"مجله علوم زراعي ايران"
جلد يازدهم، شماره ٤ زمستان ١٣٨٨

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش کم آبی

Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions

جهانفر دانشیان[1]، حامد هادی[2] و پریسا جنوبی[3]

چکیده

دانشیان، ج. ح. هادی و پ. جنوبی. ۱۳۸۸. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش کم آبی. **مجله علوم زراعی ایران: ۱۱ (٤): ۳۹۳-٤۰۹.**

به منظور ارزیابی رشد و عملکرد دانه ۱۹ ژنوتیپ و لاین سویا در شرایط تنش کم آبی، سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در آزمایش اول تا سوم به ترتیب پس از ۵۰ (آبیاری مطلوب)، ۱۰۰ (تنش متوسط) و ۱۵۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام گرفت. نتایج نشان دادکه اثر متقابل تنش کم آبی و ژنوتیپ تاثیر معنی داری بر تعداد دانه در واحد سطح، میزان روغن و پروتئین دانه داشتند. تنش کم آبی تاثیر معنی داری بر تعداد گره، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع، عملکرد دانه، شاخص باروری (نسبت وزن غلاف به وزن کل گیاه)، عملکرد روغن و پروتئین داشت. بیشترین کاهش تعداد شاخه، تعداد غلاف در مترمربع، عملکرد دانه، شاخص باروری ، عملکرد روغن و پروتئین در شرایط تنش شدید مشاهده شد. عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط و شدید با شاخص‌های مقاومت به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در شرایط تنش متوسط، ژنوتیپ ال ۱۱ و در تنش شدید ژنوتیپ کلین عملکرد دانه بیشتری تولید کردند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، سویا، شاخص باروری و شاخص مقاومت به تنش.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۷/۱۵
۱- استاد یار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (مکاتبه کننده)
۲ – کارشناس ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین
۳- استادیار دانشگاه تربیت معلم

مقدمه

گیاه سویا به عنوان مهم‌ترین گیاه روغنی در دنیا، رتبه دوم را از نظر تولید و سطح زیر کشت در کشور به خود اختصاص داده است. در دو دهه اخیر کم آبی باعث شده است که میزان عملکرد گیاهان زراعی با محدودیت مواجه شود. اخیراً تلاش‌های زیادی برای تولید ارقام متحمل به خشکی در دنیا انجام شده است. یکی از راه‌های ممکن برای افزایش عملکرد در چنین شرایطی، شناسایی ارقامی است که در شرایط وقوع تنش کاهش عملکرد کمتری داشته و در ضمن در شرایط آبیاری مناسب نیز از عملکرد قابل قبولی برخوردار باشند. رامسور و همکاران (Ramseur *et al.*, 1986) گزارش دادند که آبیاری باعث افزایش تعداد دانه یا افزایش غلاف در شاخه‌های سویا می‌شود. وقوع تنش خشکی در مراحل اولیه نمو زایشی ممکن است باعث افزایش ریزش گل و غلاف شود (Korte *et al.*, 1983). اگر چه ممکن است با کاهش تعداد دانه، وزن دانه افزایش یابد. برای شناسایی ارقام متحمل و حساس روش‌های مختلفی ارائه شده است. تحمل به کم آبی یک ژنوتیپ زمانی است تفاوتی بین عملکرد آن در شرایط تنش و بدون تنش وجود نداشته و یا در حداقل باشد. در صورت عدم تحمل یک ژنوتیپ نسبت به خشکی، تفاوت عملکرد آن در شرایط تنش و بدون تنش کم آبی، قابل توجه می باشد (Sneller and Dombek, 1997). بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش کم آبی از عملکرد دانه بالاتری برخوردار باشند، باعث کاهش میزان خسارت به تولید کنندگان سویا خواهد شد. بسیاری از محققان ارقامی را که در در هر دو شرایط کم‌آبی و آبیاری مناسب عملکرد بهتری داشته باشند، به عنوان ارقام مناسب جهت کشت در مناطقی با مشکل کم‌آبی، معرفی می نمایند. علاوه بر این شناسایی صفاتی که در ژنوتیپ‌های متحمل باعث افزایش عملکرد می‌شوند، می توانند در کارهای اصلاحی برای تولید لاین‌های متحمل به کم آبی مورد استفاده قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

جهت ارزیابی واکنش ارقام و لاین‌های رشد نامحدود سویا به تنش کم آبی، سه آزمایش جداگانه در سال ۱۳۸۴ در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد.

