دانه در سنبله را به عنوان معیار اصلی گزینش غیر مستقیم برای عملکرد بالا معرفی نمودند. Plaut و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی قرار نگرفت ولی میزان تجمع ماده خشک دانه‌ها در هر رقم گندم مورد مطالعه در اثر وقوع تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی به شدت کاهش یافت و میزان انتقال ماده خشک از اندام‌های رویشی به دانه‌ها در طول وقوع تنش خشکی در بین ارقام مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری داشت. در پژوهشی مشاهده شد که در شرایط تنش رطوبتی دو جزء تعداد دانه در سنبله و وزن تک‌دانه نقش بسیار زیادی در شکل‌گیری عملکرد دانه داشتند، ولی در شرایط مطلوب رطوبتی وزن تک‌دانه تأثیر معنی‌داری در عملکرد دانه نداشت. به‌علاوه زمانی که ۵۰ درصد سنبله‌های سنبله به صورت مصنوعی حذف شدند، وزن تک‌دانه در شرایط تنش رطوبتی افزایش معنی‌داری داشت که این افزایش در شرایط مطلوب رطوبتی مشاهده نشد. بدین معنی که در شرایط تنش محدودیت منبع و در شرایط آبیاری کامل محدودیت مخزن وجود داشت (Duggan and fowler, 2006).



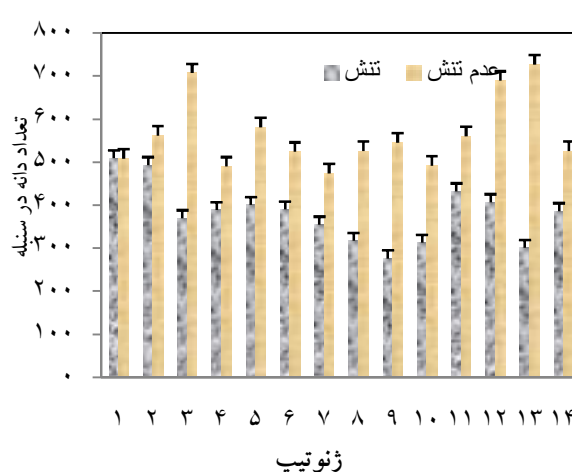
شکل ۲: عملکرد بیولوژیک در مرحله رسیدگی



شکل ۱: وزن سنبله در مرحله گرده افشانی



شکل ۴: وزن دانه در سنبله در زمان رسیدگی



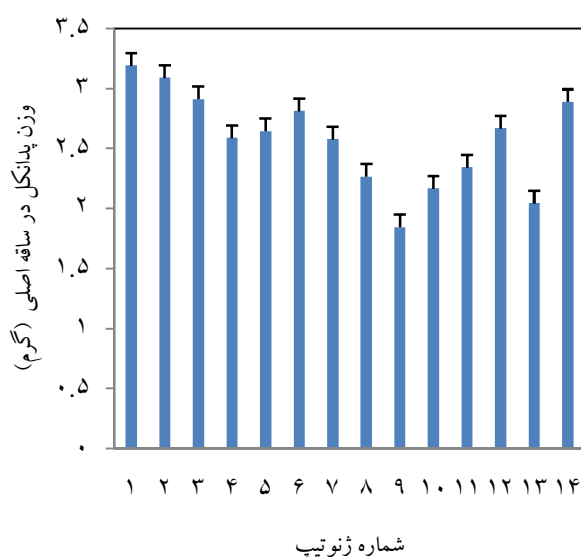
شکل ۳: تعداد دانه در سنبله در زمان رسیدگی

