Archive of SID

مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۰، شماره ۱، سال ۱۳۹۳

ارزیابی عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های خالص سویا در منطقه گرگان

Evaluation of Seed Yield and Stress Tolerance Indices in Soybean Lines and Cultivars in Gorgan Area

ابوالفضل فرجی

دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۱

چکیده

فرجی، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های خالص سویا در منطقه گرگان. **مجله به‌زراعی نهال و بذر** ۲-۳۰ (۱): ۴۵- ۳۵.

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد دانه گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران است. برای ارزیابی عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی در بیست رقم و لاین سویا، سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان با سه تکرار اجرا شد. زمان آبیاری در آزمایش اول (شاهد) براساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب براساس ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در نظر گرفته شد. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط بدون تنش ۱۹۸۹ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش خشکی شدید ۱۲۴۲ کیلوگرم در هکتار بود. در شرایط بدون تنش ژنوتیپ HT2 با ۲۵۶۹ کیلوگرم در هکتار، در شرایط تنش متوسط ژنوتیپ PE10 با ۲۲۲۲ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش شدید رطوبتی ژنوتیپ WE6 با ۱۶۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند. با توجه به شاخص‌های STI، MP و GMP، تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ های PE10 و HT2 بیشتر از سایر ژنوتیپ ها بود. محاسبه شاخص SSI نشان داد که از نظر تحمل به خشکی، ژنوتیپ L504 متحمل ترین و ژنوتیپ M9 دارای کمترین تحمل بود. به همین ترتیب محاسبه شاخص TOL نشان داد که از نظر تحمل به خشکی، ژنوتیپ SG20 متحمل‌ترین و L17 دارای کمترین تحمل بود. ژنوتیپ‌های برتر می‌توانند پس از اجرای طرح‌های تحقیقاتی تکمیلی جهت کشت در شرایط مختلف استان توصیه شده و همچنین در برنامه‌های تحقیقاتی به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: سویا، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل، عملکرد دانه.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده: abolfazlfaraji@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد دانه گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران است. میزان کاهش عملکرد دانه بسته به میزان آب خاک در طول دوره رشد و تحمل گونه و رقم زراعی متفاوت است. وایت‌هد و آلن (Whitehead and Allen, 1990) اثر متقابل ژنوتیپ × تنش بر عملکرد دانه سویا را معنی‌دار گزارش کردند و دریافتند بعضی لاین‌ها عملکرد نسبتاً خوبی در شرایط تنش شدید، تعدادی دیگر در تنش خفیف و بعضی دیگر در هر دو محیط تنش داشتند. بومن و همکاران (Bowman *et al*., 1993) در آزمایش انجام شده در شرایط آبیاری و دیم گزارش دادند که اثر متقابل آبیاری × رقم در هفت گروه از ارقام سویا معنی دار بود. تابادا (Tabada, 1992) در بررسی تاثیر تنش خشکی بر سویا گزارش داد که طول ساقه اصلی، توسعه سطح برگ، زمان گلدهی و نمو غلاف در شرایط تنش به طور معنی‌داری کاهش یافت. سه هفته بعد از تنش، مقدار کلروفیل برگ‌های گسترش یافته به مقدار قابل توجهی کاهش یافت. آرووس و همکاران (Arwooth *et al*., 1987) شاخص خشکی یا به عبارتی نسبت عملکرد در شرایط تنش به عملکرد در شرایط رطوبت مناسب را در یازده رقم سویا مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که این شاخص تخمین صحیحی از تحمل ارقام نسبت به خشکی ارائه می‌دهد.

برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و برتر در شرایط تنش خشکی، شاخص حساسیت به تنش SSI توسط فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978)، شاخص‌های تحمل TOL و بهره وری متوسط MP توسط روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) و شاخص‌های تحمل به تنش STI و میانگین هندسی بهره‌وری GMP توسط فرناندز (Fernandez, 1992) پیشنهاد شدند. معیار مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش خشکی در مطالعه نارایان و میسرا (Narayan and Misra, 1989) شاخص SSI و در مطالعه کوچکی و همکاران (Kocheki *et al.,* 2006) شاخص‌های MP، GMP و STI تشخیص داده شد. در گندم، نادری و همکاران (Naderi *et al.,* 1999) اظهار داشتند که شاخص SSI می‌تواند ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آن ها مشخص کرده و جهت انتخاب ژنوتیپ های برتر در شرایط تنش کارآیی بالایی دارد. به عبارت دیگر شاخص SSI می‌تواند ژنوتیپ‌ها را بر اساس تحمل و حساسیت آن‌ها نسبت به تنش تقسیم‌بندی کند. دانشیان و همکاران (Daneshian *et al*., 2009) اثر تنش در مرحله تشکیل غلاف بر تحمل هشت رقم سویا را ارزیابی کردند. میانگین عملکرد ارقام در شرایط آبیاری و تنش به ترتیب ۲۵۱۲ و ۱۱۹۱ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه در

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط تنش کم آبی و مطلوب با میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش، این محققین پیشنهاد کردند که از این شاخص‌ها می‌توان در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به کم آبی استفاده کرد.

شناسایی ارقام متحمل و استفاده آن‌ها در بلوک‌های دورگ‌گیری شانس تولید ارقام متحمل به تنش خشکی را بالا خواهد برد (Daneshian *et al*., 2002). از آن جائی که افزایش دمای هوا و کمبود آب در سال‌های اخیر موجب نگرانی کشاورزان و کارشناسان شده است، این تحقیق به منظور ارزیابی عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی در بیست رقم و لاین برتر سویا در منطقه گرگان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی در بیست رقم و لاین سویا، سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان اجرا شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۵/۵ متر، مشخصات جغرافیایی آن به ترتیب ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و میانگین بارندگی سالانه آن ۴۵۰ میلی‌متر است. داده‌های آب و هوایی ایستگاه هواشناسی گرگان (هاشم‌آباد) در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ایستگاه گرگان

Table 1. Meteorological data at Agricultural Research Station of Gorgan in 2010 and 2011

		تبخیر پتانسیل Evaporation (mm)		تعداد ساعات آفتابی Number of sunny hours		بارندگی Precipitation (mm)		متوسط دما Mean temperature (°C)	
Month	ماه	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010
Feb.- March	فروردین	87.2	63.5	167.4	141.0	10.0	18.8	14.9	13.7
March.- April	اردیبهشت	101.4	104.6	130.0	146.4	33.1	41.4	18.9	19.1
April - May	خرداد	189.6	252.8	217.4	305.4	24.5	0.0	25.7	27.5
May - June	تیر	218.5	268.0	234.5	291.7	51.2	15.8	28.9	30.7
June - July	مرداد	245.5	293.2	259.8	328.1	43.3	0.0	30.3	30.2
July - Aug.	شهریور	153.4	197.5	215.9	269.7	49.3	29.3	25.2	27.0
Aug.- Sept.	مهر	123.5	144.0	195.9	211.9	133.7	35.5	21.1	23.7
Sept.- Oct.	آبان	47.2	62.8	125.2	192.3	67.6	9.2	11.6	16.5
Oct.- Nov.	آذر	23.0	63.9	157.8	193.8	50.8	22.8	7.3	14.4

قبل از کاشت گیاه، نمونه‌های مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک تهیه و بر اساس نتایج تجزیه خاک، مقادیر کودهای فسفر و پتاس هر کدام به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین و به ترتیب از منابع کودی سوپر فسفات تریپل و سولفات‌پتاسیم به زمین داده شد. بافت خاک محل آزمایش رسی، اسیدیته ۷/۹، هدایت الکتریکی ۱/۴۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. میزان فسفر و پتاسیم قابل دسترس به ترتیب ۱۳/۲ و ۳۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میزان نیتروژن کل ۰/۱۷ درصد بود. در هر دو سال کشت آزمایش پس از برداشت گندم و در دهه اول تیر انجام شد.

