

ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های گندم نان نسبت به تنش خشکی در شرایط آزمایشگاه و مزرعه

مریم فروزانفر^۱، محمد رضا بی‌همتا^۲، سید علی پیغمبری^۳ و حسن زینالی^۴

چکیده

این پژوهش به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در گندم‌های نان و در نهایت معرفی ژنوتیپ‌های مقاوم در مرحله جوانه‌زنی انجام شد. در این آزمایش بذور ۳۰ ژنوتیپ در معرض سطوح پتانسیل اسمزی صفر، ۴-، ۸- و ۱۲- بار حاصل از محلول پلی اتیلن گلیکول (PEG) ۶۰۰۰ قرار گرفتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها، سطوح پتانسیل اسمزی و اثر متقابل ژنوتیپ × سطح پتانسیل اسمزی اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت. هم‌چنین مشاهده شد که با افزایش میزان سطوح پتانسیل اسمزی در ژنوتیپ‌های حساس کاهش جوانه‌زنی معنی‌داری دیده می‌شود. ژنوتیپ‌های طبسی، الوند، بک کراس بهاره روشن و داراب ۲ بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، میزان جوانه‌زنی، پلی اتیلن گلیکول، پتانسیل اسمزی، تنش خشکی

مقدمه

کشور پهناور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته و با توجه به شرایط توپوگرافی، دارای اقلیمی متنوع می‌باشد. وجود شرایط خاص آب و هوایی و تعدد اقلیم، زراعت در مناطق دیم را با مشکلات زیادی مواجه ساخته است. به‌طوری‌که توزیع نامناسب بارندگی در دیم‌زارها از موارد کاهش تولید محصول گندم در این مناطق به شمار می‌آیند. در مواقع خشک‌سالی با تغییر شرایط محیطی، وضعیت تولید به شدت تحت تاثیر عوامل جوی قرار گرفته و موجب کاهش محصول می‌شود. در سال زراعی ۷۷-۷۸ با بارش باران در اول فصل زراعی و سپس قطع بارندگی و بالا رفتن دما، خشک‌سالی شدید در بسیاری از دیم‌زارهای مناطق مختلف غرب و شمال غرب کشور باعث گردید تا در بسیاری از موارد مزارع گندم با خسارت شدید مواجه شده و قابل برداشت نباشد. (تارفان، ۱۳۸۶؛ گالزار، ۲۰۰۱). ارزیابی تحمل به خشکی در شرایط مزرعه‌ای به تمام طول فصل رشد نیاز دارد و با تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها این آزمون بسیار وقت‌گیر است، لذا استفاده از روش‌های آزمایشگاهی از جمله جوانه‌زنی ممکن است بتواند به عنوان یک راه‌یافت جایگزین ارزیابی مقاومت به خشکی مطرح باشد (بالباکی و همکاران، ۱۹۹۹). تنش خشکی باعث کاهش جذب آب به بذر می‌شود و مشخص شده است که آب جذب شده با سرعت جوانه‌زنی رابطه مستقیمی دارد (اسپرا و ساویج، ۱۹۹۱؛ سینگ، ۲۰۰۰) جوانه‌زنی سریع‌تر در شرایط تنش به استقرار مطلوب مزرعه‌ای، رشد و عملکرد بیش‌تر در این شرایط کمک می‌کند (بالباکی و بلیک، ۱۹۹۹). گال و آلن (۱۹۷۴) طی پژوهشی نشان دادند که زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر، در تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم به ازای هر چهار بار کاهش پتانسیل اسمزی دو برابر می‌گردد. باسوا و همکاران (۲۰۰۳) برای ارزیابی بنیه بذوره، از آزمون سرعت رشد گیاهچه استفاده نمودند و بیان داشتند که بذرها با بنیه بالا دارای صفات گیاهچه‌ای بهتر هستند. این نتایج مشابه نتایجی بود که لی و همکاران (۲۰۰۲) و رما (۲۰۰۳)، سانگ و چپو (۱۹۹۵) در بررسی برنج، کلم و سویا به‌دست آوردند. سپاس‌خواه و بارلین (۱۹۷۹) در