وزن سنبله در ساقه اصلی در مرحله رسیدگی

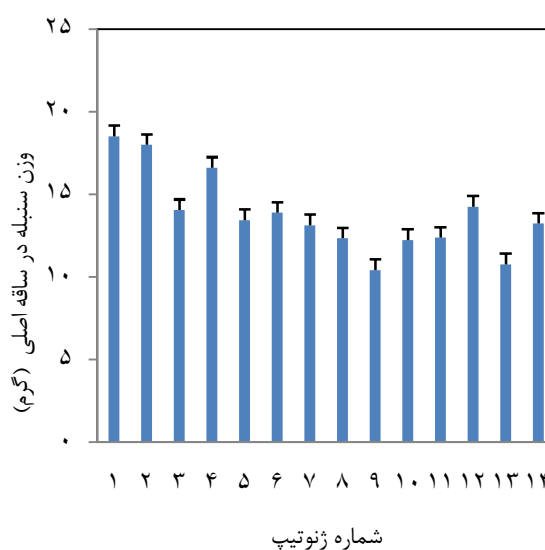
در این بررسی نتایج حاصله نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت وزن سنبله ساقه اصلی در شرایط تنش خشکی آخر فصل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما در شرایط ابیاری اثر ژنوتیپ معنی‌دار نبود. بیش‌ترین وزن سنبله در ۱۵ ساقه اصلی در شرایط تنش خشکی آخر فصل با ۱۸/۵۱ و ۱۸ گرم به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۲ بود و کم‌ترین وزن سنبله ساقه اصلی را ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۳ با ۱۰/۴۲ و ۱۰/۷۷ دارا بودند (شکل ۵). جباری و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند وزن خشک سنبله نیز در شرایط تنش خشکی کاهش یافت و ارقام مورد بررسی در شرایط تنش خشکی نسبت بیش‌تری از وزن خشک کل را به سنبله انتقال دادند. هم‌چنین بیان کردند که بالاترین میزان تخصیص بیوماس بالای خاک به سنبله در شرایط تنش در ارقام مقاوم بک کراس روشن بهاره و M-79-4 و پایین‌ترین میزان اختصاص آن، در رقم‌های حساس کویر و مرودشت مشاهده شد.

وزن پدانکل در ساقه اصلی در مرحله رسیدگی

در شرایط تنش خشکی آخر فصل اثر ژنوتیپ بر روی صفت وزن پدانکل در مرحله رسیدگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱ و ۲ به ترتیب با ۳/۱۹ و ۳/۰۹ بیش‌ترین وزن پدانکل در ۱۵ و کم‌ترین مقدار مربوط به ژنوتیپ ۹ با ۱/۸۴ گرم بود (شکل ۶). فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۵) بر این باورند که چنانچه پر شدن دانه گندم با تنش خشکی همراه باشد دانه‌ها از ذخایر موجود در ساقه و پدانکل به‌طور مطلوب‌تری در حمایت از پر شدن دانه خود استفاده می‌کنند. قندی و جلالی (۱۳۹۲) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول پدانکل و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی مشاهده کردند. با توجه به این که پدانکل، طول‌ترین میان‌گره ساقه محسوب می‌گردد، سطح سبز و نزدیکی آن به سنبله و نقش آن در انتقال دوباره مواد فتوسنتزی از دلایل همبستگی عملکرد و طول پدانکل محسوب می‌شود (Ehdaie *et al.* 2006). برخی از پژوهشگران معتقدند تنش‌های شدید رطوبتی بر خلاف تنش‌های ملایم موجب کاهش طول پدانکل می‌گردد و قسمت اعظم افت ارتفاع گیاه در شرایط تنش رطوبتی به همین امر مربوط می‌گردد (Izanloo *et al.* 2008). در مطالعه مشابهی ۲۰ ژنوتیپ گندم در شرایط تنش خشکی ملایم و رطوبت معمول مقایسه و مشاهده شد طول پدانکل ۱۴ ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی افزایش یافت (Ahmadi *et al.* 2006). معاونی و همکاران (۱۳۸۴) عنوان نمودند که انتقال مواد فتوسنتزی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد که این امر به معنی انتقال نیافتن مواد ساخته شده به دانه می‌باشد در نتیجه کاهش انتقال مجدد مواد پرورده باعث تجمع این مواد در ساقه و پدانکل می‌شود.



