Archive of SID

" نهال و بذر"
جلد ۲۰ ، شماره ۱، سال ۱۳۸۳

بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین بااستفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

Study of Terminal Drought Tolerance in Promising Winter and Facultative Wheat Genotypes Using Stress Susceptibility and Tolerance Indices

محمدکاظم شفازاده، امیر یزدان سپاس، اشکبوس امینی و محمدرضا قنادها

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ دریافت: ۸۲/٦/۵

چکیده

شفازاده، م. ک.، یزدان سپاس، ا.، امینی، ا.، و قنادها، م. ر. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش. **نهال و بذر** ۲۰: ۷۱-۵۷.

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) زمستانه(Winter) و بینابین (Facultative) نسبت به تنش خشکی، این آزمایش در سال‌های زراعی ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹ در مزرعه به‌نژادی بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج اجرا گردید. بیست ژنوتیپ گندم امیدبخش زمستانه و بینابین در دو آزمایش جداگانه (شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله عملکرد دانه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. اثر متقابل ژنوتیپ × سال و ژنوتیپ × آبیاری در سطح ۵ درصد معنی‌دار اما اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ × آبیاری× سال غیر معنی‌دار شد. شاخص تحمل به خشکی (STI) ، شاخص حساسیت به خشکی(SSI) ، میانگین هندسی (GMP) ، میانگین حسابی(MP) و تحمل به خشکی (Tol) در ارقام مختلف بر پایه عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش محاسبه شد. در بین بیست ژنوتیپ، ژنوتیپ شماره ۸ (Pck/Vee) مطلوب‌ترین ژنوتیپ بود. عملکرد دانه این ژنوتیپ در شرایط بدون تنش ۹۳۲۰ و در شرایط تنش ۷۰۷۹ کیلوگرم در هکتار بود . میانگین حسابی آن به مقدار ۸۲۰۰ ، میانگین هندسی به مقدار ۸۱۲۳ کیلوگرم در هکتار، شاخص تحمل به خشکی ۰/۸۵ و شاخص حساسیت به خشکی این رقم ۰/۹۸ محاسبه شد. برای تعیین روابط بین عملکرد دانه و شاخص‌ها، از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده گردید و مشخص شد که شاخص‌های STI ، GMPوMP در هر دو شرایط دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه می‌باشند و می‌توانند جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و پر محصول برای هر دو شرایط محیطی به کار روند. در نهایت با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر مبنای شاخص ها و عملکرد دانه (در هر دو شرایط) ژنوتیپ‌ها در پنج گروه قرار گرفتند .

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش خشکی، شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش.

این مقاله بر اساس نتایج به دست آمده از اجرای طرح تحقیقاتی شماره ۷۹۱۸۳-۱۲-۱۰۰ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و طرح‌های ملی تحقیقات، شماره ۱۵۴۹ و ۱۵۵۱ که با حمایت شورای پژوهش‌های علمی کشور انجام شده است تهیه گردیده است و قسمتی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق نیمه‌خشک و دیم را کاهش داده است. طبق تعریف آمبرژه مناطقی را نیمه‌خشک می‌نامند که بارندگی سالیانه آن‌ها بین ۲۵۰ الی ۴۵۰ میلی‌متر باشد (کردوانی، ۱۳۶۷). تقریبا ۳۲ درصد از نواحی کاشت گندم (*T. aestivum*) در کشورهای در حال توسعه، یکی از انواع تنش خشکی را در مدت فصل رشد و نمو محصول تجربه می‌کنند (Rajaram and Van Ginkel, 1996). بلوم (Blum, 1988) معتقد است که تنش‌های محیطی در مزرعه عمدتاً به صورت کمبود عواملی نظیر آب، مواد غذایی و حرارت ظاهر می‌شود. تنش دارای درجاتی از بسیار ضعیف تا شدید بوده و شدت آن با مقدار انرژی که در تغییر فرآیندها در سیستم زیستی وارد عمل می‌شود ارتباط پیدا می‌کند (Blum, 1988). فیشر و ماورر (Fischer and Maurer, 1978) در تهیه ارقام متحمل به خشکی دو مرحله را مطرح نمودند. ابتدا در مرحله اول، ارقام بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش آبی به گونه‌ای شدید و سریع غربال شوند و در مرحله دوم، نمونه‌های باقی مانده براساس صفات مرفو-فیزیولوژیک مهم و مرتبط با عملکرد و مؤثر در تحمل به خشکی غربال می‌گردند. اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 1995) بیان داشتند که گندم‌های خشکی پسند قدیمی تولید محصول ثابت‌تری نسبت به ارقام پاکوتاه امروزی دارند اگرچه پتانسیل عملکرد آن‌ها کمتر می باشد. نتایج تحقیقات اسلافر و آرائوس (Slafer and Araus, 1998) نشان دادند زمانی که خشکی آخر دوره رشد تولید محصول را تهدید می‌کند، گزینش ارقام و لاین‌های با قدرت رشد زیاد، که بتوانند موقعی که رطوبت قابل استفاده بیشتری در خاک موجود است از مرحله رویشی وارد مرحله زایشی شوند، می‌تواند منجر به افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه شود. این ارقام یا لاین‌ها فرصت بیشتری برای استفاده از رطوبت ذخیره شده در خاک قبل از وقوع خشکی آخر دوره را دارند. بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش می‌توان آن‌ها را در چهارگروه دسته‌بندی کرد (Fernandez, 1992):

گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط تنش و بدون تنش دارند.

گروه B: ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند.

گروه C: ژنوتیپ‌هایی که عملکردخوبی در محیط تنش دارند.

گروه D: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایینی در هر دو محیط دارند.

شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

ارائه شده است، بهترین معیار گزینش آن است که قادر به تفکیک گروه A از سه گروه دیگر باشد. روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های تحمل (Tolerance = Tol) و میانگین حسابی (Mean Productivity = MP) را معرفی نمودند. مقدار بالای Tol نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم Tol و مقادیر بالای MP است. با استفاده از شاخص‌های MP و Tol امکان تفکیک ژنوتیپ‌های گروه B و C از یکدیگر بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) وجود دارد. فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index = SSI) را پیشنهاد نمودند. مقدار کمتر SSI نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. با استفاده از شاخص SSI ژنوتیپ‌های گروه B و C از سایر گروه‌ها بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) قابل تمایزند. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index = STI) را معرفی نمود . ژنوتیپ‌های پایدارتر بر اساس این شاخص دارای مقادیر بالاتر STI هستند، بنابراین انتظار می‌رود که با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها قابل تفکیک باشند. نارایان و میسرا (Narayan and Misra, 1989) درآزمایشی که به منظور بررسی مقاومت به خشکی واریته‌های گندم در محیط تنش و بدون تنش انجام دادند دریافتند که شاخص SSI با عملکرد در شرایط بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار (r= ۰/۷۱**) دارد . اهدایی و همکاران (Ehdaei *et al.*, 1988) در مطالعه‌ای که بر روی تعدادی از ارقام بومی و پیشرفته گندم بهاره، در محیط‌های تحت تنش به منظور بررسی عکس‌العمل‌های مختلف به این تنش‌ها انجام دادند نتیجه گرفتند که از نظر میانگین شاخص حساسیت ارقام بومی با واریته‌های پیشرفته تفاوتی نداشتند. آن‌ها همچنین همبستگی بین شاخص SSI با عملکرد دانه تحت شرایط تنش را r = -۰/۸٤ ** گزارش کردند. در این آزمایش شاخص SSI و Yp (عملکرد دانه در شرایط بدون تنش) همبستگی معنی‌دار نشان ندادند. نورمند مؤید (۱۳۷٦) در آزمایشی که به منظور بررسی تنوع صفات کمی و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم نان انجام داد، همبستگی بین شاخص SSI با Yp (عملکرد دانه در شرایط بدون تنش) مثبت و معنی‌دار (r=۰/ ٤۳ **) و با Ys (عملکرد در شرایط تنش) منفی و معنی‌دار (r=- ۰/٥٦ **) بود. مطالعه همبستگی‌های بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که شاخص میانگین هندسی

www.SID.ir

Archive of SID

(Geometric Mean Productivity = GMP) و شاخص STI شاخص‌های مناسبی می‌باشند. هدف از این تحقیق بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم زمستانه و بینابین نسبت به تنش خشکی آخر فصل، تعیین بهترین شاخص (های) ارزیابی و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم نان، این تحقیق در سال‌های زراعی ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹ در مزرعه به‌نژادی بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع درکیلومتر ۱۰ جاده ماهدشت (مردآباد) اجرا گردید. بیست لاین امید بخش گندم‌های زمستانه و بینابین در دو آزمایش جداگانه در شرایط بدون تنش وتنش خشکی آخر فصل در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بعد از تهیه زمین (سال قبل آیش) که شامل شخم پاییزه، شخم بهاره، دیسک و لولر بود، مقادیر کودی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۵۰-۹۰-۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (N-P-K) استفاده شد که کودهای فسفات و پتاس به همراه نصف مقدار کود نیتروژن در زمان تهیه زمین و نصف باقی مانده کود نیتروژن در شروع طویل شدن ساقه (اوایل فروردین ماه) به عنوان کود سرک به زمین داده شد. طول، تعداد خطوط و فواصل بین خطوط هر کرت به ترتیب ۲/۵ متر، ٦ خط و ۰/۲ متر بود، بنابراین مساحت کاشت هرکرت۳ مترمربع (۲/۵ × ۰/۲ ×٦). میزان بذر با احتساب ٤٥۰ دانه در مترمربع بر اساس وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه محاسبه و کشت گردید. برای آزمایش در شرایط بدون تنش، آبیاری‌ها به صورت معمول و بر اساس نیاز گیاه انجام شد. در آزمایش دیگر (آزمایش در شرایط تنش خشکی آخر فصل)، از مرحله گرده‌افشانی آبیاری قطع گردید. قابل ذکر است که پس از اعمال تنش در هیچ یک از سال‌های آزمایش بارندگی مؤثر نازل نگردید. پس از رسیدن و برداشت محصول، عملکرد دانه ارقام در دو شرایط (بدون تنش و تنش) توزین و بر مبنای موازین آماری طرح به کار رفته، مورد تجزیه واریانس مرکب دو ساله قرار گرفت. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌ها، به شرح زیر انجام شد:

$$Tol = Y_P - Y_S$$

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$$

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

$$STI = \frac{Y_S \times Y_P}{\overline{Y}_P^{\,2}}$$

$$SI = 1 - \frac{\overline{Y}_S}{\overline{Y}_P}$$

$$MP = Yp + Ys/2$$

www.SID.ir

Archive of SID

Y_p= میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط آبی،
Y_s = میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش،
$\overline{Y}_p$ = میانگین کلیه ژنوتیپ ها در شرایط آبی،
$\overline{Y}_s$ = میانگین کلیه ژنوتیپ ها در شرایط تنش
SI= شدت تنش (Stress Intensity)

