

گزینش ژنوتیپ‌های گاوदानه (*Vicia ervilia*) برای تحمل خشکیزینب مردانی^۱، عبدالله نجفی^۲، صحبت بهرامی‌نژاد^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲ دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۳ استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۶

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل تنش کمبود آب آخر فصل شانزده ژنوتیپ گاوदानه، دو آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، کرمانشاه انجام شد. تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر محیط بر روی اکثر صفات معنی‌دار بود. شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین هندسی تولید (GMP)، متوسط تولید (MP)، تحمل تنش (STI)، عملکرد (YI)، پایداری عملکرد (YSI) و میانگین هارمونیک (HAM) بر اساس عملکرد در هر دو شرایط محاسبه شدند. شاخص MP، GMP و STI با عملکرد در هر دو شرایط و شاخص‌های YI و HAM با عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند، بنابراین به عنوان شاخص‌های مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. بر اساس بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۱۰ و ۱۶ به علت قرار گرفتن در مجاورت شاخص‌های برتر، برای هر دو شرایط، مناسب تشخیص داده شدند.

کلیدواژگان: تنش کمبود آب، شاخص مقاومت به خشکی، گاوदानه

مقدمه

عملکرد و مقایسه آن در شرایط شاهد و تنش، معیار مناسبی برای ارزیابی مقاومت ژنوتیپها به تنش خشکی است. محققان از چندین شاخص برای شناسایی ژنوتیپهای مقاوم و حساس به تنش کمبود آب استفاده می‌کنند. Maurer و Fischer (1978) وضعیت عملکرد دانه در شرایط تنش را به عنوان معیار مقاومت به خشکی معرفی کردند، ایشان همچنین وضعیت عملکرد نسبی در شرایط تنش و بدون تنش را به عنوان معیار مناسب برای گزینش مقاومت به خشکی ژنوتیپها پیشنهاد نمودند. Fernandez (1992) اظهار داشت شاخص‌هایی که در دو محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، چرا که این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند. شاخص‌های متعددی برای بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر هر شرایط معرفی شده‌اند. کارایی هر شاخص به اهداف اصلاحی و محیط هدف بستگی دارد (Najaphy and Geravandi, 2011).

هدف از این مطالعه، گزینش ژنوتیپ‌های گاوآنه متحمل به تنش خشکی (کمبود آب آخر فصل زراعی) بود. به این منظور از شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) (Fischer and Maurer, 1978)، تحمل (TOL) و میانگین حسابی بهره‌وری (MP) (Rosielle and Hamblin, 1981)، تحمل به تنش (STI)، هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین هارمونیک (HAM) (Fernandez, 1992) استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۵ ژنوتیپ گاوآنه (*Vicia ervilia*) که از بانک ژن موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع تهیه شده بود به همراه توده بومی (*Vicia sativa*)، به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کمبود آب مورد مطالعه قرار گرفت. برای سهولت، ژنوتیپ‌ها از شماره ۱۶-۱ نام‌گذاری شدند (جدول ۱).

گاوآنه با نام علمی *Vicia ervilia* L. گیاهی است یکساله از خانواده لگومینوز از جنس ماشک‌ها. کشت دیم گاوآنه از سال‌های قبل در غرب و شمال غرب ایران مرسوم بوده است (Haddad, 2006). گاوآنه از گذشته‌های دور به ویژه در کشورهای مهم تاریخ کشاورزی، برای تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گرفت. این گیاه بومی مناطق غرب آسیا و جنوب اروپاست (Davis and Plitwan, 1990) و با داشتن خصوصیات مثل توانایی تثبیت کنندگی نیتروژن، مقاومت نسبی به خشکی و رشد در اکثر خاک‌ها، دارای ارزش زراعی قابل توجهی می‌باشد. گاوآنه تا حدودی به خشکی مقاوم بوده ولی در برابر یخبندان حساس می‌باشد. این گیاه تقریباً با تمام خاک‌ها بخصوص خاک‌های مناطق کوهپایه‌ای و خاک‌های سبک و فاقد آهک و خشک سازگار است. گاوآنه را می‌توان در نواحی مستعد در اواخر فصل پاییز به صورت دیم کشت کرد، در فصل بهار به گل می‌نشیند و برداشت آن در اواخر فصل بهار و اوایل تابستان بسته به موقعیت جغرافیایی صورت می‌گیرد (Karimi, 2016). در ایران گاوآنه در استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، اصفهان، ایلام، چهارمحال و بختیاری، زنجان، کردستان، کرمان، لرستان، مرکزی و همدان به صورت دیم و آبی کشت می‌شود (Abbasi et al, 2016). بخش زیادی از اراضی ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد بنابراین به دست آوردن لاین‌های با حداکثر عملکرد در شرایط کم‌آبی باعث گسترش سطح زیر کشت گاوآنه در مناطق مختلف ایران خواهد شد (Sahafi and Ghanipour Gorki, 2019). ارزیابی عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نقطه شروع خوبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها جهت به‌نژادی در شرایط خشکی است (Farshadfar, 2001). از جمله مسائل مهم در ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گیاهی، اندازه‌گیری کمی معیارهای تحمل به خشکی است. از آنجایی که در مناطق نیمه‌خشک، پراکنش بارندگی متناسب با مراحل رشد نمی‌باشد، پایداری

