ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های پیشرفته جو با استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی و روش بای پلات (Biplot)

حسین آستارکی[1*]، حمیدرضا نیکخواه[2]، محمدرضا نقوی[3] و عزت ا... نباتی[4]

[*]۱- نویسنده مسئول: کارشناسی ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان (hossein_Aastereki@yahoo.com)

۲- عضو هیات علمی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

۳- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۴- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۲۶

چکیده

برای بازدهی بیشتر در برنامه‌های به‌نژادی، برای اصلاح ارقام برتر در مناطق خشک و نیمه خشک باید بهترین معیارهای مقاومت به خشکی را تعیین نمود. به این منظور، ۲۵ لاین پیشرفته‌ی جو در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج ارزیابی شدند. پنج شاخص مقاومت به خشکی شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص میانگین حسابی بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) بر اساس عملکرد دانه لاین‌ها در دو شرایط محاسبه شدند. شاخصی که انتخاب بر اساس آن باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی شد، بهترین شاخص است. بر این اساس STI و GMP همبستگی بالایی را با عملکرد در هر دو محیط داشتند و به عنوان بهترین شاخص‌ها برای انتخاب لاین‌های با پتانسیل عملکرد بالا در محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند. بر اساس نتایج بای‌پلات ،لاین‌های ۲۰، ۲٤ و ۹ به ترتیب با شجره‌های Lignee 527/…., L.527/…, Mari/… به‌عنوان لاین‌های مقاوم در ناحیه A (شامل لاین‌هایی که در هر دو محیط تظاهر مطلوب و عملکرد بالایی دارند) تعیین گردیدند و مناسب‌ترین لاین بر اساس این شاخص‌ها لاین با شجره Mari/ … است.

کلید واژه‌ها: لاین پیشرفته، جو، شاخص‌های مقاومت به خشکی، بای‌پلات، عملکرد دانه

مقدمه

محصول دانه و علوفه گندمیان به عنوان منبع اصلی غذا برای انسان و دام اهمیت فراوان دارد و به همین دلیل کشت غلات از زمان‌های بسیار قدیم در دنیا و همچنین در ایران رایج بوده است؛ به طوری که ۵۶ درصد از انرژی غذایی و ۵۰ درصد از پروتئین مصرفی دنیا از طریق تولید غلات تأمین می‌شود (۵). از زمان آغاز فعالیت‌های کشاورزی، خشکی همواره عامل محدودکننده مهمی در تولید محصولات بوده است و با کاهش عملکرد، موجب قحطی و مرگ و میر نیز شده است (۹). خشکی از عمده‌ترین خطرات برای تولید موفق محصولات زراعی در جهان است. ایران با متوسط ۲۴۰ میلی‌متر بارندگی در سال در زمره مناطق خشک جهان طبقه بندی می‌گردد. بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی، پایین بودن رطوبت قابل دسترس خاک، افزایش سختی خاک و تابش خورشیدی زیاد 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 و به همین جهت تجزیه و تحلیل اثرات تنش‌هایی مانند تنش حرارتی و آبی و یا تنش شوری و خشکی به طور جداگانه مشکل است (۶). جو زراعی گیاهی با پایه کروموزومی x=7 و فرمول ژنومی 2n=2x=14 برای تولید محصول اقتصادی، در مقایسه با گندم به آب کمتری نیاز دارد و در مناطقی که بارندگی برای تولید گندم کافی نیست با حداقل بارندگی، یعنی از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی متر کشت می گردد (۱۸). جو گیاهی است که تا حدی مقاوم به خشکی است و نسبت به شرایط آب و هوایی مختلف سازگاری دارد (۱۲). در مورد خشکی تعاریف مختلفی ارائه شده است. کرامر[1] (۲۴) خشکی را به عنوان نبود یا کمبود رطوبت در مراحل حساس رشد گیاه تعریف نموده است. ویتز[2] (۲۷) دوره ای که کمبود آب به صورت حاد و یا مزمن رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و مانع رشد طبیعی آن شود را به عنوان خشکی تعریف کرده است. گیبس[3] (۲۲) خشکی را به مفهوم عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب برای گیاه تلقی می‌کند. رایج‌ترین تعریف خشکی در کشاورزی توسط ادمیدس و همکاران[4] (۱۹) مطرح شده است، بدین معنا که تنش خشکی هنگامی افزایش می‌یابد که تقاضای تبخیری اتمسفر بالای برگ‌ها (تبخیر و تعرق پتانسیل) از ظرفیت و توانایی ریشه برای استخراج آب از خاک (تبخیر و تعرق حقیقی) تجاوز نماید و فراتر رود. بیشتر دانشمندان فیزیولوژی گیاهی از تعریف ادمیدس و همکاران استفاده می‌نمایند.

خسارت ناشی از تنش خشکی در گندم به شدت تنش، مرحله نمو گیاه و مدت دوام تنش بستگی دارد. به طور کلی، کمترین خسارت تنش آبی و حرارتی طی مرحله پنجه زنی و بیشترین اثر آن طی مدت بین طویل شدن ساقه و مرحله ظهور پرچم گزارش شده است (۲۳).

