

ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان

فرید نورمند موید^۱، محمدعلی رستمی^۲ و محمدرضا قنادها^۳

۱، ۲ و ۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار فقید و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۸۰/۲/۹

خلاصه

برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام برتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک باید بهترین معیارهای مقاومت به خشکی را شناخت. به این منظور، ۲۰ لاین گندم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در شرایط تنش خشکی (به صورت دیم) و بدون تنش خشکی (چندبار آبیاری در مواقع بروز تنش خشکی) در شرایط مزرعه ارزیابی شدند. در این بررسی ۵ شاخص مقاومت به خشکی شامل: شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) بر اساس عملکرد دانه ارقام در محیط تنش و بدون تنش محاسبه گردیدند. شاخصی که انتخاب بر اساس آن باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بشود، به عنوان بهترین شاخص می‌باشد. بر این اساس شاخص‌های STI و GMP به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شده و مناسب‌ترین لاین بر اساس این شاخص‌ها لاین ۵۷۸۴ تعیین گردید. نتایج آزمون جوانه‌زنی با استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلیکول با پتانسیل اسمزی ۰/۶- مگاپاسکال نشان داد که بین لاین‌ها از نظر شاخص تنش جوانه‌زنی (GIS) تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. همچنین شاخص GSI همبستگی مثبت و معنی‌دار با شاخص‌های GMP و STI نشان داد. بنابراین در بررسی یک سری لاین از نظر مقاومت به خشکی می‌توان قبل از آزمایش مزرعه‌ای لاین‌ها را در آزمایشگاه از نظر مقادیر بالای GSI انتخاب کرد و در نتیجه حجم عملیات مزرعه‌ای را کاهش داد. اندازه‌گیری برخی صفات گیاهیچه نیز نشان داد که شاخص GSI با طول کلوتیل و وزن ریشه‌های اولیه همبستگی مثبت دارد. بنابراین برای افزایش مقاومت به خشکی بایستی لاین‌هایی با طول کلوتیل و وزن ریشه‌های اولیه بالا را انتخاب کرد.

واژه‌های کلیدی: مقاومت، خشکی، گندم، نان.

مقدمه

خشکی از عمده‌ترین خطرات برای تولید موفق محصولات زراعی در جهان است، ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد. حدود ۴۵ درصد اراضی زیر کشت گندم دیم در ایران دارای نزولات آسمانی کمتر از ۳۵۰ میلی‌متر می‌باشد. بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل باعث توجه بیشتری به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی و انتخاب ارقام

مقاوم به خشکی شده است (۴). در طبیعت یک تنش به ندرت در غیاب تنش‌های دیگر به وجود می‌آید. به همین جهت تجزیه و تحلیل اثرات تنش‌هایی مانند تنش حرارتی و آبی و یا تنش شوری و خشکی به تفکیک مشکل است (۶).

در مورد خشکی تعاریف مختلفی ارائه شده است. کرامر (۱۹) خشکی را به عنوان نبود یا کمبود رطوبت در مراحل حساس رشد گیاه تعریف نموده است. ویتز (۲۲) خشکی را دوره‌ای که کمبود آب چه به صورت حاد و چه به صورت مزمن رشد گیاه را

تحت تاثیر قرار می‌دهد و مانع رشد طبیعی آن می‌شود، تعریف می‌نماید. گیس (۱۶) خشکی را به مفهوم عدد توازن بین عرضه و تقاضای آب برای گیاه تلقی می‌کند. رایج‌ترین تعریف خشکی در کشاورزی توسط ادمیس و همکاران (۱۳) مطرح شده است، آنها معتقدند که تنش خشکی هنگامی افزایش می‌یابد که تقاضای تبخیری اتمسفر بالای برگ‌ها (تبخیر و ترقق پتانسیل) از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها برای استخراج آب از خاک (تبخیر و ترقق حقیقی) تجاوز نموده و فراتر رود.

خسارت ناشی از تنش خشکی به شدت تنش، مرحله نمو گیاه و مدت دوام تنش بستگی دارد. به طور کلی، کمترین تنش آبی و حرارتی در طی مرحله پنجه‌زنی و بیشترین اثر آن در طی مدت بین طولی شدن ساقه و مرحله ظهور پرچم است (۱۸).

نوع خشکی در مناطق مختلف در طول فصل زراعی متفاوت است و ممکن است، خشکی فقط در اوایل فصل یا در اواخر فصل باشد و یا در طول فصل زراعی پیوسته بوده و شدت آن دائماً زیاد شود. با توجه به نوع خشکی صفات متفاوتی ممکن است روی مقاومت به خشکی اثر بگذارد (۲).

به عقیده لویت (۱۱) اکثر صفات مرتبط با مقاومت به خشکی در گیاهان زراعی جزو مکانیسم اجتناب از خشکی هستند که عمدتاً صفات زرومورفیک^۱ یا صفاتی می‌باشند که گیاهان در نتیجه تنش رطوبت از خود بروز می‌دهند. ضمناً وی معتقد است که مقاومت به خشکی بدون ایجاد صفات زرومورفیک فقط در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که مقاومت مربوطه، ناشی از تحمل باشد. ضمناً ساختار زرومورفیک جزو صفات کمی بوده و در گیاهان مختلف با درجات متفاوتی دیده می‌شوند و وراثت‌پذیری این صفات در محیط‌های تحت تنش رطوبت زیاد است.