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

نام ژنوتیپ	کد ژنوتیپ
TN-63-344	۱
TN-63-389	۲
TN-63-343	۳
TN-63-345	۴
TN-63-148	۵
TN-63-395	۶
TN-63-386	۷
TN-63-356	۸
TN-63-365	۹
TN-63-351	۱۰
TN-63-372	۱۱
TN-63-393	۱۲
TN-63-367	۱۳
TN-63-360	۱۴
TN-63-78	۱۵
توده بومی	۱۶

آزمایش بدون تنش در تاریخ‌های ۱ و ۹ خرداد ماه صورت گرفت. عملیات برداشت در مرحله‌ی رسیدگی کامل و در اواخر خرداد ماه انجام گرفت. به منظور برآورد برخی صفات هر ژنوتیپ، ۵ بوته به طور تصادفی در هر واحد آزمایشی انتخاب شدند. برای برآورد عملکرد و اجزای آن از دو خط میانی در هر کرت آزمایشی، پس از حذف خطوط حاشیه، نمونه‌برداری انجام شد. اختصارات و واحدهای صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۲ درج شده است.

این آزمایش در اسفند ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی، هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط ۱۱۰ سانتی متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی متر بود. در دو خط کناری در هر کرت از توده بومی کشت شد. آبیاری در مرحله گلدهی برای هر دو آزمایش انجام شد و پس از مرحله گلدهی هیچ آبیاری برای آزمایش تنش کم آبی انجام نشد و آبیاری‌های بعدی در

جدول ۲- علائم اختصاری و واحد صفات اندازه‌گیری شده

ردیف	صفت مورد مطالعه	علامت اختصاری	نام لاتین
۱	تعداد دانه در نیام	NSPP	Number of seeds per pod
۲	تعداد دانه در بوته	NSPPL	Number of seeds per plant
۳	وزن هزار دانه	TSW	Thousand seed weight (g)
۴	عملکرد دانه	SY	seed yield (g m ⁻²)
۵	عملکرد بیولوژیک	BY	Biological yield (g m ⁻²)
۶	شاخص برداشت	HI	Harvest index

شاخص عملکرد (YI) (Gavuzzi et al, 1997):

شاخص پایداری عملکرد (YSI) (Bouslam and) (Schapaugh, 1984):

$$YSI = Y_s / Y_p$$

Y_p و Y_s : به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش و تنش خشکی.

\bar{Y}_p و \bar{Y}_s : به ترتیب میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپها در محیط بدون تنش و تنش خشکی.

تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم افزار SAS با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و مکان انجام شد. شدت تنش نیز به کمک فرمول $SI = 1 - \bar{Y}_s / \bar{Y}_p$ تخمین زده شد. تجزیه به همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز با استفاده از نرم افزار Minitab 17 صورت گرفت. شاخص‌ها با استفاده از برنامه Excel محاسبه شدند و با استفاده از نرم افزار Minitab 17 بای پلات بر اساس شاخص‌های SSI، STI، TOL، MP، GMP، HAM، YI، YSI و عملکرد در دو محیط بدون تنش و تنش کمبود آب ترسیم شد.

همه صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار گردید. معنی‌دار شدن اثر متقابل برای این صفات نشان می‌دهد ژنوتیپها در دو محیط مختلف عملکرد و واکنش‌های متفاوتی داشته‌اند. مقدار شدت تنش نیز حدود ۰/۳۱ برآورد گردید که حاکی از متوسط افت ۳۱ درصدی عملکرد دانه در محیط واجد تنش کمبود آب در مقایسه با شرایط بدون تنش بود.