نوع خشکی در مناطق مختلف در طول فصل زراعی متفاوت است و ممکن است، خشکی فقط در اوایل یا اواخر فصل رشد و یا در طول فصل زراعی به‌طور پیوسته باشد و شدت آن دائماً زیاد شود. با توجه به نوع خشکی ممکن است صفات متفاوتی روی مقاومت به خشکی اثر بگذارد (۱).

در اغلب آزمایش‌های گزینش گیاهان زراعی در مزرعه، 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 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 (۱۴).

سنجری (۸) در ارزیابی منابع متحمل به تنش خشکی و پایداری عملکرد ارقام گندم نتیجه گرفت که شاخص تحمل به تنش[5] (STI) جهت انتخاب ژنوتیپ‌های گندم با عملکرد بالا مناسب است. سمیع زاده (۷) بر اساس همبستگی‌های بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی در ارقام نخود سفید نتیجه گرفت که شاخص میانگین هندسی بهره‌وری[6] (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) برای برآورد پایداری عملکرد و دستیابی به ارقام با عملکرد بالا مناسب می‌باشند. پرویزی آلمانی (۳) در بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی چغندرقند گزارش کرده است که با در نظر گرفتن کلیه صفات می‌توان شاخص تحمل

1- Kramer
2- Viets
3- Gibbs
4- Edmeades *et al.*
5- Stress Tolerance Index
6- Geometric Mean Productivity

تنش (STI) را جهت شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های چغندرقند در نظر گرفت.

نورمند موید و همکاران (۱۳) با ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان نتیجه گرفت که STI و GMP به عنوان بهترین شاخص‌ها در دو شرایط تنش و نرمال می‌باشند.

این تحقیق همبستگی عملکرد دانه و شاخص‌های مقاومت به خشکی را تعیین نمود و بهترین شاخص مقاومت به خشکی بین لاین های جو در هر دو شرایط خشکی و آبی را مشخص کرد. همچنین لاین های مقاوم و حساس را با استفاده از بهترین شاخص‌ها و با استفاده از روش بای‌پلات از همدیگر متمایز کرد.

در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش چهار نوع واکنش برای ژنوتیپ‌ها در نظر گرفت (۲۰) :۱) گروه A : ژنوتیپ‌هایی که هر در دو محیط عملکرد بالایی دارند. ۲) گروه B: ژنوتیپ هایی که صرفاً در شرایط بدون تنش عملکرد خوبی دارند.

۳) گروه C : .ژنوتیپ هایی که صرفاً در شرایط تنش عملکرد خوبی دارند. ۴) گروه D : .ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط تظاهر ضعیفی دارند.

شاخص مناسب شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از ژنوتیپ‌های گروه‌های دیگر جدا نماید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲با تعداد ۲۵ لاین جو (جدول ۱) حاصل از آزمایش مقدماتی مقاومت به خشکی، در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بخش غلات انجام شد. تهیه زمین شامل عملیات شخم، دیسک و ایجاد جویچه‌های آبیاری (فارو) بود و کود مصرفی (N.P.K) بر اساس آزمون خاک (۵۰-۹۰-۹۰) در مراحل مناسب در سطح مزرعه توزیع شد. ارقام تحت شرایط تنش و بدون تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مجاورت هم کشت گردیدند.

کاشت در آبان ماه توسط بذرکار اختصاصی غلات انجام گرفت. هر رقم بر روی دو پشته به فاصله ۶۰ سانتی مترکشت شد. روی هر پشته سه ردیف کاشت به طول ۵ متر و عرض ۱/۲ متر در نظر گرفته شد که مساحت هر کرت ۶ متر مربع بود. لاین‌ها بر اساس وزن هزار دانه با تراکم ۳۵۰ دانه در متر مربع در پاییز کشت شدند.

آبیاری به صورت نشتی بود، برای هر دو آزمایش یک آبیاری پاییزه صورت گرفت. در بهار پس از پایان یخبندان در آزمایش با آبیاری کامل با توجه به نیاز و شرایط آب و هوایی سه نوبت آبیاری انجام گرفت؛ در حالی که در آزمایش تحت تنش آبی پس از ۵۰٪ گلدهی عملیات آبیاری قطع شد. در این تنش آبی، پس از رسیدن هر لاین به ۵۰ درصد گلدهی آبیاری متوقف شد و پس از آن آبیاری انجام نشد.

جدول۱- شجره و شماره لاین‌های پیشرفته

شماره	شجره لا ین	شماره	شجره لا ین
۱	Karoon/Kavir	۱۴	KenyaResearch/000
۲	Rhn-032/000	۱۵	Hml/000
۳	L. 1242/Hesk	۱۶	Nk 1272/000
۴	Alanda/000	۱۷	Lignee 527/000
۵	DL532/000	۱۸	Rhn-03//000
۶	Asal/000	۱۹	Alanda//000
۷	Aths/000	۲۰	Mari/000
۸	Line 32-29C 26/000	۲۱	Rihane-03/000
۹	Lignee 527/000	۲۲	Rihane
۱۰	Mari/000	۲۳	Torkman
۱۱	Apm/000	۲۴	L. 527/000
۱۲	Apm/000	۲۵	Lignee 527/000
۱۳	Rhn-03//000		

در بررسی میزان تحمل به خشکی لاین‌ها، از پنج شاخص مقاومت به خشکی که بر اساس عملکرد لاین‌ها در محیط تنش و بدون تنش تنظیم گردیده‌اند، استفاده شد. چنانچه Y_s, Y_p به ترتیب عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش و $Y_{\bar{s}}, Y_{\bar{p}}$ به ترتیب نشانگر میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در این دو محیط باشد، می‌توان شاخص‌های مختلف را به شرح زیر تعریف کرد:

– شاخص حساسیت به تنش[1] (SSI) فیشر و مورر (۲۱):

$$SSI = \frac{1-(Y_S / Yp)}{SI} \qquad SI = \left(\frac{Y_{\bar{s}}}{Y_{\bar{p}}}\right)$$

شدت تنش[2] (SI) می باشد.