جدول ۱- اسامی و منشاء ارقام و لاین‌های سویای مورد آزمایش

Table 1. Name and origin of soybean genotypes in the experiment

ردیف	زنوتیپ	مبدا	ردیف	زنوتیپ	مبدا	ردیف	زنوتیپ	مبدا
	Genotype	origin		Genotype	origin		Genotype	origin
1	Delsoy4210	آمریکاUSA	8	Wisckonsin	آمریکاUSA	15	Manokin	آمریکاUSA
2	LD3	چین.Chin	9	Williams	آمریکاUSA	16	Hobbit×Williams	ایران.IR
3	L11	ایران.IR	10	Hamillton	آمریکاUSA	17	Collombus ×Williams	ایران.IR
4	Linford	آمریکاUSA	11	Ronak×Williams	ایران.IR	18	Collombus×Williams82	ایران.IR
5	Clean	آمریکاUSA	12	KW506×Williams	ایران.IR	19	Clarck × Hobbit	ایران.IR
6	M4	ایران.IR	13	Daivis×Williams	ایران.IR			
7	Zalta Zalha	یوگسلاوی,Yug	14	SRF × T3	ایران.IR			

کلیه ارقام و لاین‌های سویا متعلق به گروه رشدی ۳ بودند. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط به طول پنج متر با فاصله خطوط کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خط کشت پنج تا هفت سانتی‌متر بود. تراکم بوته حدود ۳۰ گیاه در مترمربع در نظر گرفته شد. اولین آبیاری یک روز پس از کاشت انجام شد. برای تعیین

جدول ۲- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت هوا در ایستگاه کشاورزی سال ۸۴ کرج

Table 2. Monthly mean value of precipitation, temperature, and relative humidity in agricultre karaj station in 2005

Month	ماه	حداقل دما (درجه سانتی گراد)	حداکثر دما (درجه سانتی گراد)	میزان بارش (میلی‌متر)	حداقل رطوبت (درصد)	حداکثر رطوبت (درصد)
		Min temp (ºC)	Max temp (ºC)	Precipitation (mm)	Min.RH (%)	Max.RH (%)
May	اردیبهشت	12	26	3.7	25.0	69.6
Jun.	خرداد	17	31	2.1	21.1	63.5
Jul.	تیر	19	36	0	18.9	61.2
Aug.	مرداد	20	36	0	20.5	63.9
Sep.	شهریور	15	32	0	22.2	74.9
Oct.	مهر	12	29	0	22.8	71.7
Nov.	آبان	5	16	0	39.7	81.0

زمان آبیاری در کرت‌های شاهد و تنش از روش کسر رطوبتی اتمسفر استفاده گردید. به این جهت از تشتک تبخیر کلاس A استفاده گردید. در هر روز میزان تبخیر از تشتک تبخیر بر اساس آب اضافه شده به تشتک محاسبه و زمانی که تبخیر به ۵۰ میلی متر رسید، آبیاری تیمار شاهد انجام گرفت. آبیاری کلیه کرت‌های آزمایشی تا مرحله تشکیل گره ۷-۵ مطابق شاهد انجام شد و پس از آن تیمارهای کم آبی اعمال شدند. بر این اساس زمان آبیاری آزمایش دوم و سوم به ترتیب پس از تبخیر ۱۰۰ (تنش متوسط) و ۱۵۰ (تنش شدید) میلی‌متر از تشتک تبخیر انجام شدند. در طول زمان انجام آزمایش بارش قابل توجهی وجود نداشت. اطلاعات آب و هوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. وجین از مراحل ۴-۲ برگی آغاز و تا گلدهی بصورت دستی انجام شد. عملیات برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بصورت دستی از مساحت حدود سه مترمربع انجام گرفت و دانه‌ها با استفاده از کمباین جدا شدند. برای ارزیابی صفات رویشی و زایشی در زمان رسیدن از هر کرت آزمایشی شش گیاه به طور تصادفی انتخاب و صفات رویشی و اجزای عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص بهره وری با محاسبه نسبت وزن غلاف به وزن کل گیاه (Pourmousavi *et al.*, 2009) و شاخص برداشت با محاسبه نسبت وزن دانه به وزن کل گیاه برآورد شدند.

از بذر جمع آوری شده مربوط به عملکرد دانه هر کرت آزمایشی حدود سه گرم بذر به طور تصادفی جدا و با استفاده از دستگاه اینفراماتیک میزان روغن و پروتئین دانه‌های هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شدند. حساسیت و تحمل ارقام و لاین‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل با استفاده از شاخص‌های زیر انجام شد. شاخص حساسیت به تنش که اولین بار توسط فیشر و مورر معرفی شده (Fisher and Maurer, 1978) به شرح زیر می‌باشد:

شدت تنش (۱) $$SI = 1 - (\overline{Y}s / \overline{Y}p)$$

شاخص حساسیت به تنش (۲) $$SSI = [1 - (\overline{Y}s / \overline{Y}p)] / SI$$

شاخص تحمل (۳) $$Tol = (Yp - Ys)$$

میانگین بهره‌وری (۴) $$Mp = (Yp + Ys) / 2$$

میانگین هندسی بهره‌وری (۵) $$GMP = (Yp.Ys)^{1/2}$$

شاخص تحمل به تنش (۶) $$STI = (Yp.Ys) / (\overline{Y}p)^2$$

Yp عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys عملکرد ژنوتیپ در محیط دارای تنش، $\overline{Yp}$ متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، $\overline{Ys}$ متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط دارای تنش و SI شدت تنش می باشند. شاخص تحمل (Tol) و متوسط عملکرد یا میانگین بهره‌وری تولید (MP) توسط روسیله و هامبلین (Rosielle and Hambline, 1981) معرفی شده‌اند. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC (ver 2.0) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی از نرم افزار SPSS (ver. 16.0) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عامل ژنوتیپ تاثیر معنی‌داری بر فاصله اولین غلاف از زمین داشت. لاین ک.دابلیو۵۰۶×ویلیامز با مقدار ۱۸/۷۸ سانتی‌متر بیشترین فاصله اولین غلاف از زمین را نشان داد و با لاین ال۱۱ و اس.آر.اف× تی۳ در گروه آماری مشابهی قرار گرفت (جدول ۳). عامل تنش کم آبی و ژنوتیپ تاثیر معنی‌داری بر تعداد گره ساقه در سطح یک درصد نشان داد. تعداد گره ساقه نشان دهنده میزان رشد گیاه می‌باشد. همان گونه که انتظار می رفت، در شرایط آبیاری مطلوب، گیاهان از رشد بیشتری برخوردار بودند و به طور متوسط ۱۶/۶۵ گره در ساقه اصلی تولید کردند. تنش متوسط و شدید به ترتیب ۱۳ و ۱۶ درصد باعث کاهش در تعداد گره ساقه اصلی شدند. در شرایط تنش، مواد فتوسنتزی کمتری در گیاهان تولید شد و از رشد رویشی گیاهان کاسته شد. در مقایسه ژنوتیپ‌ها نیز لاین اس.آر.اف× تی۳ بالاترین تعداد گره را در بین ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۳). ارتفاع بوته تحت تاثیر عامل تنش کم آبی و ژنوتیپ قرار گرفت. در شرایط آبیاری مطلوب، بالاترین ارتفاع بوته (۷۳/۶ سانتی‌متر) بدست آمد و در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۱۳ و ۲۲ درصد از ارتفاع بوته کاسته شد. لاین کلمبوس× ویلیامز ارتفاع بوته بیشتری داشت. ارتفاع بوته تحت تاثیر تعداد گره در ساقه می‌باشد (جدول ۳). بنابراین با افزایش تعداد گره‌ها، ارتفاع بوته نیز افزایش می‌یابد، به طوری که ماچو و همکاران (Muchow *et al.*, 1986) با بررسی اعمال تیمارهای آبیاری در مراحل مختلف رشد سویا گزارش کردند که عدم آبیاری منجر به کاهش شدید تعداد گره‌ها و در نتیجه بوته شد. دسکلاس و همکاران (Desclaux *et al.*, 2000) در آزمایشی روی سویا گزارش کردند که میانگین ارتفاع بوته در مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه نسبت به اعمال تنش رطوبتی حساس‌ترین صفت به شمار می رود و ارتفاع بوته تحت این شرایط کاهش می‌یابد.

عامل تنش کم آبی و ژنوتیپ تاثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌ها داشتند. بوته‌های سویا در شرایط آبیاری مطلوب تعداد چهار شاخه تولید کردند. در مقایسه با گیاهان شرایط تنش متوسط و شدید مشخص شد که تعداد شاخه‌ها نسبت به آبیاری مطلوب ۱۹ درصد کاهش داشتند. وقوع تنش کم آبی باعث کاهش رشد رویشی گیاهان گردید. بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش تعداد شاخه در شرایط تنش به محدودیت تولید مواد فتوسنتزی مربوط باشد. ژنوتیپ‌های لینفورد و ام۴ تعداد شاخه بیشتری داشتند (جدول ۳). عوامل تنش خشکی و ژنوتیپ تاثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در مترمربع داشتند. در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین تعداد با ۹۶۲/۳ غلاف در مترمربع تولید شد. در شرایط تنش با توجه به کاهش میزان آب خاک از میزان گل‌های تبدیل شده به غلاف کاسته شد. به این ترتیب میزان غلاف در مترمربع در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۲۶ (۷۱۵/۶) و ۳۶ درصد (۶۷۱/۵) نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت. تیمارهای کم آبیاری به ترتیب ۷۷ و ۲۰ درصد غلاف کمتری نسبت به تیمار آبیاری مطلوب تولید کردند. با توجه به اینکه تیمارهای تنش قبل از مرحله نمو زایشی اعمال شدند،

