مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

مجله پژوهش‌های به زراعی

ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی انتهای فصل برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل باقلا (*Vicia faba* L.)

فاطمه شیخ[1]*، فرامرز سیدی[2]

۱ -استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۲ - مربی پژوهش بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۸

چکیده

تنش خشکی عملکرد و سطح زیر کشت باقلا را در بسیاری از مناطق ایران کاهش داده است. لذا به منظور شناسایی شاخص‌های تحمل تنش خشکی مطلوب و انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، ۲۴ ژنوتیپ باقلا از خزانه مقاومت به خشکی ایکاردا به‌همراه شاهد (رقم برکت) در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان و گنبد (مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان) مورد بررسی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های باقلا در قالب طرح لاتیس ساده در دو تکرار در دو شرایط مطلوب و بدون آبیاری در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ بررسی شدند. شاخص‌های تنش خشکی مانند شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین هارمونیک (HM)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) و شاخص تحمل به تنش تصحیح شده (K_1STI) بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش محاسبه شدند. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت. در شرایط تنش متوسط (SI= ۰/۴۶) این آزمایش بین عملکرد غلاف باقلا در شرایط تنش وبدون تنش همبستگی وجود داشت که بیانگر قابلیت تعمیم نتایج عملکرد در شرایط بدون تنش به شرایط تنش خشکی متوسط است. شاخص‌های MP، GMP، STI، HM، YI و K1STI به‌دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش قابل استفاده برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل هستند. براین اساس ژنوتیپ‌های ۱،۳، ۱۲، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴ جهت بررسی‌های بیش‌تر در خزانه تلاقی برنامه‌های به‌نژادی مقاومت به خشکی انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: باقلا، ژنوتیپ، شاخص تحمل تنش، شدت تنش، عملکرد غلاف

---

* نگارنده مسئول (sheikhfatemeh@yahoo.com)

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی به شماره مصوب ۹۴۲۹۴-۰۳-۰۵۷ می‌باشد.

مقدمه

حبوبات از جمله محصولات مهم در تناوب کشت‌های رایج در ایران می‌باشد. سطح زیر کشت حبوبات در کشور در سال ۱۳۹۶، ۷۹۷ هزار هکتار و تولید آن ۶۹۹ هزار تن بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). حبوبات سرشار از پروتئین بوده و با داشتن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین نقش مهمی در تأمین مواد پروتئینی بشر دارند. به لحاظ همزیستی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هوا در ریشه آن‌ها، در حاصلخیزی خاک نقش مهمی دارند و پس از برداشت آن‌ها، مقادیر زیادی نیتروژن به خاک افزوده می‌شود. از این‌رو این گیاهان نقش مهمی در تناوب زراعی دارند. همچنین از آن‌ها به‌عنوان کود سبز برای تقویت و بهبود وضع فیزیکی خاک استفاده می-شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶). باقلا یکی از گیاهان مرسوم در تناوب در استان گلستان است.

خشک‌سالی و تنش ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که هر ساله خسارت‌های زیادی به محصولات در جهان به خصوص ایران که به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، وارد می‌نماید (صباغ پور، ۱۳۸۲). دست‌یابی به ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی یکی از اهداف محققین کشاورزی بوده است (گنجعلی و همکاران، ۱۳۸۵). شرایط محیطی هر منطقه، تعیین‌کننده رقم مناسب آن منطقه است و از میان ارقام مناسب منطقه رقمی که از بیش‌ترین عملکرد برخوردار است باید برای کشت در آن منطقه انتخاب شود (شاه‌مرادی و همکاران، ۱۳۸۸). بدین منظور شاخص‌های مختلفی برای تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که عملکرد در شرایط بدون تنش را با شرایط تنش مورد بررسی قرار می‌دهند. فرناندز (Fernandez, 1993) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکردشان در شرایط تنش و غیر تنش به چهار گروه طبقه‌بندی نمود. در گروه A ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و غیر تنش قرار می‌گیرند. گروه B شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط غیر تنش و گروه C ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا فقط در شرایط تنش است. ژنوتتیپ‌هایی با عملکرد پائین در هر دو محیط در گروه D قرار می‌گیرند.تفاوت عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش شاخص

تحمل (TOL) تعریف شده است مقادیر بالای شاخص تحمل بیان‌گر حساسیت بیش‌تر به شرایط تنش است (Rosielle & Hambling, 1981). شاخص تحمل فاقد توانایی تفکیک ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش؛ یعنی، گروه A از گروه B با عملکرد بالا فقط در شرایط بدون تنش نمی‌باشد. مقدار شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1] هر چقدر کوچک‌تر باشد میزان مقاومت به تنش بالاتر می‌باشد (Fischer & Maurer, 1978). این شاخص قادر به تمایز ژنوتیپ‌های گروه A از گروه C با عملکرد بالا فقط در شرایط تنش نمی‌باشد. میانگین حسابی عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص متوسط بهره‌وری (MP)[2] تعریف می‌گردد (Rosielle & Hambling, 1981). این شاخص نیز نمی‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از گروه B تفکیک کند. شاخصی مناسب است که قدرت تفکیک گروه‌های مختلف را از یکدیگر داشته باشد. از آنجایی‌که تنش خشکی در شرایط مزرعه‌ای از نظر شدت تنش می‌تواند متغیر باشد، برخی محققین از شاخص میانگین بهره‌وری که عملکرد نسبی را نشان می‌دهد استفاده می‌کنند (Ramirez & Kelly,1998). فرناندز (Fernandez, 1993) شاخص تحمل تنش (STI)[3] را ارائه نمود که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. شاخص میانگین هندسی بهره‌وری هندسی (GMP)[4] نیز همانند STI قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A می‌باشد که توسط کریستین و همکاران (Kristin *et al*., 1997) پیشنهاد شده است. شاخص عملکرد (YI)[5] برآوردی متکی بر عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد شاخص عملکرد ژنوتیپ‌هایی با مقدار بیش‌تر از این شاخص مناسب برای شرایط تنش می‌باشد (Gavuzzi *et al*., 1997).