در اغلب آزمایشات گزینش مزرعه‌ای گیاهان زراعی فقط عملکرد دانه مد نظر بوده و توجهی به سایر صفات و شاخص‌هایی که می‌توانند در مقاومت به خشکی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه موثر واقع شوند نشده است. فیزیولوژیست‌های گیاهی معتقدند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار و برتر در مناطق خشک و نیمه خشک باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری عملکرد ارقام در شرایط

تنش خشکی موثرند شناخت و آنها را علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد (۲).

اهدایی (۲) مدل عملکرد دانه تحت شرایط خشک محیطی را به صورت $GY=T \cdot TE \cdot HI$ ارائه نموده است. در این فرمول GY عملکرد دانه در محیط‌های کم آب، TE بازدهی ترقق، HI شاخص برداشت و T مقدار آبی است که به مصرف ترقق می‌رسد. افزایش هر کدام از این اجزاء باید سبب افزایش عملکرد دانه در محیط خشکی شود، به شرطی که همبستگی منفی بین این اجزاء وجود نداشته باشد.

سنجری (۸) در ارزیابی منابع متحمل به تنش خشکی و پایداری عملکرد ارقام گندم نتیجه‌گرفت شاخص تحمل خشکی (STI)^۲ جهت انتخاب ژنوتیپ‌های گندم با عملکرد بالا و متحمل به خشکی مناسب است.

سمیع زاده (۷) در تعیین مناسب‌ترین شاخص حساسیت به خشکی در ارقام نخود سفید، بر اساس همبستگی‌های بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی نتیجه گرفت که شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)^۳ و شاخص تحمل خشکی (STI) شاخص‌های مناسبی برای برآورد پایداری عملکرد و دستیابی به ارقام با عملکرد بالا می‌باشد.

پرویزی آلمانی (۳) در بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی برای صفات مهم چغندر قند نتیجه گرفت که با در نظر گرفتن کلیه صفات می‌توان شاخص تحمل خشکی (STI) را برای شرایط مختلف تنش خشکی جهت شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های چغندر قند در نظر گرفت.

فرناندز (۱۴) و مظفری (۱۰) نیز شاخص STI و GMP را به عنوان شاخص‌های مقاومت به خشکی معرفی کرده‌اند.

یکی از مراحل حساس زندگی هر گیاه مرحله جوانه‌زنی و استقرار می‌باشد. اگر بذور رقمی بتواند در شرایط کمبود رطوبت فعالیت آنزیمی خود را شروع کرده و جوانه زده و در زمین استقرار یابد می‌تواند تراکم بوته مطلوبی را ایجاد نموده و در نهایت عملکرد خوبی تولید کند (۱).

مواد و روشها

در این تحقیق تعداد ۲۰ لاین گندم نان، انتخابی از کلکسیون غلات دانشکده کشاورزی کرج دانشگاه تهران در یک آزمایش در شرایط مزرعه و دو آزمایش در شرایط آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفتند.

آزمایش مزرعه‌ای

در این آزمایش، ۲۰ لاین گندم در شرایط تنش و بدون تنش هر کدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در اقلیم کرج در سال زراعی ۷۵-۱۳۷۴ کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف به طول ۳ متر و فواصل خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود، که بر اساس وزن هزار دانه با تراکم ۳۵۰ دانه در متر مربع در پاییز کشت شدند.

پس از کاشت، یک بار هر دو آزمایش جهت جوانه‌زنی بذور بطور یکسان آبیاری شدند، در آزمایش تحت شرایط تنش رطوبتی تا موقع برداشت هیچگونه آبیاری صورت نگرفت و با توجه به اینکه تنش خشکی در فصل بهار بعد از مرحله خوشه‌دهی شروع شد، لذا آزمایش تحت شرایط بدون تنش رطوبتی بعد از مرحله خوشه‌دهی چهار بار با فاصله ۱۰ روز آبیاری شد. در خاتمه پس از حذف حواشی هر کرت در سطح برداشت یک متر مربع عملکرد دانه ۲۰ لاین در دو شرایط تنش و بدون تنش اندازه‌گیری شد. بر اساس آمار هواشناسی میزان بارندگی در طول فصل زراعی ۳۴۳ میلی‌متر، تعداد روزهای زیر صفر ۷۱ روز، حداقل درجه حرارت در بهمن ماه 2°C و حداکثر درجه حرارت در مرداد ماه 34°C بود.

در بررسی میزان مقاومت به خشکی ارقام از پنج شاخص مقاومت به خشکی که بر اساس عملکرد ارقام در محیط تنش و بدون تنش تنظیم گردیده‌اند، استفاده شد.

چنانچه Y_N و Y_S به ترتیب عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش و $Y_{\bar{N}}$ و $Y_{\bar{S}}$ به ترتیب نشانگر میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در این دو محیط باشد، می‌توان شاخص‌های مختلف را به شرح زیر تعریف کرد:

- شاخص حساسیت به تنش (SSI) فیشور و مورر (۱۵):

$$SSI = \frac{1 - (Y_S / Y_N)}{SI}, \quad SI = 1 - \left(\frac{Y_{\bar{S}}}{Y_{\bar{N}}} \right)$$

اصغری (۱) در طبقه‌بندی ارقام گندم دیم از نظر مقاومت به خشکی با ایجاد سطوح مختلف خشکی توسط قند مانیتول در مرحله جوانه‌زنی نتیجه گرفت که تنش خشکی باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود ولی نسبت (ساقه‌چه/ ریشه‌چه) با افزایش خشکی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. پس نسبت (ساقه‌چه/ ریشه‌چه) برای تفکیک ارقام از نظر تحمل به خشکی صفت مناسبی است.