بنابراین به نظر می رسد که علت کاهش تعداد غلاف در گیاه با افزایش شدت تنش ناشی از ریزش گل و غلاف می باشد (جدول ۳). رامسور و همکاران (Ramseur *et al.*, 1984) گزارش کردند که تنش رطوبتی طی گلدهی و آغاز تشکیل غلاف، تعداد غلاف را به مقدار زیادی کاهش داد. مقایسه ژنوتیپ‌ها مشخص کرد که لینفورد با مقدار ۹۸۱/۴، بیشترین تعداد غلاف در مترمربع را تولید کرد و با ال۱۱، ویسکانسین، رونـاک×ویلیـامز، اس.آر.اف×تـی۳، منـوکین، کلمبـوس×ویلیـامز، کلمبـوس×ویلیـامز۸۲، کلارک×هابیت در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۳). وست گیت و پترسون (Westgate and Peterson, 1993) دریافتند که تغییر مرحله نموی از تقسیم سلولی به تمایز در گل‌ها و نمو غلاف‌های جوان سویا، تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. عوامل گیاهی که تقسیم و توسعه سلولی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، مانند میزان آب بافت و غلظت هورمون‌های موثر گیاهی مانند آبسیزیک اسید مسئول تنظیم غلاف در شرایط تنش خشکی می باشد (Saini and Westgate, 2000). کاهش آب خاک قبل یا پس از آغاز گلدهی باعث کاهش معنی دار پتانسیل آب گل می‌شود که ممکن است فعالیت تخمدان را مختل و در نتیجه مانع از نمو آن شود (Kokubun *et al.*, 2001). تعداد دانه در غلاف فقط تحت تاثیر عامل ژنوتیپ قرار گرفت. بنابراین به‌نظر می‌رسد که این صفت از پایداری بیشتری نسبت به سایر صفات وابسته به عملکرد برخوردار باشد، اما متفاوت بودن ویژگی‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌ها بر این صفت تاثیر داشت. رقم منوکین با ۲/۶۵ عدد بیشترین میزان دانه در غلاف را داشت که با دلسوی۴۲۱۰، ال۱۱، لینفورد، کلین، ویسکانسین، ویلیامز، همیلتون و ک.دابلیو۵۰۶×ویلیامز در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). نتایج بدست آمده از این آزمایش با نتایج بدست آمده توسط پندی و همکاران (Pandey *et al.*, 1984) مغایرت داشت. آن‌ها گزارش کردند که گیاهان سویای تحت تنش خشکی، غلاف‌های کمتری تولید کردند، دانه‌های کمتری در هر غلاف داشتند و اندازه دانه‌ها کوچک‌تر از گیاهان رشد یافته در شرایط آبیاری مطلوب بود. مکل و همکاران (Meckel *et al.*, 1984) دریافتند که در شرایط تنش کم آبی، رشد دانه‌های موجود در غلاف از حساسیت کمتری نسبت به مدت پر شدن دانه برخوردار بود. آبیاری پس از مرحله پایان تشکیل غلاف، تعداد دانه‌ها را افزایش داد (Ramseur *et al.*, 1984). افزایش شدت تنش موجب کاهش فتوسنتز گیاه و در نتیجه کاهش تولید مواد پرورده در گیاه شد، به طوری که تنش قطع آب در زمان گلدهی و نمو غلاف باعث کاهش تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف گردید. با اعمال تنش در مرحله شروع گلدهی، حفظ وزن صد دانه باعث جبران کاهش تعداد دانه در بوته و حفظ عملکرد دانه می‌شود. تنش در مرحله شروع تشکیل غلاف باعث افزایش ریزش گل و غلاف شده و منجر به کاهش تعداد دانه در گیاه می شود (Daneshian *et al.*, 2000). تعداد دانه در گیاه سویا مهم‌ترین جزء عملکرد محسوب می‌شود و تحت تاثیر تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف می‌باشد. عوامل تنش خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها تاثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در مترمربع داشتند. بیشترین تعداد دانه به لاین ال۱۱ در شرایط آبیاری مطلوب با ۳۲۳۶ دانه، در مترمربع تعلق داشت. در شرایط تنش متوسط، ۳۴ درصد از میزان دانه در مترمربع کاسته شد و در شرایط تنش شدید به میزان قابل توجهی کاهش نشان داد. در شرایط آبیاری مطلوب لاین ال۱۱ با مقدار ۳۲۳۶ دانه بالاترین میزان را داشت که با ژنوتیپ‌های لینفورد، زالتزالها، ک.دابلیو۵۰۶×ویلیامز، منوکین، هابیت× ویلیامز، کلمبوس× ویلیامز، کلمبوس× ویلیامز ۸۲، کلارک× هابیت در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۴). در شرایط تنش متوسط، رقم لینفورد بیشترین تعداد دانه در مترمربع را تولید نمود و با