آزمایشگاه گندم را در معرض چندین سطح پتانسیل ماتریک (۰/۳، ۰/۵، ۰/۵، ۰/۵-۷/۵-بار) با استفاده از کربوکسی قرار دادند و نتیجه گرفتند بین وزن خشک ریشه و ساقه بوته‌های گندم در تمامی سطوح و پتانسیل ماتریک اختلاف معنی‌دار وجود دارد. به‌طوری‌که با کاهش پتانسیل ماتریک وزن خشک ساقه و ریشه کاهش یافت. در این آزمایش در سطوح مختلف پتانسیل ماتریک در نسبت ساقه به ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. آن‌ها هم‌چنین اظهار داشتند که ریشه‌ها بهترین رشد خود را هنگامی خواهند داشت که مکش آب خاک کم باشد ولی رشد آن‌ها می‌تواند تا نقطه پژمردگی نیز ادامه یابد، رطوبت مطلوب خاک در صورتی که محدودیت فیزیکی دیگری در کار نباشد باعث افزایش توده ریشه و پراکنش آن در پروفیل خاک می‌گردد. در این آزمایش وزن خشک ساقه با کاهش در تمام سطوح پتانسیل اسمزی کاهش یافت ولی در سطوح پتانسیل زیر ۸- بار اختلاف معنی‌دار دیده نشد. این نتیجه در مورد رشد ساقه نیز صدق می‌کند. از دیگر نتایج این آزمایش تاثیر بیش‌تر اثر متقابل بین پتانسیل اسمزی و ماتریک روی رشد ساقه نسبت به رشد ریشه است. لافوند و بیکر (۱۹۸۶) گزارش کردند که متوسط زمان جوانه‌زنی در مقایسه با درصد جوانه‌زنی شاخص مناسب‌تری در توضیح تحمل خشکی است. هنسون (۱۹۸۹) گزارش کرد بذوری که توسط محلول اسمزی پیش تیمار شده و خشک شوند؛ پس از دسترسی مجدد به آب یکنواخت‌تر و با سرعت بیش‌تری جوانه می‌زنند. ماین و همکاران (۱۹۹۴) اثر پتانسیل‌های اسمزی مختلف را با استفاده از مانیتول بررسی نمودند و گزارش کردند که تنش خشکی ۳- بار در مقایسه با شاهد درصد جوانه‌زنی را حدود ۲۰ درصد کاهش داد در حالی‌که تنش اسمزی ۱- بار اثر باز دارنده بر جوانه‌زنی بذره‌های گندم نداشت. وینتر و همکاران (۱۹۸۸) تفاوتی بین ارقام از لحاظ درصد جوانه‌زنی مشاهده نکردند. رقم پا بلند مقاوم به خشکی بیش‌ترین طول ریشه‌چه را داشت و این صفت به‌عنوان شاخص مناسب برای غربال ژنوتیپ‌ها در جهت مقاومت به خشکی معرفی شد. بالباکی و همکاران (۱۹۹۹) مشاهده کردند که در شرایط تنش خشکی

شدند در زیر هود کشت گردید. سپس پتری‌ها به‌طور هم‌زمان در داخل ژرمیناتور با درجه حرارت ۲۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز قرار گرفتند و تعداد بذر جوانه زده در هر روز شمارش شد و صفات وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاه‌چه به کمک خط‌کش اندازه‌گیری شد. سپس درصد جوانه‌زنی محاسبه شد و با استفاده از رابطه بیلچر و میلر (۱۹۷۴)

$$R_s = \sum_{I=1}^N \frac{S_I}{D_I}$$

R_s : سرعت جوانه‌زنی

S_I : تعداد بذرهاى جوانه زده در هر شمارش

D_I : تعداد روز تا شمارش n ام.

n : دفعات شمارش

و از فرمول ایس و رایترز (۱۹۸۰) سرعت جوانه‌زنی به-دست آمد.

$$R = \frac{\sum n}{\sum (d \cdot n)}$$

R : سرعت جوانه‌زنی

d : تعداد روز تا شمارش n ام.

n : تعداد بذرهاى جوانه زده در هر شمارش

به‌منظور محاسبه شاخص‌هایی نظیر شاخص جوانه‌زنی و شاخص بنیه به‌مدت یک هفته پس از کشت، هر ۱۲ ساعت یک‌بار، تعداد بذرهاى جوانه زده در هر پتری شمرده و در نهایت با استفاده از فرمول زیر این شاخص‌ها محاسبه گردید:

شاخص جوانه‌زنی (واکرسیمونز و سسیگ، ۱۹۹۰).

$$GI = \frac{7n_1 + 6n_2 + 5n_3 + 4n_4 + 3n_5 + 2n_6 + 1n_7}{7 * N}$$

GI : شاخص جوانه‌زنی

n_1 : تعداد بذر جوانه زده در روز اول

n_2 : تعداد بذر جوانه زده در روز دوم

n_7 : تعداد بذور جوانه زده در روز هفتم

N : تعداد کل بذر در هر تپری

کاهش وزن ریشه آرام‌تر از اندام هوایی است. لیویگستون و دژانگ (۱۹۹۰) بیان داشتند که تحت تنش خشکی دمای مناسب برای ظهور گیاهچه‌ها کاهش می‌یابد.