شاخص تحمل[3] (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط[4] (MP) رزیل و هامبلین[5] (۲۶):

$$MP = \frac{Y_S + Y_P}{2} \qquad TOL = Y_{\mathrm{P}} - Y_S$$

– شاخص تحمل به تنش[6](STI) و شاخص میانگین هندسی بهره وری (GMP) فرناندز[7] (۲۰):

$$GMP = \sqrt{(Y_S)(Y_P)} \qquad STI = \left(\frac{Y_P}{Y_{\bar{P}}}\right)\left(\frac{Y_S}{Y_{\bar{S}}}\right)\left(\frac{Y_{\bar{S}}}{Y_{\bar{P}}}\right)$$

در تجزیه به مؤلفه های اصلی سعی بر این است که ابعادی از داده ها را پیدا کنیم که واریانس کل را توضیح دهد. بنابراین هدف از تجزیه اصلی آن است که واریانس موجود در داده های چند متغیره را به مولفه‌هایی تجزیه کند و اولین مولفه تا آنجا که ممکن است بیشترین واریانس موجود در داده‌ها باشد. دومین مولفه علت بیشترین واریانس ممکن بعد از مولفه اول و الی آخر می‌باشد. همچنین در این روش هر مولفه مستقل از مولفه‌های دیگر است، بین هر مولفه و مولفه‌های دیگر همبستگی وجود ندارد (۱۰). برای مطالعه روابط بین بیش از سه متغیر، شکل حاصل از چند متغیر یعنی نمایش بای‌پلات مفید است. با داشتن جدولی شامل ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های مختلف تحمل به تنش و با استفاده از روش بای‌پلات می توان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل به خشکی را در یک شکل واحد رسم نمود (۱۳).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس بر روی صفت عملکرد دانه و شاخص‌های مختلف خشکی در هر دو محیط تنش آبی و شرایط بدون تنش در جدول ۲ نشان داده شده است. بین لاین‌ها از نظر شاخص TOL و عملکرد لاین‌ها در شرایط تنش رطوبتی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. معنی‌دار نشدن اثر لاین‌ها در شرایط تنش به این علت است که عملکرد در این شرایط تحت تاثیر محیط بوده و نامساعد بودن محیط باعث گردیده است که لاین‌ها عملکرد اپتیمم خود را بروز ندهند. لاین‌ها در شرایط بدون تنش از نظر شاخص‌های MP,GMP,SSI و STI و عملکرد دانه اختلاف بسیار معنی‌داری نشان دادند که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای مقاومت به خشکی است.

مقایسه های میانگین در دو شرایط تنش و بدون تنش در جدول۳ مشاهده می‌شود. در مورد مقایسه میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش بالاترین میزان عملکرد مربوط به لاین ۲۰ با شجره .../Mari با میانگین ۵/۹۳۲ تن در هکتار و پایین‌ترین آن مربوط به لاین ۱۵ با شجره .../Hml با میانگین ۴/۴۶۰ تن در هکتار بود و در شرایط بدون تنش بالاترین میزان عملکرد مربوط به لاین‌های با شماره‌های ۲۴ و۲۰ که به ترتیب با شجره‌های .../L527 و.../Mari دارای ۸/۶۴۱ و ۸/۴۸۰ تن در هکتار بودند و کمترین میزان عملکرد را لاین شماره ۲۵ با شجره .../Lignee527 به میزان ۵/۲۲۳ تن در هکتار نشان داد. مقایسه‌های میانگین

1- Stress susecptibility Index
2- Sterss Index
3- Stress Tolerance
4- Mean productivity
5- Rosielle & Hambelen
6- Stress Tolerance Index
7- Fernadez

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های مختلف تنش خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش

		میانگین مربعات MS						
منابع تغییرات	df	STI	SSI	GMP	MP	TOL	YP	YS
تیمار	۲۴	**	*	**	**	ns	**	ns
		۰/۰۹۳	۰/۰۲۳	۰/۷۳۴	۰/۸۲۴	۰/۷۶۷	۲/۱۱	۰/۴۲۳
تکرار	۲	ns	**	**	**	ns	Ns	**
		۰/۰۵۳	۰/۰۸۹	۱/۵۷	۱/۹	۰/۷۳۷	۱/۲۲۸	۲/۱۲۰
اشتباه	۴۸	۰/۰۴	۰/۰۱۰	۰/۱۹۱	۰/۱۹۳	۱/۱۸	۰/۶۹	۰/۲۸

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱٪ و ns بدون معنی

جدول ۳ـ مقایسه میانگین عملکرد در شرایط تنش، عملکرد در شرایط بدون تنش و شاخص‌های تحمل به خشکی در ۲۵ لاین پیشرفته جو در سطح ۵ درصد