لاین ال۱۱ در گروه آماری مشابهی قرار گرفت. در شرایط تنش شدید نیز رقم ویلیامز با تعداد ۱۹۲۶ دانه، بالاترین مقدار را داشت (جدول ۱۴ تعداد دانه در مترمربع ژنوتیپ ها در شرایط مختلف آبیاری متفاوت بود. بیشترین تغییرات در آبیاری مطلوب مشاهده شد و در شرایط تنش تغییرات ژنوتیپ ها کاسته شد. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید، ژنوتیپ ال.دی۳ کمترین میزان دانه در مترمربع را تولید کرد (جدول ۴). عامل تنش کم آبی و ژنوتیپ تاثیر معنی داری بر وزن هزار دانه داشتند. رقم همیلتون بالاترین وزن هزار دانه را داشت و با ارقام ال.دی.۳ ، لینفورد، کلین، ام۴، ویسکانسین در گروه آماری مشابهی قرار گرفت (جدول ۴). دلوچ (Delouche, 1980) گزارش کرد که تنش شدید با ایجاد اختلال در نمو بذر باعث ایجاد چروکیدگی و کاهش وزن هزار دانه شد. تنش در مرحله دانه بندی کامل عملکرد را به واسطه کاهش در اندازه بذر کاهش داد (Viera *et al.*, 1992).

عملکرد دانه تحت تاثیر تنش کم آبی و ژنوتیپ قرارگرفت، به عبارت دیگر در کلیه ژنوتیپ‌ها وقوع تنش باعث کاهش قابل توجه عملکرد دانه شد. در شرایط آبیاری مطلوب گیاهان از بیشترین تعداد گره ساقه، ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در مترمربع برخوردار بودند، بنابراین عملکرد بیشتری را نیز تولید نمودند. با وقوع تنش از عملکرد دانه کاسته شد، به طوری‌که گیاهان در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۲۹ و ۴۳ درصد عملکرد کمتری نسبت به آبیاری مطلوب داشتند. مقایسه میانگین‌های عملکرد ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین ال۱۱ با تولید ۲۲۲۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۳). زارع و همکاران (Zarea *et al.*, 2002) در ارزیابی عکس العمل ۲۵ ژنوتیپ سویا نسبت به تنش خشکی در کرج گزارش کردند که ارقام دلسوی ۴۲۱۰، ال.دی۳، ال۱۱، لینفورد با بیش از دو تن در هکتار، از عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر تیمارها در شرایط کم آبی و آبیاری کامل برخوردار بودند. دانشیان (Daneshian, 2002) نیز در ارزیابی تاثیر تنش خشکی بر ۲۰ لاین و ژنوتیپ سویا در کرج گزارش کرد که ارقام کلین، ام۴، زالتازالها، ویسکانسین، روناک× ویلیامز از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند. در این آزمایش نیز لاین ال۱۱ با مقدار ۲۲۲۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را داشت و با دلسوی ۴۲۱۰، لینفورد، کلین، ویسکانسین، منوکین، هابیت×ویلیامز، کلمبوس×ویلیامز و کلارک×هابیت در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۱). شاخص بهره وری نشان دهنده میزان اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی است. ارقامی که از شاخص بهره وری بیشتری برخوردار باشند، سهم بیشتری از مواد پرورده را در اختیار غلاف ها قرار می دهند (Daneshian, 2002). تنش کم آبی و ژنوتیپ تاثیر معنی‌داری بر شاخص بهره وری داشتند. بین گیاهان شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط از نظر میزان واحدهای زایشی تفاوتی وجود نداشت در حالی‌که در شرایط تنش شدید نسبت به آبیاری مطلوب کاسته شد و در گروه آماری مجزا قرار گرفت. ژنوتیپ ویسکانسین از شاخص بهره وری بالاتری برخوردار بود. ژنوتیپ ویسکانسین با مقدار ۸۰/۴۷ درصد شاخص بهره وری بالاتری داشت و با ۱۲ ژنوتیپ دیگر در گروه آماری مشابهی قرار گرفت (جدول ۳). عامل ژنوتیپ و اثر متقابل تنش کم آبی و ژنوتیپ تاثیر معنی داری بر میزان روغن دانه داشتند. ژنوتیپ ویسکانسین در شرایط آبیاری مطلوب بالاترین میزان روغن دانه (۲۴/۷ درصد) را داشت. همچنین دانه گیاهان شرایط تنش متوسط ژنوتیپ ال۱۱ با مقدار ۲۳/۷ درصد بیشترین میزان و در بین گیاهان شرایط تنش شدید ژنوتیپ همیلتون بیشترین میزان روغن دانه را (۲۴/۴ درصد) داشت. کمترین میزان روغن دانه (۱۹/۹ درصد) به آبیاری کامل تعلق داشت و تنش متوسط و شدید به ترتیب با مقدار ۲۱/۳ و ۲۲/۷ درصد در گروه های جدا گانه ای قرار گرفتند.