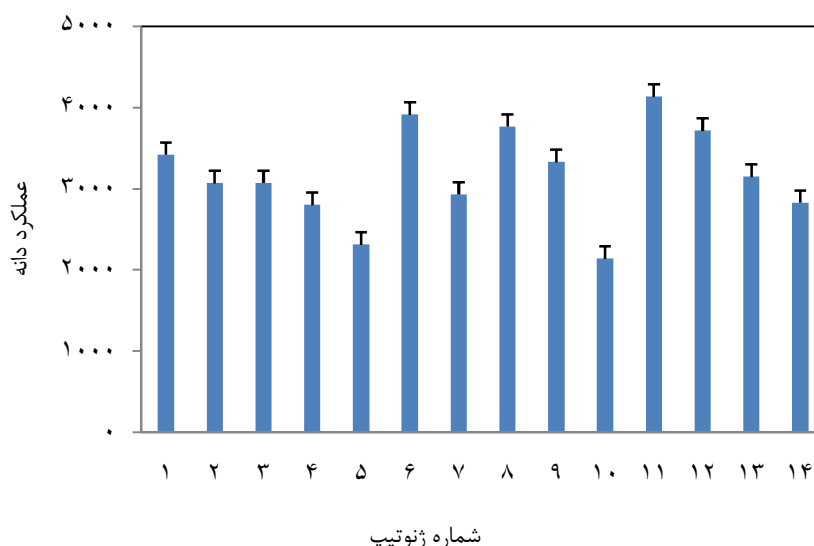
شکل ۶: وزن پدانکل در ساقه اصلی در زمان رسیدگی در شرایط تنش



شکل ۵: وزن سنبله در ساقه اصلی در مرحله رسیدگی در شرایط تنش

عملکرد دانه

اختلاف عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری معنی‌دار نبود ولی در شرایط تنش خشکی آخر فصل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی آخر فصل بیش‌ترین میزان عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۱ با ۴۱۳۴/۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۰ و ۵ به میزان ۲۱۳۹ و ۲۳۱۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۷). با توجه به اینکه اختلاف عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری معنی‌دار نبود با مقایسه میزان عملکرد دانه در دو محیط ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ شماره ۱۱ در هر دو محیط عملکرد دانه بالایی را داشته و از پایداری تولید برخوردار است، محققان مختلف آزمایشاتی تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش انجام داده‌اند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بهترین پاسخ را بدهد (Fernandez 1992; Riaz and Chowdhry, 2003). Hunter و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که صفات مورفوفیزیولوژیکی که دارای توارث‌پذیری بالا می‌باشند در افزایش عملکرد مهم محسوب می‌شوند. علی‌رغم این پیچیدگی، عملکرد دانه، به عنوان یک شاخص ارزیابی پاسخ غلات به استرس‌های محیطی می‌باشد (Ceccarelli and Grando 1996). Pierre و همکاران (۲۰۰۸) نیز کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در اثر تنش خشکی را گزارش داده‌اند. تفاوت در واکنش ژنوتیپ‌های گندم به شرایط محیطی به برآیند عواملی نظیر مختصات جغرافیایی، دمای محیط، خصوصیات خاک و مدیریت‌های زراعی بستگی دارد (Romagosa et al., 2009).



شکل ۷: عملکرد دانه در شرایط تنش

ابراهیمی‌ملاباشی و همکاران (۱۳۸۶) جهت یافتن رابطه‌ی عملکرد دانه با ماده‌ی خشک بعد از گل‌دهی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل در ارقام امید بخش گندم زمستانه دریافتند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ عملکرد

دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. برخی پژوهشگران بیان کرده‌اند که خشکی بین آغاز سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک باعث کاهش عملکرد دانه در گندم می‌شود که یکی از دلایل آن اختلال در تقسیم میوزی سلول‌های مادر دانه‌ی گرده و کاهش باروری سنبله‌ها، عقیمی کامل پنجه‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله است (Ahmadi and baker, 2001). مطالعه تحمل به تنش رطوبتی ۲۴ ژنوتیپ گندم قبل و بعد از گرده‌افشانی نشان داد که کاهش عملکرد، کاهش تعداد سنبله و کاهش تعداد دانه در هر سنبله در تنش رطوبتی قبل از گرده‌افشانی به شکل معنی‌داری بیش‌تر از تنش رطوبتی بعد از گرده‌افشانی بود (Sanjari Pireivatlou and Yazdansepas, 2008). هر چند گزارش‌هایی مبنی بر کاهش وزن دانه‌ها و ثابت باقی ماندن تعداد دانه در سنبله‌ها در اثر تنش رطوبتی پس از مرحله گرده‌افشانی نیز وجود دارد (Plaut *et al.* 2004).