آزمایش‌های متعددی برای یافتن ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش‌های محیطی به خصوص تنش خشکی و نیز گزینش مناسب‌ترین شاخص‌های تنش خشکی انجام شده است. محققین متعددی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد در شرایط بدون تنش با عملکرد در شرایط تنش و

1-Stress Susceptibility Index
2- Mean of Productivity
3- Stress Tolerance Index
4-Geometric Mean Productivity
5-Yield Index

نیز با شاخص‌های MP، STI و GMP را در گندم نان، دوروم، و جو گزارش نموده اند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۰؛ کرمی و همکاران، ۱۳۸۵؛ Anwar, 2011; Hessadi, 2006). همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در شرایط تنش با MP، STI، GMP و SSI در لاین‌های اینبرد گندم گزارش شده است (Nouraein *et al.*, 2013). گل‌پرور و همکاران (۱۳۷۹) نیز طی آزمایشی به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش و بدون تنش و انتخاب مطلوب‌ترین شاخص تنش، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین STI، GMP و MP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش گزارش نمودند. ایلکر و همکاران (Ilker *et al.*, 2011) نتیجه‌گیری نمودند که مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شاخص‌های STI، GMP و MP می‌باشند. گنجعلی و همکاران (۱۳۸۵) شاخص‌های GMP، STI، MP و میانگین هارمونیک (HM)[1] را در نخود کابلی به‌عنوان بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی توصیه نمودند. قراجه‌داغی و همکاران (۱۳۹۶) نیز نتیجه‌گیری نمودند که شاخص‌های GMP، STI، MP و HM مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی لوبیای معمولی می‌باشند. علاوه بر شاخص‌های فوق شاخص پایداری عملکرد (YSI)[2]، شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI)[3] و شاخص تحمل به تنش تغییر یافته (K_1STI)[4] برای بررسی تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است (Bouslama, 1984; Farshadfar & Sutka, 2002). فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2012) نتیجه‌گیری نمودند که همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های MP، STI و HM با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش در هر سه سال آزمایش حاکی از آن است که این شاخص‌ها جنبه‌های مشابه‌ای از تحمل به خشکی را اندازه‌گیری می‌نمایند و قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A هستند و لذا می‌توان از هر کدام از آنها برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی استفاده نمود. آن‌ها همچنین همبستگی معنی‌داری بین عملکرد در شرایط بدون تنش با

1-Harmonic Mean Index

2 -Yield Stability Index
3 -Stress Susceptibility Percentage Index
4 -Modified Stress Tolerance Index

SSI، STI، TOL، MP، HM، SSPI و K_1STI گزارش نمودند. به نظر می‌رسد همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش در شرایط تنش ملایم بیان‌گر آن است که انتخاب ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش تا حدودی قابل تعمیم به شرایط تنش است (محمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۶). این محققین همچنین نتیجه‌گیری نمودند که قابلیت تعمیم روابط شاخص‌ها با عملکرد به شدت تنش (SI)[1] وابسته می‌باشد و اینکه در شرایط تنش، نتایج شاخص تنش در شرایط بدون تنش قابل تعمیم به شرایط تنش است. به‌طور مشابه‌ای اصلاح لاین‌های نخود در محیط بدون تنش خشکی در صورتی قابل تعمیم به محیط با تنش خشکی بوده است که شدت تنش زیاد نباشد (Saxena, 2012). در آزمایش فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al*., 2012) که بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی وجود داشت شدت تنش (SI= ۰/۳۸) متوسط بوده است. با توجه به تنش خشکی و گرمای آخر فصل در شرق و شمال استان گلستان، کشت باقلا تنها به مناطق غربی استان محدود شده‌است. چنان‌چه ارقام متحمل به تنش خشکی و گرمای آخر فصل معرفی گردد، سطح زیر کشت باقلا نه تنها در استان گلستان، بلکه در سایر مناطق با شرایط مشابه افزایش خواهد یافت.در این راستا این آزمایش برای انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باقلا و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه ژنوتیپ‌های باقلا از نظر تحمل خشکی آزمایش در دو شرایط ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی گرگان و گنبد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در پنج کیلومتری شمال گرگان با طول جغرافیایی 54^{o} و $25'$ شرقی و عرض جغرافیایی 36^{o} و $54'$ شمالی واقع شده است. خاک محل آزمایش دارای بافت کلی لوم است. ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد در طول جغرافیایی $55^{o}12'$ شرقی و عرض جغرافیایی $16'$ 37^{o} شمالی در استان گلستان قرار دارد. متوسط بارش بلندمدت سالیانه در حدود ۴۵۰ میلی‌متر و بافت خاک ایستگاه سیلتی کلی لوم است.

1- Stress Index

میانگین ماهانه دماهای حداقل و حداکثر، مجموع بارندگی و مجموع تبخیر در گنبد و گرگان در جدول ۱ ارائه شده است. در این پروژه ۲۴ لاین امیدبخش باقلا ارسالی از ایکاردا[1] و شاهد برکت، در قالب طرح لاتیس ساده (۵×۵) با دو تکرار و در دو منطقه گرگان و گنبد بررسی شدند (جدول ۲). جهت شناسایی لاین‌های متحمل نسبت به تنش خشکی، این بررسی در شرایط بدون آبیاری و تنها با استفاده از نزولات جوی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد اجرا شد. هر واحد آزمایشی دارای دو خط کاشت چهار متری با فاصله ردیف ۶۵ سانتی‌مترو فواصل بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. پس از حذف حاشیه، هر کرت به دو قسمت تقسیم شد، نیمی از کرت به صورت غلاف سبز برداشت شد. پس از رسیدگی محصول عملکرد دانه و وزن صد دانه تعیین شد.

شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش به شرح زیر محاسبه شدند:

شاخص حساسیت به تنش

$$SSI = (1-(Ys/Yp))/SI$$

شدت تنش

$$SI = 1-(\overline{Y}s/\overline{Y}p)$$

شاخص تحمل

$$TOL = Yp - Ys$$

شاخص میانگین بهره‌وری

$$MP = (Yp+Ys)/2$$

شاخص تحمل به تنش

$$STI = ((Yp)*(Ys))/((\overline{Y}p)^2)$$

میانگین هندسی بهره‌وری

$$GMP = \sqrt{Ys*Yp}$$

میانگین‌هارمونیک

$$HM = (2*(Yp*Ys))/(Yp+Ys)$$

شاخص عملکرد

$$YI = \frac{Ys}{\overline{Ys}}$$

شاخص پایداری عملکرد

$$YSI = \frac{Ys}{Yp}$$

شاخص درصد حساسیت به تنش

$$SSPI = \left[\left(\frac{Yp-Ys}{\frac{2}{\overline{Yp}}}\right)\right]*100$$

1- International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA)

شاخص تحمل به تنش تغییر یافته

$$K_1STI = \left(\frac{Ys^2}{\overline{Ys^2}}\right) * STI$$

که Yp و Ys به ترتیب عملکرد در شرایط بدون تنش و در شرایط تنش می‌باشند. $\overline{Yp}$ و $\overline{Ys}$ نیز به ترتیب میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش می‌باشند. تجزیه آماری داده‌ها و همبستگی عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مورد بررسی با نرم افزار SAS انجام شد. مزیت نسبی طرح لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای صفات مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و تجزیه واریانس مرکب بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار انجام شد. از نمودارهای سه بعدی نیز برای بررسی روابط بین عملکرد در دو شرایط استفاده شد.

جدول ۲- میانگین ماهانه دماهای حداقل، دماهای حداکثر و مجموع بارندگی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در گرگان و گنبد

ماه	مجموع بارندگی (mm)		حداکثر دما (°C)		حداقل دما (°C)		مجموع تبخیر (mm)		میانگین دما (°C)	
	گرگان	گنبد	گرگان	گنبد	گرگان	گنبد	گرگان	گنبد	گرگان	گنبد
۱۵آبان	۷۰/۸	٤۰/٤	۳۳/٤	۳۳/۹	۳/٤	۹/٤	۲۳/۷	۲۸	۱٤/۲	۱۵/۱
آذر	٤۱/۷	٦۱	۲۲/٦	۲٦/۵	-۱	۰	۳۲/۲	۳۲/۷	۹/٦	۱۰
دی	٤۵/۳	٤۳/۱	۲۸/۵	۲٦	۰	۰	۳٦/۱	٤۳	۱۰	۱۱/۵
بهمن	۷۹/۵	٤۹/٤	۲٤/۵	۲۸/٦	-۱	-۱	۳۱	۳۵/٦	۹	۸/۲
اسفند	۵۳/۵	۵۲/۱	۲٦/۳	۲۹/۸	۰	۲	۲۹/٦	۳۹/۸	۷/۹	۱۲/۸
فروردین	۲۷/۹	٦۵/۱	۲۷/۲	۳۱/۱	۸/٤	۱/۹	٦۷/٤	۷٦/۲	۱۱/۵	۱۵/۲
اردیبهشت	۳٦/۵	۲۷/۸	۳۵/۲	٤۳/٤	٦/٤	۷/٤	۱۱۱/۸	۱۲۱/۹	۲۰/۲	۲۲
۱۵خرداد	٦۲/۲	٤۲/۸	۳٦/۹	٤۳/۲	۱٤/۱	٤/۳	۷۰/۱	۸۱/۹	۲۰/۹	۲۷

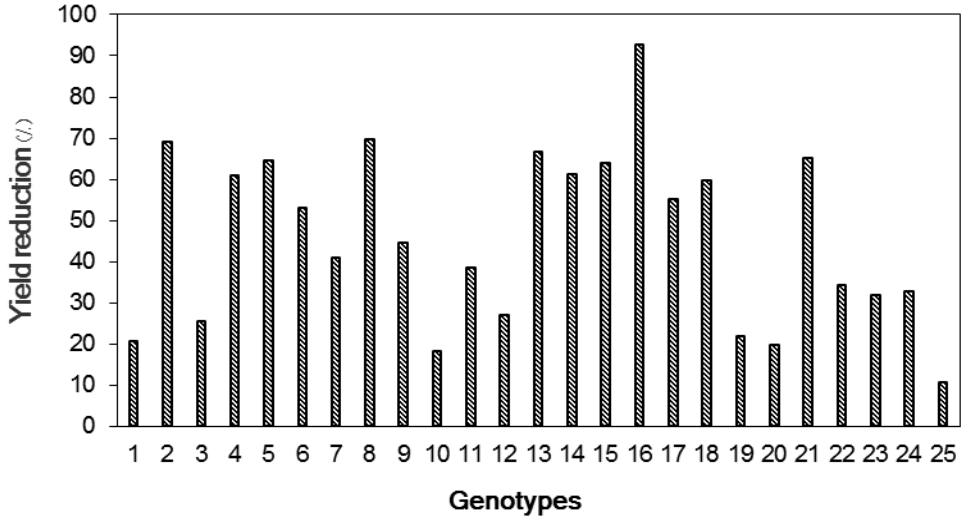
جدول ۲- اسامی، شجره و منشا ژنوتیپ‌های مورد بررسی باقلا

کد ژنوتیپ	ردیف	نام	شجره	منشا
G-faba-394	۱	FLIP 14-021	5/08/F8/7054/06-HBP/S0D/2000	ICARDA
G-faba-395	۲	FLIP14-022	5/08/7054/06-HBP/S0D/2000	ICARDA
G-faba-396	۳	FLIP14-023	90/08/F8/7708/06-S97112(ILB 4365 × BPL2282)	ICARDA
G-faba-397	٤	FLIP14-024	47/08/F8/7317/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-398	٥	FLIP14-025	55/08/F8/7349/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-399	٦	FLIP14-026	53/08/F8/7347/06-A-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-400	۷	FLIP14-027	93/08/F8/7711/06-S 97112(ILB4365×BPL2282)	ICARDA
G-faba-401	۸	FLIP14-028	93/08/F8/7711/06-S 97112(ILB4365×BPL2282)	ICARDA
G-faba-402	۹	FLIP14-029	57/08/F8/7351/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-403	۱۰	FLIP14-030	48/08/F8/7329/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-404	۱۱	FLIP14-031	69/08/F8/ 06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-405	۱۲	FLIP14-032	49/08/F8/7332/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-406	۱۳	FLIP14-033	71/08/F8/7471/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-407	۱٤	FLIP14-034	94/08/F8/7712/ 06-S 97112(ILB 4365 ×BPL2282)	ICARDA
G-faba-408	۱٥	FLIP14-035	94/08/F8/7712/ 06-S 97112(ILB 4365 ×BPL2282)	ICARDA
G-faba-409	۱٦	FLIP14-036	92/08/F8/ 7710/06-S 97112(ILB4365 × BPL2282)	ICARDA
G-faba-410	۱۷	FLIP14-037	56/08/F8/7350/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-411	۱۸	FLIP14-038	56/08/F8/7350/06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-412	۱۹	FLIP14-039	39/08/F8/7221/ 06-A-HBP/S0D/2000	ICARDA
G-faba-413	۲۰	FLIP14-40	39/08/F8/7221/ 06-A-HBP/S0D/2000	ICARDA
G-faba-414	۲۱	FLIP14-41	77/08/F8/7482/ 06-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-415	۲۲	FLIP14-042	45/08/F8/7307/06-A-HBP/S0E/2000	ICARDA
G-faba-416	۲۳	FLIP14-043	4/08/F8/7004/06-HBP/S0D/2000	ICARDA
G-faba-414	۲٤	Elizar	FLIP85-98FB	ICARDA
G-faba-20	۲٥	Barekat	ILB1269	check

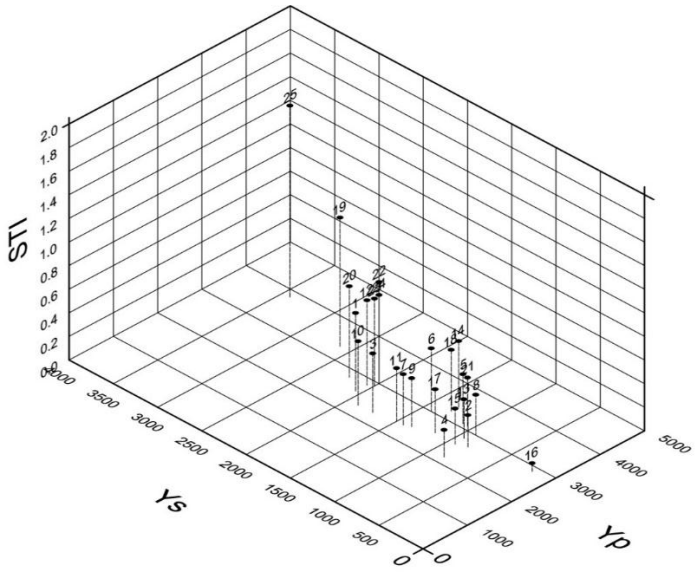
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد غلاف و دانه در شرایط بدون تنش و با تنش نشان داد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین دو محیط و نیز بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد غلاف و دانه وجود داشت (جدول ۳). عملکرد غلاف در شرایط تنش از ۲۰۹/۴ کیلوگرم در هکتار (لاین ۱۶) تا ۳۴۲۱ کیلوگرم در هکتار (رقم برکت) متغیر بود (جدول ۴). عملکرد دانه از ۱۰۷/۸ تا ۲۰۷۸کیلوگرم در هکتار متغیر بود و کم‌ترین و بیش‌ترین میزان آن به ترتیب به لاین ۱۶ و رقم برکت تعلق داشت. در شرایط بدون تنش میزان تغییرات عملکرد دانه از ۹۲۴/۸ (لاین ۴) تا ۲۵۸۸کیلوگرم در هکتار (رقم برکت) بود. کم‌ترین (۲۱۸۴ کیلوگرم در هکتار) و بیش‌ترین (۳۸۳۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد غلاف به‌ترتیب در لاین ۴ و رقم برکت مشاهده شد. عملکرد غلاف و عملکرد دانه در شرایط تنش به ترتیب ۴۶ و ۴۸ درصد کم‌تر از شرایط بدون تنش بود. درصد کاهش عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به بدون تنش در شکل ۳ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۱۰، ۱۹، ۲۰ و ۲۵ (شاهد) کم‌ترین درصد کاهش عملکرد غلاف را داشتند. در آزمایش حاضر شدت تنش در حد متوسط (SI=۰/۴۶) بود. بر اساس شاخص SSI ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۹، ۲۰، ۳ و ۱ کم‌ترین حساسیت را به تنش خشکی نشان دادند (جدول ۵). با توجه به تنش خشکی و گرمای آخر فصل در شرق و شمال استان گلستان، کشت باقلا تنها به مناطق غربی استان محدود شده‌است. چنان‌چه ارقام متحمل به تنش خشکی و گرمای آخر فصل معرفی گردد، سطح زیر کشت باقلا نه تنها در استان گلستان، بلکه در سایر مناطق با شرایط مشابه افزایش خواهد یافت. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش ($r=۰/۴۱^{*}$) در شرایط شاخص حساسیت متوسط (SI=۰/۴۶) در هماهنگی با یافته‌های محمد نژاد و همکاران (۱۳۹۶) مبنی بر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش از شاخص حساسیت کم تا متوسط بود. این همبستگی می‌تواند بیان‌گر آن باشد که انتخاب ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش تا حدودی قابل تعمیم به شرایط تنش است. همبستگی مثبت و معنی‌دار