قلمبران (۹) در بررسی قدرت جوانه‌زنی بذور گندم تحت تاثیر تنش آبی ناشی از تغییرات پتانسیل اسمزی توسط محلول سوربیتول نتیجه گرفت که گندم‌هایی که قبل از دوره جوانه‌زنی در معرض تنش ملایم قرار گیرند، سرعت و قدرت جوانه‌زنی بهتری خواهند داشت. به طور کلی انجام اعمالی نظیر آبدهی و آبکشیدگی متناوب بذور موجب افزایش مقاومت گیاهچه نسبت به تنش‌های شدید می‌شود.

روستایی (۵) در بررسی تاثیر طول کلنوپتیل و عمق گره یقه در تحمل به سرما و خشکی ارقام گندم دیم نتیجه گرفت که کلنوپتیل طویل، تشکیل گره یقه در عمق خاک و قابلیت تشکیل تعداد پنجه بیشتر در بوته، صفات بسیار مفیدی برای افزایش و پایداری عملکرد در مناطق سرد و خشک می‌باشند.

ویلیام و همکاران (۲۳) بین جوانه‌زنی بذور ذرت در محلول مانیتول با فشار اسمزی ۱/۵- مگاپاسکال و عملکرد در مزرعه همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش کردند. هورد (۱۷) نشان داد که در تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم جوانه‌زنی در محلول مانیتول با فشار اسمزی ۲- مگاپاسکال با عملکرد در مزرعه همبستگی مثبت دارد. بلام و همکاران (۱۱) نیز دریافتند که افزودن محلول پلی اتیلن گلیکول به محیط کشت هایدروپونیک روش خوبی برای گزینش گیاهچه‌های گندم از نظر مقاومت به خشکی می‌باشد. ساپرا و همکاران (۲۱) با استفاده از شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI)^۱ ارقام گندم و تریتیکاله را از مقاوم به خشکی تا حساس طبقه‌بندی کردند.

هدف از این تحقیق تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی جهت ارزیابی میزان حساسیت و مقاومت به خشکی ارقام مختلف گندم می‌باشد.

بذر جوانه زده تلقی شد که ریشه‌چه، غشاء کلئوریز^۵ را سوراخ کرده و تقریباً ۳ میلی‌متر طول داشت (۲۱). بر این اساس تعداد بذر جوانه زده در طی ۱۰ روز یادداشت شد و مقدار شاخص سرعت جوانه‌زنی (PI)^۶ به طور جداگانه برای هر دو آزمایش طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$PI = nd_2 + nd_4(0.80) + nd_6(0.60) + nd_8(0.40) + nd_{10}(0.20)$$

در این فرمول nd_2 ، nd_4 ، nd_6 ، nd_8 و nd_{10} به ترتیب درصد بذر جوانه زده در روزهای دوم، چهارم، ششم، هشتم و دهم می‌باشد. در خاتمه مقدار شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) برای هر لاین طبق فرمول زیر محاسبه شد (۱۲).

$$GSI = \frac{(PI) \text{ در شرایط تنش}}{(PI) \text{ در شرایط عادی}} \times 100$$

لاین‌هایی که مقدار GSI بالایی دارند، مقاومت به خشکی بالایی نیز خواهند داشت.

آزمایش اندازه‌گیری صفات گیاهچه به روش کشت بذر در کاغذ صافی مرطوب^۷:

در این آزمایش از طرح کامل تصادفی با ۳ تکرار برای بررسی ۲۰ لاین گندم استفاده شد. برای اجرای آزمایش ابتدا تعداد ۶۰ کاغذ صافی به ابعاد ۲۶×۲۰ سانتی‌متر برش داده شدند سپس ۱۰ عدد بذر ضد عفونی شده با هیپوکلرید سدیم ۵٪ از هر لاین در امتداد یک خط روی یک کاغذ صافی خیس شده قرار داده شدند، به طوریکه جنین آنها به طرف پایین قرار گیرد تا رشد ریشه‌ها در همه بذور به طرف پایین میسر گردد. بعد از استقرار بذور، کاغذ صافی به آرامی از یک طرف لوله شد و تیمارهای مربوط به هر تکرار در کنار هم و هر سه تکرار در داخل یک تشک محتوی مقداری آب قرار داده شد و تشک محتوی نمونه‌ها در داخل انکوباتور با دمای ۱۵ °C قرار گرفت. بعد از ۱۸-۱۶ روز که اولین برگ از انتهای کاغذ صافی‌ها ظاهر شد، صفات زیر برای هر لاین در هر تکرار اندازه‌گیری شد:

۱. طول کلئوپتیل
۲. تعداد ریشه‌های بذری
۳. طول ریشه‌چه
۴. وزن ریشه

SI شدت تنش^۱ می‌باشد.