شاخص‌های تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها

طبق نظر Fernandez (۱۹۹۲) مناسب‌ترین معیار برای تنش باید بتواند ژنوتیپ‌های گروه اول (ژنوتیپ‌هایی که در محیط‌های بدون و با تنش عملکرد مطلوب دارند) را از سایر گروه‌ها تفکیک نماید. با توجه به این که بهترین شاخص‌ها آن‌هایی هستند که دارای همبستگی بالا با عملکرد دانه تحت هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری باشند و بتوانند گروه a را از سایر گروه‌ها تمیز دهند، لذا با مراجعه به جدول همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Y_s) و آبیاری (Y_p) ملاحظه می‌شود که شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو محیط دارند (جدول ۴).

انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)

انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که متحمل به تنش هستند ولی پتانسیل عملکردشان پایین است (Fisher and Maurer, 1978). بر اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۶ و ۱۱ دارای کم‌ترین مقادیر شاخص حساسیت به تنش (SSI) بودند. هر چه مقدار شاخص حساسیت به تنش (SSI) کوچک‌تر باشد، میزان مقاومت به خشکی بالاتر است. لذا بر اساس این شاخص ژنوتیپ شماره ۴ که دارای عملکرد بالایی در شرایط تنش خشکی بود ژنوتیپ مقاوم به خشکی شناخته می‌شود (جدول ۳).

انتخاب بر اساس شاخص تحمل

انتخاب بر اساس شاخص تحمل (TOL) باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در محیط بدون تنش عملکرد و میانگین بهره‌وری پایینی دارند (Fisher and Maurer, 1978). برای مثال ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۸، ۱۱ و ۱۴ در شرایط آبیاری میانگین بالایی ندارند. این ژنوتیپ‌ها صرفاً به خاطر این که در شرایط آبیاری و تنش عملکردهای مشابهی تولید کرده‌اند،

توسط این شاخص انتخاب شده‌اند. لذا شاخص تحمل (TOL) به تنهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی گروه a باشد. بر اساس شاخص تحمل ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۸، ۱۱ و ۱۴ انتخاب شدند. در بین این چهار ژنوتیپ کم‌ترین میزان تفاوت عملکرد دانه مربوط به لاین‌های شماره ۲ و ۴ بود و ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی شناخته شدند. در واقع عملکرد این ژنوتیپ‌ها در آبیاری و تنش خشکی کم‌ترین تفاوت را داشته است (جدول ۳). به عبارت دیگر، با این شاخص، ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط از پایداری عملکرد دانه برخوردار هستند، انتخاب می‌شوند. و نتایج آزمایش حاکی از آن است که صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، دوره پرشدن دانه، تعداد سنبله در واحد سطح و طول پدانکل در شرایط تنش خشکی و صفات دوره پرشدن دانه، تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی، در شرایط آبیاری باعث تحمل بیش‌تر این ژنوتیپ‌ها شده است.

انتخاب بر اساس شاخص تحمل به تنش

ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۹، ۱۱ و ۱۲ از نظر این شاخص بیش‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. در بین ژنوتیپ‌های مذکور ژنوتیپ شماره ۴ بزرگترین عدد شاخص تحمل به تنش را دارا بود (جدول ۵). ژنوتیپی که مقادیر بالاتری از نظر شاخص فوق نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشته باشد، به عنوان لاین متحمل به خشکی در مناطق تنش خشکی آخر فصل به شمار می‌رود (Sio-Se-Marde et al. 2006). ژنوتیپ شماره ۴ از لحاظ عملکرد نیز در هر دو شرایط بدون تنش و تنش در گروه ژنوتیپ‌های پرمحصول قرار داشتند.

انتخاب بر اساس شاخص میانگین بهره‌وری

ژنوتیپ‌های ۹، ۱۱ و ۱۲ بر اساس این شاخص به عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند، شاخص متوسط بهره‌وری (MP) نیز باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی در شرایط مطلوب دارند، ولی از عملکرد پایینی در شرایط نامطلوب برخوردارند (جدول ۳).