ضرائب همبستگی ساده بین عملکرد دانه (در هر دو شرایط) و شاخص‌ها محاسبه گردید و در نهایت تجزیه خوشه‌ای بر مبنای شاخص‌ها و عملکرد دانه انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر تیمار آبیاری بر روی عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید که این نشان‌دهنده رتبه‌بندی متفاوت ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل می‌باشد. اثر سال غیر معنی‌دار، اما اثر متقابل آبیاری × سال بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. اثر ژنوتیپ هم معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ × آبیاری و ژنوتیپ × سال در سطح ۵ درصد معنی‌دار اما اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ × آبیاری × سال غیرمعنی‌دار شد. در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های شماره ٤ و ١٩ به ترتیب با متوسط عملکرد ۹٤۲۹ و ۷۵۹۲ کیلوگرم در هکتار، و در شرایط تنش خشکی آخر فصل ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ٦ به ترتیب با متوسط عملکرد ۷۰۷۹ و ٥٧٩٤ کیلوگرم در هکتار بالاترین و پایین‌ترین عملکرد را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)

Table 1. Combined analysis of variance for grain yield ($Kgha^{-1}$)

S. O. V.	منابع تغییرات	d.f. درجه آزادی	MS میانگین مربعات
Irrigation (Ir)	آبیاری	1	277623117.20**
Year (Y)	سال	1	7381.50^{ns}
Ir ×Year	آبیاری × سال	1	57901673.70**
Rep (Ir × Y)	(سال × آبیاری) تکرار	8	2816345.00**
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	1837803.67**
G ×Ir	ژنوتیپ × آبیاری	19	704429.34*
G ×Y	ژنوتیپ × سال	19	822474.63*
G ×Ir ×Y	ژنوتیپ × سال × آبیاری	19	428071.90^{ns}
Error	خطا	152	421159.34

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and ** : Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

در جدول ۲، علاوه بر میانگین عملکرد دانه (در دو شرایط)، پنج شاخص برای برآورد تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها محاسبه شده است. شکل ۱، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها را براساس

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل نشان می‌دهد. همچنین روند تغییرات عملکرد دانه (در هردو شرایط آزمایش) با شاخص‌ها، در شکل‌های ۲ تا ٦ نشان داده شده است. از مقایسه میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل به خشکی (STI) ژنوتیپ‌ها مشخص گردید که انتخاب براساس این معیارها منجر به انتخاب ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌گردد. سایر محققین نیز همین خصوصیت را برای شاخص‌های مذکور گزارش کرده‌اند (نورمندموید، ۱۳۷٦؛ Rosielle and Hamblin, 1981). از نظر شاخص‌های MP، GMP و STI ژنوتیپ شماره ۸ (Pck/Vee) بهترین ژنوتیپ شناخته شد (جدول ۲ و شکل‌های ۲، ۳ و ٦). این ژنوتیپ با

جدول ۲- بر آورد تحمل به تنش ژنوتیپ‌های گندم بر اساس میانگین دو ساله عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل

Table 2. Estimates of stress tolerance of wheat genotypes based on mean yield of two years under non-stress and post anthesis drought stress conditions

Entry	Genotypes	Yp ($kgha^{-1}$)	Ys ($kgha^{-1}$)	MP	GMP	Tol	SSI	STI
1	Alamoot''s'' (C-73-20)	8675	6336	7506	7414	2339	1.10	0.71
2	Omid/H7/4P839/3/Omid/TDO/5/...	8937	6616	7777	7689	2321	1.06	0.77
3	1-66-75//Rsh2*/10120(1-74-59)	9148	6365	7757	7631	2783	1.24	0.75
4	Azd/Tod//Chb/3/Emu''S''/Tjb4	9429	6645	8037	7916	2784	1.21	0.81
5	Kvz/Cut75/3/Ymh//..1c	8116	6339	7228	7173	1777	0.89	0.67
6	MV-92-682(1-75107)	7942	5794	6868	6784	2148	1.10	0.60
7	Bof13367//p101/3/Strampelli	8938	6984	7961	7901	1954	0.89	0.81
8	Pck/Vee	9320	7079	8200	8123	2241	0.98	0.85
9	Sb-367-7	9015	6493	7754	7651	2522	1.14	0.76
10	Zli83/Co652643//Ler/Ks62/36	8843	6648	7746	7667	2195	1.01	0.76
11	Ow18452524-*3H-O-HOH-ND/...	9345	6574	7960	7838	2771	1.21	0.80
12	Vratza/Wisc 245	8314	6870	7592	7558	1444	0.71	0.74
13	Jup/4/C11f/4/53/Odina.Cil843/wa	8524	6044	7284	7178	2480	1.19	0.67
14	55.174/P101//Maya/3/Snb	9255	6903	8079	7993	2352	1.04	0.83
15	ID8009940W/Vee	9066	6744	7905	7819	2322	1.05	0.79
16	Zcl/3/Pgfn//Cno67//Son64...	7934	7022	7478	7464	912	0.47	0.72
17	Jcam/Emu''s''//Dove''s''	9266	7026	8146	8069	2240	0.99	0.84
18	Vata	9078	6871	7975	7898	2207	0.99	0.81
19	Zo/S28	7592	6312	6952	6922	1280	0.69	0.62
20	Tamex/Opata	9278	7031	8155	8077	2247	0.99	0.84

Yp = Yield in non-stress condition
Ys = Yield in drought stress condition
Tol = Tolerance
MP = Mean productivity
GMP = Geometric mean productivity
SSI = Stress susceptibility index
STI = Stress tolerance index

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد ۹۳۲۰ کیلوگرم در هکتار، رتبه سوم را در شرایط بدون تنش و بیشترین عملکرد در شرایط تنش را به مقدار ۷۰۷۹ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد. مقادیر MP، GMP و STI برای ژنوتیپ‌های شماره ٤، ١٤، ١٥، ١٧، ١٨ و ٢٠ بیش از سایرین بود که از عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش وتنش برخوردار بودند (جدول ۲ و شکل‌های۲ ،۳ و٦).

