

شناسایی ژنوتیپ های برتر متحمل خشکی جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از شاخص های تحمل به تنش

Identification of drought tolerant barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using drought tolerance indices

محمد شریفی الحسینی^{۱*}، مجید طاهریان^۲

۱. استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، مشهد (نویسنده مسئول)
۲. استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/AJ.2019.121794.1293

چکیده

شریفی الحسینی، م، طاهریان، م، شناسایی ژنوتیپ های برتر متحمل خشکی جو (*Hordeum vulgare* L.) با استفاده از شاخص های تحمل به تنش نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۴ - پایاند ۱۲۱ زمستان ۹۷: ۹۰-۱۰۵

خشکی حدود ۴۰ تا ۶۰٪ اراضی کشاورزی دنیا را تحت تاثیر قرار می دهد. ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی متر در زمره مناطق خشک و نیمه خشک دنیا قرار دارد. به منظور شناسایی بهترین شاخص های تحمل تنش و انتخاب برترین ژنوتیپ های جو، این مطالعه به صورت دو آزمایش مجزا (یکی در شرایط آبیاری نرمال و دیگری قطع آبیاری بعد از ۵۰ درصد سنبله دهی) روی ۲۰ ژنوتیپ برتر جو در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد انجام گرفت. شاخص های تحمل و تنش GMP, STI, SSI, TOL, YI, YSI, RDI, MP با استفاده از میانگین دو ساله عملکرد محاسبه شدند. نتایج نشان داد در شرایط بدون تنش ۹ ژنوتیپ دارای عملکرد بالای ۶ تن در هکتار بودند که از جمله آنها می توان به ژنوتیپ های شماره ۱۵ (Makouee/C.C89//Rihane's"/3/Roho/Mazurka)، ۶ (YEA 38903/6) (NC86/INTseg07) و ۹ (YEA475.4//73M4-30/3/Ceres//WI2192/Emir/3/Karoon) اشاره کرد. همچنین در شرایط تنش ژنوتیپ های شماره ۲۰ (Rhn-03//L.527/NK1272)، ۱۳ (Beecher/NACC4001-13) (YEA 38903/YEA475.4//73M4-30/3/Ceres//WI2192/Emir/3/Karoon) بیشترین عملکرد را دارا بودند بررسی همبستگی بین شاخص ها و عملکرد دانه در دو محیط تنش و بدون تنش با استفاده از نمودار بای پلات، نشان داد که شاخص های GMP، STI و YI بهترین شاخص ها جهت شناسایی ژنوتیپ های برتر در دو محیط آزمایش بودند. همچنین بر اساس چند ضلعی GIBiplot لاین های ۶، ۲۰ و ۱۵ برترین ژنوتیپ ها در هر دو شرایط آزمایش شناخته شدند. بررسی هم زمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ ها با استفاده از GGEbiplot بر اساس عملکرد دانه در مجموع دو شرایط نیز نشان داد که ژنوتیپ های ۶، ۲۰ و ۱۵ با داشتن عملکرد و پایداری بالا بهترین ژنوتیپ ها بودند. لاین شماره ۶ در بای پلات تعیین ژنوتیپ ایده آل به عنوان ژنوتیپ برتر در مجموع دو شرایط آزمایش شناخته شد.

واژه های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، جو، تحمل خشکی، GIBiplot، GGEbiplot

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: Sharif.m2000@yahoo.com

مقدمه

یافت (Greenway & Munns, 1980; Munns) اگر چه جو نسبت به سایر غلات به تنش خشکی مقاوم‌تر می‌باشد، با وجود این، در دوره رشد و نمو خود در دو مرحله ساقه رفتن و تشکیل دانه نسبت به کمبود آب حساس است و تنش خشکی در این مراحل منجر به کاهش عملکرد آن می‌شود (Nor Mohammadi *et al.*, 2001). بنابراین شناخت ساز و کارهای تحمل خشکی به خصوص در مناطق خشک برای حصول عملکرد مناسب ضروری به نظر می‌رسد تا با اعمال مدیریت صحیح در منابع (آبی، گیاهی و ...) و کاهش هزینه‌های تولید گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد، نیازهای روزافزون جمعیت رو به رشد جهانی تامین گردد (Panthuwan *et al.*, 2002).

مستقیم‌ترین معیار برای ارزیابی پاسخ به تنش‌های محیطی میزان عملکرد می‌باشد. از آنجایی که ساز و کارهای اساسی ژنتیکی برای عملکرد دانه و زیست‌توده تحت تاثیر محیط می‌باشند، اصلاح برای ارتقای صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی دارای توارث‌پذیری بالا که در عملکرد موثر هستند، اهمیت خاصی در برنامه‌های به‌نژادی دارد (Ashraf *et al.*, 2006; Richards *et al.*, 2001). علیرغم تحت تاثیر قرار گرفتن عملکرد دانه توسط محیط، این صفت به عنوان یک شاخص ارزیابی سودمند در پاسخ غلات به تنش‌های محیطی می‌باشد. در محیط‌های خیلی سخت (با تنش شدید) عملکرد کل زیست‌توده شاید شاخص مناسب‌تری برای بیان تحمل تنش در

خشکی حدود ۴۰ تا ۶۰٪ اراضی کشاورزی دنیا را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Bray, 2002). ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک و نیمه خشک دنیا قرار می‌گیرد. در این مناطق به علت کمبود آب، مطالعات مربوط به تنش خشکی امروزه بخش وسیعی از مطالعات به‌نژادی را به خود اختصاص داده است و باعث توجه بیشتری به بررسی اثرات تنش خشکی و ایجاد ارقام پایدار متحمل خشکی شده است. تحمل خشکی می‌تواند به وسیله شناسایی صفاتی که اثر مهمی روی عملکرد دارند و عوامل ژنتیکی کنترل کننده آنها مطالعه شود. به این منظور گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) به عنوان یک گیاه با مدل ژنتیکی ساده که دارای سازگاری مناسب به چندین تنش غیر زنده از جمله خشکی می‌باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Ceccarelli, 1987). جو چهارمین غله مهم دنیا بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mize L.*) و برنج (*Oriza sativa* L.) (Schulte *et al.*, 2009) و دومین غله بعد از گندم در ایران از نظر تولید و مصرف است. در حدود دو سوم از کل جو دنیا برای تغذیه دام استفاده می‌شود. مابقی آن (یک سوم) برای استفاده در صنعت مالت و نوشابه‌سازی و تولید الکل به کار می‌رود (Schulte *et al.*, 2009).

دانشمندان اعتقاد دارند که با رو به افزایش بودن درجه حرارت زمین و مشکلات ناشی از تغییرات آب و هوا کشت و کار جو، به علت سازگاری بسیار خوب آن به شرایط آب و هوایی سخت و خشن گسترش بیشتری خواهد

که عملکرد نسبتاً خوبی فقط در محیط تنش دارند (گروه C) و ۴- ژنوتیپ‌هایی که تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش از عملکرد ضعیفی برخوردارند (گروه D).