انتخاب بر اساس شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

بر اساس این شاخص ژنوتیپ‌های ۶، ۹، ۱۱ و ۱۲ به عنوان لاین‌های مقاوم به خشکی انتخاب شدند (جدول ۳). آقای سربزه (۱۳۸۷) با مطالعه مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم در مناطق سرد معتدل اظهار داشت که با توجه به بررسی ژنوتیپ‌ها در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی محاسبه شاخص‌های مختلف تحمل به تنش و روابط صفات مشخص کرد که برخی از ژنوتیپ‌ها در شرایط مذکور برتر بوده و با توجه به شرایط مختلف آب و هوایی دو منطقه برای هر منطقه ژنوتیپ برتر انتخاب شد. همانطور که ملاحظه می‌شود انتخاب بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نتایج مشابهی دارد که مقادیر بالای آن‌ها دلالت بر تحمل به تنش

ژنوتیپ مورد بررسی دارد ژنوتیپ‌های شماره‌های ۶، ۹، ۱۱ و ۱۲ به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط محیطی شناسایی شدند. لذا به منظور حصول اطمینان از پایداری عملکرد از بین ژنوتیپ‌های مذکور ژنوتیپ ۱۱ که بیش‌ترین عملکرد را در شرایط تنش خشکی (Y_s) داشته است، می‌تواند انتخاب شود (جدول ۵). بیش‌ترین تأثیری که در شرایط تنش خشکی باعث تحمل بیش‌تر این ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی شده شامل صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، طول پدانکل و تعداد پنجه بارور می‌باشد ولی در شرایط آبیاری صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله ساقه اصلی، تعداد پنجه بارور، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، درصد سبز، ارتفاع بوته و طول غلاف برگ پرچم بیش‌ترین تأثیر را داشته‌اند. صادق‌زاده‌اهری (۱۳۸۶) با مطالعه ۱۱ ژنوتیپ گندم دوروم پیشنهاد کرد که شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) با عملکرد دانه در محیط دارای تنش و مطلوب همبستگی مثبت و بالایی داشته و به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل قابل توصیه‌اند. بابایی و همکاران (۱۳۸۴) بیان کردند که شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد باشند، به عنوان بهترین شاخص می‌باشد. بنابراین شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) به عنوان بهترین شاخص‌ها برای تشخیص ارقام متحمل به خشکی و هم‌چنین جهت غربال ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به خشکی از یکدیگر تشخیص داده شدند. دستفال و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب عملکرد بالایی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند در شرایط تنش خشکی شدید نیز این برتری را حفظ کردند. حسادی (۱۳۸۵) با انجام تحقیقی بر روی ارقام جو در شرایط اقلیمی کرمانشاه به این نتیجه رسید که بین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی و عملکرد درد و شرایط آبی و دیم همبستگی وجود دارد و نشان داد که همبستگی بسیار معنی‌داری بین سه شاخص میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل به خشکی و میانگین هندسی بهره‌وری با عملکرد در شرایط آبی و دیم وجود دارد اما شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) دارای همبستگی معنی‌دار و مثبتی با عملکرد در شرایط دیم و شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) دارای همبستگی غیرمعنی‌دار و منفی با عملکرد در شرایط دیم بود. اگرچه شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد در شرایط دیم بودند، همبستگی آن‌ها با (Y_p) نیز بسیار معنی‌دار بود و ایشان در پایان از سه شاخص میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل به خشکی و میانگین هندسی بهره‌وری به عنوان بهترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاین‌های جو مورد مطالعه از نظر مقاومت به خشکی تشخیص دادند. بابایی و همکاران (۱۳۸۴) بیان کردند بر اساس شاخص حساسیت به

تنش (SSI) ژنوتیپ‌های کوه‌دشت و زاگرس به ترتیب دارای بیش‌ترین تحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های اترک و چمران دارای بیش‌ترین حساسیت نسبت به تنش خشکی می‌باشند. Talebi و همکاران (۲۰۰۹) سه شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را به عنوان شاخص‌هایی با بیش‌ترین کارایی برای ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش معرفی کردند. در نهایت ژنوتیپ شماره ۱۱ از نظر همه شاخص‌ها انتخاب شد.

ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها

نتایج جدول ۴ نیز نشان داد که شاخص تحمل با شاخص حساسیت به تنش دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بودند ($r^{**}_{0/95}$). هم‌چنین شاخص تحمل به تنش با شاخص متوسط باروری همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت ($r^{**}_{0/98}$). و شاخص میانگین هندسی باروری با شاخص‌های تحمل به تنش و متوسط باروری همبستگی بالایی داشت. یعنی اگر ژنوتیپی بر اساس هریک از سه شاخص بیان شده انتخاب شود مطمئناً انتخاب با دو شاخص دیگر نیز همان ژنوتیپ را نشان خواهند داد. در آزمایشی جهت بررسی مقاومت به خشکی در ارقام گندم اعلام شد که شاخص حساسیت به خشکی با عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (۴). بابایی و همکاران (۱۳۸۴) بیان کردند که، شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز همبستگی مثبت و بالایی با هم داشتند که نشانگر هم راستا بودن این شاخص‌ها، از نظر ماهیت می‌باشد.

جدول ۳: شاخص‌های تحمل به خشکی در دو شرایط تنش خشکی آخر فصل و آبیاری نرمال

ژنوتیپ	عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل (Y_s)	عملکرد دانه در شرایط آبیاری (Y_p)	شاخص حساسیت به تنش (SSI)	شاخص تحمل (TOL)	شاخص تحمل به تنش (STI)	شاخص میانگین حسابی (MP)	شاخص میانگین هندسی (GMP)
۱	۳۴۱۹/۴۴	۵۰۸۶/۸۱	۰/۹۸	۱۶۶۷/۳۶	۰/۷۶	۴۲۵۳/۱۲	۴۱۷۰/۶۲
۲	۳۰۶۹/۴۴	۴۵۹۷/۲۲	۱	۱۵۲۷/۷۸	۰/۶۲	۳۸۳۳/۳۳	۳۷۵۶/۴۵
۳	۳۰۷۴/۰۷	۵۱۶۳/۱۹	۱/۲۱	۲۰۸۹/۱۲	۰/۶۹	۴۱۱۸/۶۳	۳۹۸۳/۹۷
۴	۲۸۰۰/۹۲	۵۵۳۱/۲۵	۱/۴۸	۲۷۳۰/۳۲	۰/۶۸	۴۱۶۶/۰۸	۳۹۳۶/۰۷
۵	۲۳۱۲/۹۶	۴۱۶۳/۱۹	۱/۳۳	۱۸۵۰/۲۳	۰/۴۲	۳۲۳۸/۰۸	۳۱۰۳/۱۱
۶	۳۹۱۲/۰۴	۴۵۶۹/۴۴	۰/۴۳*	۶۷۵/۴۱*	۰/۷۸*	۴۲۴۰/۷۴	۴۲۲۷/۹۸*
۷	۲۹۳۰/۵۵	۴۰۰۳/۵۷	۰/۸	۱۰۷۲/۹۲	۰/۵۱	۳۴۶۷/۰۱	۳۴۲۵/۲۵
۸	۳۷۶۷/۲۲	۴۰۷۲/۲۲	۰/۲۲*	۳۰۵*	۰/۶۷	۳۹۱۹/۷۲	۳۹۱۶/۷۵
۹	۳۳۲۸/۷	۵۹۴۷/۹۲	۱/۳۲	۲۶۱۹/۲۱	۰/۸۷*	۴۶۳۸/۳۱*	۴۴۴۹/۵۹*
۱۰	۲۱۳۸/۸۹	۴۵۹۷/۲۲	۱/۶	۲۴۵۸/۳۳	۰/۴۳	۳۳۶۸/۰۵	۳۱۳۵/۷۵
۱۱	۴۱۳۴/۲۶	۵۳۹۵/۸۳	۰/۷*	۱۲۶۱/۵۷*	۰/۹۸*	۴۷۶۵/۰۵*	۴۷۲۳/۱۱*
۱۲	۳۷۱۷/۶	۵۰۳۸/۱۹	۰/۷۹	۱۳۲۰/۶	۰/۸۲*	۴۳۷۷/۸۹*	۴۳۲۷/۸۱*
۱۳	۳۱۴۸/۱۵	۵۱۶۳/۱۹	۱/۱۷	۲۰۱۵/۰۵	۰/۷۱	۴۱۵۵/۶۷	۴۰۳۱/۶۹
۱۴	۲۸۲۸/۷	۳۵۴۱/۶۷	۰/۶	۷۱۲/۹۶*	۰/۴۴	۳۱۸۵/۱۸	۳۱۶۵/۱۷
میانگین	۳۱۸۴/۵	۴۷۷۶/۴۹	۰/۹۷	۱۵۹۱/۹۹	۰/۶۷	۳۹۸۰/۴۹	۳۸۸۲/۲۸