شاخص‌های مقاوت به خشکی بر اساس میزان عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش (Y_p) و تنش کمبود آب (Y_s) با استفاده از روابط ریاضی زیر محاسبه شد.

$$YI = Y_s / \bar{Y}_s$$

شاخص تحمل (TOL) و میانگین حسابی بهره‌وری (MP) (Rosielle and Hamblin, 1981):

$$TOL = Y_p - Y_s$$

$$MP = (Y_p + Y_s) / 2$$

شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Fischer and Maurer,) (1978):

$$SSI = (1 - Y_s / Y_p) / SI \quad SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (Fernandez, 1992):

$$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{\bar{Y}_p^2}$$

$$GMP = \sqrt{(Y_s \times Y_p)}$$

میانگین هارمونیک (HAM) (Fernandez, 1992):

$$HAM = \frac{2 Y_p \times Y_s}{Y_p + Y_s}$$

در تمامی شاخص‌های بالا، عبارات تعریف شده‌ی زیر صدق می‌کند:

نتایج و بحث

تجزیه مرکب صفات مورد مطالعه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در ۱۶ ژنوتیپ گاو دانه در جدول (۳) ارائه شده است. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، اختلاف معنی‌دار داشتند. اثر محیط بر

جدول ۳. تجزیه مرکب ویژگی های مورد مطالعه

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
HI	BY	SY	TSW	NSPPL	NSPP		
۰/۰۲**	۶۲۲۹۹/۱۱**	۱۱۷۱۷/۶۴**	۱۵/۶۴*	۳۳۲۳/۷۳**	۰/۲۰**	۱	محیط
۰/۰۰	۹۷/۳۴	۹۷/۹۱	۴/۰۰	۴۲۷/۴۱	۰/۰۲۸	۴	تکرار درون محیط
۰/۰۱**	۳۶۵۷/۹۵**	۷۳۳/۲۷**	۱۱/۱۳**	۸۹۹/۹۷ ^{ns}	۰/۰۳**	۱۵	ژنوتیپ
۰/۰۱**	۲۵۱۰/۴۹**	۵۳۳/۰۹**	۵/۶۰*	۵۱۲/۸۶ ^{ns}	۰/۰۲**	۱۵	ژنوتیپ×محیط
۰/۰۰	۷/۴۱	۳/۹۰	۲/۹۲	۴۶۵/۶۳	۰/۰۱	۶۰	خطا
۴/۳۹	۱/۲۹	۳/۲۱	۴/۶۱	۳۸/۶۰	۵/۴۱		ضریب تغییرات

NSPP: تعداد دانه در نیام، NSPPL: تعداد دانه در بوته، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه، BY: عملکرد بیولوژیک و HI: شاخص برداشت

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

شاخص های مقاومت به خشکی و همبستگی بین آنها

مقدار عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین شاخص های مقاومت به خشکی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی شاخص ها با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش (جدول ۵) نشان داد که عملکرد در شرایط تنش کمبود آب و بدون تنش با یکدیگر همبستگی معنی دار ندارند ($r=0/161$)، به این مفهوم که ژنوتیپ های دارای پتانسیل عملکرد بالا در شرایط عادی، لزوماً از عملکرد بالا در شرایط کمبود آب برخوردار نیستند. شاخص MP دارای همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۱) با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش بود. این شاخص، شاخص پتانسیل عملکرد نام دارد و انتخاب بر مبنای آن منجر به بهبود عملکرد در هر دو شرایط می شود (Basfa and Taherian, 2019). ژنوتیپ های شماره ۲، ۱۳ و ۱۵ دارای بالاترین مقادیر برای این شاخص بودند. شاخص TOL با عملکرد دانه در شرایط تنش دارای همبستگی منفی (سطح احتمال ۰/۱) و با عملکرد در شرایط بدون تنش دارای همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۵) بود. بنابراین انتخاب بر اساس مقادیر بالای شاخص TOL باعث کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش می شود (Sio-Se Mardeh et al, 2006). ژنوتیپ های ۱ و ۱۶ دارای کمترین مقدار برای این شاخص بودند.

وجود همبستگی مثبت بین TOL و عملکرد بدون تنش (Yp) و همبستگی منفی بین TOL و عملکرد تنش (Ys) به این دلیل است که انتخاب بر اساس TOL باعث کاهش عملکرد تحت تنش می باشد (Rosielle and Hamblin, 1981). شاخص GMP دارای همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۱) با عملکرد دانه در شرایط تنش و همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۵) با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش بود. همچنین شاخص GMP دارای همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۱) با شاخص MP بود. شاخص STI همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۱) در شرایط بدون تنش و همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۵) داشت. STI دارای همبستگی مثبت و معنی دار (سطح احتمال ۰/۱) با شاخص های MP و GMP بود. Farshadfar و Shutka (2003) شاخص های STI، MP و GMP را در ارزیابی لاین های ذرت، شاخص های مطلوب تری برای مقاومت به خشکی در این لاین ها معرفی کردند. ژنوتیپ های ۲، ۱۳ و ۱۵ دارای بالاترین مقادیر برای این شاخص ها بودند. شاخص YI همبستگی مثبت و معنی داری (سطح احتمال ۰/۱) با عملکرد دانه در شرایط تنش نشان داد. همبستگی YI با TOL و SSI منفی و معنی دار (سطح احتمال ۰/۱) و با شاخص های MP، GMP و STI نیز مثبت و