عملکرد در شرایط بدون تنش با MP، GMP، STI، HM، YI و K_1STI در هماهنگی با یافته‌های (Farshadfar *et al*., 2012) بود. بر اساس شاخص تحمل (TOL) به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۰، ۱، ۲۰، ۳ و ۱۹ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. از نظر شاخص میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص تحمل تنش تغییریافته (K_1STI) به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۱۹، ۲۲ و ۲۰ مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. همچنین از نظر شاخص عملکرد (YI) ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۹، ۲۰، ۲۲ و ۲۴ مناسب‌ترین ژنوتیپ محسوب می‌شدند. در حالی‌که از نظر شاخص پایداری عملکرد (YSI) ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۱۰، ۲۰، ۱، ۱۹ و ۳ پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۱۰، ۱، ۲۰، ۳ و ۱۹ کم‌ترین شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) را داشتند. با در نظر گرفتن توام عملکرد غلاف در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۱۹، ۲۲، ۲۴، ۲۳، ۲۰ و ۱۲ در گروه A قرار می‌گرفتند (شکل ۲). عملکرد غلاف در هر دو شرایط تنش و بدون تنش با MP، GMP، STI، HM، YI و K_1STI همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۶). همبستگی عملکرد غلاف در شرایط تنش با SSI، SSPI و TOL منفی و معنی‌دار بود. از طرفی عملکرد در شرایط تنش با بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۴۱^{**}$) داشتند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد در هر دو شرایط با شاخص‌های STI، MP و HM حاکی از آن است که این شاخص‌ها قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A می‌باشند این امر در تطابق با یافته‌های (گل‌پرور و همکاران، ۱۳۷۹؛ گنجعلی و همکاران، ۱۳۸۵؛ محمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۶؛ Farshadfar *et al*., 2012; Ilker *et al*., 2011). چون شاخصی مناسب است که در هر دو شرایط تنش و غیر تنش با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته باشد (Fernandez, 1993). شاخص‌های MP، GMP، STI، HM، YI و K_1STI برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل مناسب می‌باشند. بر اساس شاخص‌های مذکور ژنوتیپ‌های ۲۵، ۲۲، ۲۰، ۱۹، ۲۴، ۱۲، ۲۳و ۱ مطلوب بوده و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از آن‌ها استفاده نمود.



شکل ۱- مقایسه شاخص درصد کاهش عملکرد غلاف ژنوتیپ‌های مورد بررسی باقلا در شرایط تنش و بدون تنش خشکی



شکل ۲– پراکنش سه بعدی عملکرد غلاف در شرایط بدون تنش (Yp)، و شرایط تنش (Ys) و شاخص STI در ۲۵ ژنوتیپ باقلا در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و غلاف ژنوتیپ‌های باقلا در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه	عملکرد غلاف
محیط	۱	۱۳۶۰۴۲۹۴/۶**	۴۵۲۱۷۸۹**
اشتباه یک	۲	۱۳۱۷/۱	۱۲۳۳۰/۸
ژنوتیپ	۲۴	۴۳۷۴۴۷/۶**	۱۱۳۹۴۲۳/۶**
ژنوتیپ × محیط	۲۴	۱۵۸۸۶۲۱/۹**	۴۹۰۳۶۱/۸**
اشتباه دو	۴۸	۴۲۴۶۲/۴	۱۲۷۸۸۷/۱
ضریب تغییرات (درصد) CV(٪)	-	۱۷/۴	۱۹/۹
ضریب تبیین R^2	-	۰/۹۱	۰/۹۴

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌های باقلا در گنبد و گرگان

ردیف	ژنوتیپ	گرگان		گنبد	
		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)
۱	FLIP14-021	۱۱۹۳/۲	۲۵۸۶/۲	۱۰۵۷/۴	۲۰۵۲/۶
۲	FLIP14-022	۱۴۲۳/۲	۲۶۶۶/۲	۴۲۵/۰	۸۲۴/۹
۳	FLIP14-023	۱۰۶۲/۸	۲۳۲۴/۷	۸۹۲/۸	۱۷۳۳/۰
۴	FLIP14-024	۹۲۴/۸	۲۱۸۴/۴	۴۴۰/۱	۸۵۴/۲
۵	FLIP14-025	۱۸۳۶	۳۰۹۹/۸	۵۶۶/۳	۱۰۹۹/۳
۶	FLIP14-026	۱۶۷۴/۱	۳۰۱۹/۴	۷۳۱/۱	۱۴۱۹/۱
۷	FLIP14-027	۱۲۵۹/۱	۲۴۱۷/۱	۷۳۵/۹	۱۴۲۸/۵
۸	FLIP14-028	۱۷۱۳/۶	۳۰۱۷/۹	۴۷۰/۵	۹۱۳/۳
۹	FLIP14-029	۱۱۳۸/۱	۲۴۶۲/۶	۷۰۱/۸	۱۳۶۲/۳
۱۰	FLIP14-030	۱۲۹۳/۴	۲۳۱۳	۹۷۴/۹	۱۸۹۲/۵
۱۱	FLIP14-031	۱۳۷۸/۹	۲۴۳۸/۵	۷۷۲/۵	۱۴۹۹/۵
۱۲	FLIP14-032	۱۳۷۳/۸	۲۸۳۱/۱	۱۰۶۳/۲	۲۰۶۳/۹
۱۳	FLIP14-033	۱۶۴۸/۴	۲۸۱۲	۴۸۴/۰	۹۳۹/۶
۱۴	FLIP14-034	۱۳۵۵/۴	۳۴۱۱/۶	۶۷۹/۴	۱۳۱۸/۹
۱۵	FLIP14-035	۱۴۱۱/۶	۲۵۸۷/۱	۴۸۰/۶	۹۳۲/۹
۱۶	FLIP14-036	۱۵۵۲/۴	۲۸۷۸	۱۰۷/۸	۲۰۹/۴
۱۷	FLIP14-037	۱۲۷۲/۴	۲۵۹۵/۶	۵۹۸/۳	۱۱۶۱/۴
۱۸	FLIP14-038	۲۰۰۹/۵	۳۲۳۱/۴	۶۷۱/۵	۱۳۰۳/۶
۱۹	FLIP14-039	۲۰۹۶/۵	۳۳۵۶/۱	۱۳۴۷/۹	۲۶۱۶/۴
۲۰	FLIP14-40	۱۵۲۲/۷	۲۷۹۱/۶	۱۱۵۱/۳	۲۲۳۴/۸
۲۱	FLIP14-41	۱۸۱۴/۰	۳۰۹۲/۵	۵۵۲/۵	۱۰۷۲/۵
۲۲	FLIP14-042	۱۸۷۰/۰	۳۱۷۲/۶	۱۰۷۲/۷	۲۰۸۲/۳
۲۳	FLIP14-043	۱۸۲۹/۵	۲۹۷۱/۵	۱۰۳۹/۹	۲۰۱۸/۶
۲۴	Elizar	۱۷۳۹/۰	۳۰۱۳/۱	۱۰۴۳/۷	۲۰۲۶
۲۵	Barekat	۲۵۸۷/۸	۳۸۳۸/۶	۲۰۷۷/۷	۳۴۲۱/۲
	LSD5%	۳۶۴		۵۹۸	۱۶۱

جدول ۵- شاخص‌های تنش خشکی و عملکرد غلاف ژنوتیپ‌های باقلا در شرایط مطلوب و تنش خشکی

ردیف	ژنوتیپ	Yp (kg/ha)	Ys (kg/ha)	MP (kg/ha)	GMP (kg/ha)	STI	HM (kg/ha)	SSI	YSI	SSPI	K_1STI	YI
۱	FLIP14-021	۲۵۸۶	۲۰۵۳	۲۳۱۹	۲۳۰۴	۰/۶۶	۲۲۸۹	۰/۴۵	۰/۷۹	۹/۴	۰/۵۴	۱/۳۳
۲	FLIP14-022	۲۶۶۶	۸۲۵	۱۷۴۶	۱۴۸۳	۰/۲۷	۱۲۶۰	۱/۵۰	۰/۳۱	۳۲/۴	۰/۲۴	۰/۵۴
۳	FLIP14-023	۲۳۲۵	۱۷۳۳	۲۰۲۹	۲۰۰۷	۰/۵۰	۱۹۸۶	۰/۵۵	۰/۷۵	۱۰/۴	۰/۳۳	۱/۱۳
۴	FLIP14-024	۲۱۸۴	۸۵۴	۱۵۱۹	۱۳۶۶	۰/۲۳	۱۲۲۸	۱/۳۳	۰/۳۹	۲۳/۴	۰/۱۴	۰/۵۵
۵	FLIP14-025	۳۱۰۰	۱۰۹۹	۲۱۰۰	۱۸۴۶	۰/۴۲	۱۶۲۳	۱/۴۱	۰/۳۵	۳۵/۲	۰/۵۰	۰/۷۱
۶	FLIP14-026	۳۰۱۹	۱۴۱۹	۲۲۱۹	۲۰۷۰	۰/۵۳	۱۹۳۱	۱/۱۶	۰/۴۷	۲۸/۱	۰/۶۰	۰/۹۲
۷	FLIP14-027	۲۴۱۷	۱۴۲۹	۱۹۲۳	۱۸۵۸	۰/۴۳	۱۷۹۶	۰/۸۹	۰/۵۹	۱۷/۴	۰/۳۱	۰/۹۳
۸	FLIP14-028	۳۰۱۸	۹۱۳	۱۹۶۶	۱۶۶۰	۰/۳۴	۱۴۰۲	۱/۵۲	۰/۳۰	۳۷	۰/۳۸	۰/۵۹
۹	FLIP14-029	۲۴۶۳	۱۳۶۲	۱۹۱۲	۱۸۳۲	۰/۴۱	۱۷۵۴	۰/۹۷	۰/۵۵	۱۹/۳	۰/۳۱	۰/۸۹
۱۰	FLIP14-030	۲۳۱۳	۱۸۹۳	۲۱۰۳	۲۰۹۲	۰/۵۴	۲۰۸۲	۰/۴۰	۰/۸۲	۷/۴	۰/۳۶	۱/۲۳
۱۱	FLIP14-031	۲۴۳۹	۱۵۰۰	۱۹۶۹	۱۹۱۲	۰/۴۵	۱۸۵۷	۰/۸۴	۰/۶۱	۱۶/۵	۰/۳۳	۰/۹۷
۱۲	FLIP14-032	۲۸۳۱	۲۰۶۴	۲۴۴۸	۲۴۱۷	۰/۷۲	۲۳۸۷	۰/۵۹	۰/۷۳	۱۳/۵	۰/۷۲	۱/۳۴
۱۳	FLIP14-033	۲۸۱۲	۹۴۰	۱۸۷۶	۱۶۲۵	۰/۳۳	۱۴۰۹	۱/۴۵	۰/۳۳	۳۲/۹	۰/۳۲	۰/۶۱
۱۴	FLIP14-034	۳۴۱۲	۱۳۱۹	۲۳۶۵	۲۱۲۱	۰/۵۶	۱۹۰۲	۱/۳۴	۰/۳۹	۳۶/۸	۰/۸۰	۰/۸۶
۱۵	FLIP14-035	۲۵۸۷	۹۳۳	۱۷۶۰	۱۵۵۴	۰/۳۰	۱۳۷۱	۱/۳۹	۰/۳۶	۲۹/۱	۰/۲۵	۰/۶۱
۱۶	FLIP14-036	۲۸۷۸	۲۰۹	۱۵۴۴	۷۷۶	۰/۰۷	۳۹۰	۲/۰۲	۰/۰۷	۴۶/۹	۰/۰۸	۰/۱۴
۱۷	FLIP14-037	۲۵۹۶	۱۱۶۱	۱۸۷۹	۱۷۳۶	۰/۳۷	۱۶۰۵	۱/۲۰	۰/۴۵	۲۵/۲	۰/۳۱	۰/۷۵
۱۸	FLIP14-038	۳۲۳۱	۱۳۰۴	۲۲۶۸	۲۰۵۲	۰/۵۲	۱۸۵۸	۱/۳۰	۰/۴۰	۳۳/۹	۰/۶۷	۰/۸۵
۱۹	FLIP14-039	۳۳۵۶	۲۶۱۶	۲۹۸۶	۲۹۶۳	۱/۰۹	۲۹۴۰	۰/۴۸	۰/۷۸	۱۳	۱/۵۱	۱/۷۰
۲۰	FLIP14-40	۲۷۹۲	۲۲۳۵	۲۵۱۳	۲۴۹۸	۰/۷۷	۲۴۸۲	۰/۴۳	۰/۸۰	۹/۸	۰/۷۴	۱/۴۵
۲۱	FLIP14-41	۳۰۹۳	۱۰۷۳	۲۰۸۳	۱۸۲۱	۰/۴۱	۱۵۹۳	۱/۴۲	۰/۳۵	۳۵/۵	۰/۴۸	۰/۷۰
۲۲	FLIP14-042	۳۱۷۳	۲۰۸۲	۲۶۲۷	۲۵۷۰	۰/۸۲	۲۵۱۴	۰/۷۵	۰/۶۶	۱۹/۲	۱/۰۲	۱/۳۵
۲۳	FLIP14-043	۲۹۷۲	۲۰۱۹	۲۴۹۵	۲۴۴۹	۰/۷۴	۲۴۰۴	۰/۷۰	۰/۶۸	۱۶/۷	۰/۸۱	۱/۳۱
۲۴	Elizar	۳۰۱۳	۲۰۲۶	۲۵۲۰	۲۴۷۱	۰/۷۵	۲۴۲۳	۰/۷۱	۰/۶۷	۱۷/۴	۰/۸۵	۱/۳۲
۲۵	Barekat	۳۸۳۹	۳۴۲۱/۲	۳۶۳۰	۳۶۲۴	۱/۶۲	۳۶۱۸	۰/۲۴	۰/۸۹	۷/۳	۲/۹۶	۲/۲۲

YP: عملکرد در شرایط مطلوب،Ys:عملکرد در شرایط تنش،MP: میانگین بهرهوری،GMP: میانگین هندسی بهره وری،STI: شاخص تحمل تنش،HM: میانگین هارمونیک،SSI: شاخص حساسیت تنش،YSI: شاخص پایداری عملکرد،SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش، K_1STI: شاخص تحمل به تنش تغییر یافته، YI: شاخص عملکرد.

جدول ۶- ماتریس ضرایب همبستگی بین Yp و Ys و شاخص‌های تنش خشکی در ژنوتیپ‌های باقلا

	Yp	Ys	MP	GMP	STI	HM	SSI	YI	YSI	SSPI	K_1STI	TOL
Yp	۱											
Ys	۰/۴۱*	۱										
MP	۰/۷۳**	۰/۹۲**	۱									
GMP	۰/۵۷**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۱								
STI	۰/۶۳**	۰/۹۶**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۱							
HM	۰/۴۸*	۰/۹۹**	۰/۹۴**	۰/۹۹**	۰/۹۶**	۱						
SSI	-۰/۰۳ns	-۰/۹۲**	-۰/۷۰**	-۰/۸۳**	-۰/۷۷**	-۰/۸۸**	۱					
YI	۰/۴۱**	۰/۹۹**	۰/۹۲**	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۹**	-۰/۹۲**	۱				
YSI	۰/۰۳ns	۰/۹۲**	۰/۷۰**	۰/۸۳**	۰/۷۷**	۰/۸۸**	-۱/۰**	۰/۹۲**	۱			
SSPI	۰/۱۹ns	-۰/۸۲**	-۰/۵۳*	-۰/۶۹**	-۰/۶۴**	-۰/۷۶**	۰/۹۷**	-۰/۸۲**	-۰/۹۷**	۱		
K_1STI	۰/۷۶**	۰/۸۳**	۰/۹۴**	۰/۸۸**	۰/۹۵**	۰/۸۴**	-۰/۵۵**	۰/۸۲**	۰/۵۵**	-۰/۴۲**	۱	
TOL	۰/۱۸ns	-۰/۸۲**	-۰/۵۳**	-۰/۶۹**	-۰/۶۴**	-۰/۷۶**	۰/۹۶**	-۰/۸۲**	-۰/۹۶**	۱/۰**	۰/۴۱*	۱

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ در صد. † توضیحات ارجاع به جدول ۴

نتیجه گیری

نکته حائز اهمیت اینکه در شرایط تنش(SI= ۰/۴۶) بین عملکرد غلاف باقلا در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی وجود دارد که بیان‌گر قابلیت تعمیم نتایج عملکرد در شرایط بدون تنش به شرایط تنش متوسط است. شاخص‌های MP، GMP، STI، HM، YI و K_1STI به‌دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش قابل استفاده برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل هستند. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۹، ۲۰، ،۲۲، ۲۴و ۱ برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی آتی مقاومت به خشکی پیشنهاد می‌شوند.

سپاسگزاری

از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان که در کلیه مراحل اجرای آزمایش همکاری صمیمانه‌ای داشته‌اند، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

احمدی، ک.، ح. قلی زاده، ح.ر. عبادزاده، ف. حاتمی، م. فضلی استبرق، ر. حسین‌پور، ا. کاظمیان، و م. رفیعی. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی سال زراعی۹۵-۱۳۹۴: محصولات زراعی (جلد ۱). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه و بودجه، اداره کل آمار و اطلاعات. ۱۵۸ ص.

شاه‌مرادی، س.، ح. زینالی خانقاه، ج. دانشیان، ن. خدابنده، و ا. احمدی. ۱۳۸۸. بررسی اثر تنش خشکی بر لاین‌های سویا و براساس شاخص حساسیت و مقاومت. علوم زراعی. (۳): ۲۳-۹.

صباغ‌پور، ح.۱۳۸۲. سازوکارهای تحمل به خشکی در گیاهان. فصل نامه خشکی و خشک‌سالی کشاورزی، ۱۳: ۳۲-۲۱.

فلاحی، ح.ع.، ج. آلت جعفربای، و ف. سیدی. ۱۳۹۰. ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی. به‌نژادی نهال و بذر. ۲۷ (۱): ۲۲-۱۵.

قراجه‌داغی، ف.، م.ر. بی‌همتا، س.ع. پیغمبری، و م. رضایی‌نیا. ۱۳۹۶. بررسی صفات و تحمل به خشک در ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط نرمال و تنش خشکی. پژوهش‌های حبوبات ایران. ۸ (۲):۸۳-۶۹.

کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۸۶. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۶ ص.

کرمی، ع.ا.، م.ر. قنادها، م.ر. نقوی، و م. مردی. ۱۳۸۵. شناسایی ارقام متحمل به خشکی در جو. علوم کشاورزی ایران. ۳۷: ۳۷۹-۳۷۱.

گل‌پرور، ا. ۱۳۷۹. ارزیابی تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم کلکسیون در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی وتعیین بهترین صفات گزینش در دو محیط. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

گنجعلی، ع.؛ م. کافی، ع. باقری، و ف. شهریاری. ۱۳۸۵. گزینش برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.). پژوهش‌های زراعی ایران. ۳: ۱۲۲- ۱۰۳.

محمدنژاد، ی.، س.ا. گالشی، ا. سلطانی، ف. قادری فر، و ا. نوری‌نیا. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های تحمل به تنش برای شناسایی ژنوتیپ های متحمل گندم به شرایط دیم و شوری استان گلستان تولید گیاهان زراعی. ۹ (۱): ۱۴۴-۱۲۷.

Anwar, J., G.M. Subhani, M. Hussain, J. Ahmad, M. Hussain, and M. Munir. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. Pakistan Journal of Botany. 43(3): 1527-1530.

Bouslama, M., and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 24: 933-937.

Farshadfar, E., and J. Sutka. 2002. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. Cereal Research Communication. 31: 33-39.

Farshadfar, E., M.M. Poursiahbidi, and A.R. Abooghadareh. 2012. Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4(13): 891-903.

Fernandez, G.C.J. 1993. Effective selection criteria for assessing stress tolerance.In: Kuo, C.C. (ed.), Proceedings of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Fischer, R.A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research. 29: 897-912.

Nouraein, M., S.A. Mohammadi, S. Aharizad, M. Moghaddam, and B. Sadeghzadeh. 2013. Evaluation of drought tolerance indices in wheat recombinant inbred line population. Annals of Biological Research. 4(3): 113-122.

Ramirez P, and J.D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica. 99: 127-136.

Rosielle, A.A., and J. Hambling. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sciences. 21: 943-946.

Saxena, N.P. 2012. Management of Agricultural Drought (Agronomic and Genetic Options). Translated by: Latifi, N., Mohammadnejad, Y., Sayyedi, F. AeenNama Publication. pp 49-96.

Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R.G. Campaline, F.L. Ricciardi, and G. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Plant Sciences. 77: 523-531.

Hessadi, P. 2006.Selection for drought resistance in lines of barley in Kermanshah region. Journal of Agricultural Sciences. 1: 143-153.

Ilker, E., Tatar, O., Aykut tonk, F., and Tosun, M. 2011. Determination of tolerance level of some wheat genotypes to post-anthesis drought. Turkish Journal of Field Crops. 16(1):59-63.

Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriquez, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi, and J.D. Kelley. 1997**.** Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37: 43-50.

Evaluation of end season drought stress tolerance indices to identify tolerant genotypes of faba bean (*Vicia faba* L.)

F. Sheikh[1*] and F. Sayyedi[2]

1.Assistant Professor and Research Instructor of Seed and Plant Improvement Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
2.Research Instructor of Seed and Plant Improvement Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

Abstract

Drought stress has reduced the yield and cultivated area of faba bean in many regions of Iran. So, in order to identify the best drought stress tolerance indices and select drought tolerant genotypes, 24 genotypes of faba bean from ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas) drought resistance nursery and control cultivar (Barekat) were planted in two separate experiments at Gorgan and Gonbad agricultural and natural resources research stations (Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center). Faba bean genotypes were evaluated in a simple lattice design with two replications in 2015-2016. To determine drought tolerant genotypes, it is necessary to grow them under both stress and non-stress condition. To this end, various stress tolerance indices such as tolerance (TOL), Stress Sensitivity Index (SSI), Mean Productivity (MP), Stress Tolerance Idex (STI), Geometric Man Poductivity (GMP), Yield Index (YI), Modified Stress Tolerance Index (K_1STI) were calculated based on the genotypes in stressed yield in stress and non-stressed conditions. Multiple variance analysis of data showed that there was a significant difference between the genotypes. In medium stress conditions (SI = 0.46), there was a correlation between bean pod yield in stress and non-stress conditions, which indicates the ability to generalize the yield results in non-stress to moderate drought stress conditions. MP, GMP, STI, HM, YI and K1STI indices can be used to identify tolerant genotypes due to their positive and significant correlation with yield in both stress and non-stress conditions. Therefore, 1, 3, 12, 19, 20, 21, 22, 23 and 24 genotypes were selected for further investigations in the crossbreeding program of drought resistance.

Keywords: Faba bean, Genotype, Pod yield, Stress Intensity, Stress Tolerance Index

* Corresponding author (sheikhfatemeh@yahoo.com)