*ژنوتیپ‌های برتر و مناسب‌تر

جدول ۴: ضرایب همبستگی بین شاخص‌های خشکی

GMP	STI	MP	TOL	SSI	
				۱	SSI
			۱	۰/۹۵**	TOL
		۱	۰/۱۵	-۰/۱	MP
	۱	۰/۹۸**	۰/۰۰۹	-۰/۲۴	STI
۱	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۰۰۸	-۰/۲۴	GMP

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.
SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: شاخص تحمل، MP: شاخص متوسط باروری، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: میانگین هندسی باروری

منابع

- آقای سربزه، م. ۱۳۸۷. مطالعه مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم در مناطق سرد و سرد معتدل. موسسه تحقیقات دیم کشور، گزارش نهایی شماره ثبت ۸۷/۷۹۹.
- ابراهیمی ملاباشی، و.، خورشیدی بنام، م.، فربودی، ب.، حسن پناه، م. و فرمنزی، ا. ۱۳۸۶. رابطه عملکرد دانه با تولید ماده خشک در تنش خشکی بعد از گل‌دهی در ژنوتیپ‌های امید بخش گندم. مجله علوم کشاورزی. ۳: ۲۷-۳۹.
- امام، ا. ۱۳۸۶. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز. ۱۹۰ ص.
- بابایی، ف.، ملکی، ع.، چهارسوقی امین، ح.، مرادخانی، ح. و احمدی، ج. ۱۳۸۴. مقایسه ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی. یافته‌های نوین کشاورزی. ۱: ۶۲-۷۳.
- حصادی، پ. ۱۳۸۵. انتخاب برای تحمل به خشکی در لاین‌های جو در شرایط اقلیمی کرمانشاه. مجله علوم کشاورزی، ویژه نامه علمی- پژوهشی جلد ۱۲ شماره ۴: ص ۱۴۳ تا ۱۵۴.
- خزاعی، ع. ۱۳۸۷. خشک‌سالی و تأثیر آن بر تولید محصولات مهم زراعی دیم. وزارت جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات بخش بررسی مسائل روستایی.
- دستفال، م.، براتی، و.، امام، ی.، حقیقت‌نیا، ح.، و رمضان‌پور، م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲۷(۱): ۱۹۵-۲۱۷.
- سنجری، ا. و یزدان‌سپاس، ا. ۱۳۸۷. تنوع ژنتیکی اندوخته ساقه در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش خشکی پس از مرحله گل‌دهی. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۱، ص ۱۸۱ تا ۱۹۲.
- سی‌وسه‌مرده، ع. ۱۳۸۲. جنبه‌های فیزیولوژیکی ارقام گندم در ارتباط با مقاومت به خشکی. پایان نامه دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

صادق زاده اهری، د. ۱۳۸۶. ارزیابی مقاومت به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های امید بخش گندم دیم دروم. علوم زراعی

ایران، ۸ (۱): ۳۰-۴۵.

علوی سینی، س. م. صبا، ج. جباری، ف. و نصیری، ج. ۱۳۸۹. الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی

گندم نان در شرایط دیم و ارتباط آن با عملکرد دانه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، شماره ۲، ص ۲۸۱ تا ۲۸۹.

جباری، ف.، احمدی، ع. و پوریوسف، م. ۱۳۸۹. بررسی سرعت رشد نسبی و تخصیص مواد فتوسنتزی در ارقام

گندم مقاوم و حساس به تنش خشکی. فن آوری‌های نوین کشاورزی (ویژه زراعت و باغبانی). ۱: ۴۱-۵۸.

فیروزآبادی، م.، شکیبا، م.، خوئی، ف.، طباطبائی، ج. و تورچی، م. ۱۳۸۵. تأثیر نیتروژن و تنش خشکی بر

تجمع. کربوهیدرات‌های غیر ساختی پیش از گل‌دهی و انتقال مجدد آن‌ها در دانه جو. مجله دانش کشاورزی. ۱ (۴): ۵۹-

۷۱.