شماره لاین	Y_P (ton/hec)	$Y_{S\ (ton/hec)}$	MP (ton/hec)	GMP (ton/hec)	STI	SSI	TOL (ton/hec)
۱	۸/۰۱۱ abc	۵/۲۵۳ abcd	۶/۶۳۲ abcd	۶/۴۸۷ abcd	۰/۸۰۰ abcd	۱/۱۶۷ abcd	۲/۷۵۹abc
۲	۷/۵۸۶ abcde	۵/۱۱۴ abcd	۶/۳۵۰ bcdef	۶/۲۲۹ bcdef	۰/۷۳۸ abcd	۱/۱۰۴ abcd	۲/۴۷۲abc
۳	۶/۷۰۰ bcdef	۴/۹۷۸ abcd	۵/۸۳۹defgh	۵/۷۷۵ defg	۰/۶۳۴ abcde	۰/۸۷۱ abcde	۱/۷۲۲abc
۴	۶/۰۰۸ efg	۵/۳۱۸ abcd	۵/۶۶۳fgh	۵/۶۵۳ efgh	۰/۶۰۸ e	۰/۳۹۰cde	۰/۶۹۰a
۵	۶/۹۹۲ abcdef	۵/۵۲۳ abc	۶/۲۵۷cdefg	۶/۲۱۴ bcde	۰/۷۳۴ bcde	۰/۷۱۲ abcde	۱/۴۶۹abc
۶	۷/۲۶۴ abcde	۴/۹۳۸ abcd	۶/۱۰۱ cdefg	۵/۹۸۹ cdefg	۰/۶۸۲ abcd	۱/۰۸۶abcd	۲/۳۲۶abc
۷	۵/۵۳۳ fg	۴/۸۰۳ bcd	۵/۱۶۸hi	۵/۱۵۵ gh	۰/۵۰۵ de	۰/۴۴۷de	۰/۷۳۰a
۸	۶/۱۳۶ defg	۵/۳۲۱ abcd	۵/۷۲۸efgh	۵/۷۱۴ defg	۰/۶۲۱ de	۰/۴۵۰ de	۰/۸۱۵ab
۹	۸/۱۰۳ ab	۵/۶۲۵ ab	۶/۸۶۴abc	۶/۷۵۱ abc	۰/۸۶۷ abcd	۱/۰۳۶abcd	۲/۴۷۷abc
۱۰	۶/۶۵۶ bcd	۵/۳۶۷ abcd	۶/۰۱۱ cdefg	۵/۹۷۷ cdefg	۰/۶۷۹cde	۰/۶۵۶bcde	۱/۲۸۹abc
۱۱	۷/۶۹۲ abcd	۴/۷۱۹ bcd	۶/۲۰۵ cdefg	۶/۰۲۵ cdef	۰/۶۹۰ab	۱/۳۱۰ab	۲/۹۷۳bc
۱۲	۷/۴۰۴ abcde	۴/۶۴۶ bcd	۶/۰۲۵ cdefg	۵/۸۶۵ defg	۰/۶۵۴abc	۱/۲۶۳ab	۲/۷۵۸abc
۱۳	۷/۶۰۸ abcde	۵/۰۰۶ abcd	۶/۳۰۷ bcdef	۶/۱۷۲ bcdef	۰/۷۲۴abcd	۱/۱۵۹abcd	۲/۶۰۲abc
۱۴	۷/۹۶۱ abc	۵/۲۴۶ abcd	۵/۶۰۳abcde	۶/۴۶۲ abcd	۰/۷۹۴ abcd	۱/۱۵۶ abcd	۲/۷۱۵abc
۱۵	۶/۳۹۴ cdefg	۴/۴۵۷ d	۵/۴۲۶ghi	۵/۳۳۹ fgh	۰/۵۴۲ abcd	۱/۰۲۷ abcd	۱/۹۳۷abc
۱۶	۷/۶۳۱ abcde	۴/۸۵۰ bcd	۶/۲۴۰ cdefg	۶/۰۸۳ cdef	۰/۷۰۴abc	۱/۲۳۵ abc	۲/۷۸۱abc
۱۷	۸/۰۳۹ abc	۴/۶۰۷ bcd	۶/۳۲۳bcdef	۶/۰۸۶ bcef	۰/۷۰۴a	۱/۴۴۷ a	۳/۴۳۲c
۱۸	۷/۴۷۵ abcde	۴/۹۳۶ abcd	۶/۲۰۶ cdefg	۶/۰۷۴ cdef	۰/۷۰۲ abcd	۱/۱۵۱ abcd	۲/۵۳۹abc
۱۹	۶/۷۴۷ bcdef	۵/۱۲۵ abcd	۵/۹۳۶ defgh	۵/۸۸۰ cdefg	۰/۶۵۸bcde	۰/۸۱۵ abcde	۱/۶۲۳abc
۲۰	۸/۴۷۸ a	۵/۹۳۲ a	۷/۲۰۵a	۷/۰۹۲ a	۰/۹۵۷ abcd	۱/۰۱۸ abcd	۲/۵۴۵abc
۲۱	۷/۳۸۹ abcde	۵/۳۹۶ abcd	۶/۳۹۲abcdef	۶/۳۱۴ abcde	۰/۷۵۸ abcd	۰/۹۱۴ abcde	۱/۹۹۳abc
۲۲	۷/۷۹۷ abcd	۵/۱۴۴ abcd	۶/۴۷۰ abcdef	۶/۳۳۳ abcde	۰/۷۶۳ abcd	۱/۱۵۴abcd	۲/۶۵۴abc
۲۳	۸/۰۱۷ abc	۵/۳۲۶ abcd	۶/۶۷۱ abcd	۶/۵۳۴ abcd	۰/۸۱۲ abcd	۱/۱۳۸abcd	۲/۶۹۱abc
۲۴	۸/۶۴۲ a	۵/۶۲۹ ab	۷/۱۳۵ ab	۶/۹۷۵ ab	۰/۹۲۵ abcd	۱/۱۸۲abcd	۳/۰۱۳bc
۲۵	۵/۰۲۲ g	۴/۵۰۷ cd	۴/۷۶۵i	۴/۷۵۸ h	۰/۴۳۱bcde	۰/۳۴۸ e	۰/۵۱۵abc