هدف از این آزمایش ارزیابی و تعیین تفاوت ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در پاسخ به تنش رطوبتی در مرحله جوانه‌زنی و تعیین همبستگی بین صفات تحت تاثیر با پلی اتیلن گلیکول و میزان عملکرد در شرایط مزرعه بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۶-۸۵ در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران صورت گرفت. در این بررسی ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) شامل اروند، فلات، MC-82-9، ماهوتی، سرداری، اترک، طبسی، چمران، CM-79-7، بک کراس بهاره روشن، چناب، عدل، پشتاز، داراب ۲، نیک نژاد، آذر ۲، نوید، کویر، BCW، زاگرس، قدس، شعله، C-81-10، روشن، امید، البرز، الوند، بک کراس زمستانه روشن، هیرمند و گاسپارد به‌منظور تعیین میزان مقاومت بر خشکی در شرایط کنترل شده با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به‌منظور تهیه سطوح پتانسیل‌های اسمزی مختلف صفر، ۴، -۸ و -۱۲ مورد بررسی قرار گرفتند که در سطح صفر فقط از آب مقطر استفاده و به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. فاکتور اول تنش اسمزی و فاکتور دوم ژنوتیپ‌های گندم بودند. هر تکرار شامل ۱۲۰ واحد آزمایشی بود که به‌علت حجم زیاد آن تکرارها در زمان‌های مختلف انجام شدند. برای ضدعفونی بذر از محلول رقیق شده هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۵ دقیقه استفاده شد. پس از ضدعفونی، بذرها چندین مرتبه با آب مقطر در شرایط استریل شستشو شدند. هر واحد آزمایشی یک پتری‌دیش پلاستیکی استریل به قطر ۱۰ و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر حاوی یک برگ کاغذ صافی استریل و ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسمزی بود. در داخل هر پتری‌دیش تعداد ۲۵ عدد بذر سالم و هم اندازه که از توده بذرها تعیین شده برای کاشت در مزرعه، انتخاب و استریل

$$STI = \left(\frac{Y_P}{Y_P}\right)\left(\frac{Y_S}{Y_S}\right)\left(\frac{Y_S}{Y_P}\right) = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(Y_P)^2}$$

شاخص تحمل تنش: (TOL)^۳

$$TOL = Y_P - Y_S$$

شاخص بهره‌وری متوسط: (MP)^۴

$$MP = \frac{Y_P - Y_S}{2}$$

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری: (GMP)^۵

$$GMP = \sqrt{(Y_S)(Y_P)}$$

شاخص میانگین هارمونیک: (Harm)^۶

$$HARM = \frac{2(Y_P * Y_S)}{Y_P + Y_S}$$

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

نتایج و بحث

اثرات پتانسیل‌های اسمزی، ژنوتیپ‌ها و هم‌چنین سطوح مختلف پتانسیل اسمزی از لحاظ صفات مختلف، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۱) که این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط ساپرا و همکاران (۱۹۹۱)، هالم و همکاران (۱۹۹۲)، نیکخواه و همکاران (۱۳۷۸) مطابقت داشت. اثرات متقابل بین ژنوتیپ‌ها و سطوح پتانسیل اسمزی معنی‌دار شد. با افزایش پتانسیل اسمزی سرعت و درصد جوانه‌زنی و هم‌چنین سایر صفات اندازه‌گیری شده کاهش یافت به‌طوری که در پتانسیل اسمزی ۸- بار به حداقل مقدار خود رسیدند (جدول ۲). این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط اسلام و همکاران (۱۹۹۹)، شکاری و همکاران (۱۳۷۷)، ماین و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت داشت.

در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده، ژنوتیپ‌های طبسی، الوند، بک‌کراس بهاره روشن، BCW و داراب ۲

به علت جوانه نزدن اکثر ژنوتیپ‌ها در پتانسیل اسمزی ۱۲- بار، این سطح پتانسیل اسمزی از محاسبه حذف گردید. ارقامی که در این سطح جوانه زدند عبارت بودند از: طبسی، بک‌کراس بهاره روشن، کویر، BCW، شعله، روشن. برای به‌دست آوردن میزان عملکرد در شرایط مزرعه، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳۰ ژنوتیپ و ۳ تکرار در دو محیط تنش و بدون تنش صورت گرفت. ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این قسمت همان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در مرحله جوانه‌زنی بودند. عملیات کاشت برای هر دو محیط تنش و بدون تنش در شرایط یکسان در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و در پاییز سال زراعی ۸۵-۸۶ صورت گرفت. صفات زمان گل‌دهی، زمان رسیدگی، وزن بوته، تعداد ساقه، تعداد سنبله‌ی بارور، تعداد سنبله‌ی نابارور، تعداد پنجه، ارتفاع ساقه، تعداد دانه خوشه اصلی، ارتفاع خوشه، وزن خوشه، طول پدانکل، وزن پدانکل، وزن هزار دانه، وزن دانه هر خوشه، وزن کاه و کلش هر سنبله، شاخص برداشت، میزان انتقال مجدد و کلروفیل اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای مربوطه از جمله EXCEL، SAS و MSTAT استفاده و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای توکی صورت گرفت و در نهایت با استفاده از شاخص مقاومت به خشکی لاین‌های برتر انتخاب و معرفی شد. شاخص‌های مختلف مربوط به تنش خشکی طبق روابط زیر محاسبه شدند (فیشور و مورر ۱۹۷۸؛ رزیل و هامبیل ۱۹۸۱ و فرناندز ۱۹۹۲):

شاخص حساسیت به تنش: (SSI)^۱

$$SSI = \frac{(1 - \frac{Y_S}{Y_P})}{SI}$$

شدت تنش: SI

$$SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}\right)$$

شاخص تحمل تنش: (STI)^۲

2. Stress Tolerance Index
3. Tolerance
4. Mean Productivity
5. Geometric Mean Productivity
6. Harmonic

1. Stress Susceptibility Index

به تنش خشکی بر مبنای آن محاسبه شد، ارقام MC-82-9، چمران، بک کراس بهاره روشن، داراب ۲، BCW و گاسپارد دارای بیشترین مقدار در سطح ۸- بودند (جدول ۳).