- شاخص تحمل (TOL)^۲ و شاخص بهره‌وری متوسط (MP)^۳ رزیل و هامبلین (۲۰):

$$TOL = Y_N - Y_S, \quad MP = \frac{Y_S + Y_N}{2}$$

- شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) فرناندز (۱۴):

$$STI = \left(\frac{Y_N}{Y_S}\right)\left(\frac{Y_S}{Y_N}\right), \quad GMP = \sqrt{(Y_S)(Y_N)}$$

آزمون جوانه‌زنی

در این آزمایش برای هر یک از شرایط تنش و بدون تنش به طور جداگانه از طرح کامل تصادفی با ۳ تکرار برای مقایسه ۲۰ لاین گندم استفاده شد. در هر یک از آزمایشات جهت ضد عفونی بذور ابتدا ۵۰ بذر از هر لاین در شرایط تاریک و دمای ۲۰ °C در محلول هیپوکلرید سدیم ۵٪ که به نسبت ۱ به ۹ با آب مقطر رقیق شده بود قرار داده شد و بعد از ۵ دقیقه از محلول خارج و سه بار با آب مقطر شستشو شد. سپس بذور ضد عفونی شده هر لاین بین دو لایه کاغذ صافی در داخل پتری دیش‌ها قرار داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر محلول برای هر پتری دیش در نظر گرفته شد. به طوریکه ۶ میلی‌لیتر آن در ابتدای آزمایش و ۴ میلی‌لیتر ۶ روز بعد به پتری دیش اضافه گردید (۱۱).

در آزمایش تحت شرایط بدون تنش از آب مقطر با پتانسیل اسمزی ۰/۰۲- مگاپاسکال و در آزمایش تحت شرایط تنش از محلول پلی‌اتیلن گلیکول (PEG)^۴ با پتانسیل اسمزی ۰/۰۶- مگاپاسکال استفاده شد. این محلول با حل کردن ۲۱۶ گرم ماده PEG در یک لیتر آب دو بار تقطیر شده توسط دستگاه بهم زن مغناطیسی، بدست آمد (۲۱).

پتری‌دیش‌ها برای هر دو آزمایش به طور جداگانه در داخل انکوباتور در درجه حرارت ۱۵ °C / ۲۰ °C (شب/روز) و رطوبت ۷۵٪ قرار داده شدند (۱۱). یک بذر از نظر فیزیولوژی زمانی به عنوان

1. Stress Intensity
2. Stress Tolerance
3. Mean Productivity
4. Polyethylene Glycol

5. Coleorhiza

6. Promptness Index

7. Rolled Blotter Test

نتایج و بحث

مقادیر شاخص‌های مقاومت به خشکی طبق فرمول‌های ارائه شده، برای ۲۰ لاین گندم در جدول (۱) تنظیم گردیده‌اند. مقدار شدت تنش طبق فرمول فیشر ۰/۲۵ برآورد شد.

در تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی، طبق نظر فرناندز (۱۴) شاخصی که دارای همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بوده و از طرفی بر اساس نوع همبستگی باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بشود به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شود. بر این اساس طبق جدول (۲) شاخص‌های GMP و STI که همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش دارند و باعث افزایش عملکرد در هر دو محیط می‌شوند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند.

برای تعیین لاین‌های مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط از نمودار سه بعدی (شکل‌های ۱ و ۲) استفاده گردید. در بررسی این شکل‌ها ملاحظه می‌شود که لاین‌های شماره ۱۳، ۱۵، ۶ و ۲۰ در هر دو نمودار در گروه A که نشان دهنده عملکرد بالا در دو محیط تنش و بدون تنش می‌باشد، قرار گرفته‌اند و این لاین‌ها دارای STI و GMP متوسط تا بالایی می‌باشند که این مساله خود سودمندی این دو شاخص را در جدا نمودن متغیرهای گروه A از گروه‌های دیگر (B، C و D) را نشان می‌دهد.

برای اینکه روابط بین ژنوتیپ‌ها و تمام شاخص‌های مقاومت به خشکی را در یک شکل واحد نشان دهیم، ابتدا در جدول ۱ که شامل لاین‌ها و شاخص‌های مقاومت به خشکی است تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام دادیم. نتایج این تجزیه (جدول ۳) نشان داد که بیشترین تغییرات مورد نظر بین داده‌ها توسط دو مولفه اول بیان می‌شود (۹۹/۹۳٪). مولفه اول ضرایب مثبت بالا برای عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_N) و منفی بالا برای شاخص‌های SSI و TOL دارد. با توجه به اینکه مقادیر پایین شاخص‌های SSI و TOL مطلوب هستند. بنابراین اگر میزان مولفه اول افزایش یابد ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و SSI و TOL پایین هستند. مولفه دوم برای عملکرد در شرایط تنش و شاخص‌های STI و GMP

ضرایب منفی و برای شاخص TOL ضریب مثبت دارد. با توجه به اینکه مقادیر بالای شاخص‌های GMP و STI و مقادیر پایین شاخص TOL مطلوب هستند، بنابراین اگر از میزان مولفه دوم کاسته شود، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای GMP و STI بالا و TOL پایین و عملکرد در شرایط تنن بالایی خواهند بود.