MP : شاخص میانگین حسابی بهره‌وری
STI : شاخص تحمل به تنش
TOL : شاخص تحمل
Y_S : عملکرد در شرایط تنش
Y_p : عملکرد در شرایط بدون تنش
GMP : شاخص میانگین هندسی بهره‌وری SSI : شاخص حساسیت به تنش

شاخص‌های MP و GMP نشان داد که بالاترین شاخص‌ها مربوط به لاین های۲۰ و ۲۴ بود. مقایسه‌های میانگین شاخص‌های STI و SSI نشان داد که لاین ۱۷ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. در مورد شاخص TOL لاین‌های ۵ و ۷ نسبت به سایر لاین‌ها برتر بودند .

مقادیر شاخص های مقاومت به خشکی برای ۲۵ لاین پیشرفته جو در جدول (۳) ارائه گردیده‌اند که لاین‌های ۱، ۹، ۱۴، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴ با توجه به شاخص‌های مقاومت به خشکی برتر از سایر لاین‌ها بودند. در تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی طبق نظر فرناندز (۲۰)، شاخصی که دارای همبستگی معنی دار و بالایی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش باشد و از طرفی بر اساس نوع همبستگی باعث افزایش عملکرد شود، می‌تواند به عنوان بهترین شاخص معرفی شود. بر این اساس شاخص‌های STI، GMP و MP همبستگی مثبت و بسیار معنی داری با عملکرد دانه در شرایط تنش نشان دادند و شاخص‌های GMP و MP همبستگی مثبت و بسیار معنی داری با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش داشتند و به عنوان بهترین شاخص ها معرفی شدند (جدول۴).

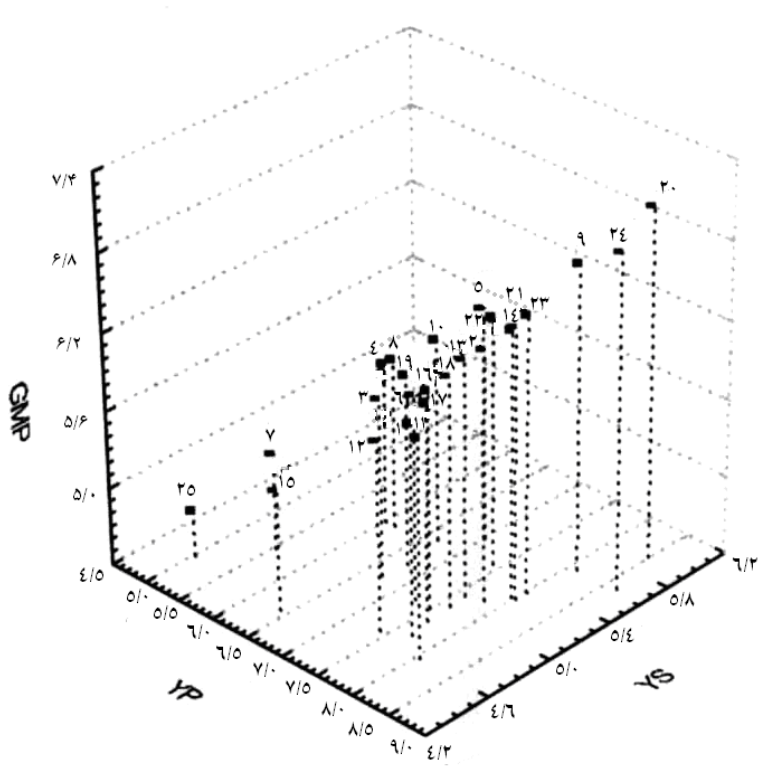
برای تعیین لاین‌های مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط از نمودار سه بعدی (شکل های ۱ و ۲) استفاده شد. در بررسی شکل‌ها ملاحظه شد که لاین‌های شماره ۲۰، ۲۴ و ۹ در هر دو نمودار در گروه A که نشان‌دهنده عملکرد بالا در دو محیط تنش و بدون تنش است، قرار گرفته‌اند و این لاین‌ها دارای STI، GMP و MP متوسط تا بالایی بودند که سودمندی این شاخص‌ها را در جدا نمودن متغیرهای گروه A از گروه‌های دیگر (B، C و D) مشخص نمود.