بیشترین درصد جوانه‌زنی را در سطح ۸- داشتند و با توجه به صفات طول ریشه، وزن تر ریشه و ساقه، ارقام سرداری، بک کراس بهاره روشن، کویر، BCW و شعله و بر اساس صفت وزن خشک ریشه که شاخص‌های مربوط

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در آزمون جوانه‌زنی

میانگین مربعات (MS)										
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه	طول ریشه	تر ریشه	تر ساقه	خشک ریشه	خشک ساقه	شاخص جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی
تکرار	۲	۰/۰۷*	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳ ۰/۶۸	۲۸/۹۷
ژنوتیپ	۲۹	۱۰۷۰/۹۳**	۸۶۰/۳۶**	۳۳/۲۰**	۲۲/۴۶**	۰/۳۸**	۱/۵۹**	۴۴/۰۸**	۱۴۳۹/۳۹** ۱۳۹۵/۴۲**	۱۰۷۳۷۱/۳۰**
پتانسیل اسمزی	۲	۱۳/۸۶**	۹/۷۶**	۰/۴۳**	۰/۳۳**	۰/۰۰۵**	۰/۰۴**	۲/۵۹**	۲۶/۳۷** ۲۶/۹۸**	۸۳۷/۴۹**
ژنوتیپ × تیمار	۵۸	۲/۹۳**	۳/۸۶**	۰/۱۱**	۰/۱۸**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۰/۴۷**	۳/۷۱** ۳/۶۸**	۴۴۳/۲۸**
خطا	۱۷۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۶ ۰/۵۰	۶/۶۵
ضریب تغییرات		۳/۸۳	۳/۸	۱۲/۸۱	۷/۷۸	۱۱/۵۹	۲۵/۲۹	۶/۱۰	۴/۰۱ ۶/۸۵	۴/۶۴

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش جوانه‌زنی

صفات	سطح ۰	سطح ۴-	سطح ۸-
طول ساقه mm	۳/۱۷a	۲/۵۵b	۲/۲۱c
طول ریشه mm	۷/۸۱a	۳/۸۷b	۱/۷۱c
وزن تر ساقه gr	۱/۴۵a	۰/۶۲b	۰/۲۷c
وزن تر ریشه gr	۱/۱۸a	۰/۴۹b	۰/۱۷c
وزن خشک ریشه gr	۰/۱۶a	۰/۰۷b	۰/۰۳c
وزن خشک ساقه gr	۰/۲۳a	۰/۱۹b	۰/۰۶c
شاخص جوانه‌زنی	۲/۸۶a	۱/۷۳b	۱/۵۸c
سرعت جوانه‌زنی	۱۰/۶۹a	۶/۲۰b	۲/۷۱c
	۱۰/۰۱a	۵/۱۱b	۲/۸۰c
درصد جوانه‌زنی	۹۶/۷۱a	۷۵/۰۲b	۲۹/۰۶c
طول گیاهچه mm	۱۵/۲۶a	۷/۰۹b	۲/۴۲c
شاخص جوانه‌زنی	۱۴۹۱/۷۲a	۵۵۵/۰۱b	۹۰/۸۴c

پتانسیل‌های اسمزی دارای حروف مشابه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

شده در شرایط مزرعه نشان داد که شاخص‌های GMP، STL و MP دارای همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط نرمال و تنش دارند (جدول ۴).

بر اساس میزان عملکرد در شرایط مزرعه تحت تنش ارقام C-81-10، البرز، چناب و اروند دارای بیشترین مقدار بودند (جدول ۳). شاخص‌های محاسبه

جدول ۳: مقایسه میانگین صفات مختلف جوانه‌زنی و وزن هزار دانه در مزرعه روی ۳۰ ژنوتیپ گندم در سطح تنش