شاخص دیگری به عنوان (RDI) relative drought index توسط (Fischer *et al.*, 1979) معرفی شد. شاخص پایداری عملکرد (YSI) نیز توسط بوسلاما و چاپاق (Buslama & Schapaugh 1984) محاسبه و پیشنهاد گردید. این شاخص برای ژنوتیپ فرضی به صورت نسبت عملکرد دانه تحت شرایط تنش به عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش محاسبه می‌گردد. ژنوتیپ‌های با YSI بالا انتظار می‌رود که عملکرد بالایی تحت شرایط تنش و عملکرد پایینی تحت شرایط بدون تنش داشته باشند (Mohammad *et al.*, 2010). از SSI برای ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم استفاده شد و مشخص شد که تنوع سال به سال در SSI برای ژنوتیپ‌ها و الگوی رتبه بندی‌شان وجود داشت (Clark *et al.*, 1992). در پژوهشی دیگر از شاخص SSI در ارقام گندم بهاره استفاده شد و پیشنهاد شد که SSI بیشتر از ۱ حساسیت به تنش خشکی بالای میانگین نشان داد (Gutteri *et al.*, 2001).

به طور کلی، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند. زیرا این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. علاوه بر این شاخص‌ها، توجه به جنبه‌های دیگر تحمل به خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

مقایسه با عملکرد دانه باشد (Ceccarelli & Grando, 1996). هدف از تهیه ژنوتیپ‌های متحمل خشکی، ژنوتیپ‌هایی بوده که به طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط محیطی یکسان افت عملکرد کمتری را حاصل نمایند. برای انتخاب گیاهان بر اساس عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها عملکرد گیاه را در دو محیط تنش و بدون تنش در بر می‌گیرند (Fernandez, 1992).

تحمل تنش (TOL) به صورت تفاوت عملکرد بین محیط‌های تنش (Ys) و بدون تنش (Yp)، و میانگین تولید (MP) به صورت میانگین عملکرد تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) تعریف شده است (Rosielle & Hamblin, 1981). میانگین هندسی تولید (GMP) اغلب توسط به‌نژادگران علاقمند به تظاهر نسبی به کار می‌رود، به علت این که تنش می‌تواند در محیط مزرعه و در طی سال‌های مختلف از نظر نوع و شدت متغیر باشد (Ramires & Kelly, 1998). یک شاخص پیشرفته جدید (STI = Stress Tolerance Index)، توسط فرناندز، Fernandez (1992) تعریف شده است که می‌تواند برای تشخیص ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش تولید می‌کنند، استفاده شود. او ژنوتیپ‌ها را بر اساس تظاهر عملکردشان در محیط تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم نمود: ۱- ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در هر دو محیط‌های تنش و بدون تنش تولید می‌کنند (گروه A)، ۲- ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا فقط در محیط بدون تنش (گروه B)، ۳- ژنوتیپ‌هایی

(جدول ۲) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو شرایط (آبیاری نرمال و قطع آبیاری بعد از ۵۰ ± سنبله‌دهی) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق به مدت دو سال مورد مطالعه قرار گرفتند. هر ژنوتیپ در دو پشته در شش خط به طول شش متر کشت و مورد مطالعه قرار گرفت. تهیه زمین و عملیات کاشت بر اساس عرف اجرای آزمایش‌های غلات انجام شد، بدین‌گونه که پس از شخم و دیسک و تسطیح، ردیف‌هایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر احداث و کشت لاین‌ها به وسیله ماشین کاشت مخصوص انجام شد. کود مصرفی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) با فرمول (۵۰ ± ۹۰ ± ۹۰) بود که کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) و کود فسفره از فسفات آمونیم DAP به صورت پایه و کود نیتروژنه از منبع اوره $(NH_2)CO_2$ در دو نوبت پایه و سرک به مصرف رسید. کود نیتروژنه سرک به میزان صد کیلوگرم در مرحله ابتدای تولید شدن ساقه مصرف شد. میزان بذر مصرفی در هر کرت بر اساس ۳۵۰ دانه در هر متر مربع، با توجه به وزن هزار دانه ارقام انجام شد. آبیاری به صورت نشتی بوده و برای هر دو آزمایش یک آبیاری پاییزه (خاک آب) صورت گرفت. در بهار پس از رفع یخبندان در آزمایش با آبیاری کامل سه تا چهار نوبت آبیاری با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی انجام گرفت، در حالی که در آزمایش تحت تنش آبی پس از ظهور ۵۰ ± سنبله‌ها آبیاری قطع شد. شایان ذکر است که در هر دو سال اجرای آزمایش تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌ها بعد

در مطالعه‌ای که روی تعدادی از ارقام بومی و پیشرفته گندم بهاره در محیط‌های تحت تنش توسط (Ehdaie et al., 2008) انجام شد مشخص شد که همبستگی بین شاخص حساسیت (SSI) با عملکرد تحت تنش (Ys)، شاخص برداشت (HI)، وزن هزاردانه، تعداد دانه در خوشه منفی و معنی‌دار بود. این نشان می‌دهد گزینش برای هر یک از این صفات در شرایط تنش باعث کاهش حساسیت به تنش می‌شود. در مطالعه انجام شده توسط نیکخواه و دهقانی (Nikkhah & Dehghani, 2014) مشخص شد که شاخص‌های GMP و STI شاخص‌های مناسبی می‌باشند و می‌توانند به عنوان معیاری مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب تحت شرایط تنش خشکی در نظر گرفته شوند. در یک پژوهش که توسط طاهریان و همکاران (Taherian et al., 2017) روی ۱۶ ژنوتیپ جو تحت تنش خشکی، تنش شوری و شرایط بدون تنش انجام شد، مشخص شد در شرایط تنش شوری تنها STI قادر به تشخیص ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود. هنگامی که تنش ملایم بود (تنش خشکی) MP، YI، GMP، STI و DI برای تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل در هر دو شرایط تنش و بدون تنش مفیدتر بودند.

هدف از این پژوهش دستیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های جو مناسب کشت در شرایط تنش خشکی انتهای فصل و تعیین مناسب‌ترین معیار انتخاب در شرایط تنش خشکی در شهرستان مشهد بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد ۲۰ ژنوتیپ جو

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physicochemical properties of soil at the experimental site

Soil sampling depth (cm)	الکتریکی pH	آلی الکتریکی EC(ds/m)	T.N.V	O.C	Sand	Silty	Clay	N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
			ppm											
0-30	7.8	1.99	19.7	0.8	32	43	25	0.28	15.6	337	4.84	12.58	2.4	2.32

می باشد.

تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین ژنوتیپ ها به روش دانکن با برنامه SAS9.1.3 و تجزیه های بای پلات با استفاده از نرم افزار GEA-R انجام شد.