زمان آبیاری تیمار شاهد براساس تبخیر به میزان ۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A و زمان آبیاری در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب بر اساس ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بود. در شرایط تنش، تا زمان استقرار کامل گیاه (مرحله تشکیل گره‌های ۵-۴ روی ساقه اصلی) آبیاری کلیه تیمارها مشابه شاهد انجام شد و پس از آن تیمارهای تنش اعمال شد. هر کرت آزمایشی دارای پنج خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله بوته ۵ سانتی متر روی خطوط کاشت و فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر بود. عملکرد دانه پس از حذف حاشیه از بوته‌های دو خط وسط تعیین شد. مرحله به‌نژادی ارقام و لاین‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Anonymous, 1996) تجزیه شد و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت شده مقایسه شد.

برای محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش، تیمار آبیاری براساس ۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان تیمار شاهد و تیمار آبیاری بر اساس ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به عنوان تیمار تنش در نظر گرفته شد. شاخص‌های تحمل به تنش از روابط ارائه شده به وسیله فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978)، روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) و فرناندز (Fernandez, 1992) برآورد شد:

$$SI = 1 - \left(\frac{\overline{YS}}{\overline{YP}}\right) \qquad MP = \frac{YP + YS}{2}$$

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{\overline{YS}}{\overline{YP}}\right)}{SI} \qquad STI = \frac{YP * YS}{(\overline{YP})^2}$$

$$TOL = YP - YS \qquad GMP = \sqrt{(YP)(YS)}$$

که در آن YP عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، YS عملکرد دانه در شرایط تنش، $\overline{YP}$ میانگین عملکرد لاین‌ها در شرایط بدون تنش، $\overline{YS}$ میانگین عملکرد در شرایط تنش، SI شدت تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل، STI شاخص تحمل به تنش، MP شاخص بهره وری متوسط و GMP میانگین هندسی بهره‌وری هستند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد دانه در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به معنی‌دار شدن اثر محیط (آبیاری بر اساس تبخیر از تشتک تبخیر) برای عملکرد دانه، میانگین‌های فوق برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر محیط به طور جداگانه بررسی شد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- ویژگی و مرحله به‌نژادی ارقام و لاین‌های مورد مطالعه
Table 2. The Characteristics and breeding situation of studied lines and cultivars

ردیف Row	لاین یا رقم Line/cultivar	مشخصات و سابقه Characteristic and breeding situation
1	Gorgan-3	تجارتی
2	Sahar	تجارتی
3	Williams	تجارتی
4	Katol (DPX)	رقم جدیداً معرفی شده جهت کشت در استان گلستان
5	Caspian (033)	رقم جدیداً معرفی شده جهت کشت در استان مازندران
6	Sari	تجارتی
7	DS2 [Davis × SRF (2)]	لاین امیدبخش گلستان
8	PE10 [Pershing × Epps (10)]	لاین امیدبخش گلستان
9	DW1 [Davis × Williams (1)]	لاین امیدبخش گلستان
10	Hobbit × Century	لاین امیدبخش- اصلاح شده کرج
11	Williams × A3935	لاین امیدبخش- اصلاح شده کرج
12	M7	لاین امیدبخش- اصلاح شده کرج و لرستان
13	L17	لاین امیدبخش- اصلاح شده کرج و مغان
14	M9	لاین امیدبخش- اصلاح شده کرج و لرستان
15	SG20	لاین امیدبخش- اصلاح شده دزفول
16	L14	لاین امیدبخش- اصلاح شده دزفول
17	SF	لاین اصلاح شده دزفول
18	L504	لاین امیدبخش- اصلاح شده دزفول
19	HT2 [Hobbit × TN4.54 (2)]	لاین امیدبخش گلستان
20	WE6 [Williams × Essex (6)]	لاین امیدبخش گلستان

(Soltani, 2006) تا برای هر محیط (سطح رطوبتی) ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های برتر مشخص شود (جدول‌های ۴ و ۵). در هر سه شرایط آبیاری، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه مشاهده شد. در شرایط آبیاری براساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، ژنوتیپ‌های DS2، PE10 و HT2 به ترتیب با ۲۴۷۳، ۲۵۵۲ و ۲۵۶۹ کیلوگرم در هکتار، در شرایط آبیاری بر اساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر، ژنوتیپ‌های کتول و PE10 به ترتیب با ۲۱۸۲ و ۲۲۲۲ کیلوگرم در هکتار و در شرایط آبیاری بر اساس ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر (تنش شدید رطوبتی)، ژنوتیپ WE6 با ۱۶۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند و در گروه مجزا قرار گرفتند (جدول ۵).

شاخص‌های تحمل به تنش‌های خشکی برای عملکرد دانه در ژنوتیپ های مورد مطالعه سویا بر اساس داده‌های آزمایش محاسبه شد (جدول ۶). برای این منظور شرایط آبیاری بر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در دو سال
Table 3. Combined analysis of seed yield of soybean genotypes in two years

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS
Year (Y)	سال	1	17805789*
Environment (E)	محیط (تنش)	2	12978161*
Y × E	سال × محیط	2	914686ns
Error a	خطای الف	12	392917
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	2298740**
Y × G	سال × ژنوتیپ	19	184688*
E × G	محیط × ژنوتیپ	38	177978*
Y × E × G	سال × محیط × ژنوتیپ	38	86532**
Error b	خطای ب	228	47018

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.
* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, repectively.
ns: Not significant. ns: غیر معنی‌دار.

جدول۴- تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در تیمارهای مختلف آبیاری
Table 4. Analysis of variance for seed yield of soybean genotypes in different irrigation treatments

			میانگین مربعات MS		
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df.	آبیاری بر اساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر Irrig./150mm evap.	آبیاری بر اساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر Irrig./100mm evap.	آبیاری بر اساس ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر Irrig./50mm evap.
Year (Y)	سال	1	11939152**	5268087**	2427923ns
Rep / Y	تکرار درون سال	4	336850	463340	378560
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	1366519**	883227**	404951**
Y × G	سال×ژنوتیپ	19	215080**	87654**	55019ns
Error	خطا	119	60035	37139	43879

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.
**: Significant at the 1% probability level.
ns: Not significant. ns: غیر معنی‌دار.

اساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان شرایط بدون تنش یا شاهد و شرایط آبیاری بر اساس ۱۵۰ میلی متر تبخیر تشتک تبخیر به عنوان شرایط تنش خشکی در نظر گرفته شد.

در شرایط تنش خشکی میانگین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه سویا به طور قابل توجهی کمتر از شرایط بدون تنش بود (جدول ۶). میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ های

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌های سویا در تیمارهای مختلف آبیاری و سال

Table 5. Mean seed yield of soybean genotypes in different irrigation treatments and year

سال / ژنوتیپ Genotype / year	آبیاری بر اساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر Irrig./50mm eva.	آبیاری بر اساس ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر Irrig./100mm eva.	آبیاری بر اساس ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر Irrig./150mm eva.
سال Year			
2010	2213a	1819a	1384a
2011	1582b	1400b	1100a
ژنوتیپ Genotype			
Gorgan-3	1170i	874k	819k
Sahar	1788f	1587f	1235fg
Williams	2129d	1779de	1244fg
Katol	2221cd	2182a	1487de
Kaspian	1719fg	1495g	1218fg
Sari	1635g	1446g	1245f
DS2	2473a	2066b	1408e
PE10	2552a	2222a	1632ab
DW1	2236c	1860c	1469de
Hobbit×century	1980e	1842cd	1518cd
Williams×A3935	1932e	1638f	1163gh
M7	1982e	1436g	991i
L17	2337b	1714e	1174fg
M9	2135d	1609f	1015i
SG20	1074j	1155i	904j
L14	1294h	1157i	942ij
SF	1183i	1022j	972ij
L504	1355h	1247h	1123h
HT2	2569a	2036b	1588bc
WE6	2193cd	1824cd	1688a

میانگین‌هایی در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using least significant difference test (LSD).

مورد مطالعه در شرایط بدون تنش ۱۹۸۹ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش خشکی ۱۲۴۲ کیلوگرم در هکتاربود (جدول ۶). لازم به ذکر است با توجه به کاهش غلاف‌بندی در سال دوم، میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سال دوم به طور معنی‌داری کمتر از سال اول آزمایش بود. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به ترتیب برابر ۲۲۱۳ و ۱۵۸۲ کیلوگرم در هکتار بود.

با توجه به شاخص‌های STI، MP و GMP ژنوتیپ‌های با شاخص بزرگ‌تر تحمل بیشتری نسبت به تنش دارند، در حالی که با توجه به شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ‌های با شاخص بزرگ‌تر تحمل کمتری نسبت به تنش دارند. با توجه به شاخص‌های STI، MP و GMP، تحمل به تنش‌های خشکی در ژنوتیپ‌های PE10 و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های سویا
Table 6. The estimate of stress tolerance indices for seed yield of soybean genotypes

Genotype ژنوتیپ	GMP	MP	STI	TOL	SSI	YS	YP
Gorgan-3	979	995	0.27	351	0.87	819	1170
Sahar	1486	1511	0.61	554	0.90	1235	1788
Williams	1628	1687	0.74	885	1.20	1244	2129
Katol	1818	1854	0.92	734	0.96	1487	2221
Kaspian	1447	1469	0.58	501	0.84	1218	1719
Sari	1427	1440	0.57	390	0.69	1245	1635
DS2	1866	1941	0.97	1065	1.25	1408	2473
PE10	2041	2092	1.16	920	1.04	1632	2552
DW1	1813	1853	0.91	767	0.99	1469	2236
Hobbit × century	1734	1749	0.83	463	0.68	1518	1980
Williams × A3935	1499	1547	0.62	769	1.15	1163	1932
M7	1401	1486	0.55	991	1.45	991	1982
L17	1656	1755	0.76	1163	1.44	1174	2337
M9	1472	1575	0.60	1120	1.52	1015	2135
SG20	985	989	0.27	170	0.46	904	1074
L14	1104	1118	0.34	352	0.79	942	1294
SF	1072	1077	0.32	211	0.52	972	1183
L504	1234	1239	0.42	231	0.49	1123	1355
HT2	2019	2078	1.13	981	1.10	1588	2569
WE6	1924	1941	1.03	505	0.67	1688	2193

YP: عملکرد دانه در شرایط بدون تنش؛ YS: عملکرد دانه در شرایط تنش؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ TOL: شاخص تحمل؛ STI: شاخص تحمل به تنش؛ MP: شاخص بهره‌وری متوسط؛ GMP: میانگین هندسی بهره‌وری.
YP: Seed yield at non-stress conditions; YS: Seed yield at stress conditions; SSI: Stress susceptibility index; TOL: Tolerance index; STI: Stress tolerance index; MP: Mean productivity; GMP: Geometric mean productivity.

HT2 بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۶). محاسبه شاخص SSI نشان داد که از نظر تحمل به خشکی ژنوتیپ L504 متحمل ترین و ژنوتیپ M9 دارای کمترین تحمل بودند. به همین ترتیب محاسبه شاخص TOL نشان داد که از نظر تحمل به خشکی ژنوتیپ SG20 متحمل ترین و ژنوتیپ L17 دارای کمترین تحمل بود (جدول ۶).

تنش خشکی یکی از عوامل مهم محدود کننده تولید گیاهان زراعی است. ایزانلو و همکاران (Izanlo *et al.*, 2002) به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص تحمل به خشکی، طی تحقیقی روی ارقام تجارتی سویا، دریافتند که اکثر صفات مورد بررسی نسبت به خشکی واکنش منفی نشان می‌دهند که در این میان، عملکرد دانه نسبت به دیگر صفات آسیب بیشتری داشت. دانشیان و همکاران (Daneshian *et al.*, 2002) نیز گزارش کردند که بر اثر تنش خشکی در سویا عملکرد دانه کاهش یافت که این کاهش ناشی از کم شدن تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه بود. طی دوره گلدهی و پر شدن دانه، تنش خشکی می تواند سبب توقف گلدهی شده و در نتیجه تشکیل دانه، درصد روغن و عملکرد دانه کاهش یابد (Johnston *et al.*, 2002)، بنابراین ارزیابی دقیق ارقام متحمل به تنش جهت انتخاب از نظر عملکرد دانه حائز اهمیت است.

www.SID.ir

Archive of SID

در مطالعه‌ای دیگر، دانشیان و همکاران (Daneshian *et al*., 2002) با ارزیابی تحمل به کم آبی بیست رقم و لاین سویا گزارش دادند که در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط و شدید شاخص‌های MP، GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. بنابراین، استفاده از این شاخص‌ها برای انتخاب ارقام متحمل به کم آبی می‌تواند موثر باشد. بر اساس شاخص میانگین حسابی، ارقام و لاین‌های Clark × M41، باتنی، کلارک، LH-2500، M9 و Tms، براساس میانگین هندسی، ارقام و لاین‌های LH-2500، Clark × M41، باتنی، M9، Hamilton × Essex، Williams ×Ronak و کلارک و بر اساس شاخص تحمل به خشکی ارقام و لاین‌های LH-2500، Clark × M41، باتنی، M9، Essex × Hamilton، Ronak × Williams و کلارک برتر بودند. آن‌ها ارقام و لاین‌های Clark × M41، LH-2500، باتنی و M9 که از عملکرد مناسبی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش برخوردار بودند، به عنوان ارقام برتر معرفی نمود.

مقدم و هادی‌زاده (Moghaddam and Hadizadeh, 2002) گزارش کردند، با توجه به این که شاخص SSI علاوه بر میزان عملکرد ارقام در شرایط تنش، کاهش عملکرد ارقام در اثر تنش را نیز مد نظر قرار می‌دهد، اگر رقمی در هر دو شرایط تنش و غیر تنش دارای عملکرد بالاتری باشد، ولی درصد کاهش آن در شرایط تنش بیشتر باشد، به عنوان رقم حساس شناخته می‌شود، که نتایج آن می‌تواند گمراه‌کننده باشد. امکان اشتباه در تعیین توانایی تحمل به تنش ارقام می‌تواند در اثر شاخص STI نیز باشد. با توجه به این که شاخص STI نتیجه حاصل ضرب YP×YS است. بنابراین، می‌تواند نتایج گمراه‌کننده‌ای را به همراه داشته باشد. این مساله از آن جا ناشی می‌شود که حتی در شرایطی که عملکرد در شرایط تنش پایین باشد، در اثر زیاد بودن آن در شرایط غیر تنش، مقدار کمی این شاخص بزرگ‌تر می‌شود، که ظاهراً بیان‌کننده تحمل رقم به تنش است. همان طوری که به وسیله نادری و همکاران (Naderi *et al*., 1999) نشان داده شد، در صورتی می توان از شاخص STI در انتخاب ارقام متحمل به تنش استفاده کرد که رقم مربوطه عملکرد پایینی در شرایط تنش نداشته باشد.

میزان آب مصرفی سویا در طول فصل رشد با توجه به رقم و شرایط محیطی بین ۴۵۰ تا ۸۲۵ میلی‌متر متغیر بوده که اوج مصرف آن در دوره گلدهی و غلاف‌بندی دانه است. میزان نیاز آبی سویا و تعداد دفعات آن به شرایط آب و هوایی، جنس خاک، روش آبیاری، ظرفیت نگهداری آب خاک و عمق نفوذ ریشه بستگی دارد. شرایط آب و هوایی ایران به گونه‌ای است که در مراحل مختلف نمو، سویا ممکن است کم آبی را تجربه نماید. بنابراین، انتخاب ژنوتیپ‌هایی که در این شرایط از عملکرد دانه

www.SID.ir

Archive of SID

بالاتری برخوردار باشند، میزان خسارت به تولیدکنندگان را کاهش خواهد داد. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که کاهش رطوبت خاک و ایجاد شرایط تنش خشکی توانست سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شود، اگرچه شدت این کاهش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ HT2 با ۲۵۶۹ کیلوگرم در هکتار، در شرایط تنش متوسط، ژنوتیپ PE10 با ۲۲۲۲ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش شدید رطوبتی، ژنوتیپ WE6 با ۱۶۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند که می‌توانند پس از اجرای طرح‌های تحقیقاتی تکمیلی جهت کشت در شرایط مختلف استان توصیه شده و همچنین در برنامه‌های تحقیقاتی به نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

References

Arwooth, N. L., Supachi, K., and Anek, C. 1987. Application of drought index in soybean improvement for north east Thailand. Thai Agricultural Research Journal 5: 1-3.

Bowman, D., Raymer, P., and Dombek, D. 1993. Crop performance trial under irrigated and dry land conditions. Agronomy Journal 85: 610-614.

Daneshian, J., Hadi, H. G., and Genobi, P. 2009. Evaluation the response of soybean cultivars to drought stress with drought tolerance indices. Environmental Stress and Plant Science 1: 101-109 (in Persian).

Daneshian, J., Nour Mohamadi, G. and Jenobi, P. 2002. Evaluation the response of soybean to drought stress and different amounts of prosperous. Proceedings of the congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (in Persian).

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

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

Izanlo, A., Zainali Khaneghah, H., Hosainzadeh, A., and Majnon Hosaini, N. 2002. Determination of the best drought tolerance indices in commercial soybean cultivars. Proceedings of the 7th congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran, Seed and

www.SID.ir

Archive of SID

Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (in Persian).

Johnston, A. M., Tanaka, D. L., Miller, P. R., Brandt, S. A., Nielsen, D. C., Lafond, G. P., and Riveland, N. R. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 94: 231-240.

Kocheki, A. R., Yzdansepas, A., and Nikkhah, H. R. 2006. Effect of terminal drought stress on grain yield and some morphologic traits in wheat genotypes. Seed and Plant 22 (1): 14-29 (in Persian).

Moghaddam, A., and Hadizadeh, M. H. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed and Plant 18: 255-272 (in Persian).

Naderi, A., Majidi-Heravan, E., Hashemi-Dezfuli, A., Rezaie, A.M. and Nour-Mohamadi, G. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. Seed and Plant 15 (4): 390-402 (in Persian).

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

Rosielle, A. T., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21: 493-501.

Anonymous 1996. SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th editions. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Soltani, A. 2006. Reconsider the Application of Statistical Methods in Agricultural Research. Mashhad Jihad-e- Daneshgahi Press, Mashhad, Iran. 74 pp (in Persian).

Tabada, R. A. 1992. Physiological responses of the soybean plant to drought and salinity stress. Asia Life Sciences (Philipines) 1: 61-74.

Whitehead, W. F., and Allen, F. L. 1990. High vs. low stress yield test environment for selecting superior soybean lines. Crop Sciences 30: 912-918.

www.SID.ir