ژنوتیپ	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن هزار دانه
۱	۲۱/۳۳gk	۱/۱۱lm	۰/۲۸dh	۰/۰۲gj	۰/۱۰ik	۳۳/۹۳ac
۲	۲۴/۰۰gll	۳/۰۴bc	۰/۴۷ab	۰/۰۴gj	۰/۳۵bc	۲۶/۹۰ac
۳	۴۲/۶۶de	۳/۰۷bc	۰/۴۲ad	۰/۱۲af	۰/۳۷ac	۲۳/۶۶ac
۴	۰/۰۰n	۰/۴۴q	۰/۰۶jk	۰/۰۰۱j	۰/۰۳k	۲۵/۸۳ac
۵	۴۰/۰۰df	۲/۰۶gi	۰/۳۴ag	۰/۰۶dj	۰/۱۹fg	۲۷/۶۳ac
۶	۱/۳۳mn	۰/۸۵pq	۰/۱۵hj	۰/۰۰۲j	۰/۰۰۱k	۱۴/۹۳c
۷	۴۹/۳۳cd	۱/۸۵hj	۰/۳۱cg	۰/۰۶dj	۰/۱۷fh	۲۸/۸۰ac
۸	۲۴/۰۰gi	۱/۵۶jk	۰/۲۶eh	۰/۱۳ae	۰/۱۶fi	۲۵/۸۰ac
۹	۲۳/۰۰eg	۲/۱۸fh	۰/۳۹af	۰/۰۸ci	۰/۱۹fg	۲۵/۰۰ac
۱۰	۷۲/۰۰a	۳/۶۶a	۰/۴۵ac	۰/۱۳ad	۰/۴۴a	۳۵/۵۰ac
۱۱	۴۱/۳۳de	۲/۲۳fg	۰/۴۸a	۰/۰۹bg	۰/۲۱eg	۳۵/۹۰ac
۱۲	۲۰/۰۰hl	۱/۲۷kl	۰/۲۲gh	۰/۰۴fg	۰/۱۳gj	۳۱/۲۰ac
۱۳	۱۸/۶۶hl	۱/۱۶lm	۰/۲۰gj	۰/۰۵eg	۰/۱۱hk	۳۰/۴۰ac
۱۴	۵۶/۰۰bc	۳/۲۸b	۰/۴۲ad	۰/۱۴A C	۰/۴۱ab	۳۸/۵۰ab
۱۵	۴۱/۳۳de	۲/۴۶df	۰/۴۰af	۰/۰۹bh	۰/۲۲ef	۳۰/۵۰ac
۱۶	۲۰/۰۰hl	۰/۵۶pq	۰/۰۰k	۰/۰۱hj	۰/۰۴k	۲۷/۴۰ac
۱۷	۱۸/۶۶hi	۰/۶۰pq	۰/۲۱gh	۰/۰۲gj	۰/۰۵l	۲۷/۸۰ac
۱۸	۶۱/۳۳ab	۳/۱۹b	۰/۳۹af	۰/۰۱ac	۰/۴۱ab	۲۴/۷۰ac
۱۹	۴۶/۶۶cd	۲/۸۰cd	۰/۳۸af	۰/۰۲a	۰/۳۱cd	۲۵/۵۱ac
۲۰	۱۸/۶۶hl	۰/۷۵nq	۰/۰۶ik	۰/۰۲hj	۰/۰۷jk	۳۳/۶۰ac
۲۱	۹/۳۳ln	۰/۶۸oq	۰/۲۱gi	۰/۰۲hj	۰/۰۶k	۱۷/۴۶bc
۲۲	۲۰/۰۰hl	۱/۲۹kl	۰/۲۷dh	۰/۰۵ej	۰/۱۴gj	۲۹/۷۶ac
۲۳	۲۲/۶۶gj	۱/۷۲ij	۰/۳۲bg	۰/۰۹bg	۰/۱۷fh	۲۰/۰۳bc
۲۴	۲۹/۳۳fh	۲/۸۳mp	۰/۲۵fh	۰/۰۲gj	۰/۰۷jk	۱۸/۵۰bc
۲۵	۱۰/۶۶kn	۱/۱۲lm	۰/۰۰k	۰/۰۶dj	۰/۱۱hk	۳۱/۲۰ac
۲۶	۱۳/۳۳il	۲/۴۰eg	۰/۳۳ag	۰/۰۴gj	۰/۲۲ef	۴۴/۲a
۲۷	۴۹/۳۳cd	۰/۹۶lo	۰/۲۲gh	۰/۰۲gj	۰/۰۹jk	۱۸/۵۰bc
۲۸	۱۰/۶۶kn	۱/۰۹ln	۰/۲۷dh	۰/۰۲ij	۰/۱۰ik	۱۹/۷۰bc
۲۹	۱۲/۰۰jk	۰/۶۹oq	۰/۰۰k	۰/۰۱ij	۰/۰۶k	۱۶/۳۶c
۳۰	۴۵/۳۳cd	۲/۶۹ch	۰/۴۰ae	۰/۰۲ab	۰/۲۷de	۱۹/۹۰bc

ژنوتیپ‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

جدول ۴: ضرایب همبستگی شاخص‌های مختلف مربوط به تنش خشکی

HARM	GMP	MP	TOL	STL	SSI	YS	YP	شاخص‌ها
							۱	YP
						۱	۰/۵۱**	YS
					۱	-۰/۹	۰/۲۲	SSI
				۱	-۰/۷۴*	۰/۹۵**	۰/۶۳	STL
			۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۸۸*	TOL
		۱	۰/۶۹	۰/۸۳*	-۰/۵۰	۰/۷۵**	۰/۹۵	MP
	۱	۰/۶۴	۰/۲۴	۰/۷۶	-۰/۴۹	۰/۶۷	۰/۵۲**	GMP
۱	۰/۶۹	۰/۷۷**	۰/۰۹	۰/۹۵**	-۰/۸۹	۰/۹۹*	۰/۵۴	HARM