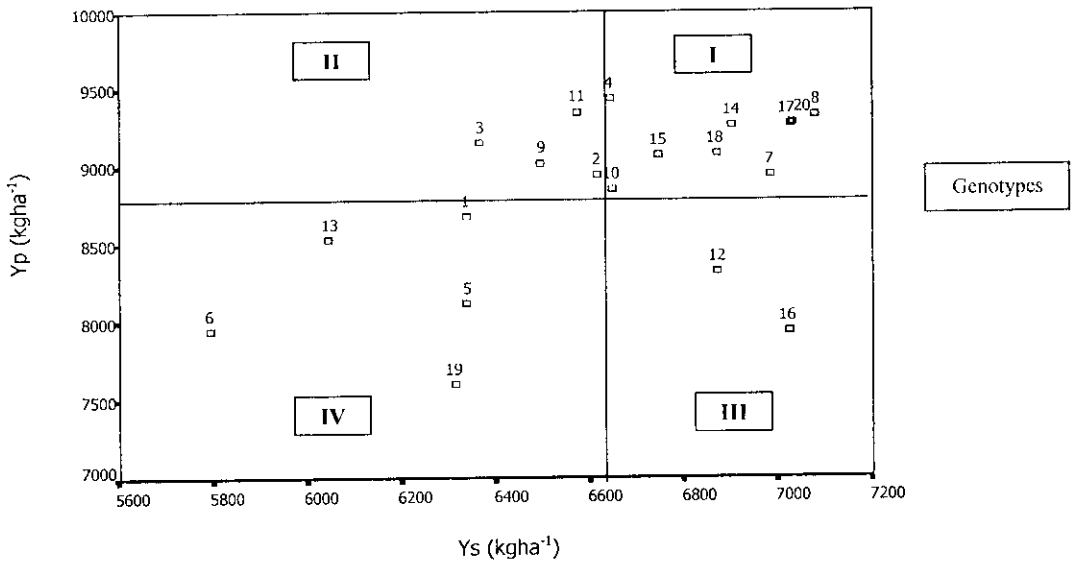
از مطالعه معیار تحمل به خشکی (Tol)، چنین برمی‌آید که معمولاً ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی داشتند تحمل مطلوبی به تنش رطوبتی نشان ندادند، ژنوتیپ شماره ١٦ و ١٩ که به ترتیب بیشترین تحمل به خشکی (کمترین Tol) را داشتند (شکل٥)، از عملکرد مناسبی در شرایط بدون تنش برخوردار نبودند. این ژنوتیپ‌ها از لحاظ شاخص حساسیت به خشکی (SSI) نیز به ترتیب رتبه اول و دوم را کسب کردند (شکل٤). در مقابل ژنوتیپ‌های شماره ٤ ، ٨ ، ١٤، ١٧، ١٨ و ٢٠ که عملکرد مطلوبی در هر دو شرایط داشتند از معیار تحمل به خشکی (Tol) و شاخص حساسیت به خشکی (SSI) مناسبی برخوردار نبودند (جدول ۲ و شکل‌های ۱، ٤ و ٥).

ضرائب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل و بدون تنش با شاخص‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) مثبت و غیرمعنی‌دار بود (r=0.44). عملکرد در شرایط تنش (Ys) با شاخص‌های MP ، GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد و با شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ٥ ٪ نشان داد. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) با تمام شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). شاخص MP در جهت بالا بردن پتانسیل عملکرد عمل کرده و در اکثر آزمایش‌های عملکرد، همبستگی میان MP با Ys نیز مثبت بود (Rosielle and Hamblin, 1981). بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه در شرایط بدون تنش به ترتیب با شاخص‌های MP، STI و GMP به دست آمده ولی در شرایط تنش بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه به ترتیب باGMP، STI وMP حاصل گردید. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین نیز مشابهت دارد (Fernandez, 1992 ؛ نورمند موید، ١٣٧٦؛ احمدی ١٣٧٨).

با مشاهده جدول ۲ و شکل‌های ۲، ۳ و ٦ معلوم گردید که رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها برای میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل خشکی (STI) یکسان است. از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی وجود داشت. بنابراین سه شاخص مذکور برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌ها مناسب‌ترند (جدول ۳).

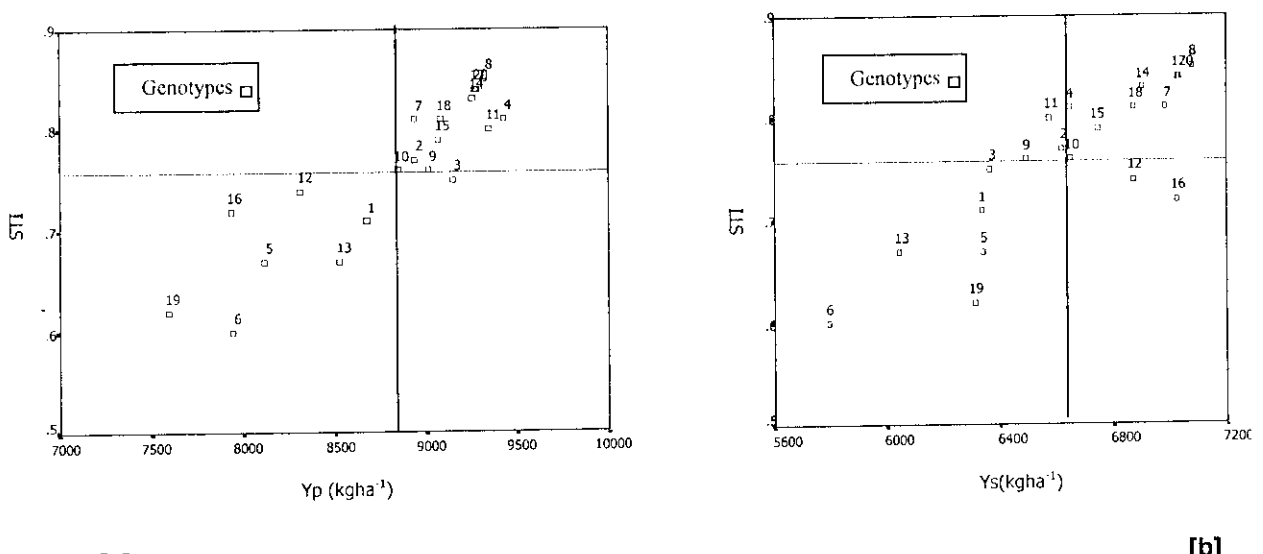
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش خشکی آخر فصل (Ys)