جدول ۳- میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های سویا در تیمارهای تنش کم آبی

Table 3. Mean characteristics of soybean genotype in water defifcit stress treatment

تنش کم آبی Water deficit (mm evaporation)	ژنوتیپ Genotype	فاصله اولین غلاف از زمین 1th.Pod distance (cm)	تعداد گره‌ها No. of nodes	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه No. of branch	تعداد غلاف در مترمربع $Pod.m^{-2}$	تعداد دانه در غلاف $Seed.Pod^{-1}$	وزن هزار دانه 1000.seed.wt (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص بهره‌وری Productivity index (%)	شاخص برداشت HI (%)
50		14.035	16.65 a	73.6 a	3.684 a	962.3 a	2.475	129.068	2433 a	79.38 a	47.763
100		13.175	14.75 b	63.7 b	2.982 b	715.6 b	2.46	137.007	1729 b	78.05 a	47.768
150		14.018	13.98 c	57.2 c	2.965 b	618.5 c	2.382	123.975	1390 c	76.34 b	45.754
	Delsoy 4210	15.1 b-e	16.2 abc	67.7 ab	3.4 a-d	658.3 c	2.4 a-f	130.1 bcd	1958 abc	76.1 c-f	78.6 a-e
	LD3	11.8 fg	12.7 fg	58.7 bc	3.3 a-e	639.2 c	2.3 efg	143.7 a	1842 bcd	80.2 ab	55.8 a
	L11	15.9 abc	16.6 ab	65.9 ab	3.2 a-f	905.4 ab	2.6 ab	125.2 de	2221 a	79.5 abc	48.3 b-e
	Linford	11.6 g	15.8 a-d	72.7 a	4.2 a	981.4 a	2.4 a-f	145.5 a	2013 abc	77.9 a-e	46.5 b-f
	Clean	13.8 c-g	15.3 a-d	71.0 ab	3.1 b-f	675.3 c	2.5 abc	137.9 abc	2192 ab	77.7 a-f	48.1 b-e
	M4	12.7 d-g	15.8 a-d	68.2 ab	4.2 a	704.1 bc	2.3 d-g	146.7 a	1761 cd	78.2 a-e	53.1 ab
	Zalta Zalha	14.8 b-f	14.0 d-g	60.2 abc	3.0 c-f	669.4 c	2.4 b-f	132.1 bcd	1846 bcd	76.9 b-f	44.8 c-f
	Wisconsin	11.3 g	13.4 efg	62.2 ab	4.1 ab	847.9 abc	2.5 a-f	140.5 ab	1869 a-d	80.5 a	50.1 abc
	Williams	12.1 efg	15.1 b-e	60.6 abc	3.4 a-d	688.2 bc	2.5 a-d	131.1 bcd	1807 cd	79.4 abc	45.9 b-f
	Hamilton	11.0 g	12.4 g	47.7 c	3.5 abc	633.2 c	2.5 a-e	148.4 a	1564 d	78.5 a-e	49.1 a-e
	Ronak x Williams	12.3 efg	14.6 cde	59.1 bc	2.8 c-f	818.1 abc	2.1 g	121.4 a	1856 bcd	77.8 a-f	48.5 a-e
	KW506 × Williams	18.8 a	15.8 a-d	71.0 ab	2.3 ef	700.1 bc	2.4 a-f	117.0 e	1650 cd	74.3 f	43.2 c-f
	Davis × Williams	15.8 abc	15.6 a-d	59.9 abc	3.7 abc	673.9 c	2.5 a-f	123.5 de	1568 d	75.8 def	40.5 f
	SRF × T3	17.0 abc	17.0 a	67.2 ab	3.5 abc	821.7 abc	2.6 a-f	100.1 f	1588 d	75.1 ef	41.8 ef
	Manokin	13.7 c-g	14.4 c-f	70.0 ab	3.3 a-e	771.2 abc	2.6 a	130.7 bcd	1963 abc	78.7 a-d	49.4 a-d
	Hobbit × Williams	15.4 bcd	15.1 a-d	70.1 ab	2.3 ef	699.8 bc	2.6 abc	126.8 de	1984 abc	79.1 a-d	47.6 b-f
	Collombus × Williams	13.2 c-g	16.6 ab	72.8 a	2.2 f	911.8 ab	2.2 fg	117.3 e	1974 abc	75.7 def	42.1 def
	Collombus × Williams82	12.6 d-g	15.8 a-d	65.2 ab	2.7 c-f	952.4 a	2.4 c-f	123.2 de	1593 d	79.7 ab	44.9 c-f
	Clark × Hobbit	12.3 efg	14.9 b-e	61.9 ab	2.4 def	792.2 abc	2.4 a-f	129.2 cd	1918 a-d	79.1 a-d	46.6 b-f