همراه شاخص‌های مختلف را نشان می‌دهد. بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (۱۹۹۲) ۶ ژنوتیپ در ناحیه A قرار دارند که این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. در ناحیه B ۱۲ ژنوتیپ قرار گرفته است که این ژنوتیپ‌ها فقط عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش دارند. در ناحیه C، ۹ ژنوتیپ قرار گرفته که این ژنوتیپ‌ها جز ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا محسوب می‌شوند که در بین آن‌ها کویر و اروند بهترین ژنوتیپ می‌باشد. این نتایج با نتایج سکارلی و گراندو (۱۹۹۱) و بروکنر و فروبرگ (۱۹۸۷) هماهنگ است. سایر ژنوتیپ‌ها در محیط D قرار دارد که این ژنوتیپ‌ها عملکرد ضعیفی در هر دو محیط دارند. اتلین و فری (۱۹۸۹) نیز بیان می‌دارند با توجه به اینکه عملکرد دانه در شرایط شاهد به‌وسیله ژن‌های مشابهی کنترل نمی‌شود، گزینش غیرمستقیم برای شرایط تنش بر اساس آزمایش در شرایط مطلوب منطقی نخواهد بود. تجزیه کلاستر بر اساس روش وارد و با استفاده از صفات اندازه‌گیری شده، ژنوتیپ‌های مورد بررسی را به دو گروه مجزا تقسیم کرد (شکل ۲).

گروه اول شامل ژنوتیپ‌هایی می‌باشد که از لحاظ اکثر صفات دارای مقادیر بالایی بوده. گروه دوم نیز ژنوتیپ‌هایی را در بر می‌گیرد که از نظر اکثر صفات در حد پایینی قرار داشته و در مرحله جوانه زنی نسبتاً حساس به خشکی هستند (جدول ۷). مهم‌ترین کاربرد این تجزیه، جداسازی ارقام از یکدیگر و شناسایی گروه‌ها مختلف مجزا می‌باشد. بعد از شناسایی گروه‌ها می‌توان از آن‌ها در مطالعه توارث صفات و برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

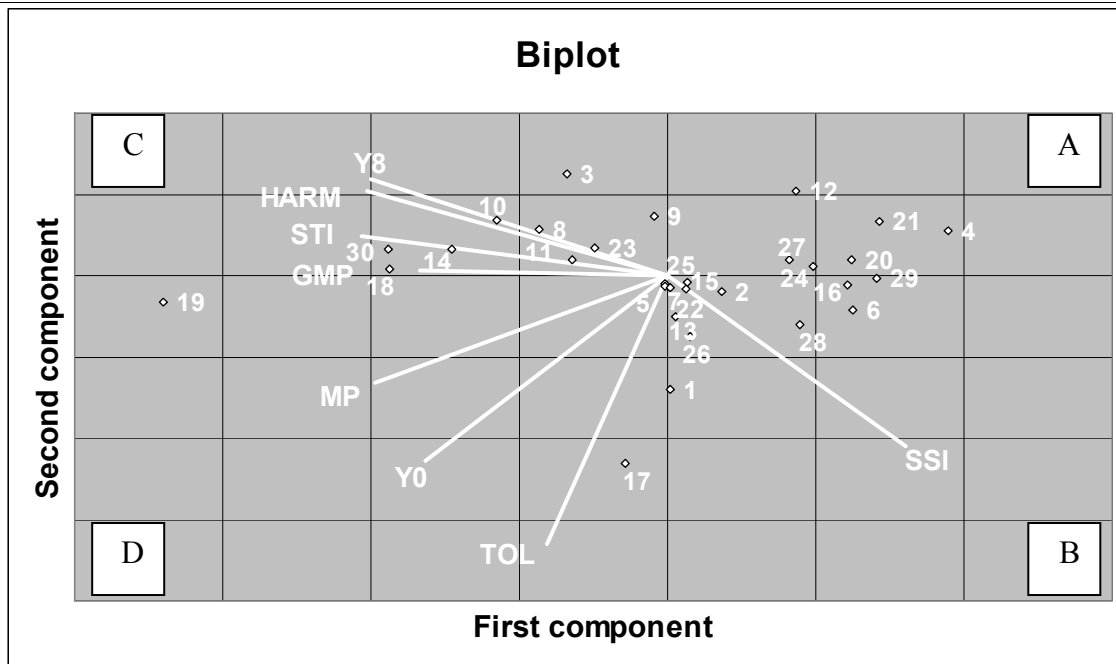
حسین و همکاران (۱۹۹۰) با توجه به شدت تنشی نسبتاً کم در آزمایش خود، از شاخص MP به‌عنوان معیار تحمل به خشکی برای ارزیابی ۱۰ رقم گندم در طی یک آزمایش سه ساله استفاده کردند. بر اساس همبستگی محاسبه شده بین میزان عملکرد تحت شرایط مزرعه و صفات تحت تاثیر پلی اتیلن گلیکول در شرایط آزمایشگاهی، صفات طول ریشه، طول گیاهچه، وزن تر ریشه و ساقه با عملکرد همبستگی مثبتی را نشان دادند (جدول ۵).

ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها

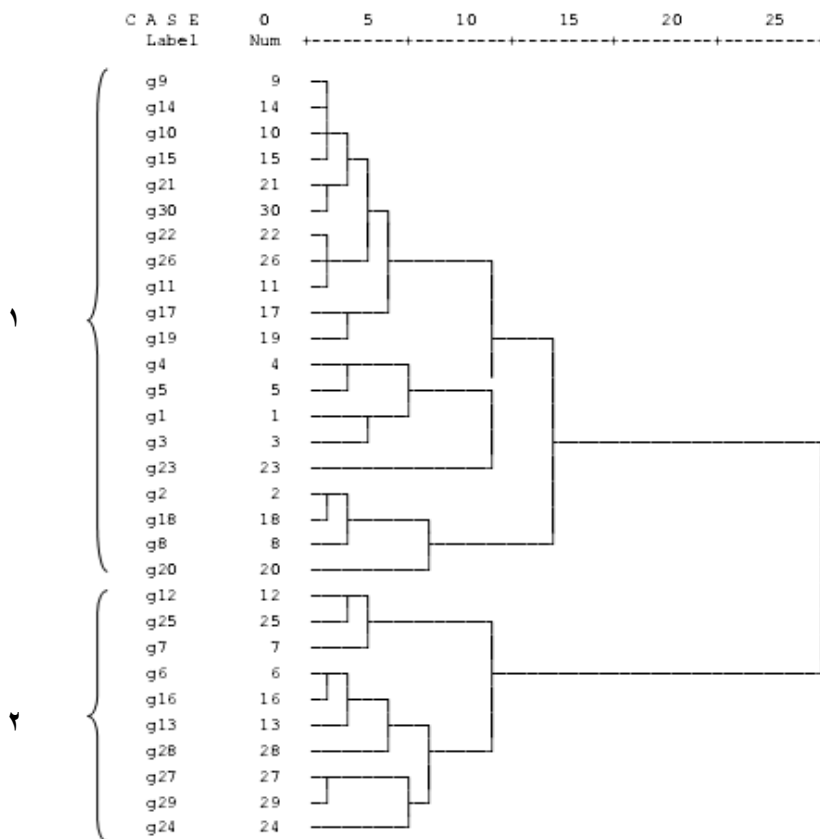
با توجه به همبستگی‌های بین شاخص‌های مختلف مربوط به تنش خشکی، (جدول ۴) ملاحظه می‌شود که شاخص‌های HARM، MP، STI و GMP با عملکرد در هر دو محیط تنش و غیرتنش در سطح ۸- همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری دارند. بنابراین انتخاب بر اساس این شاخص‌ها منجر به انتخاب ارقامی با پایداری عملکرد بالا می‌گردد. با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی، داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (جدول ۶). ملاحظه می‌شود دو مولفه اصلی اول و دوم ۹۲٪ از تغییرات موجود در متغیرهای اولیه را در بر می‌گیرند، بنابراین می‌توان از سایر مولفه‌های اصلی که اهمیت چندانی ندارند چشم‌پوشی نمود. با توجه به ضرایب هر یک از شاخص‌ها در دو مولفه اول و دوم و هم‌چنین همبستگی آن‌ها با متغیرهای اولیه، این حقیقت آشکار می‌شود که مولفه اصلی اول مربوط به سطح تنش و مولفه اصلی دوم مربوط به سطح نرمال است. شکل ۱ ترسیم بای‌پلات ژنوتیپ‌ها به

جدول ۵: ضرایب همبستگی بین صفات آزمایشگاهی و میزان عملکرد در شرایط مزرعه

طول گیاهیچه	وزن تر ریشه	وزن تر ساقه	طول ریشه
۰/۰۷	۰/۱۴۸	۰/۰۰۹	۰/۷۲



شکل ۱: نمایش گرافیکی بای پلات بر اساس مولفه‌های اصلی اول و دوم



شکل ۲: گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات اندازه‌گیری شده در مرحله جوانه‌زنی از روش Ward

جدول ۶: مقادیر ویژه و درصد آن‌ها از واریانس کل و بردارهای ویژه برای ۸ شاخص مربوط به تنش خشکی برای رقم گندم

مؤلفه	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	Y0	Y	SSI	STI	TOL	MP	GMP	HARM
۱	۴/۹۹	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۴	۰/۳۸	۰/۰۳	-۰/۴۴	۰/۲۱	۰/۴۴	۰/۲۷	۰/۴۳
۲	۲/۲۸	۰/۲۸	۰/۹۱	۰/۲۸	-۰/۳۲	۰/۶۴	۰/۰۶	۰/۷۵	۰/۰۷	-۰/۲۳	-۰/۱۵

جدول ۷: میانگین صفات برای ژنوتیپ‌ها در دو دسته کلاستر

صفات	دسته اول	دسته دوم
طول ساقه‌چه	۰/۳۶	۰/۳۳
طول ریشه‌چه	۱/۰۵	۱/۰۰
وزن تر ساقه	۰/۳۰	۰/۱۹
وزن تر ریشه	۰/۱۰	۰/۰۹
وزن خشک ساقه	۰/۰۵	۰/۰۳
وزن خشک ریشه	۰/۰۲	۱/۰۱
شاخص جوانه‌زنی	۱/۶۵	۱/۰۴
سرعت جوانه‌زنی	۱/۹۱	۱/۸۶
درصد جوانه‌زنی	۲۰	۱۸
طول گیاهچه	۱/۴۱	۱/۲۳
شاخص بنیه	۲۰/۲۸	۲۴/۳۵