Fig. 1.Classification of genotypes based on grain yield under non-stress(Yp) and post-anthesis drought stress (Ys) conditions

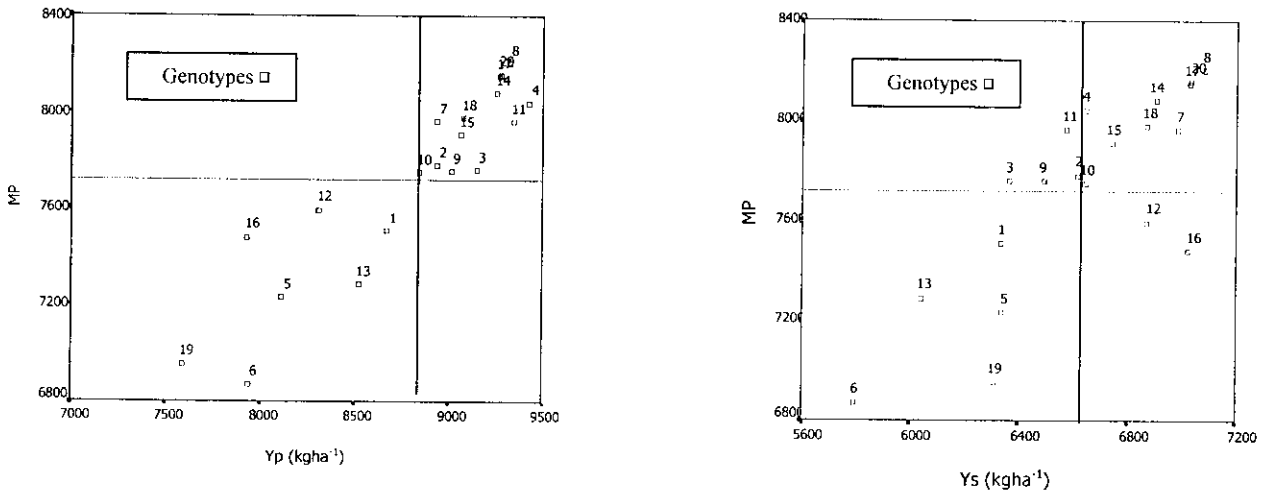


شکل۲- تغییرات شاخص STI و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش [a] و تنش خشکی آخر فصل[b] در ژنوتیپ‌های مختلف گندم

Fig. 2.Variation in STI and grain yield in non-stress [a] and post-anthesis drought stress [b] conditions for different genotypes of wheat

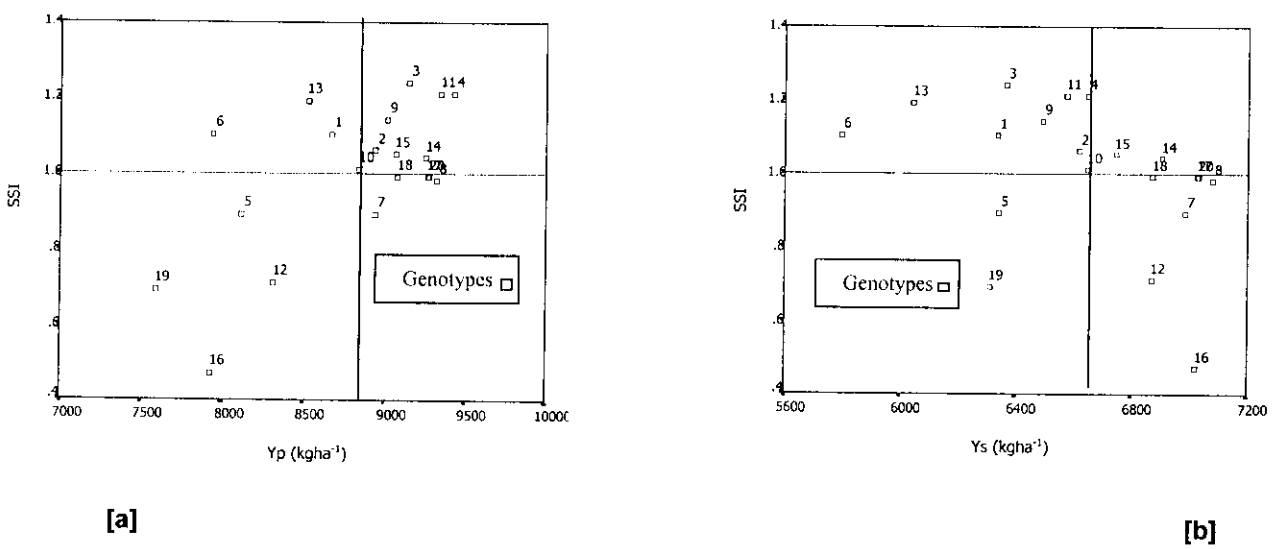
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- تغییرات شاخص MP و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش [a] و تنش خشکی آخر فصل [b] در ژنوتیپ‌های مختلف گندم

Fig. 3. Variation in MP and grain yield under non-stress [a] and post-anthesis drought stress [b] conditions for different genotypes of wheat