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in coulumn and treatements followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test

جدول ۴- اثر متقابل تیمارهای تنش کم آبی و ژنوتیپ بر تعداد دانه، میزان روغن و پروتئین دانه ارقام و لاین‌های سویا

Table 4 .- Interaction effect of water deficit stress and genotype on seed.m^{-2}, oil and protein percent in soybean

ژنوتیپ	تعداد دانه در مترمربع Seed.m^{-2}			میزان روغن دانه Oil content (%)			میزان پروتئین دانه Protein content (%)		
Genotype	آبیاری مطلوب	تنش متوسط	تنش شدید	آبیاری مطلوب	تنش متوسط	تنش شدید	آبیاری مطلوب	تنش متوسط	تنش شدید
	Irrigation			Irrigation			Irrigation		
	normal	mild	severe	normal	mild	severe	normal	mild	severe
Delsoy 4210	2157 c-n	1303 n-r	1315 n-r	23.7 b-f	23.4 c-l	23.1 d-n	34.4 a-i	33.9 a-j	33.3 a-m
LD3	1241 n-r	1990 c-p	930 r	23.8 a-e	22.7 i-p	23.2 d-n	31.1 l-q	34.4 a-i	33.8 a-k
L11	3236 a	2418 a-k	1554 k-r	22.9 f-n	23.7 b-f	22.4 m-p	33.3 a-m	31.5 j-q	34.1 a-j
Linford	2808 a-e	2787 a-f	1658 j-r	22.7 h-p	23.6 b-g	23.4 c-l	35.3 abc	34.4 a-i	34.0 a-j
Clean	1934 d-q	1965 c-p	1330 m-r	23.3 c-l	23.2 c-m	23.1 d-n	33.8 a-k	35.1 a-e	33.7 a-k
M4	2259 b-m	1504 k-r	1149 o-r	23.3 c-m	23 e-n	22.9 f-o	34.2 a-i	35.0 a-e	35.1 a-d
Zalta Zalha	2734 a-g	1284 n-r	932 r	23.4 c-l	23.1 d-n	22.6 j-p	33.9 a-j	34.6 a-i	34.2 a-i
Wisconsin	1837 g-r	2663 a-h	1862 f-r	24.7 a	23.6 b-g	23.4 c-l	29.1 q	31.2 k-q	33.1 b-m
Williams	2268 b-l	1073 pqr	1926 d-q	24.1 abc	23.6 b-g	22.8 g-o	32.2 g-p	32.4 e-o	34.5 a-i
Hamilton	1629 j-r	1616 j-r	1490 k-r	24.1 abc	23.2 c-m	24.4 ab	33.1 c-n	35.7 ab	33.5 a-l
Ronak x Williams	2056 c-o	2082 c-o	1071 pqr	23.5 c-j	23.1 d-n	22.5 l-p	34.3 a-i	34.7 a-g	35.9 a
KW506 × Williams	2663 a-h	1007 qr	1616 j-r	23.6 b-h	23.3 c-l	22.8 g-o	30.5 n-q	30.8 m-q	32.1 i-p
Davis × Williams	2055 c-o	1407 l-r	1432 l-r	23.4 c-k	22.6 j-p	22.3 nop	32.3 f-p	34.5 a-i	34.6 a-h
SRF × T3	2165 c-n	1988 c-p	1766 h-r	23.5 b-i	23.7 b-g	23.9 a-d	34.3 a-i	30.1 opq	29.8 pq
Manokin	2609 a-i	1624 j-r	1827 g-r	23.5 c-j	23.1 d-n	23.3 c-m	32.1 h-p	34.3 a-i	33.2 b-m
Hobbit × Williams	2873 abc	1437 l-r	1195 o-r	23.2 c-m	23.1 d-n	22.1 op	32.2 g-p	32.9 c-n	34.7 a-g
Collombus × Williams	2859 a-d	1432 l-r	1809 g-r	22.6 j-p	23.7 b-g	22.6 j-p	34.4 a-i	32.7 d-n	35.0 a-e
Collombus × Williams82	3123 ab	1919 e-q	1706 i-r	23.1 d-n	22.6 k-p	21.9 p	33.5 a-l	35.3 abc	34.8 a-f
Clark × Hobbit	2520 a-j	1721 i-r	1440 l-r	22.6 j-p	23.2 c-m	22.8 f-o	33.9 a-j	32.9 c-n	33.3 a-m