منابع

- تارفا ن، م. ۱۳۸۶، کاهش خسارت خشک‌سالی در گندم دیم. رویان. انجمن مقالات کشاورزی.
- نیک‌خواه، ح. ر. ۱۳۷۸. ارزیابی و مطالعه توارث پذیری مقاومت به خشکی در گندم نان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- Atlin, G. N. and Fery, K. J. 1989. Predicting the relative effectiveness of direct versus indirect selection for oat yield in three types of stress environments. *Euphytica*. 44: 137-142.
- Baalbaki, R. Z., Zurayk, R. A., Bmeik, M. M. and Talhouk, S. N. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture, *Stress. Seed Sc. and Tech.* 27: 291-302.
- Basva, S. M. A., Ahmad, N., Khon, M. M. Iqbal, N. and Cheema, M. A. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing. *Seed science and technology*, 31:531-540.
- Bruckner, P. L. and Frohberg, R. C. 1987. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop science*. 27:31-36.
- Burlyn, E., Michel, M. and Kaufmann, R. 1979. The osmotic potential of polyethylene glycol-6000. *Plant physiology*. 51:914-916.
- Ceccarelli, S., and Grando, S. 1991. Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Euphytica*. 57: 157-168.
- Ellis, R. H. and Roberts, E. H. (1980): Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*. 45: 13-30.
- Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance in proceeding of the symposium. Taiwan, 13-16 Aug. 1992. by C. G. Kuo. AVRDS.
- Fischer, R. A. and Maurer, R. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Aust. J. of Agric. Res.* 29: 897-912.
- Gulzar, S., Khan, M. A. and Ungar, I. A. 2001. Effect of salinity and temperature on the germination on *Urochondra setulosa* (Trin) C. E. Hubbard. *Seed & Tech.* 29: 21-29.
- Gul, A. and Allan, R. 1976. Stand establishment of wheat lines under different levels of water potential. *Crop. Sci.* 16 (5): 611-615.
- Henson, I. E., Jenson, C. R. and Turner, N. C. 1989. Leaf gas exchange and water relations of lupines and wheat. 3. Abscisic acid and drought induced stomata closure. *Aust Journal of plant physiology (Australia)*. 16(5): 429-442. (ABS).
- Hossain, A. B. S., Sears, A. G. Cox, T. S. and Paulsen, G. M. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *crop science*. 30: 622-627.
- Hulme, M., Marsh, R. and Jones, P. P. 1992. Global changes in a humidity index between 1931-1960 and 1961-1990. *Clim. Res.* 2:1-22
- Islam, T. M. T. and Sedgley, R. H. 1999. Evidence for a unicum effecting spring wheat in a Mediterranean environment. *Euphytica*. 30:277-282.
- Lafond, G. P. and Baker, R. J. 1986. Effects of temperature, moisture stress and seed size on germination of nine spring wheat cultivars. *crop science*. 26: 563-567
- Lee, S. Y., Lee, J. H. and Won, T. O. K. 2002 Variation differences in seed germination and seedling vigor of Korean rice varieties following dry heat treatment *seed science and technology*. 30:311-327.
- Livingston, N. J. and deJong, E. 1990 Matric and osmotic potential effects on seedling emergence at different temperature. *Agronomy J.* 82: 995-998.
- Main, M. A. R. and Nafziger, E. D. 1994. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter. *Crop Sci.* 34: 169-171.
- Rosielle, A. T. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop sci.* 21: 943-949.
- Sapra, V. T., Savage, E., Anaele, A. O. and Beyl, C. A. 1991. Varietal differences of wheat and triticale to water stress. *J. Agron. and Crop Sci.* 167:23-28.
- Singh, N. B. 2000. (6th Ed.). *plant breeding* Kalyani publishers. 896 pp.

- Sung, J. M. and Chiu, C.C. 1995. Lipid peroxidation and peroxide scavenging, enzymes of naturally aged soybean seed science. 110:45-52.
- Winter, S. R., Musick, J. T. and Porter, K.B.1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistance winter wheat. crop science. 28:512-516.

The Evaluation of Resistance of Bread Wheat Genotypes for Drought Stress in the Field and Laboratory Conditions

Foroozanfar¹, F., Bihamta², M. R., PEYGHAMBARY³, S. A. and ZEINALI⁴, H.

Abstract

This study has been conducted in order to identify and introduce the resistant bread wheat genotypes to drought in germination stage. Seeds of 30 genotypes with different resistance were exposed to osmotic potential levels of 0, -4, -8 and -12 bar taken from Polyethylene glycol 6000 solution. A factorial experiment based on complete randomized block design was conducted with three replications. The results showed that there was a significant difference between genotypes, osmotic potential levels and their interaction effect of osmotic potential levels \times genotypes. It was also observed that with the increase in the amount of osmotic potential level amount in sensitive genotypes, a significant decrease of germination was occurred cultivars, Tabasi, Alvand, Bak cross bahare Roshan and Darab2 showed the highest percentage of germination.

Keywords: Bread Wheat, Germination Rate, Polyethylene Glycol, Osmotic Potential, Drought Stress

1, 2, 3 and 4. Graduated Student, Professor, Assistant Professor and Associate Professor of Breeding Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj