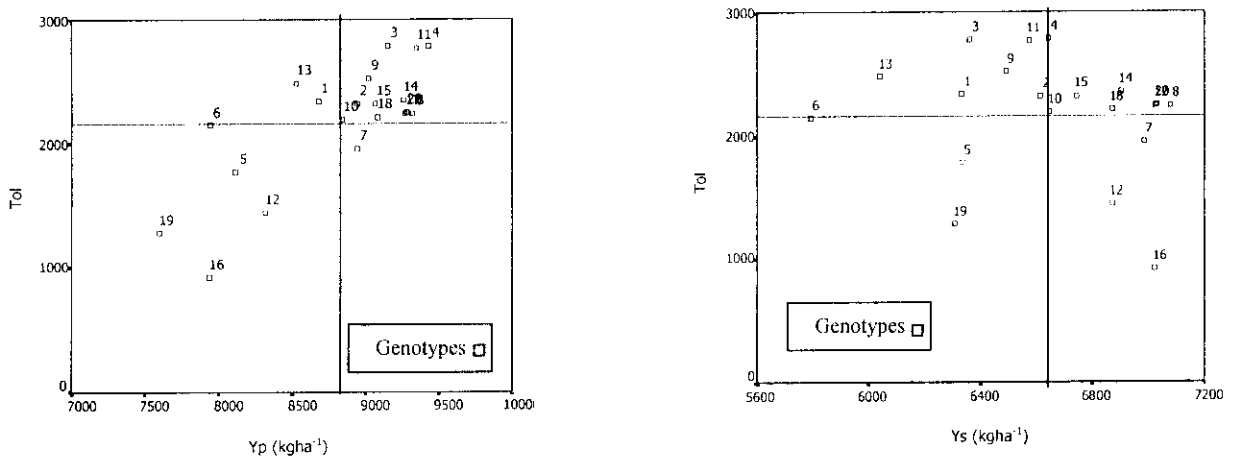


شکل٤- تغییرات شاخص SSI و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش [a] و تنش خشکی آخر فصل [b] در ژنوتیپ‌های مختلف گندم

Fig. 4. Variation in SSI and grain yield under non-stress [a] and post-anthesis drought stress [b] conditions for different genotypes of wheat

www.SID.ir

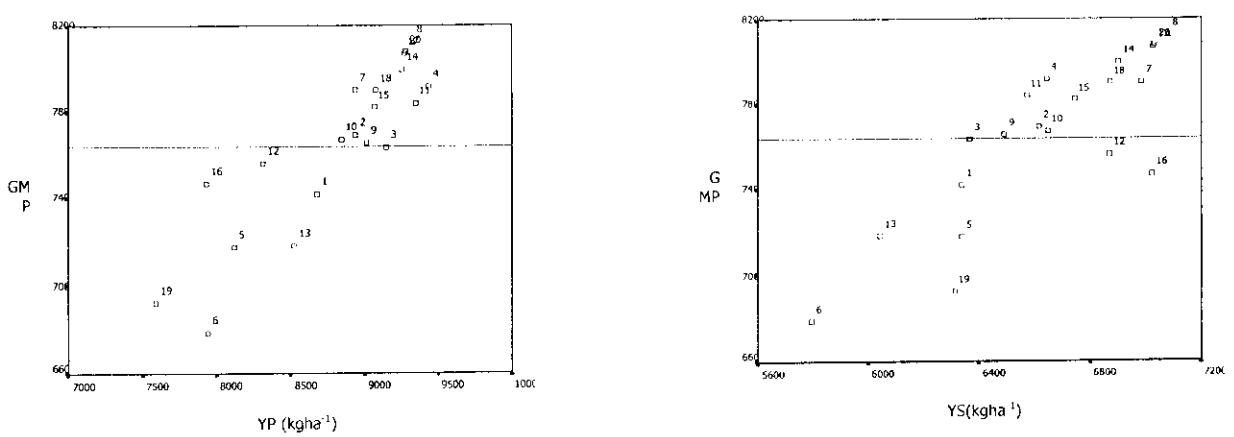
Archive of SID



[a] [b]

شکل۵- تغییرات شاخص Tol و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش [a] و تنش خشکی آخر فصل [b] در ژنوتیپ‌های مختلف گندم

Fig. 5. Variation in Tol and grain yield under non-stress [a] and post- anthesis drought stress [b] conditions for different genotypes of wheat



[a] [b]

شکل٦- تغییرات شاخص GMP و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش [a] و تنش خشکی آخر فصل [b] در ژنوتیپ‌های مختلف گندم

Fig. 6. Variation in GMP and grain yield under non-stress [a] and post-anthesis drought stress [b] conditions for different genotypes of wheat

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده میان شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل

Table 3. Correlation coefficients among indices and grain yield under non-stress and post anthesis drought stress conditions

	Ys	MP	Tol	STI	SSI	GMP
Yp	0.44^{ns}	0.90**	0.70**	0.89**	0.53*	0.88**
Ys		0.78**	-0.33^{ns}	0.79**	-0.52*	0.83**
MP			0.34^{ns}	0.99**	0.13^{ns}	0.99**
Tol				0.31^{ns}	0.98**	0.39^{ns}
STI					0.11^{ns}	0.99**
SSI						0.19^{ns}

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and ** : Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

در نهایت تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های ارزیابی و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی، انجام و با برش نمودار درختی در فاصله ۳، ژنوتیپ‌ها در پنج کلاس گروه‌بندی شدند. گروه یک از نظر شاخص‌های GMP، STI بیشترین میانگین را داشته و همچنین از نظرعملکرد دانه (در هردو شرایط آزمایش) میانگین ژنوتیپ‌های این گروه نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود (جدول ۲). می‌توان ژنوتیپ‌های این گروه را، بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) جزء ژنوتیپ‌های گروه A (عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تنش) فرض کرد (شکل‌های ۱ و ۷). ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شامل ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱٤، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ در این گروه قرار گرفتند (شکل‌های ۲، ۳ و ٦).

گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های شماره۳، ٤، ۹ و ۱۱ بود (شکل ۷). میانگین این گروه هر چند که از نظر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش بالا و تقریباً درحد میانگین گروه اول بود، ولی میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) این گروه پایین بود، از نظر شاخص‌های Tol و SSI این گروه بیشترین میانگین را داشته به عبارتی براساس شاخص‌های مذکور ژنوتیپ‌های این گروه کمترین رتبه را کسب نمودند (جدول ۲ و شکل‌های۱، ٤ و ۵). بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) می‌توان ژنوتیپ‌های گروه دوم را جزء ژنوتیپ گروه B (عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و عملکرد پایین در شرایط تنش) دانست (شکل۱). گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ و ۱٦ بود که از نظر شاخص‌های Tol و SSI کمترین میانگین را به خود اختصاص داده بودند و میانگین این گروه از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش بعد از گروه اول نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود (جدول ۲ و شکل‌های ٤ و ۵)، و تاحدودی با

www.SID.ir

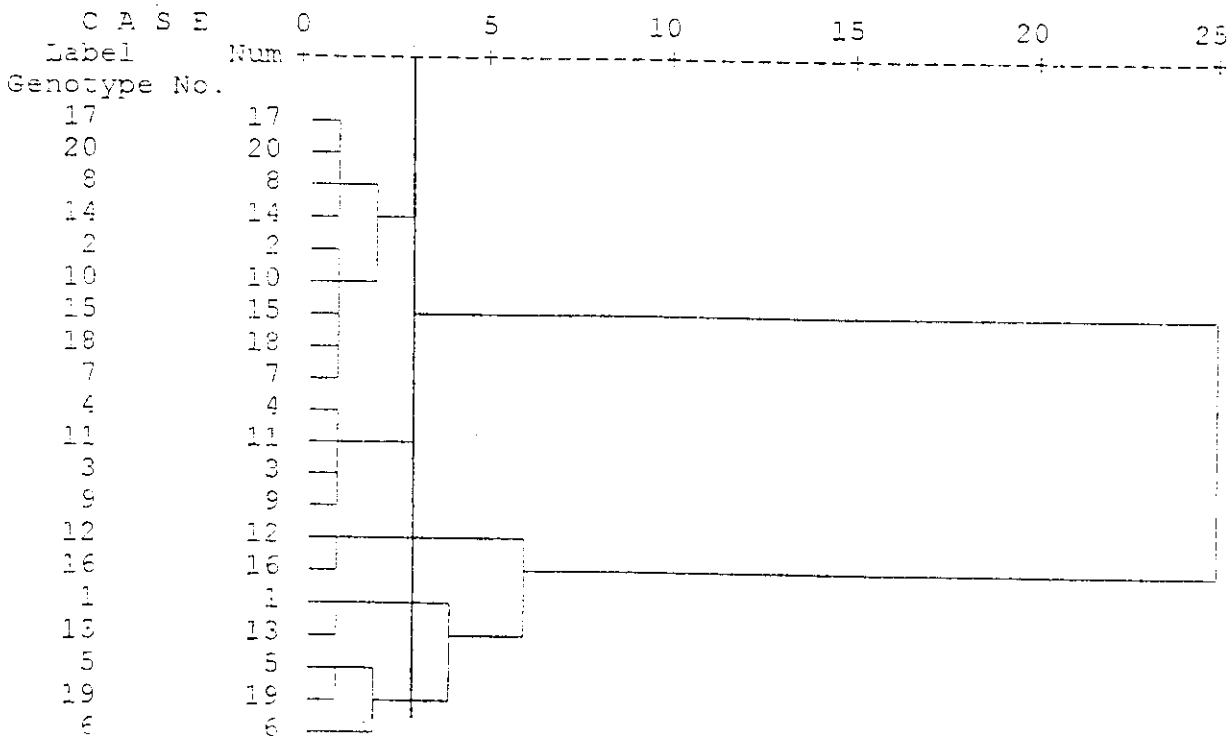
Archive of SID

ژنوتیپ‌های گروه C (عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و عملکرد بالا در شرایط تنش) براساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) مطابقت داشت (شکل ۱). گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های شماره۱ و۱۳ بود (شکل۷). این گروه از نظر شاخص‌های Tol و SSI بعد از گروه دوم بیشترین و از نظر شاخص‌های GMP، STI و MP و عملکرد دانه (در هر دوشرایط) بعد از گروه پنجم کمترین میانگین را به خوداختصاص داده بود (جدول ۲ و شکل‌های۲، ۳ و ٦). میانگین ژنوتیپ‌های گروه پنجم از نظر شاخص‌های GMP، STI و MP و عملکرد دانه در هر دو شرایط کمترین مقدار را دارا بود و شامل ژنوتیپ‌های شماره ۵، ٦ و ۱۹ بود (شکل۷). می‌توان ژنوتیپ‌های گروه چهارم و پنجم را، براساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) جزء ژنوتیپ‌های گروه D (عملکرد پایین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش) فرض کرد (شکل۱). بنابراین می‌توان گفت بر اساس شاخص‌های Tol و SSI ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم مناسب می‌باشند و در این میان ژنوتیپ شماره ١٦ مطلوب‌ترین ژنوتیپ می‌باشد (شکل‌های٤ و۵)، اما بر اساس شاخص‌های GMP، STI و MP ژنوتیپ‌های گروه اول مناسب بوده و همان طوری که پیدا است ژنوتیپ‌های این گروه از عملکرد دانه بالایی در هر دو شرایط (تنش و بدون تنش) نیز برخوردار می‌باشند که در این میان ژنوتیپ‌های شماره ۸، ١٤، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر تحمل به تنش خشکی به حساب می‌آیند، نتایج همبستگی ساده صفات (جدول۳)، برآورد تحمل به تنش‌ها (جدول ۲)، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها (شکل۱) بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز(Fernandez, 1992)، روند تغییرات عملکرد دانه با شاخص‌ها (شکلهای ۲ تا ٦) و نتایج حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس تجزیه خوشه‌ای (شکل ۷) نیز مؤید همین مطالب بوده و با توجه به نتایج حاصله شاخص‌های STI، GMP و MP برای بهبود عملکرد و گزینش ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط (بدون تنش و تنش آخر فصل) مناسب‌تر می‌باشند، گزینش بر اساس MP عمدتاً منجر به بهبود عملکرد در محیط تنش و بدون تنش شده ولی قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروهB نیست (Fernandez, 1992)، این امر به دلیل ویژگی میانگین حسابی بوده که در صورت اختلاف نسبتا زیاد بین Yp و Ys حاصل آن به سمت بالا اریب است اما شاخص STI بر مبنای میانگین هندسی طراحی شده است با توجه به ساختار و فرمول میانگین هندسی (رجوع به قسمت مقدمه)، حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Yp و Ys دارد. GMP،STI به لحاظ همبستگی رتبه در یک مرتبه قرار می‌گیرند و هر چه مقادیر STI بزرگ‌تر باشد، تحمل به تنش و پتانسیل عملکرد ژنوتیپ هم بالاتر است، در شاخص STI شدت تنش نیز شرکت داشته و انتظار می‌رود که شاخص مذکور در تفکیک گروه A از گروه