از آنجایی که مولفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مولفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس، از این جهت دو مولفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مولفه در سطح نمودار فوق توسط نقاطی مشخص نمود. از طرف دیگر می‌توان وزنی که هر شاخص در مولفه اول و دوم دارد را به ضرایب همبستگی تبدیل نمود و نهایتاً برای هر شاخص بر روی نمودار دیگری که محور افقی آن را مولفه اول و محور عمودی آن را مولفه دوم تشکیل می‌دهد، خطوطی را ترسیم نمود، به طوریکه بین خطوط زاویه کمتر از ۹۰ درجه نشان دهنده همبستگی مثبت و بیشتر از ۹۰ درجه نشان دهنده همبستگی منفی است. حال چنانچه دونمودار حاصل از نظر مقیاس هم ارز شوند و بر یکدیگر منطبق گردند، اطلاعات حاصل از هر یک را بر اساس PC1 و PC2 می‌توان یکجا به صورت بای‌پلات^۱ نمایش داد (شکل ۳)، به طوریکه لاین‌ها در درون ۴ ناحیه مشخص قرار گرفته که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش آنهاست. با توجه به اینکه مقادیر بالای مولفه اول و مقادیر پایین مولفه دوم مطلوب هستند، بنابراین ناحیه با عملکرد بالا و مقاومت به خشکی، قسمت پایین و راست نمودار است که شامل لاین‌های شماره ۱۷، ۱۵، ۱۱ و ۷ است و نقطه مقابل این ناحیه شامل لاین‌هایی با عملکرد پایین و حساسیت بالا به خشکی است. با توجه به اینکه لاین شماره ۱۵ (۵۷۸۴) جزو لاین‌های انتخابی از طریق بهترین شاخص‌ها یعنی STI و GMP بوده و از طرفی در ناحیه مطلوب بای‌پلات نیز قرار گرفته، به عنوان بهترین لاین با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی شناخته می‌شود.

با توجه به زوایای خطوطی که شاخص‌ها را نمایش می‌دهند، ملاحظه می‌شود که شاخص‌های SSI و TOL همبستگی منفی و بالا با عملکرد در شرایط تنش (Y_S) و

جدول ۱- تخمین میزان حساسیت ۲۰ لاین گندم توسط شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی

ردیف	شماره لاین	Y_N	مقایسه میانگین	Y_S	مقایسه میانگین	MP	GMP	STI	SSI	TOL
۱	۴۸۷	۸۴۷/۵	C	۶۷۰/۰	ABCD	۷۵۸/۷۵	۷۲۵/۵۴	۰/۶۷۹۵	۰/۸۲۲۴	۱۷۷/۵
۲	۵۰۰	۸۵۰/۰	C	۶۸۰/۰	ABCD	۷۶۵/۰۰	۷۶۰/۲۶	۰/۶۹۱۶	۰/۷۹۴۹	۱۷۰/۰
۳	۸۴۷	۹۴۷/۰	BC	۶۷۵/۰	ABCD	۸۱۱/۲۵	۷۹۹/۷۲	۰/۷۶۵۲	۱/۱۴۳۰	۲۷۲/۵
۴	۱۰۴۳	۹۰۰/۰	C	۶۴۰/۰	BCD	۹۲۰/۰۰	۷۵۸/۹۴	۰/۶۸۹۲	۱/۱۴۸۲	۲۶۰/۰
۵	۴۱۷۹	۸۶۲/۵	C	۶۶۲/۰	BCD	۷۶۲/۲۵	۷۵۵/۶۲	۰/۶۸۲۲	۰/۹۲۳۹	۲۰۰/۵
۶	۴۳۲۲	۱۰۹۰	AB	۷۴۰/۰	ABC	۹۱۵/۰۰	۸۹۸/۱۱	۰/۹۶۵۲	۱/۲۷۶۲	۳۵۰/۰
۷	۴۶۹۹	۹۱۲/۵	C	۷۰۲/۰	ABCD	۸۰۷/۲۵	۸۰۰/۳۶	۰/۷۶۶۵	۰/۹۱۶۸	۲۱۰/۵
۸	۴۷۲۹	۹۵۰/۰	BC	۶۳۲/۰	CD	۷۹۱/۰۰	۷۷۴/۸۵	۰/۷۱۸۵	۱/۳۳۰۴	۳۱۸/۰
۹	۴۸۲۰	۸۳۲/۵	C	۷۷۷/۵	AB	۸۰۵/۰۰	۸۰۴/۵۲	۰/۷۷۴۵	۰/۷۶۲۵	۵۵/۰
۱۰	۵۳۵۰	۹۵۰/۰	BC	۶۹۵/۰	ABCD	۸۲۲/۵۰	۸۱۲/۵۶	۰/۷۹۰۱	۱/۰۶۶۸	۲۵۵/۰
۱۱	۵۴۵۴	۹۱۰/۰	C	۷۱۰/۰	ABCD	۸۱۰/۰۰	۸۰۳/۸۰	۰/۷۷۳۱	۰/۸۷۳۵	۲۰۰/۰
۱۲	۵۴۵۸	۹۰۷/۵	C	۷۳۰/۰	CD	۷۶۸/۷۵	۷۵۶/۱۲	۰/۶۸۴۱	۱/۳۱۵۳	۲۷۷/۵
۱۳	۵۴۵۹	۹۳۵/۰	BC	۶۷۸/۸	ABCD	۸۰۶/۹۰	۷۹۶/۶۶	۰/۷۵۹۵	۱/۰۸۹۰	۲۵۶/۳
۱۴	۵۶۰۳	۸۱۵/۰	C	۵۸۷/۵	D	۷۰۱/۰۰	۶۹۱/۹۶	۰/۵۷۲۹	۱/۱۰۹۴	۲۲۷/۵
۱۵	۵۷۸۴	۹۵۵/۰	BC	۶۳۰/۰	ABC	۸۵۷/۵۰	۸۵۱/۹۴	۰/۸۶۸۵	۰/۸۱۱۵	۱۹۵/۰
۱۶	۶۱۷۷	۸۴۵/۰	C	۵۷۰/۰	D	۷۰۷/۵۰	۶۹۴/۰۱	۰/۵۷۶۲	۱/۲۹۳۴	۲۷۵/۰
۱۷	۶۴۳۷	۸۷۲/۵	C	۷۷۷/۵	AB	۸۲۵/۰۰	۸۲۳/۶۳	۰/۸۱۱۸	۰/۴۳۲۷	۹۵/۰
۱۸	۸۳۱۳	۸۱۵/۰	C	۶۲۵/۵	BCD	۷۲۰/۲۵	۷۱۳/۹۹	۰/۶۱۰۰	۰/۹۲۴۱	۱۸۹/۵
۱۹	۶۱	۹۶۰/۰	BC	۶۵۷/۵	BCD	۸۰۸/۷۵	۷۹۴/۴۸	۰/۷۵۵۳	۱/۲۵۲۴	۳۰۲/۵
۲۰	۴۹۷	۱۱۲۵	A	۸۱۱/۰	A	۹۶۸/۰۰	۹۵۵/۱۸	۱/۰۹۱۸	۱/۱۰۹۳	۳۱۴/۰

YS: عملکرد در شرایط تنش

YN: عملکرد در شرایط بدون تنش

GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

MP: شاخص بهره‌وری متوسط

SSI: شاخص حساسیت به تنش

STI: شاخص تحمل به تنش

TOL: شاخص تحمل

جدول ۲- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش

شاخصها	STI	GMP	MP	TOL	SSI
عملکرد دانه Y_S	۰/۸۶۰۵**	۰/۸۷۱۰**	۰/۶۹۵۰**	-۰/۳۹۹۴ ^{ns}	-۰/۵۵۹۱**
عملکرد دانه Y_N	۰/۸۷۷۱**	۰/۸۶۹۴**	۰/۸۱۶۳**	۰/۶۶۳۶**	۰/۴۱۲۹*

در مورد آزمون جوانه‌زنی، نتایج تجزیه واریانس برای شاخص سرعت جوانه‌زنی (PI) نشان می‌دهد که بین لاین‌ها از نظر شاخص PI در شرایط بدون تنش اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. ولی در شرایط تنش ایجاد شده با پلی اتیلن گلیکول بین لاین‌ها اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ مشاهده می‌شود.

همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط بدون تنش دارند. هم‌منطور شاخص‌های STI و GMP و MP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت دارند و دو شاخص STI و GMP به عنوان بهترین شاخص‌ها همبستگی مثبت خیلی بالایی با هم دارند.

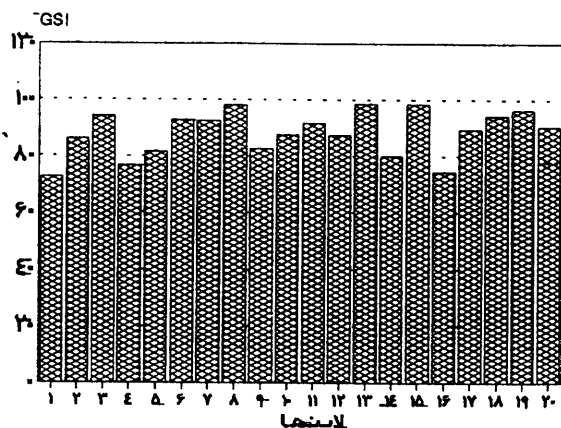
جدول ۳- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخصهای مقاومت به خشکی

Y_N	Y_S	MP	GMP	STI	SSI	TOL	سهم تجمعی %	مقادیر ویژه	مؤلفه
۰/۴۲۷۱۹۸	۰/۷۶۰۶۳۴	-۰/۳۲۰۵۵۶	۰/۱۱۲۶۶۴	-۰/۲۰۷۴۵۶	-۰/۴۹۸۰۰۹	-۰/۵۸۵۵۲۹	۶۵/۴	۴/۵۷۸۰۱	۱
۰/۳۸۲۴۳۲	-۰/۳۶۹۵۹۶	-۰/۰۷۶۱۱۲۴	-۰/۳۳۰۹۶	-۰/۳۷۳۹۴۱	-۰/۳۹۰۳۵۷	۰/۵۵۶۴۲۳	۹۹/۹۳	۲/۴۱۷۴۶	۲
۰/۴۶۷۱۲۹	-۰/۰۱۸۷۲۴۱	-۰/۳۴۴۶۶۷	-۰/۰۳۹۹۵۶	-۰/۳۲۲۲۹۴	۰/۷۷۴۴۴	-۰/۰۹۶۳۳۱۵	۹۹/۹۷	۰/۰۰۲۷۰۴۴۹	۳
۰/۴۶۵۰۳۳	-۰/۰۶۳۴۸۹۹	-۰/۰۷۴۲۲۵۷	-۰/۳۰۷۱۲۹	۰/۸۲۴۵۲۳	۰/۰۰۳۰۸۰۲۱	-۰/۰۰۳۰۵۸۵۵	۹۹/۹۹	۰/۰۰۱۷۴۸۴۶	۴