نمود. در واقع هدایت برنامه‌های اصلاحی باید براساس عملکرد در دو محیط و همراهی این شاخص‌ها باشد. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های انتخابی بر اساس این شاخص‌ها، ضمن اینکه از پایداری عملکرد بالاتری برخوردارند، دارای میانگین عملکرد بالایی در هر دو محیط نیز هستند (Basfa and Taherian, 2019).

معنی‌دار (سطح احتمال ۰/۱) و با شاخص SSI منفی و معنی‌دار (سطح احتمال ۰/۵) مشاهده شد. همبستگی شاخص HAM با Y_S ، MP، GMP، STI و YI مثبت و معنی‌دار (سطح احتمال ۰/۱) مشاهده شد. در بررسی Fathi Rezaei و همکاران (2019) بین شاخص‌های MP، GMP و STI با عملکرد گاوآنه در هر دو شرایط همبستگی مثبت و معنی‌داری را گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق مشابهت داشت. استفاده از شاخص‌های منتخب در غربال نمودن ژنوتیپ‌های مختلف جهت تحمل به خشکی باعث افزایش عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش می‌شود و می‌توان آنها را به طور توأم برای شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای هر دو شرایط توصیه

جدول ۴- مقادیر عملکرد و شاخص‌های مقاومت به خشکی برای ژنوتیپ‌های گاوآنه

ژنوتیپ	Y_P	Y_S	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI	YSI	HAM
۱	۶۱/۵۰	۶۹/۷۳	-۰/۴۲	-۸/۲۳	۶۵/۶۱	۶۵/۴۸	۰/۸۱	۱/۳۸	۱/۱۳	۶۵/۳۵
۲	۷۳/۹۸	۶۸/۶۳	۰/۲۶	۵/۳۵	۷۱/۳۰	۷۱/۲۵	۰/۹۷	۱/۳۶	۰/۹۲	۷۱/۲۰
۳	۷۴/۶۹	۵۹/۶۷	۰/۶۷	۱۵/۰۲	۶۷/۱۸	۶۶/۷۵	۰/۸۵	۱/۱۸	۰/۷۹	۶۶/۳۴
۴	۹۲/۲۴	۴۵/۱۲	۱/۶۴	۴۷/۱۲	۶۸/۶۸	۶۴/۵۱	۰/۷۹	۰/۸۹	۲/۰۴	۶۰/۵۹
۵	۴۲/۵۵	۳۸/۲۵	۰/۳۵	۴/۳	۴۰/۴	۴۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۷۶	۰/۸۹	۴۰/۲۸
۶	۷۸/۱۰	۲۵/۹۳	۲/۱۶	۵۲/۱۷	۵۲/۰۱	۴۵	۰/۳۸	۰/۵۱	۰/۳۳	۳۸/۹۳
۷	۸۴/۳۶	۳۸/۱۲	۱/۷۷	۴۶/۳۴	۶۱/۲۴	۵۶/۷۰	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۴۵	۵۲/۵۱
۸	۵۸/۲۵	۴۰/۷۸	۰/۹۷	۱۷/۴۷	۴۹/۵۱	۴۸/۷۳	۰/۴۵	۰/۸۱	۰/۷۰	۴۷/۹۷
۹	۶۹/۶۵	۲۲/۲۰	۲/۲۲	۴۷/۴۵	۴۵/۹۲	۳۹/۳۲	۰/۲۹	۰/۴۴	۰/۳۱	۳۳/۶۶
۱۰	۷۵/۳۷	۵۵/۶۸	۰/۸۷	۱۹/۶۹	۶۵/۵۲	۶۴/۷۸	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۷۳	۶۴/۰۴
۱۱	۸۲	۵۷/۱۱	۱	۲۴/۸۹	۶۹/۵۵	۶۸/۴۳	۰/۸۹	۱/۱۳	۰/۶۹	۶۷/۳۲
۱۲	۶۱/۱۸	۳۷/۰۴	۱/۲۹	۲۴/۱۴	۴۹/۱۱	۴۷/۶۰	۰/۴۳	۰/۷۳	۰/۶۰	۶۴/۱۴
۱۳	۸۸/۴۵	۶۶/۵۸	۰/۸۰	۲۱/۸۷	۷۷/۵۱	۷۶/۷۳	۱/۱۲	۱/۳۲	۰/۷۵	۷۵/۹۷
۱۴	۵۷/۵۳	۵۵/۰۵	۰/۱۶	۲/۴۸	۵۶/۲۹	۵۶/۲۷	۰/۶۰	۱/۰۹	۰/۹۵	۵۶/۲۶
۱۵	۹۰/۷۳	۵۷/۶۸	۱/۱۹	۳۳/۰۵	۷۴/۲۰	۷۲/۳۴	۱	۱/۱۴	۰/۶۳	۷۰/۵۲
۱۶	۶۸/۳۲	۶۷/۵۳	۰/۰۶	۰/۷۹	۶۷/۹۲	۶۷/۹۲	۰/۸۸	۱/۳۴	۰/۹۸	۶۷/۹۲