www.SID.ir

Archive of SID

B و C موفق باشد (Fernandez, 1992). نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین نیز مشابهت دارد (Fernandez, 1992 ؛ نورمند مؤید، ۱۳۷٦؛ قاجار سپانلو و همکاران، ۱۳۷۹؛ احمدی، ۱۳۷۸). در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، ژنوتیپ شماره ۸ با برتری عملکرد در شرایط تنش (رتبه اول) و بدون تنش (رتبه سوم) متحمل‌ترین ژنوتیپ شناخته شد. این ژنوتیپ از لحاظ شاخص‌های GMP، STI و MP نیز برترین ژنوتیپ بود (جدول ۲ و شکل‌های ۲، ۳ و ٦). از آن جائی که در لاین شماره ۸ (Pck/Vee) رقم "s" Veery یکی از والدین آن می‌باشد، این رقم در ژنوم خود دارای قطعه 1B/1R جا به جا شده از کروموزوم چاودار می‌باشد که موجب گردیده است تا این رقم در شرایط تنش خشکی هم عملکرد بالایی تولید نماید (Villareal *et al.*,1995). بنابراین می‌توان استنباط نمود که برتر بودن لاین (Pck/Vee) درشرایط تنش خشکی عمدتاً ناشی از والد "s" Veery آن می‌باشد. در برنامه‌های به‌نژادی با هدف تحمل به خشکی از این لاین به عنوان والد استفاده خواهد گردید.



شکل ۷- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد دانه (در هر دو شرایط آزمایشی)

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis of the genotypes based on tolerance and susceptibility indices and grain yield (under both conditions)

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات آقای مهندس جوکار کارشناس و آقای توکل نوری تکنسین بخش تحقیقات غلات در کمک به اجرای آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده **References**

احمدی، ج. ۱۳۷۸. بررسی مقاومت به خشکی در هیبریدهای دیررس تجارتی ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه فوق لیسانس دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

قاجار سپانلو، م.، سیادت، ح.، میرلطیفی، م.، میرنیا، س. خ. ۱۳۷۹. اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارائی مصرف آب و مقایسه چند شاخص مقاومت به خشکی در چهار رقم گندم. خاک و آب ۱۲ (۱۰): ۷۵-۶۵.

کرگوانی، پ. ۱۳۶۷. مناطق خشک جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.

نور مند مؤید، ف. ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمی و رابطه آن‌ها با عملکرد گندم نان در شرایط دیم و آبی و تعیین شاخص مقاومت به خشکی. پایان‌نامه فوق لیسانس، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

Blum, A.1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, Boca Raton, U.S.A. Ehdaie, B., and Waines, J. G. 1995. Genetic variation for contribution of pre-anthesis assimilates to grain yield in spring wheat. Journal of Genetics and Breeding 50: 47-56.

Ehdaie, B., Waines, J. G. and Hall, A. E. 1988. Differntial responses of landraces and improved spring wheat genotypes to stress environments. Crop Science 28: 838-842.

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp: 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature Water Stress. Taiwan, 13-18 August.

Fischer, R. A., and Maurer, R.1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Narayan, D., and Misra, R. D. 1989. Drought resistance in varieties of wheat in relation to root growth and drought indices. Indonesian Journal of Agricultural Science 59 (9): 595-598.

Rajaram, S., and vanGinkel, M. 1996. CIMMYT's approach to breeding for wide adaptation . Euphytica 92 : 147-153.

www.SID.ir

Archive of SID

Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-946.

Slafer, G. A., and Araus, J. L. 1998. Improving wheat responses to abiotic stresses. pp. 201-213. In: Slinkard, A. E. (ed.) Proceedings of the 9th International Wheat Genetic Symposium, Volume 1. Saskatoon,Saskatchewan,Canada.

Viallareal, R. L., Del Toro, E., Mujeeb-Kazi, A., and Rajaram, S. 1995. The 1BL/ 1RS choromosome translocation effect on yield characteristic in a *Triticum aestivum* L. cross. Plant Breeding 114: 497-500.

آدرس نگارندگان:

محمد کاظم شفازاده- دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر بابک کرمان.

امیر یزدان‌سپاس و اشکبوس امینی- بخش تحقیقات غلات، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی ٤١١٩، کرج ٣١٥٨٥.

محمدرضا قنادها- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.

www.SID.ir