نتایج و بحث

به منظور بررسی وضعیت عملکرد ژنوتیپ ها در محیط ها و سال های مختلف، تجزیه واریانس مرکب داده های حاصل از دو محیط و دو سال انجام شد. نتایج بدست آمده از تجزیه مرکب عملکرد دانه نشان داد که اثرات محیط، سال، سال × محیط، ژنوتیپ، ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ × سال اختلاف معنی دار داشتند (جدول ۳). معنی دار بودن اثر ژنوتیپ نشان دهنده اختلاف ژنتیکی در بین ژنوتیپ های مورد بررسی می باشد. با توجه به معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط می توان استنباط کرد که عملکرد ژنوتیپ ها در دو محیط مختلف در نوسان بوده و ژنوتیپ ها دارای سازگاری خصوصی با محیط های مورد بررسی می باشند.

مقایسه میانگین مرکب ژنوتیپ ها در شرایط تنش نشان داد که ژنوتیپ های شماره ۲۰، ۱۳، ۶ و ۱۶ بیشترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب ژنوتیپ ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در شرایط

از این مرحله بارندگی واقع نشد. عملکرد دانه ژنوتیپ ها بر اساس برداشت از مساحت کل کرت محاسبه شد. شاخص های تحمل تنش با استفاده از میانگین دو ساله عملکرد در هر محیط از طریق روابط زیر محاسبه شدند

$$1) SSI = \frac{1 - (Y_s/Y_p)}{1 - (\bar{Y}_s/\bar{Y}_p)} \text{ (Fischer \& Maurer, 1978)}$$

$$2) RDI = (Y_s/Y_p) / (\bar{Y}_s/\bar{Y}_p) \text{ (Fischer et al., 1979)}$$

$$3) TOL = Y_p - Y_s \text{ (Rosielle \& Hamblin, 1981)}$$

$$4) MP = \frac{Y_s + Y_p}{2} \text{ (Rosielle \& Hamblin, 1981)}$$

$$5) STI = \frac{Y_s \times Y_p}{\bar{Y}_p^2} \text{ (Fernandez, 1992)}$$

$$6) GMP = \sqrt{(\bar{Y}_p)(Y_s)} \text{ (Fernandes, 1992)}$$

$$7) YI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \text{ (Guvuziet al., 1997)}$$

$$8) YSI = \frac{Y_s}{Y_p} \text{ (Bousslama \& Schapaugh, 1984)}$$

در فرمول های فوق Y_s ، Y_p ، \bar{Y}_s ، \bar{Y}_p

به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش، عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش، میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط تنش و میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش

جدول ۲- شجره ژنوتیپ‌های جو مورد بررسی

Table 2. Pedigree of the studied barley genotypes

شجره Pedigree	ژنوتیپ Genotype
TWWd85-37/Kavir (EC82-6) (check)	1
L.527/Hortland//ICNB93-328	2
L.527/MB2367//Alger/3/AS46/Athsza	3
L.527/MB2367//((CI7117-9/DeirAlla106)/3/Bahtim 7DL(Mza-Gva)	4
Ceres//WI2192/Emir/3/Karoon/4/Rojo	5
YEA 38903/YEA475.4//73M4-30/3/Ceres//WI2192/Emir/3/Karoon	6
Sadik-02//GEO-ICB-123239/Cetin2000	7
Sadik-02*2//Radical/PA8444-78	8
NC86/INTseg07	9
Grecal//Sonata/Arta	10
Sutter/Alanda	11
Afzal/3/Torsh/9cr.279//Bgs	12
Beecher /NACC4001-59-80	13
L.1242/Hesk//Alger(CI10117/Choyo...)	14
Makouee/C.C89//Rihane"s"/3/Roho/Mazurka	15
Comp89-9Cr-279-07/Atem//((Alpha/HC1905//Robur)/3/.../(Mola/Sillo//Cino)CMB92-392	16
Alger/(CI10117/Choyo...)/ICNB93-328	17
L.527/MB2367//((CI7117-9/DeirAlla106)/3/Beecher	18
Robur/WA2196-68//DoNor/3/Rhn-03//L.527/NK1272/5/L.527/Chn-01/4/.../(As46/Aths//Slb-100)	19
(Rhn-03//L.527/NK1272 -(EDBYT82-9)	20

(Gabriel, 1971) و روش چند متغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی، روش نوین GGE بای پلات معرفی شد (Yan *et al.*, 2000). بای پلات GI یک کاربرد از تکنیک GGE بای پلات است و می‌تواند در مطالعه داده‌های ژنوتیپ-شاخص (GI) استفاده شود. این بای پلات ابزار مفیدی برای بررسی روابط بین شاخص‌ها، ارزیابی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های متعدد و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در شاخص خاص می‌باشد. در تجزیه بای پلات، دو مولفه اصلی در مجموع ۹۹/۹۷ درصد از تغییرات را توجیه نمودند (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۱ و جدول ۴

بدون تنش نشان داد که ۹ ژنوتیپ عملکرد بالای ۶ تن داشتند که از جمله آنها می‌توان به ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۶ و ۹ اشاره کرد (جدول ۳).

ارزیابی ژنوتیپ‌ها در بین شاخص‌ها با

استفاده از GIBiplot

ابتدا شاخص‌های مختلف تحمل تنش با استفاده از میانگین دو ساله عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر محیط محاسبه گردید و سپس از روش گرافیکی GIBiplot جهت ارزیابی همزمان ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل تنش استفاده شد. با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای پلات

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در دو سال و دو محیط آزمایشی

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield in two years and two environments

میانگین مربعات MS	درجه آزادی df	منبع تغییرات S.O.V
12.67**	1	سال Year (Y)
255.2**	1	محیط Environment (E)
4.52**	1	محیط × سال Y×E
1.34	8	تکرار / (محیط × سال) Rep/(Y×E)
1.89**	19	ژنوتیپ Genotype
0.865*	19	ژنوتیپ × محیط G×E
1.47	19	ژنوتیپ × سال G×Y
0.463**	19	ژنوتیپ × محیط × سال G×E×Y
0.495	152	خطا Error

** و * : به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد n.s غیر معنی دار

ns: non –significant, *, ** significant at $\alpha=0.05$ and $\alpha=0.01$, respectively

جدول ۴- میانگین دو ساله عملکرد دانه و شاخص های تحمل ژنوتیپ ها در دو شرایط تنش و بدون تنش

Table 3. Two-year means for yield and tolerance indices of genotypes under stress and non-stress conditions