جدول ۴- همبستگی بین صفات گیاهچه و شاخص تنش جوانه زنی

طول کلوتوبیل	طول ریشه چه	طول ریشه بذر	تعداد ریشه های بذر	وزن ریشه	GSI	صفات
۱	۰/۴۰۳*	۱	۰/۶۲۵*	۰/۶۲۹**	۱	GSI
					۰/۴۵۱*	وزن ریشه
					۰/۳۰۲	تعداد ریشه های بذر
					۰/۰۴	طول ریشه چه
					۰/۴۶۶*	طول کلوتوبیل

GSI : شاخص تنش جوانه زنی

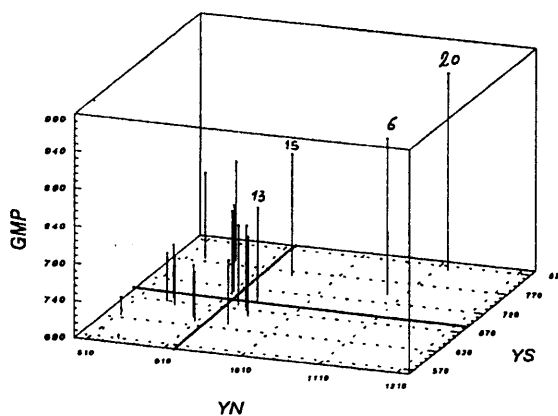


شکل ۴- مقادیر مختلف شاخص استرس جوانه‌زنی (GSI) برای ۲۰ لاین گندم

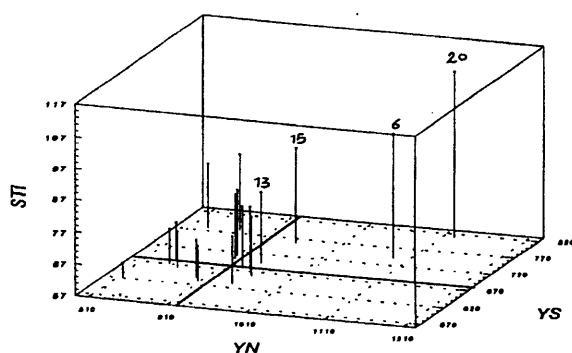
بعد از محاسبه شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) برای هر لاین طبق شکل ۴ ملاحظه می‌شود که لاین‌های شماره ۱۳ و ۱۵ بالاترین مقادیر GSI را دارند که این لاین‌ها جزو لاین‌هایی هستند که مقدار GMP و STI آنها نیز بالاست. لاین‌های شماره ۱، ۴، ۱۴ و ۱۶ پایین‌ترین مقادیر GSI را دارند که جزو لاین‌هایی هستند که طبق نمودار بای‌پلات حساس به خشکی هستند. بر اساس این نتایج شاخص GSI همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های STI ($r=0.46^*$) و GMP ($r=0.4812^*$) دارد.

بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که در بررسی یک سری لاین از نظر مقاومت به خشکی می‌توان قبل از آزمایش مزرعه‌ای ابتدا لاین‌ها را در آزمایشگاه از نظر مقادیر GSI بررسی کرده و لاین‌هایی که GSI متوسط و بالایی دارند را انتخاب نمود و بقیه لاین‌های با مقدار GSI پایین را حذف کرد. در نتیجه از حجم عملیات مزرعه‌ای کاسته می‌شود.

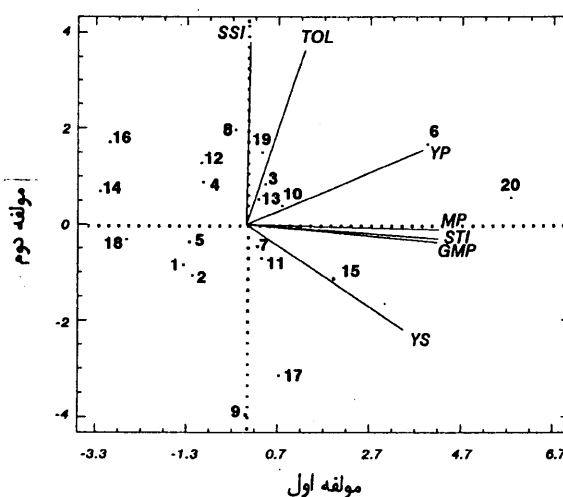
نتایج تجزیه واریانس، برای صفات طول کلئوپتیل، طول ریشه‌چه، تعداد ریشه‌های بذری و وزن ریشه نشان می‌دهد که از نظر کلیه صفات بین لاین‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در مورد رابطه این صفات با مقاومت به خشکی (جدول ۴) شاخص GSI با طول ریشه‌چه و تعداد ریشه‌های بذری همبستگی معنی‌دار نداشت ولی با طول کلئوپتیل و وزن ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. بنابراین برای افزایش مقاومت به



شکل ۱- نمودار سه بعدی جهت تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس شاخص GMP



شکل ۲- نمودار سه بعدی جهت تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس شاخص STI



شکل ۳- نمایش بای‌پلات ۲۰ لاین گندم در ۷ شاخص تحمل به خشکی بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی

خشکی بایستی لاین‌هایی با طول کلئوپتیل و وزن ریشه بالا را انتخاب کرد. لاین‌های با طول کلئوپتیل بالا را می‌توان در خاک عمیق‌تر کشت کرد که در این صورت با داشتن حجم ریشه بیشتر، از رطوبت ذخیره شده در عمق خاک بهتر استفاده می‌شود.