قندی، ا. و جلالی، ا. م. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی ملایم آخر فصل رشد بر ویژگی‌های زراعی ارقام گندم. مجله

الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۶ (۲): ۱۱۷-۱۳۴.

کمیلی، ح.، راشد محصل، م.، قدسی، م. و زارع فیض‌آبادی، ا. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های جدید

گندم در شرایط تنش رطوبتی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۴ شماره ۲، ص ۳۰۱ تا ۳۱۴.

معاونی، پ.، حبیبی، د. و حیدری، ی. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر سازگاری و عملکرد دانه چهار رقم گندم

پاییزه در ایران شهر. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۱ (۱): ۳۷-۴۵.

Ahmadi, A. and Baker, D.A. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. *Agricultural Science. Cambridge*, 136: 257- 269.

Ahmadi, A., Judi, M., Tavakoli, A., and Ranjbar, M. 2006. Yield and some of associated morphological responses in different wheat genotypes under stress and non-stress conditions. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 46: 155-165.

Austin, R. B. 1989. Maximising production in water – limited environments. In: Baker, F. W. G. (Ed.), *Drought resistance in cereals.* C A B International, pp. 13 – 26.

Ceccarelli, S. and Grando, S. 1996. Drought as a challenge for the plant breeder. *Plant Growth Regul.* 20: 149-155.

Deborah, L.B., and G.B.Bruce. 1998. Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat *Triticum aestivum* L. *Journal of Plant Physiology.* 153: 558 – 568.

Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B. and Duggan, B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, 113: 43-52.

Duggan, B.L. and Fowler, D.B. 2006. Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies. *Crop Science*, 46: 1479-1487.

Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006. Genotypes variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter. *Crop Sci.* 46: 735-746.

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance in proceeding of an the sympo, Taiwan. 1316, AUG, 1992, by C. O. Kuo. AVRDC, 26: 257- 270.

Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars Grain yield responses. *Agues. J. Agric. Res*, 29: 897-912.

Goding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R. and Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of winter wheat. *J. of Cereal Sci*, 37: 295-309.

Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohamadi maibody, S. A. M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research* 1: 162-171.

Hunter, D. A. N., Ferrante, A., Vernieri, P. and Reid, M. S. 2004. Role of abscises acid in perianth senescence of daffodil (*Narcissus pseudonarcissus* Dutch Master. *Physiol Plantarum*, 121 (2): 313-321.

Izanloo, A., Condon, A.G., Langridge, P., Tester, M., and Schnurbusch, T. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two south Australian bread wheat cultivars. *J. Exp. Bot.* 59: 3327-3346.

Pierre, C. S., Petersona, J., Rossa, A., Ohma, J., Verhoerena, M., Larsona, M. and Hoefera, B. 2008. White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress. *Agron. J.* 100: 414-420.

Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.S., and Wrigley, C.W. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under postanthesis water deficit and evaluated temperature. *Field Crop Res.* 86: 185-198.

Puri, P. T., Quceiset, C. O. and Williams, V. A. 1982. Evaluation of yield components as selection criteria in barley breeding. *Crop Sci.* 22: 927-934.

Riaz, R., and Chowdhry. 2003. Genetic analysis of some economic traits of wheat under drought condition. *Asian J of plant Sci*, 2: 790-796.

Romagosa, I., Van Eeuwijk, F. A., and Thomas, W. T. 2009. Statistical analyses of genotype by environment data. pp. 1-39. In: Carena, M. J. (ed.) *Cereals*. Springer Science, Fargo, ND, USA.

Rosielle, R. A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci*, 21: 943 – 946.

Samarah, N. H. 2005. Effect of drought stress on growth and yield of barley. *Agron for Sust. Dev*, No 25: 145-149.

Sanjari Pireivatlou, A., and Yazdansepas, A. 2008. Evaluation of wheat genotypes under pre and post anthesis drought stress conditions. *J.Agric.Sci.Techno*.10:109-121.

Sio-Se Marde, A., Ahmadi, A., Postini, K. and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental condition. *Field Crop Research* 98: 222-229.

Tahir, M. 1985. High elevation cereal research. In: ICARDA Annual Report, 1994, Aleppo, Syria, pp: 151-157.

Talebi, R., Fayaz, F., and Naji, A. M. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat. *General and Applied Plant Physiology* 35(1-2): 64-74.