ژنوتیپ Genotype	عملکرد بدون تنش Yp	عملکرد در تنش Ys	میانگین بهره وری MP	میانگین هندسی GMP	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص تحمل TOL	شاخص حساسیت SSI	شاخص خشکی نسبی RDI	شاخص عملکرد YI	پایداری عملکرد YSI
1	5.977 ^{a-c}	3.883 ^{a-c}	4.931	4.819	0.67	2.094	1.065	0.968	0.983	0.65
2	6.163 ^{a-d}	4.341 ^{a-c}	5.253	5.173	0.772	1.823	0.899	1.05	1.099	0.704
3	6.090 ^{a-d}	3.805 ^{a-c}	4.948	4.814	0.669	2.286	1.14	0.931	0.963	0.625
4	5.406 ^{c-c}	3.872 ^{a-c}	4.64	4.576	0.604	1.533	0.862	1.068	0.98	0.716
5	5.432 ^{c-c}	3.684 ^{b-c}	4.558	4.473	0.577	1.748	0.978	1.011	0.933	0.678
6	6.648 ^{ab}	4.581 ^{ab}	5.616	5.52	0.879	2.067	0.945	1.027	1.16	0.689
7	5.767 ^{a-e}	4.055 ^{a-d}	4.911	4.836	0.675	1.712	0.902	1.048	1.027	0.703
8	5.759 ^{b-c}	3.273 ^{d-f}	4.517	4.342	0.544	2.485	1.311	0.847	0.829	0.568
9	6.432 ^{a-c}	4.178 ^{a-d}	5.306	5.185	0.775	2.253	1.065	0.968	1.058	0.65
10	6.203 ^{a-d}	4.279 ^{a-c}	5.241	5.152	0.766	1.924	0.943	1.028	1.083	0.69
11	5.319 ^{de}	4.030 ^{a-c}	4.675	4.63	0.618	1.289	0.736	1.129	1.02	0.758
12	5.520 ^{c-c}	3.824 ^{a-c}	4.673	4.595	0.609	1.695	0.933	1.033	0.968	0.693
13	5.357 ^{de}	4.599 ^{ab}	4.978	4.964	0.711	0.758	0.43	1.28	1.164	0.858
14	6.112 ^{a-d}	4.010 ^{a-c}	5.062	4.952	0.707	2.102	1.045	0.978	1.015	0.656
15	6.686 ^a	4.145 ^{a-d}	5.416	5.265	0.8	2.54	1.155	0.924	1.049	0.62
16	5.850 ^{a-e}	4.357 ^{a-c}	5.104	5.049	0.735	1.494	0.776	1.11	1.103	0.745
17	5.018 ^c	3.473 ^{c-f}	4.246	4.175	0.503	1.544	0.935	1.032	0.879	0.692
18	6.012 ^{a-e}	2.785 ^f	4.4	4.093	0.483	3.227	1.631	0.691	0.705	0.463
19	5.644 ^{b-e}	3.150 ^{ef}	4.398	4.217	0.513	2.493	1.343	0.832	0.798	0.558
20	6.348 ^{a-d}	4.669 ^a	5.51	5.445	0.855	1.679	0.804	1.096	1.182	0.736

حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند (آزمون دانکن).

ns: non –significant, *, ** significant at $\alpha=0.05$ and $\alpha=0.01$, respectively

عملکرد تحت تنش (Ys) (جدول ۵) بیانگر این است که گزینش براساس TOL منجر به کاهش عملکرد تحت شرایط نرمال خواهد شد. در یک پژوهش مشخص شد که گزینش براساس حداقل کاهش عملکرد تحت شرایط تنش با توجه به شرایط مطلوب (TOL)، باعث اشتباه در شناسایی بهترین ژنوتیپ‌ها گردید (Rizza *et al.*, 2004). انتخاب براساس میانگین دو محیط (MP)، در صورتی که واریانس ژنتیکی در شرایط تنش کمتر از شرایط بدون تنش و همچنین همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش مثبت باشد، موجب انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی در هر دو محیط دارند (Rosielle & Hamblin, 1981). GMP نسبت به MP در جداسازی ژنوتیپ‌های گروه A قدرت مندرت می‌باشد و حساسیت کمتری به مقادیر مختلف Yp و Ys دارد. هرچه مقدار GMP بیشتر باشد، درجه تحمل نسبی بیشتر است (جدول ۴). یک STI بالا، یک تحمل بالا را نشان می‌دهد (جدول ۴) و بهترین مزیت STI پایداری آن به جداسازی ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها می‌باشد. SSI با عملکرد تحت شرایط تنش خشکی همبستگی منفی نشان داد (جدول ۵). ارقام با عملکرد بالا تحت تنش خشکی از عملکرد پایینی تحت شرایط بدون تنش برخوردار بودند و پایین‌ترین SSI را نشان دادند (جدول ۴). شاخص SSI به نوعی حاکی از تغییرات عملکرد در شرایط عادی و تنش می‌باشد و به عبارت دیگر، ژنوتیپ‌هایی که دارای شاخص SSI کم‌تر می‌باشند، تغییرات کمتر یا ثبات بیشتری در تغییر شرایط تنش به

مشاهده می‌شود، تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل تنش بر اساس تنها یک معیار منفرد، ممکن است نتیجه‌ای متناقض با سایر شاخص‌ها داشته باشد. به عنوان مثال ژنوتیپ‌های ۶ و ۲۰ بر اساس شاخص‌های MP, GMP, STI متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. در حالی که حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها، لاین‌های ۱۷ و ۱۸ بودند. براساس شاخص‌های SSI, RDI, YSI و TOL ژنوتیپ شماره ۱۳ مطلوب و ژنوتیپ شماره ۱۸ ناپایدار بود. بهترین ژنوتیپ براساس شاخص YI شماره ۲۰ بود درحالی که ژنوتیپ شماره ۱۸ از نظر این شاخص نامطلوب بود (شکل ۱ و جدول ۴).

جهت غربال‌گری تحمل به خشکی ۳۰ ژنوتیپ بومی گندم فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2012) از ۱۵ شاخص تحمل تنش استفاده کردند و بیان کردند که تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل تنش بر اساس تنها یک معیار منفرد، ممکن است نتیجه‌ای متناقض با سایر شاخص‌ها داشته باشد. نتایج آنها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین در آزمایشی دیگر سیوسی ماردت و همکاران (Sio-seMardehet *et al.*, 2006) نشان دادند ارقامی با YSI بالاتر، حداقل عملکرد را در شرایط غیرتنش و بالاترین عملکرد را در شرایط تنش داشتند. محققینی دیگر نیز گزارش کردند که STI می‌تواند به عنوان یک شاخص قابل اعتماد جهت گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در نظر گرفته شود (Pirevatlou *et al.*, 2010; Amini *et al.*, 2015)