برای این که روابط بین ژنوتیپ‌ها و تمام شاخص‌های مقاومت به خشکی را در یک شکل واحد نشان دهیم، ابتدا برای لاین‌ها و شاخص‌های مقاومت به خشکی (جدول ۳) تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات داده‌ها توسط دو مولفه بیان می‌شود (۹۹/۸۴) (جدول ۵). مولفه اول دارای ضرایب مثبت و بالا برای عملکرد در شرایط بدون تنش (y_p) و برای شاخص‌های TOL و SSI مقادیر پایین است و با توجه به این که مقادیر کم شاخص‌های TOL و SSI مطلوب است، پس اگر میزان مؤلفه اول افزایش یابد لاین‌هایی که دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش با TOL و SSI پایین هستند انتخاب می‌شوند. این مؤلفه که به تنهایی ۷۷/۴۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می کند، مؤلفه تحمل به خشکی نام نهاده شد که هر چه مقدار آن بیشتر باشد بهتر است. مولفه دوم که ۲۲/۴ از تغییرات واریانس را شامل می‌شود، برای عملکرد در شرایط تنش و شاخص های STI، GMP وMP ضرایب منفی و برای شاخص TOL و SSI ضرایب مثبت دارد. بنابراین مؤلفه شاخص حساسیت به تنش نامیده می‌شود. با توجه به این که مقادیر بالای شاخص‌های GMP STI و MP و مقادیر کم شاخص TOL و SSI مطلوب می‌باشد، بنابراین اگر از میزان مولفه دوم کاسته شود، لاین‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای STI، GMP و MP بالا و TOL، SSI پایین و عملکرد بالایی در شرایط تنش خواهند بود با توجه به این مهم که مقادیر بالای شاخص‌های SSI و TOL مطلوب نمی‌باشد، بنابراین اگر از میزان مؤلفه دوم کاسته شود، مطلوب‌تر است و لاین‌های با پتانسیل بالاتر در محیط تنش انتخاب می‌شوند. از آنجایی که مولفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد که مولفه دوم آنها را شامل نمی گردد و بالعکس، دو مولفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مولفه توسط نقاطی در سطح نمودار مشخص نمود. از طرف دیگر می توان وزنی را که هر شاخص در مولفه اول و دوم

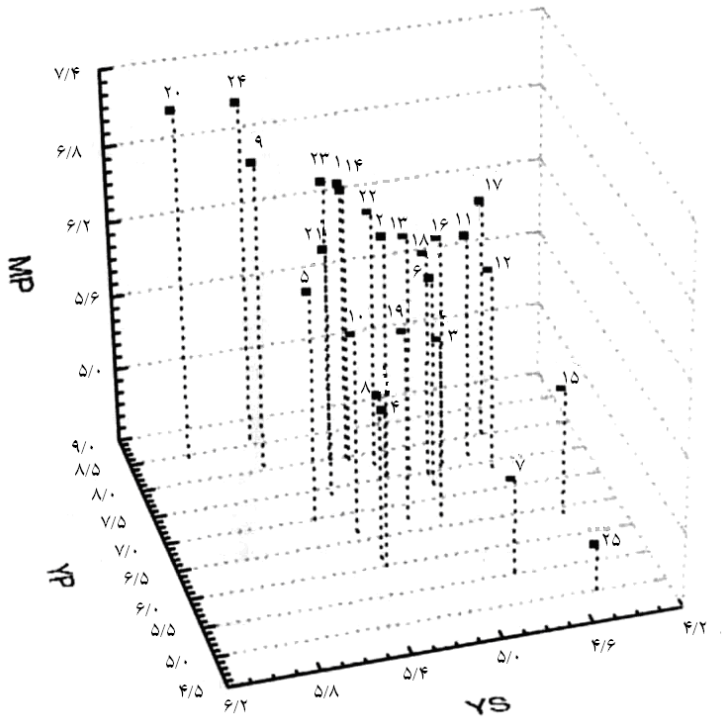
جدول ٤ ـ ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش

	Y_S	SSI	TOL	MP	GMP	STI
Y_P	۰/٤۳۱*	۰/۸٤٦**	۰/۹۱۱**	۰/۹٥٤**	۰/۹۲۳**	۰/۹۱٤**
Y_S	۱	۰/۱۰٦ns	۰/۰۲۲ns	۰/٦۸۳**	۰/۷٤٤**	۰/۷٥٥**
SSI		۱	۰/۹۸٦**	۰/٦٤۹*	۰/٥۸۲**	۰/٥٦۱**
TOL			۱	۰/۷٥٤**	۰/٦۸۳*	۰/٦٦۹**
MP				۱	۰/۹۹٦**	۰/۹۹۲**
GMP					۱	۰/۹۹۸**