Y_P : عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S : عملکرد در شرایط تنش‌کمبود آب، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: شاخص تحمل خشکی، MP: شاخص بهره‌وری متوسط، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، STI: شاخص تحمل تنش، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد، HAM: شاخص میانگین هارمونیک

جدول ۵- همبستگی شاخص‌های خشکی با یکدیگر و با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش

	Y _P	Y _S	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI	YSI	HAM
Y _P	۱									
Y _S	۰/۱۶	۱								
SSI	۰/۴۵	-۰/۷۹**	۱							
TOL	۰/۶۰*	-۰/۶۹**	۰/۹۷**	۱						
MP	۰/۷۳**	۰/۷۸**	-۰/۲۶	-۰/۱۰	۱					
GMP	۰/۶۰*	۰/۸۸**	-۰/۴۲	-۰/۲۷	۰/۹۸**	۱				
STI	۰/۶۰*	۰/۸۷**	-۰/۴۱	-۰/۲۶	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۱			
YI	۰/۱۵	۱/۰**	-۰/۷۹**	-۰/۶۹**	۰/۷۸**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۱		
YSI	۰/۱۰	۰/۳۷	-۰/۳۴	-۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۸	۱	
HAM	۰/۴۸	۰/۹۳**	-۰/۵۳*	-۰/۳۹	۰/۹۴**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۲**	۰/۳۶	۱

Y_P: عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S: عملکرد در شرایط تنش کمبود آب، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: شاخص تحمل خشکی، MP: شاخص بهره‌وری متوسط، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، STI: شاخص تحمل تنش، YI: شاخص عملکرد، YSI: شاخص پایداری عملکرد، HAM: شاخص میانگین هارمونیک

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس شاخص‌های خشکی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز برای عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی انجام شد (جدول ۶ و شکل ۱). به دلیل بیشتر بودن مقدار واریانس توجیه شده توسط دو مؤلفه اول ترسیم بای‌پلات براساس این دو مؤلفه صورت گرفت. از آنجا که مؤلفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس از این رو دو مؤلفه را می‌توان به صورت دو محور عمود برهم (بای‌پلات) نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را براساس این دو مؤلفه در سطح نمودار ذکر شده توسط نقاطی مشخص نمود.

مؤلفه‌ی اول به علت داشتن ضرایب بالا و مثبت برای شاخص‌های MP، GMP، STI، YI، HAM و عملکرد در شرایط تنش و داشتن ضرایب منفی برای شاخص‌های SSI و TOL، مؤلفه‌ی مقاومت به خشکی نام گرفت. انتخاب بر اساس این مؤلفه منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و مقاوم در شرایط تنش می‌شود. این مؤلفه ۶۵/۳۲ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص داد. در مؤلفه دوم با توجه به بالا و مثبت بودن ضرایب شاخص‌های SSI، TOL و عملکرد در شرایط بدون تنش و ضرایب منفی برای شاخص‌های YI و عملکرد در شرایط تنش، مؤلفه‌ی حساسیت به تنش خشکی نامیده شد، لذا مقادیر بالای این مؤلفه بیانگر حساسیت بیشتر به تنش خشکی است. این مؤلفه ۲۶/۱۰ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت که هرچه

قدر مؤلفه اول بیشتر و دوم کمتر باشد، منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به شرایط تنش خشکی و عملکرد بالا در هر دو شرایط خواهد شد. در بررسی Sepahvand و Jafari (2013) با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشخص شد که دو مؤلفه‌ی اول و دوم در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات را توجیه کرده به طوری که مؤلفه‌ی اول، مؤلفه‌ی مقاومت به خشکی نام گرفت و ۶۴ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد. مؤلفه‌ی دوم که ۳۵ درصد از تغییرات را به خود اختصاص داده بود مؤلفه‌ی حساسیت به تنش نامیده شد. Ashrafi و همکاران (2013) در گزارش خود با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بیان کردند که انتخاب بر اساس مؤلفه اول باعث انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در هر دو شرایط شده و بر مبنای مؤلفه دوم باعث انتخاب ژنوتیپ‌های حساس می‌گردد. Kaya و همکاران (2002) عنوان نمودند که اگر مؤلفه اول بیشتر و مؤلفه دوم کاهش یابد، منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و اگر مؤلفه اول کمتر و مؤلفه دوم بیشتر باشد، منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین می‌شود. Dorostkar و همکاران (2015) نیز عنوان نمودند که بر اساس ارزش بالای STI، MP و GMP و مقدار پایین SSI می‌توان ژنوتیپ‌های مناسب را انتخاب کرد و بر اساس تجزیه مؤلفه‌های اصلی نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی با مؤلفه‌ی اول بالا و مؤلفه‌ی دوم پایین مطلوب خواهند بود.

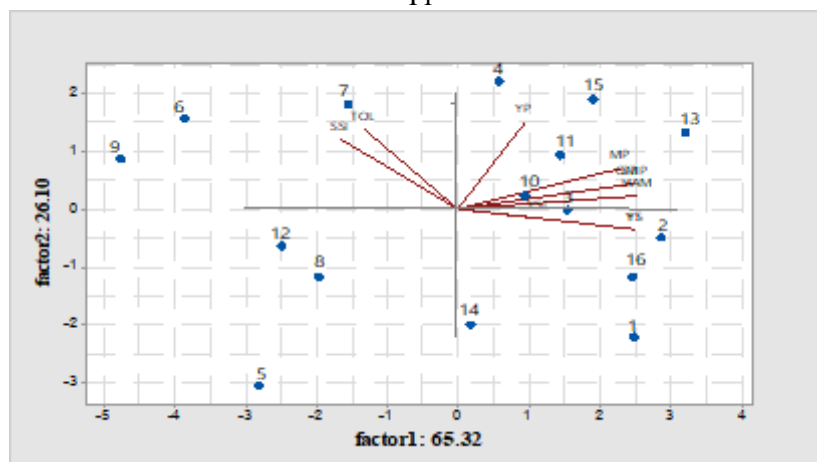
جدول ۶- بررسی شاخص‌های خشکی با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

شاخص	۱	۲
Yp	۰/۱۴	۰/۵۷
Ys	۰/۳۸	-۰/۱۳
SSI	-۰/۲۵	۰/۴۶
TOL	-۰/۲۰	۰/۵۲
MP	۰/۳۵	۰/۲۶
GMP	۰/۳۷	۰/۱۶
STI	۰/۳۷	۰/۱۷
YI	۰/۳۸	-۰/۱۳
YSI	۰/۱۷	-۰/۰۵
HAM	۰/۳۸	۰/۰۸
مقدار ویژه	۶/۵۲	۲/۶۱
واریانس (درصد)	۶۵/۳۲	۲۶/۱۰
واریانس تجمعی (درصد)	۶۵/۳۲	۹۱/۴۲

شرایط تنش خشکی در برنامه‌های اصلاحی مورد بررسی بیشتر قرار بگیرند. ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۱ و ۱۵ تمایل بیشتری به بردار مربوط به عملکرد دانه در شرایط بدون تنش دارند و این نشان می‌دهد که مقادیر بالا برای شاخص‌های تحمل به خشکی در این ژنوتیپ‌ها بیشتر به علت عملکرد بالای آن‌ها در شرایط بدون تنش بوده است. همچنین ژنوتیپ‌های ۶، ۷، ۹ و ۱۲ با داشتن مؤلفه‌ی اول پایین و مؤلفه‌ی دوم بالا به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی شناسایی شدند.

با توجه به بررسی نمودار بای پلات (شکل ۱) و جدول شاخص‌های مقاومت به خشکی (جدول ۴) می‌توان ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳، ۱۰ و ۱۶ را به دلیل قرار گرفتن در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم مقاومت به خشکی (YI، HAM، GMP، MP، STI) و داشتن مؤلفه‌ی اول بالا و مؤلفه‌ی دوم پایین به عنوان ژنوتیپ‌های مناسب برای هر دو محیط شناخت. همچنین این ژنوتیپ‌ها تقریباً در هر دو محیط نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر بیشترین عملکرد را دارا بودند. بنابراین این ژنوتیپ‌ها باید برای توسعه واریته‌های جدید در