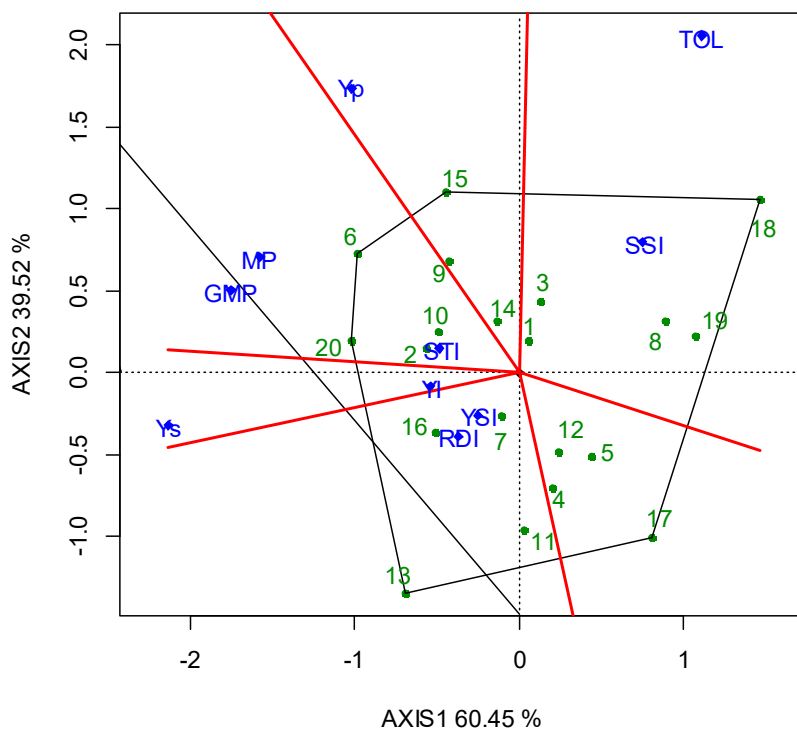
همبستگی مثبت بین شاخص TOL و عملکرد پتانسیل (YP) و همبستگی منفی بین TOL و

بنابراین انتظار می رود ارقام با YSI بالا از عملکرد بالایی تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش برخوردار باشند. با وجود این در مطالعه حاضر، ارقام با بیشترین YSI حداقل عملکرد در شرایط بدون تنش و بیشترین عملکرد تحت شرایط تنش خشکی را نشان دادند (جدول ۴).

بررسی همبستگی بین شاخص ها

شکل ۲، نمودار بای پلات همبستگی بین شاخص ها را نشان می دهد. با توجه به این که بزرگتر بودن طول بردار نشان دهنده نقش بیشتر آن شاخص در انتخاب ژنوتیپ های برتر است، لذا می توان گفت نقش شاخص های RDI، SSI و YSI در تشخیص ژنوتیپ های متحمل نسبت به سایر شاخص ها کمتر است. با توجه به این که تقریباً نزدیک به ۱۰۰ درصد واریانس توسط بای پلات توجه شد، لذا ضریب همبستگی

عدم تنش و بالعکس از لحاظ عملکرد دارند. در حقیقت یکی از معیارهای پایداری، واریانس است و به اعتقاد بلوم (Blum, 1979) ژنوتیپ با عملکرد مناسب تحت شرایط مطلوب، عملکرد مطلوبی نیز در شرایط کمتر مساعد باید داشته باشد تا به عنوان یک رقم اصلاح شده برای شرایط تنش در نظر گرفته شود و به عبارت دیگر واریانس یا تغییرات عملکرد آن باید پایین باشد. YI همبستگی بسیار معنی داری با عملکرد تحت تنش خشکی داشت. این شاخص ارقام را فقط براساس عملکردشان تحت تنش رتبه بندی می کند و بنابراین قادر به تفکیک ژنوتیپ های گروه A نمی باشد. YSI، عملکرد تحت تنش یک رقم را نسبت به عملکرد بدون تنش آن ارزیابی می کند و می تواند یک شاخص مهم برای شناسایی مواد ژنتیکی متحمل تنش باشد.



شکل ۱- چند ضلعی GGE بای پلات برای ارزیابی ژنوتیپ ها بر اساس شاخص های تحمل تنش
Fig 1. GGE biplot of genotypes based on their drought tolerance indices

Talebi) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارند. همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) مثبت ولی غیر معنی‌دار بود (شکل ۲ و جدول ۵) این مطلب بیانگر این است که عملکرد بالا در شرایط مطلوب، منجر به بهبود عملکرد در شرایط تنش در اکثر ژنوتیپ‌ها نشده است.

در آزمایش حاضر، همبستگی بین عملکرد در شرایط بدون تنش با عملکرد در شرایط خشکی معنی‌دار نبود. از طرفی نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد طی دوسال در دو محیط آزمایش، نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار بود. این مطالب بیانگر شدت تنش زیاد می‌باشد. تحقیقات بلوم (Blum, 1999) در گندم و پانتوان و همکاران (Panthuwan *et al.*, 2002) در برنج نشان داد که عملکرد تحت شرایط نرمال اثر خیلی زیادی فقط روی عملکرد تحت شرایط تنش خشکی ملایم داشته و اگر تنش خیلی شدید باشد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را متقابلاً تشدید مینماید.

شانون پیشنهاد داد که انتخاب ژنوتیپ‌ها در محیط تنش به دو روش صورت گیرد ۱- بر اساس تحمل نسبی به تنش که عملکرد نسبی در محیط تنش نسبت به محیط بدون تنش می‌باشد. بر اساس تحمل مطلق به تنش که عملکرد حداکثر در شرایط تنش بدون توجه به عملکرد در شرایط بدون تنش می‌باشد (Shannon, 1984). عملکرد مطلق در شرایط تنش برای کشاورزان و عملکرد نسبی برای به‌نژادگران از اهمیت بیشتری برخوردار است.

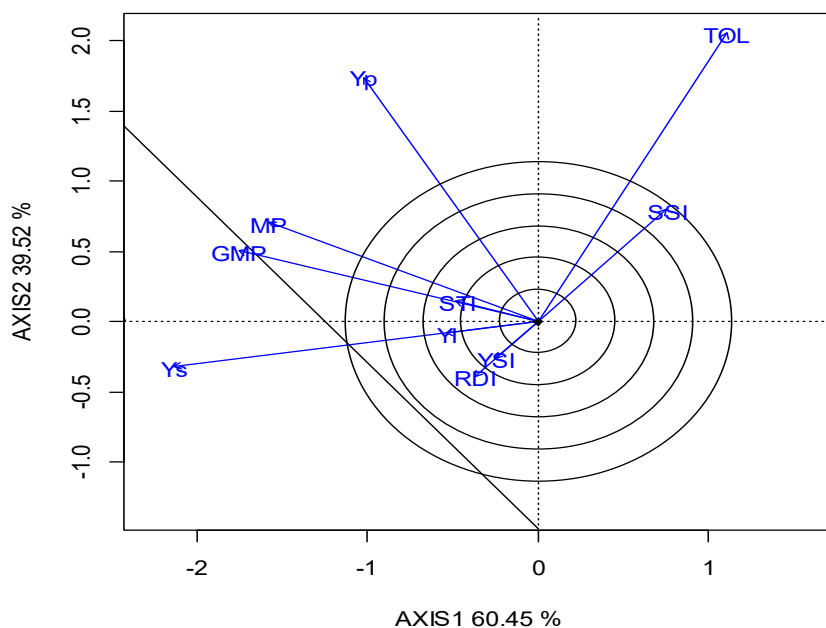
بین دو شاخص می‌تواند با توجه به کسینوس زاویه بین بردارهای آنها تقریب زده شود. به طوری که زاویه منفرجه (بیشتر از ۹۰ درجه) نشان دهنده ضریب همبستگی منفی، زاویه حاده (کمتر از ۹۰ درجه) نشان دهنده ضریب همبستگی مثبت و زاویه قائمه (۹۰ درجه) نشان دهنده عدم همبستگی بین شاخص‌ها می‌باشد (Yan *et al.*, 2000). همچنین ضرایب همبستگی در جدول ۵ موید موارد مذکور می‌باشند. بر این اساس، عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) همبستگی مثبت و معنی‌داری با GMP, MP, STI و شاخص TOL داشت. در شرایط تنش خشکی عملکرد (Ys) همبستگی مثبت و معنی‌داری با تمام شاخص‌ها به جز TOL و SSI داشت. همبستگی Ys با SSI و TOL منفی و معنی‌دار بود. بر این اساس شاخص‌های GMP, MP, STI و تنها شاخص‌هایی بودند که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش داشتند (شکل ۲ و جدول ۵).