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. اصغری، ع. و م. تقوایی. ۱۳۷۷. طبقه‌بندی ارقام گندم دیم از نظر مقاومت به خشکی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحه ۲۵۴-۲۵۳. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.
۲. اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحه ۶۲-۴۳. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.
۳. پرویزی آلمانی، م. ۱۳۷۷. بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی برای صفات مهم چغندر قند، چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحه ۲۸۵. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.
۴. خدابنده، ن. ۱۳۶۹. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه تهران.
۵. روستایی، م. ۱۳۷۶. مقاومت ارقام گندم پاییزه به سرما و ارتباط آن با صفات مرفوفیزیولوژیک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
۶. سرمندیا، غ. ج. و ع. ر. کوچکی. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی، چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۷. سمیع زاده لاهیجی، ح. ۱۳۷۵. بررسی تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات کمی و همبستگی آنها با عملکرد نخود سفید. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی کرج.
۸. سنجرى، الف. ق. ۱۳۷۷. ارزیابی منابع متحمل به تنش خشکی و پایداری عملکرد ارقام و لاین‌های گندم در منطقه نیمه خشک کشور. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحه ۲۴۴-۲۴۳. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.
۹. قلمبران، م. ر. و ع. دین دار. ۱۳۷۷. بررسی قدرت جوانه‌زنی بذور گندم تحت تاثیر استرس آبی ناشی از تغییرات پتانسیل اسمزی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحه ۲۵۸-۲۵۷. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.
۱۰. مظفری، ک. ۱۳۷۴. تجزیه عاملی در آفتابگردان، تحت شرایط تنش آبی و شرایط عادی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
11. Blum, A., B. Sinmena, and O. Ziv. 1980. An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening test in wheat. *Euphytica*. 29: 727-736.
12. Bouslama, M., and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybeans. 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci*. 24: 933-937.
13. Edmeades, G. O., J. Bolanos, H. R. Lafitte, S. Rajaram, W. Pfeiffer, and R. A. Fischer. 1989. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. P: 27-52. In: Baker. F. W. G. (ed.). *Drought Resistance in Cereals*. C. A. B. International.
14. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceeding of the sympo., Taiwan, 13-16 Aug. 1992. By C. G. Kuo. AVRDC.
15. Fischer, R. A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res*. 29: 897-912.
16. Gibbs, W. J. 1975. Drought: its definition, delineation and effects. *Special Environmental Report*. 5: 1-39. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
17. Hurd, E. A. 1975. Phenotype and drought tolerance in wheat. P: 39-57. In: Stone, J. F. (ed.), *Plant Modification for more efficient water use*. Elsevier Press. New York.
18. Johanson. R. C., and E. T. Kanemasu. 1982. The influence of water availability on winter wheat yields. *Can. J. Plant. Sci*. 62: 831.
19. Kramer, P. J. 1983. *Water relation of Plant*. Academic Press. P: 342-415.

20. Rosielle. A. T. and J. Hambelen. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 21. P: 493.
21. Sapra. V. T., E. Savage, A. O. Anaele, and C. A. Beyl. 1991. Varietal differences of wheat and triticale to water stress. *J. Agron. Crop. Sci.* 167: 23-28.
22. Viets. F. G. 1971. Effective drought control for successful dryland agriculture. P: 57 –76. In: Larson, K. L., and J. D. Eastin (eds.). *Drought Injury and Resistance in Crops*. CSSA. Special Publication. No.2. *Crop. Sci. Soc. Amer. Madison. Wisconsin.*
23. Williams, T. V., R. S. Snell, and J. F. Ellis. 1967. Methods of measuring drought tolerance in corn. *Crop Sci.* 7: 176-182.

Evaluation of Drought Resistance Indices in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.).

F. NOURMAND MOAYYED¹, M.A. ROSTAMI² AND M.R. GHANNADHA³

1,2&3- Former Graduate Student, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture University of Tehran, Karaj, Iran.

Accepted. May.30, 2001

SUMMARY

In order to determine the best indices for drought resistance, 20 wheat lines were compared in a randomized complete block design with four replications under drought and normal conditions. In the study, five indices including: Stress Tolerance Index (STI), Stress Tolerance (TOL), Stress Susceptibility Index (SSI), Mean Productivity (MP), and Geometric Mean Productivity (GMP) were used. The indices were adjusted based on grain yield under drought and normal conditions. The best index was the one that caused yield increase under both normal and stress conditions. STI and GMP were found to be the best indices for drought resistance selection. Regarding these criteria, the line 5784 was the most resistant line. Germination test by -0.6 Mpa osmotic potential polyethylene glycol showed that, there was a significant difference in germination stress index (GSI) among wheat lines. Also, GSI was positively correlated with GMP and STI. Thus, this trait might be used as a good criterion prior to conducting a field screening for drought tolerance at a large scale, thus saving field experimental costs. The rolled blotter test revealed that GSI was positively correlated with coleoptile length and root weight. Therefore, the longer the coleoptile with greater the root weight, the higher drought resistance would be.

Key words: Bread, Drought, Resistance, Wheat.