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱٪ و ns بدون معنی



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



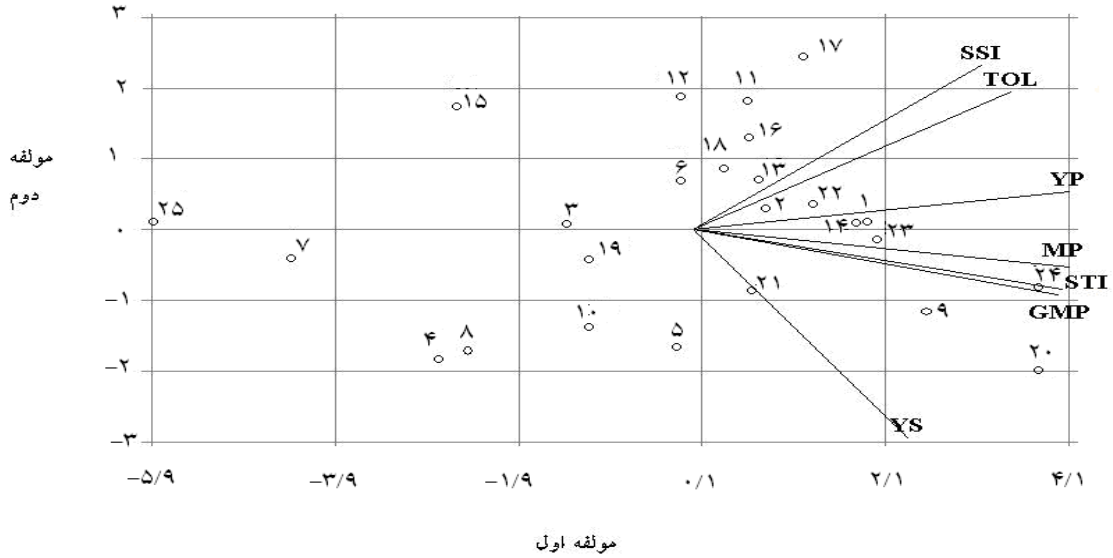
شکل ۲- نمودار سه بعدی جهت تعیین لاین‌های مقاوم به خشکی بر اساس شاخصMP

جدول ۵ ـ مقادیر ویژه و بردارهای ویژه حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مقاومت به خشکی

مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد مقادیر ویژه	درصد تجمعی	Y_P	Y_S	SSI	TOL	MP	GMP	STI
۱	۵/۴۲۰	۷۷/۴۳	۷۷/۴۳	۰/۴۲	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۱
۲	۱/۵۶۸	۲۲/۴۰۷	۹۹/۸۴۲	۰/۱۲	-۰/۶۶	۰/۵۲	۰/۴۳	-۰/۱۲	-۰/۱۹	-۰/۲۰

دارد، به ضرایب همبستگی تبدیل نمود و در انتها 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 طوری که بین خطوط زاویه کمتر از ۹۰ درجه نشان دهنده همبستگی مثبت و بیشتر از ۹۰ درجه نشان دهنده همبستگی منفی است. حال اگر دو نمودار حاصل از نظر مقیاس هم ارز شده و بر یکدیگر منطبق گردند، اطلاعات حاصل از هر یک را بر اساس مولفه اول و مولفه دوم می‌توان یک‌جا به صورت بای‌پلات [1] نمایش داد (شکل ۳) به طوری که لاین‌ها در درون چهار ناحیه مشخص قرار گرفته که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش آنها

1- Biplot



شکل ۳- نمایش بای‌پلات لاین‌های پیشرفته جو با شاخص‌های تحمل به خشکی براساس اولین و دومین مولفه‌اصلی

است. با توجه به این که 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 ۵، ۹ ، ۲۰ ، ۲۱ و ۲۴ است و نقطه مقابل این ناحیه شامل لاین‌هایی با عملکرد پایین و حساسیت پایین به خشکی است. با توجه به این که لاین شماره ۲۰ با شجره ... / Mari جزو لاین‌های انتخابی بر اساس بهترین شاخص‌ها (GMP و STI) بوده و از طرفی در ناحیه مطلوب بای‌پلات نیز قرار گرفته است، 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 در شرایط تنش (Y_s)، شاخص‌های TOL و SSI همبستگی بالا و منفی با عملکرد دانه و در شرایط بدون تنش همبستگی مثبتی با عملکرد دانه دارند. همین طور شاخص‌های STI ، GMP و MP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت دارند و دو شاخص STI وGMP به عنوان بهترین شاخص‌ها، همبستگی مثبت بسیار بالایی با هم دارند. فرناندز (۲۰) و مظفری (۱۱) نیز شاخص STI و GMP را به عنوان شاخص های مقاومت به خشکی معرفی کرده اند.

ایزانلو (۲) به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی، طی تحقیقی بر روی ارقام تجارتی سویا دریافت که به طور کلی اکثر صفات مورد بررسی نسبت به خشکی عکس العمل منفی نشان می‌دهند که در این میان عملکرد دانه نسبت به دیگر صفات آسیب بیشتری می‌بیند. وی همچنین دریافت که از میان شاخص‌های مقاومت به خشکی دو شاخص STI و GMP در جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از سایر ژنوتیپ‌ها موفق تر می‌باشند. بر اساس تحقیق بهاری بر روی بیست ژنوتیپ گندم در شرایط تنش و بدون تنش بهترین شاخص‌ها (GMP و STI) معرفی شدند (۱۵). دستباری[1] (۱۷) تعداد دوازده ژنوتیپ پیشرفته جو را در سال ۱۳۸۶ بررسی نمود و از بین

1- Dastbari

شاخص‌های تحمل به خشکی، شاخص‌های STI، GMP و MP را توصیه کرد. بهاری تجزیه مسیر برای پانزده ژنوتیپ گندم دوروم انجام داد و انتخاب براساس صفات تعداد دانه در متر مربع و وزن هزاردانه را برای شرایط تنش پیشنهاد کرد (۱۶). اوبر و همکاران[1] (۲۵) چهل ژنوتیپ چغندرقند را بررسی کرد و برای شناسایی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش صفات پتانسیل عملکرد و شاخص تحمل به خشکی (DTI) را بیان نمود. پیشنهاد می‌گردد به منظور حذف اثر سال، آزمایش در چند سال و در چند مکان تکرار گردد و همچنین استفاده از تعداد بیشتر ژنوتیپ در آزمایش توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

در پایان از تمام همکاران و دوستان گرامی به خصوص از رییس بخش تحقیقات جو موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج جناب آقای مهندس یوسفی که در انجام این طرح ما را یاری نمودند تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱. اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم . مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج. صص ۴۳-۶۲.