از مقادیر بالای شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل در جو معمولی و بدون پوشینه استفاده شده است (Noorinia *et al.*, 2005). گزارش شده است هنگامی که تنش خشکی ملایم بود، شاخص‌های MP, YI, GMP, STI و DI برای تشخیص ژنوتیپ‌های جو متحمل در هر دو شرایط تنش و بدون تنش مفیدتر بودند (Taherian *et al.*, 2017). انتخاب براساس سه شاخص GMP, MP, STI توسط سایر محققان در شرایط تنش پیشنهاد شده است (Salehi & Mosavat, 2008; *et al.*, 2009).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص های مختلف تحمل تنش در ژنوتیپ های جو

Table 4. Correlation coefficients among different drought tolerance indices in barley genotypes

صفات	عملکرد پتانسیل	عملکرد تنش	میانگین بهره وری	میانگین هندسی	شاخص تحمل به تنش	شاخص تحمل	شاخص حساسیت	شاخص خشکی نسبی	شاخص عملکرد
Traits	Yp	Ys	MP	GMP	STI	TOL	SSI	RDI	YI
Yp	1								
Ys	0.37	1							
MP	0.81**	0.84**	1						
GMP	0.72**	0.91**	0.98**	1					
STI	0.74**	0.90**	0.99**	0.99**	1				
TOL	0.52*	-0.60**	-0.08	-0.22	-0.19	1			
SSI	0.28	-0.79**	-0.33	-0.46*	-0.44	0.97**	1		
RDI	-0.28	0.79**	0.33	0.46*	0.44	-0.97**	-1**	1	
YI	0.37	1	0.84**	0.91**	0.9**	-0.6**	-0.77**	0.79**	1
YSI	-0.28	0.79**	0.33	0.46*	0.44	-0.96**	-1**	1**	0.79**



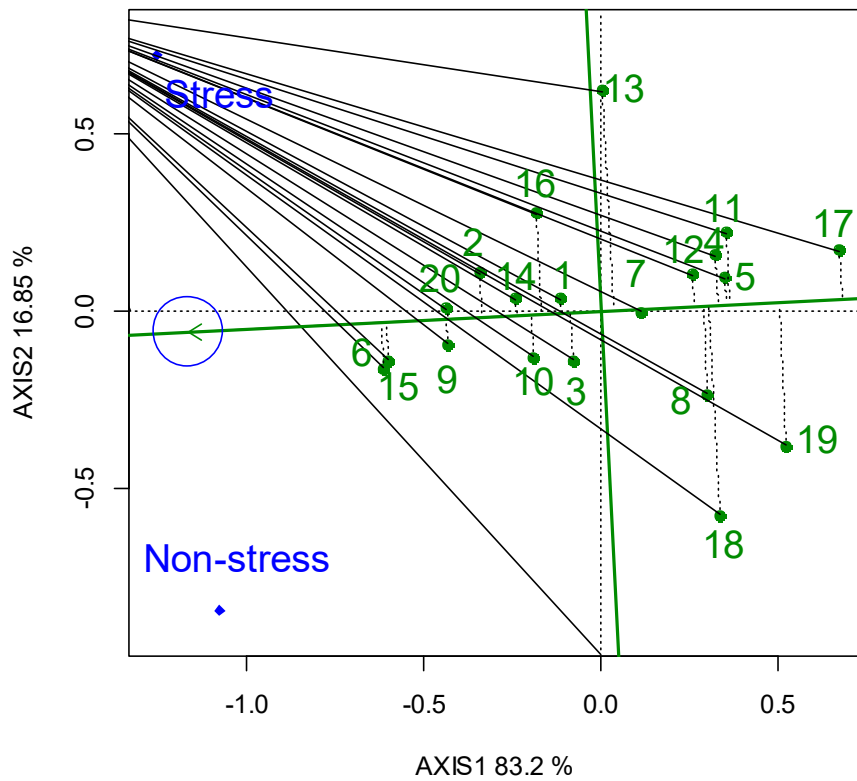
شکل ۲- بای پلات روابط بین شاخص های تحمل تنش مورد بررسی

Fig 2. Biplot of relationship among drought tolerance indices

خطی که با یک پیکان مشخص شده است)، ژنوتیپ هایی که در انتهای منفی این خط (در جهت پیکان) قرار دارند دارای بیشترین عملکرد و ژنوتیپ هایی که در انتهای مثبت این خط قرار دارند دارای کمترین عملکرد می باشند. بر این اساس لاین های شماره ۶، ۱۵، ۰۲ و ۹ دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در محیط های آزمایش بودند در حالی که لاین های شماره ۱۷

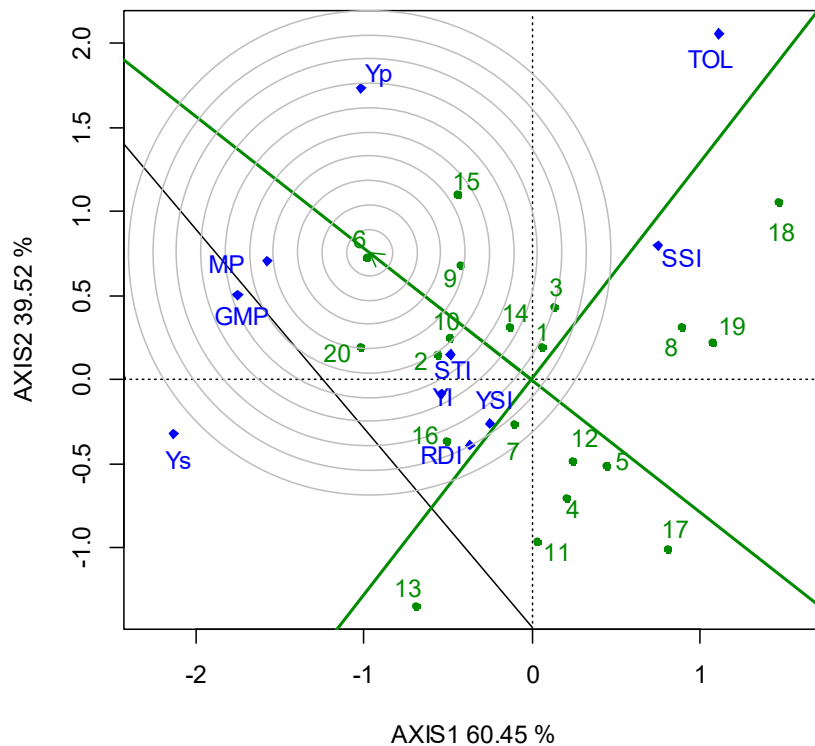
بررسی همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ ها با استفاده از GGEBiplot بر اساس عملکرد دانه

به منظور شناسایی همزمان ژنوتیپ ها بر اساس عملکرد و پایداری از بای پلات میانگین در مقابل پایداری در دو محیط تنش و بدون تنش استفاده شد (شکل ۳). از مبدا مختصات خطی به میانگین محیط ها رسم شده



شکل ۳- GGE بای پلات برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها در دو محیط

Fig 3. GGEbiplot for simultaneous selection of genotypes for their yield and stability in both environments



شکل ۴- بای پلات ارزیابی ژنوتیپ‌ها نسبت به ژنوتیپ ایده‌آل

Fig 4. Biplot of genotypes relative to the ideal genotype

(al., 2016).