T1

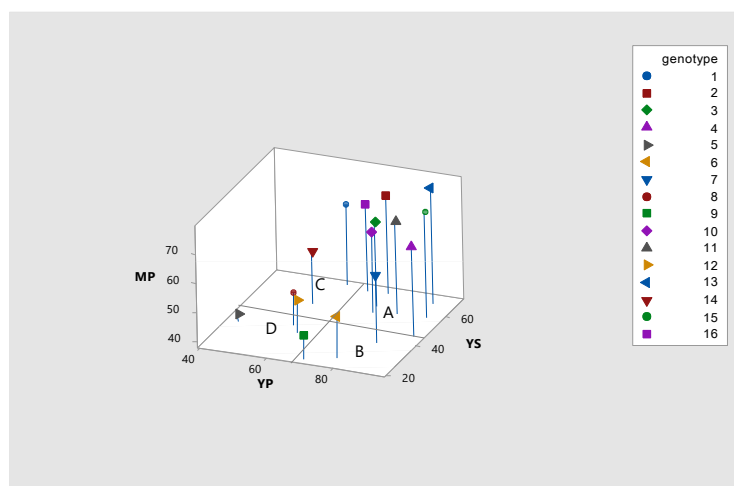


شکل ۱. نمودار بای پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مقاومت به خشکی

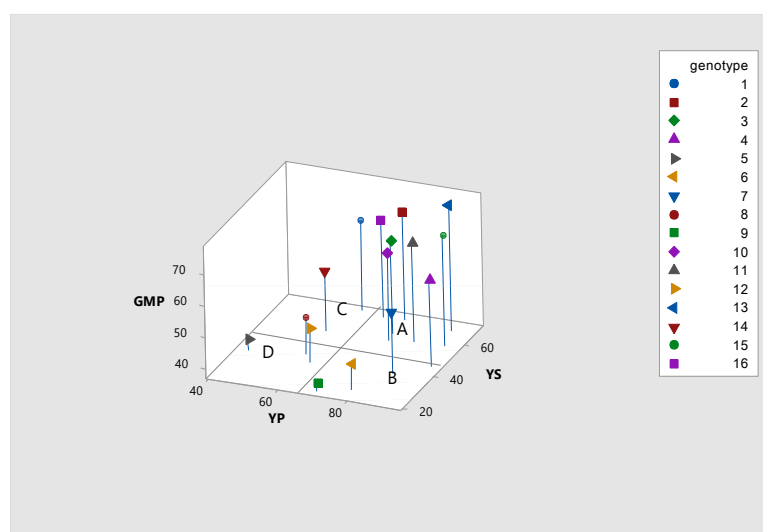
B و ژنوتیپ‌های ۱۲، ۸ و ۵ در گروه D قرار گرفتند. در این تحقیق با توجه به نمودار سه بعدی حاصل از MP (شکل ۲)، ژنوتیپ شماره ۱۳ در گروه A بیشترین مقدار MP را به خود اختصاص داد. بررسی نتایج حاصل از شکل (۳) نیز نتایج مشابهی در بر داشت.

انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با استفاده از پلات سه بعدی

با توجه به نمودار سه بعدی شاخص MP و GMP (شکل های ۲ و ۳) ژنوتیپ‌ها در ۴ گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۶ در گروه A، ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۴ در گروه C، ژنوتیپ‌های ۶، ۷ و ۹ در گروه



شکل ۲- گزینش ژنوتیپ‌های متحمل خشکی با استفاده از شاخص



شکل ۳- گزینش ژنوتیپ‌های متحمل خشکی با استفاده از شاخص GMP

نتیجه‌گیری کلی

شاخص MP، GMP و STI با عملکرد در هر دو شرایط تنش کمبود آب و بدون تنش، و شاخص‌های YI و HAM با عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند بنابراین به عنوان شاخص‌های مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. بر اساس بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۱۰ و ۱۶ به علت قرار گرفتن در مجاورت شاخص‌های برتر، برای هر دو شرایط مناسب تشخیص داده شدند. از طرفی این

مطالعه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد در برخی از ژنوتیپ‌ها شده در حالی که برخی دیگر از ژنوتیپ‌ها متحمل به تنش خشکی بودند که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی برای تحمل به خشکی در این ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از تمامی حمایت‌ها و همکاری دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی دانشگاه رازی، کرمانشاه جهت فراهم آوردن امکانات مورد نیاز برای اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

منابع

- Abbasi, M. R., Vaezi, Sh., & Bagai, N. (2016). Genetic diversity of bitter vetch (*Vicia ervilia*) collection of National Plant Gene Bank of Iran based on morphological agronomic traits. *Iranian journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetics Research*, 15 (2), 113-128. (In Persian).
- Ashrafi Parchin, R., Najaphy, A., Farshadfar, E., & Hokmalipour, S. (2013). Assessment of drought tolerance in genotypes of wheat by multivariate analysis. *World Applied Sciences Journal*, 22 (4), 594-600.
- Basfa, M., & Taherian, M. (2019). Evaluation of drought tolerance of alfalfa (*Medicago sativa*) ecotypes using drought tolerance indices. *Environmental Stresses in Crops Sciences*, 3(1): 69-81. (In Persian).
- Bousslama, M. & Schapaugh, W.T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24(5): 933-937.
- Davis, P.H., & Plitwan, U. (1990). *Vicia*. In: Davis, P.H. (eds.) *Flora of Turkey*. *Edinburgh University Press, Edinburgh Scotland*, 3, 274-325.
- Dorostkar, S., Dadkhodaie, A., & Heidari, B. (2015). Evaluation of grain yield indices in hexaploid wheat genotypes in response to drought stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(3): 397-413.
- Farshadfar E, & Shutka J. 2003. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Research Communications*, 31, 33-40.
- Farshadfar, A., Zamani, M. R., Matlabi, M., & Imam Juma, A.S. (2001). Selection for drought resistance in chickpea cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 32 (4), 65-77. (In Persian).
- Fathi Rezaei, and Valizadeh, M. Alizadeh, Kh. & Zahtab Salmasi, S. (2019). Evaluation of bitter vetch lines (*Vicia ervilia*) in wet and dry conditions. *Journal of sustainable agriculture knowledge*, 2 (1): 24-37. (In Persian).
- Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress*, 257-270.
- Fischer, R. A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897-912.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campalino, R.G., Ricciardi, G.L. & Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, 77, 523-531.
- Haddad, S. G. (2006). Bitter vetch grains as a substitute for soybean meal for growing lambs. *Livestock Science*, 99(2-3), 221-225.
- Karimi, H. (2016). Cultivation and breeding of forage plants. *Tehran University Publications*. 420 pages. (In Persian).
- Kaya, Y., Palta, C., & Taner, S. (2002). Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(5), 275-279.
- Najaphy, A., & Geravandi, M. (2011). Assessment of indices to identify wheat genotypes adapted to irrigated and rain-fed environments. *Advanced in environmental biology*, 5(10), 3212-3218.
- Rosielle, A. A., & Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6), 943-946.
- Sahafi, s. R., & Ghanipour Gorki, M. (2019). Evaluation of drought resistance indices and the use of biplot method in bitter vetch ecotypes. *Scientific-Research Journal of Plant Ecophysiology*, 12(43), 95-106. (In Persian).
- Sepahvand, A., & Jafari, A. A. (2013). Study for yield and quality traits in 14 domestic populations of bitter vetch (*Vicia ervilia*) in optimum and dry condition in Khoramabad, Iran. *Applied Field Crop Research*, 102, 20-30. (In Persian).
- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini., & Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Research*, 98(2), 222- 229.

Evaluation of bitter vetch genotypes (*Vicia ervilia*) for drought tolerance

Zeynab Mardani ¹, Abdollah Najaphy ², Sohbati Bahraminejad ³

1. MSc. graduate, Department of Plant production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
3. Professor, Department of Plant production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 26-02-2024

Accepted: 04-04-2024

Abstract

In order to evaluate the water deficit stress tolerance of 16 bitter vetch genotypes, two experiments were conducted in the cropping year 2014-2015 using randomized complete block designs with three replications in two conditions non- stress and water deficit stress at the research farm of Razi University, Kermanshah. Combined variance analysis of the data showed that the effect of environment on most traits was significant. Different stress tolerance indices including stress susceptibility index (SSI), tolerance (TOL), geometric mean production (GMP), mean production (MP), stress tolerance index (STI), yield index (YI), yield stability index (YSI) and harmonic mean (HAM) were calculated based on the yield data in the both conditions. MP, GMP and STI indices showed positive significant correlation with yield in the both conditions, and YI and HAM indices were correlated with yield in the stress conditions. Therefore, they were appropriate indices for selection of tolerant genotypes. Based on the biplot of the first two main components, genotypes 2, 3, 10 and 16 were identified as suitable entries for the both conditions.

Keywords: Bitter vetch, drought resistance index, water deficit stress

Citation: Mardani, Z., Najaphy, A., & Bahraminejad, S. (2023). Evaluation of bitter vetch genotypes (*Vicia ervilia*) for drought tolerance *Plant Production and Genetics*, 4(2), 179-190. <https://doi.org/10.22034/PLANT.2024.140811.1082>

Copyrights:

Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



*Corresponding Author Email: anajaphy@razi.ac.ir