۲. ایزانلو، ع.، زینالی خانقاه، ح.، حسین‌زاده، ع و مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۱. تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ارقام تجارتی سویا ، چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران – کرج ، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، صص ۵۵۳-۵۵۴.

۳. پرویزی آلمانی، م. ۱۳۷۷. بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی برای صفات مهم چغندر قند. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج. ص ۲۵۸.

۴. خدابنده، ن. ۱۳۸۲. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه تهران. ص ۲۸۲.

۵. راشد محصل، م.، حسنی، ح، م.، عبدی، م. و ملافیلابی، ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات (ترجمه). انتشارات جهاد کشاورزی مشهد، ص ۴۰۶.

۶. سرمد نیا، غ. ح و کوچکی، ع. ر. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد چاپ دوم، ص۴۶۷.

۷. سمیع زاده لاهیجی، ح. ۱۳۷۵. بررسی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات کمی و همبستگی آنها با عملکرد نخود سفید. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز، ص۱۳۲.

۸. سنجری، الف، ق. ۱۳۷۷. ارزیابی منابع متحمل به تنش خشکی و پایداری عملکرد ارقام و لاین های گندم در منطقه نیمه خشک کشور. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. کرج، صص ۲۴۳-۲۴۴.

1- Ober *et al.*

۹. صبا، ج. ۱۳۷۹. وراثت شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی و صفات مرتبط با آن در گندم . رساله دکترای اصلاح‌نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ص ۱۱۲.

۱۰. فرشادفر ع. ۱۳۸۴. اصول و روش‌های آماری چند متغیره. انتشارات طاق بستان چاپ دوم، ص ۷۵۲.

۱۱. مظفری، ک. ۱۳۷۴. تجزیه عاملی در آفتابگردان تحت شرایط تنش آبی و شرایط عادی. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشگاه تهران، ص ۱۵۲.

۱۲. نورمحمدی، ق.، سیادت، ع، و کاشانی، ع. ۱۳۷۷. زراعت غلات جلد اول. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۴۴۶.

۱۳. نورمند موید، ف.م. رستمی، ع. و طالعی، م.۱۳۸۰. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم و فنون‌کشاورزی ایران شماره ۲، صص ۸۱ –۸۸.

۱۴. نیکخواه، ح.ر. ۱۳۸۱. ارزیابی و مطالعه وراثت پذیری مقاومت به خشکی در گندم نان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج، ص ۱۵۵.

15. Bahari, M., Bahari, R., and Hossinpour, T. 2008. Assessment of drought tolerance in different bread wheat genotypes. Nith International Dry land Development, pp: 48-49.

16. Bahari, M., Syiadat, A., Alami, K., and Hosseinpour. T. 2008. Correlation and path analysis for some agronomic traits in wheat genotypes. Nith International Dry land Development, pp: 55-56.

17. Dastbari, A. Ghaffari., and Roustaii. 2008. Study of drought tolerance in bread wheat genotypes under different moisture levels. Nith International Dry land Development, pp: 49-50.

18. Dofing, S.M., Berke, T.G., Baenziger, P.S., and Kinght, C.W. 1992. Yield and yield component response of barley in subartic and temperate environments . Can. Journal of plant science, 72: 663 –699.

19. Edmeades, G.O., Bolanos, J., and Ficher, R.A. 1989. Traditional appoaches to breeding for drought resistnce in cereals . In: Baker, F.W.G. (ed), Drought resistance in cereals *C.A.B.International* , pp: 27-52.

20. Fernadez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant steress tolerance. In proceeding of the symposium Tiwan, 13-16 Aug. 1992. By. G.kuo. AVRDC.

21. Fisher, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars . 1. Grain yield responses . Aust. Journal of Agriculture Research, 29: 897 –912.

22. Gibbs, W.J. 1975. Drought: its definition, delineation and effects. Special Environement Report. 5: 1 – 39. World Meterological Organization, Geneva, Switzerland..

23. Johanson. R.C., and Kanemasu, E.T. 1982. The influence of water availability on water wheat yield. Can. Journal of plant. Scicenc, 62 : 831-844.

24. Kramer, P.J. 1983. Water relation of plant. *Academic press* , pp: 342 – 415.

25. Ober, E.S., Clark, C.J.A., Bloa, M.L., Royal, A., Jaggard, R.W., and Pidogeon, D. 2004. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of divers genotypes under droughted and irrigated conditions. Field crop Research, pp:1-21.

26. Rosielle, A.A., and Hambelen, J. 1981. Theorical aspect of selection for yield in steress and nonsteress environment .*Crop sci*. 21. p: 934-946.

27. Viets, F.G. 1977. Effective drought control for successful dry land agriculture. CSSA special publication number 2.crop science America. Madison. Wisconsis ,pp: 57-76.