نتیجه گیری نهایی

در این تحقیق استفاده از چند ضلعی GIBiplot بر اساس شاخص های مورد بررسی مقایسه ژنوتیپ ها را نسبت به مقایسه یک به یک مقادیر عددی محاسبه شده آسانتر کرد و ژنوتیپ هایی که از لحاظ برخی شاخص های خاص برتر بودند شناسایی شدند. همچنین بررسی همبستگی بین شاخص ها و عملکرد دانه در دو محیط تنش و بدون تنش با استفاده از نمودار بای پلات همبستگی مقدر بود که براین اساس شاخص های MP, GMP و STI بهترین شاخص ها جهت شناسایی ژنوتیپ های برتر در دو محیط آزمایش بودند. لذا بر اساس چند ضلعی GIBiplot لاین های ۶، ۲۰ و ۱۵ برترین ژنوتیپ ها شناخته شدند. بررسی همزمان عملکرد و پایداری ژنوتیپ ها با استفاده از GGEBiplot بر اساس عملکرد دانه در مجموع دو شرایط نیز نشان داد که ژنوتیپ های ۶، ۱۵ و ۲۰ با داشتن عملکرد و پایداری بالا بهترین ژنوتیپ ها بودند. همچنین لاین شماره ۶ در بای پلات تعیین ژنوتیپ ایده آل به عنوان ژنوتیپ برتر شناخته شد. در مجموع نتایج نشان دادند GIBiplot و GGEBiplot روش مناسبی جهت شناسایی ژنوتیپ های برتر بر اساس بای پلات شاخص های مختلف در مقابل ژنوتیپ ها و گزینش همزمان بر اساس عملکرد و پایداری عملکرد می باشند.

و ۱۹ کمترین میانگین عملکرد در محیط های مورد بررسی را به خود اختصاص دادند. خطی که از مبدا مختصات گذشته و بر میانگین محیط ها عمود شده است، نشان دهنده پایداری ژنوتیپ ها می باشد. ژنوتیپ هایی که طول بردار کوتاه تری دارند و به مبدا این خط نزدیک تر هستند از پایداری عملکرد بیشتری برخوردارند، براین اساس ژنوتیپ های ۲۰، ۱، ۷، ۵، ۶، ۱۵ و ۲ پایداری ترین ژنوتیپ ها در دو محیط تنش و بدون تنش بودند. در ژنوتیپ های مورد مطالعه گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری ممکن بوده و می توان نتیجه گرفت لاین های شماره ۶، ۱۵ و ۲۰ به دلیل داشتن عملکرد دانه بالا و پایداری مطلوب در هر دو شرایط محیطی از سایر ژنوتیپ ها برتری محسوس دارند.

تعیین ژنوتیپ ایده آل

ژنوتیپ ایده آل ژنوتیپی است فرضی که دارای بیشترین عملکرد و بالاترین میزان پایداری بوده و از نظر مکانی در وسط دوایر متحدالمرکز قرار دارد (Yan, 1999). میزان مطلوبیت ژنوتیپ ها به میزان فاصله آنها از ژنوتیپ مطلوب بستگی دارد. با توجه به شکل ژنوتیپ شماره ۶ که در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار گرفته است از نظر صفت عملکرد دانه بر اساس شاخص های مورد بررسی در دو محیط بدون تنش و تنش به عنوان رقم ایده آل شناسایی شد و لاین های شماره ۲۰، ۱۵ و ۹ در رتبه بعدی قرار گرفتند. در یک پژوهش، تعیین ژنوتیپ ایده آل پنبه در دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش با استفاده از روش بای پلات انجام و رقم دلتاپاین ۲۵ به عنوان ژنوتیپ ایده آل انتخاب شد (Sedigh et

References

- Amini, A., Amirnia, R., and Ghazvini, H.A. 2015. Evaluation of salinity tolerance in breed wheat genotypes under field conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 31(1): 95-115. (In Persian with English summary).
- Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2006. Abiotic stresses. International book distributing Co.
- Blum, A. 1999. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. *Euphytica*, 100:77-83.
- Bousslama, M., and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24:933-937.
- Bray, E.A. 2002. Classification of genes differentially expressed during water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*: an analysis micro-array and differential expression data. *Annual Botany*, 89:803-811.
- Ceccarelli, S., and Grando, S. 1996. Drought as a challenge for the plant breeder. *Plant Growth Regulation*, 20: 149-155.
- Ceccarelli, S. 1987. Yield potential and drought tolerance of segregation populations of barley in contrasting environments. *Euphytica*, 36:265-273.
- Clarke, J.M., DePauw, R.M., and TownleySmith, T.F. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Science*, 32:723-728.
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., and Waines, J.G. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*, 106: 34-43.
- Farshadfar, E., Jamshidi, B., and Aghae, M. 2012. Biplot analysis of drought tolerance indicators in breed wheat landraces of Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 4(5):226-233.
- Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other food Crops in Temperature and Water Stress, 13-16 Aug., 1992, Taiwan, pp. 257-270.
- Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29:897-912.
- Fischer, R.A., and Wood, J.T. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 3: yield association with morpho-physiological traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30:1001-1020.
- Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58: 453-467.

- Gavuzzi, P., Rizza F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77 (4): 523-531.
- Greenway, H., and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31:149-190.
- Guttieri, M.J., Stark, J.C., Brien, K.O., and Souza, E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41:327-335.
- Mohammadi, R., Armion, M., Kahrizi, D., Amri, A. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. *International Journal of Plant Production*, 4(1):1735-8043.
- Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59:651-681.
- Nevo, E., and Chen, G. 2010. Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant Cell Environment*, 33:670-685.
- Nikkhah, H. R., and Dehghani, H. 2014. The effect of late-terminal drought stress on yield and many physiological characteristics in barley varieties and lines. *Journal of Water Research in Agriculture*, 27(4): 535-549.
- Nor Mohamadi, G., Seiadat, A., and Kashani, A. 2001. Cereal Agronomy. Vol. 1. Shahid Chamran University Publications. Ahvaz, Iran (in Persian).
- Panthuwan, G., Fokai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., and O'Toole, J.C. 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1: grain yield and yield components. *Field Crop Research*, 41:45-54.
- Pireivatlou, A.S., Masjedlou, B.D., and Aliyev, R.T. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *African Journal of Agriculture Research*, 5:2829-2836.
- Ramirez, P., and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99:127-136.
- Richards, R.A., Condon, A.G., and Rebetzke, G.J. 2001. Traits to improve yield in dry environments. Pp. 88-100, in: M.P. Reynolds, J.I. Ortiz-Monasterio and A. McNab (eds), Application of physiology in wheat breeding. Mexico, D.F. (CIMMYT).
- Rosielle, A.A., and Hamblin J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, 42:1441-1446.
- Salehi, M., and Mosavat, S.A. 2008. Selection criteria of wheat genotypes under

- salt stress in Golestan province. *Electronic Journal of Crop Production*, 1(4):19-33. (In Persian with English summary).
- Schulte, D., Close, T.J., Graner, A., Langridge, P., Matsumoto, T., Muehlbauer, G., Sato, K., Schulman, A.H., Waugh, R., Wise, R.P., and Stein, N. 2009. The international barley sequencing consortium-at the threshold of efficient access to the barley genome. *Plant Physiology*, 149:142-147.
- Sedigh, S., Zabet, M., Ghaderi, M.G., and Samadzadeh, A.R. 2016. Identification of superior varieties of cotton under drought stress and normal conditions using GGEbiplot and GTBiplot method . *Journal of Crop Breeding*, 8(19): 134-144.
- Shannon, M.C. 1984. Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance, In: Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Improvement. R.C. Staples and G.H. Toenniessen (Eds). New York (USA).
- Sio-se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 98: 222-229.
- Taherian, M., Rasoulnia, A.R., Bihamta, M.R., Peyghambari, A., and Alizadeh, H. 2017. Evaluation of stress tolerance indices in Iranian barley genotypes under salinity and drought conditions. *Agricultural communications*, 5(3): 7-17.
- Talebi, R., Fayaz, F., and Naji, A. M. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *General and Applied Plant Physiology*, 35: 64-74.
- Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., and Szlavincs, Z. 2000. Cultivar evaluation based on yield trial data with special reference to winter wheat in Ontario. Ph.D. Thesis, University of Guelph, Guelph, ON, Canada.

Identification of drought tolerant barley genotypes (*Hordeum vulgare L.*) using drought tolerance indices

M. Sharifi-Alhoseini^{1*}, M. Taherian²

1. Associated professor of Agronomic and Horticulture Crops Research Department, Khorasan-e Razavi Agricultural and Natural Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran (Corresponding author)
2. Associated professor of Agronomic and Horticulture Crops Research Department, Khorasan-e Razavi Agricultural and Natural Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran

Received: May 2018 Accepted: February 2019 - DOI: 10.22092/AJ.2019.121794.1293

Extended Abstract

Sharifi-Alhoseini, M., Taherian, M., Identification of drought tolerant barley genotypes (*Hordeum vulgare L.*) using drought tolerance indices

Applied Research in Field Crops Vol 31, No. 4, 2019 Page:13-15: 90-105(in Persian)

Introduction: Drought stress affects 40-60% of agricultural lands all over the world (Bray, 2002). With a precipitation of 240 mm/year, Iran is located in arid and semi-arid region of the Earth. Due to the shortage of rainfall in Iran, a considerable part of crop breeding programs is devoted to research concerning drought tolerance. These efforts have resulted in the introduction of stable and drought tolerant varieties. Although barley is more tolerant to drought stress compared to other cereals, it is susceptible to moisture shortage during tillering and grain formation stages, which will result in yield losses. Yield provides the most direct index for evaluating response of crops to environmental stresses. Although grain yield is affected by environmental factors, it is an index to evaluate response of cereals to environmental stress. The objective of drought tolerance research is to provide relatively tolerant varieties that exhibit less yield losses compared to other genotypes under water-deficit growing conditions. To select plants based on their yield performance, various indices have been proposed. All these indices consider yield under two conditions of stress and non-stress

Material and Methods: This study was carried out in two separate experiments (normal and cut irrigation after 50% flowering) with 20 barley genotypes, which were compared in a randomized completed block design with three replications at Mashhad agricultural research station during two succeeding years. Each genotype was planted on two parallel ridges (six rows) with a length of six meters. Besides, all the cultural practices treatments were applied to the experimental

Email address of the corresponding author: Sharif.m2000@yahoo.com

plots according to the conventional farming methods used in other experimental farms. Soil fertilization was based on the soil nutrient analysis. Barely seed density was maintained at 350 seeds per meter square. No effective rainfall was recorded between irrigation cut off and physiological ripening of the genotypes during two years of the experiment. Under normal condition, 3-4 rounds of irrigation were applied according to crop water demand, while under water deficit condition, irrigation was cut after ear had emerged on 50 % of the plants. Stress tolerance indices were calculated based on two-year means, which included mean productivity (MP), geometrical mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI), stress susceptibility index (SSI), tolerance index (TI), yield stability index (YSI), and relative drought index (RDI). Data were analyzed and Duncan mean's comparison was applied by SAS statistical software (SAS 9.1.3.). Biplot analysis was adopted by GEA-R software.

Result and Discussion: The combined analysis of data conducted by Bartlett analysis showed uniformity among the collected data during two years of the experiment. The use of GGEBiplot analysis to evaluate the investigated indices made it easy to compare the genotypes. The correlation between yield under stress and non-stress conditions was not significant. Genotype×environment interaction was significant over two years of the experiment, which showed high intensity of drought stress. Blum (1999) and Panthuan *et al.*, (2002) believed that potential yield could only affect yield under normal or moderate stress conditions but under high-level stress, genotype×environment interaction would have a significant impact on crop yield. Biplot correlation could show the relation between grain yield and the calculated indices where GMP, MP and STI were the most suitable drought tolerance criteria under the both experimental conditions. Lines 6, 20 and 15 were identified as superior genotypes based on GIBplot polygon. Keeping in view both yield and stability, adopting GGEBiplot method produced the same results as were obtained from the other methods. The biplot results showed that Line 6 was the ideal genotype. The results indicated that GIBplot and GGEBiplot were suitable methods to identify superior genotypes according to biplot of different drought tolerance indices considering both yield and stability.

Conclusion: Based on the findings of this study, STI, MP and GMP were the best indices for identifying superior genotypes under the two experimental environments. Lines 6, 20 and 15 were identified as superior genotypes. Line 6 was also considered as an ideal genotype.

Keywords: Barley, genotype-environment interaction, GGEBiplot, GIBiplot, stress indices

References

- Blum, A. 1999. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. *Euphytica*, 100:77-83.
- Bray, E.A. 2002. Classification of genes differentially expressed during water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*: an analysis micro-array and differential expression data. *Annual Botany*, 89:803-811.
- Panthuwan, G., Fokai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., and O'Toole, J.C. 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1: grain yield and yield components. *Field Crop Research*, 41:45-54.