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in coulumn and treatements followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test

(جدول ۴) نتایج به دست آمده با یافته‌های فرود و مندل مطابقت داشت (Foroud and Mundell, 1993). عامل ژنوتیپ و اثر متقابل تنش کم آبی و ژنوتیپ، تاثیر معنی داری بر میزان پروتئین دانه داشتند. رقم لینفورد در شرایط آبیاری مطلوب، بالاترین میزان پروتئین دانه را داشت. در شرایط تنش متوسط رقم همیلتون و در شرایط تنش شدید لاین روناک×ویلیامز، بیشترین میزان پروتئین را داشتند. با افزایش شدت تنش میزان پروتئین دانه به شدت کاهش یافت، به طوری که تیمار آبیاری مطلوب با ۳۷/۹ درصد کمترین مقدار پروتئین دانه را تولید کرد و دو سطح دیگر هر یک در گروه جداگانه‌ای قرار گرفتند (جدول ۴). فرود و مندل (Foroud and Mundell, 1993) نیز گزارش دادند با افزایش شدت تنش میزان پروتئین دانه کاهش یافت. نتایج بدست آمده نشان داده است که تنش خشکی در هیچ مرحله‌ای از رشد بر میزان روغن و پروتئین دانه ها تاثیر ندارد (Sionit and Kramer, 1977).با بررسی میزان کاهش هر یک از ویژگی‌های گیاه در مقایسه شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم آبی مشخص شد که در شرایط تنش متوسط، در بین صفت‌های مورد بررسی، تنها وزن هزار دانه و میزان پروتئین دانه، به ترتیب ۵/۷۹ و ۱/۳۷ درصد افزایش داشتند، در حالی‌که سایر موارد کاهش داشتند. بیشترین میزان کاهش مربوط به عملکرد دانه با ۴۱ درصد و پس از آن عملکرد روغن و پروتئین نیز تحت تاثیر عملکرد دانه کاهش یافتند. کمترین میزان کاهش را شاخص برداشت (۰/۰۲۱ درصد) داشت. در شرایط تنش شدید، تنها پروتئین دانه به میزان جزئی افزایش یافت و سایر صفات کاهش یافتند (جدول ۵).

بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که فاصله اولین غلاف از زمین همبستگی مثبت و معنی داری با ارتفاع بوته و تعداد گره داشت. تعداد گره با تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع و عملکرد دانه همبستگی

جدول ۵- میزان کاهش میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های سویا در تیمارهای تنش کم آبی

Table 5. Average reduction rate in plant characteristics of soybean genotypes in water deficit stress treatments

Plant characteristics	صفات گیاهی	آبیاری مطلوب Normal irrigation	تنش متوسط Mild stress	درصد تغییر تنش متوسط Red. rate in medium stress (%)	تنش شدید Severe stress	میزان کاهش در تنش شدید Red. rate in severe stress (%)
1th pod dis. (cm)	فاصله اولین غلاف	14.035	13.175	-6.125	14.018	-0.121
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	73.596	63.702	-13.445	57.228	-22.240
No. of nodes	تعداد گره	16.649	14.754	-11.380	13.982	-16.019
Inter node dis. (cm)	فاصله میان‌گره	4.445	4.299	-3.287	4.241	-4.589
No. of Branch	تعداد شاخه	3.684	2.982	-19.048	2.965	-19.517
1000.Seed.wt (g)	وزن هزار دانه	129.068	137.007	6.151	123.975	-3.946
$Pod.m^{-2}$	غلاف در مترمربع	962.306	715.537	-25.644	618.447	-35.733
$Seed.m^{-2}$	تعداد دانه در مترمربع	2369.773	1748.335	-26.226	1474.103	-37.796
$Seed.Pod^{-1}$	تعداد دانه در غلاف	2.474	2.457	-0.703	2.383	-3.678
Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه	2433.187	1728.947	-28.943	1390.351	-42.859
HI (%)	شاخص برداشت	47.766	47.764	-0.004	45.749	-4.233
Productivity index (%)	شاخص بهره‌وری	79.374	78.040	-1.680	76.345	-3.816
Oil content (%)	روغن دانه	23.437	23.242	-0.832	22.928	-2.172
Protein content (%)	پروتئین دانه	33.039	33.498	-1.390	33.832	2.4

مثبت و معنی‌داری داشت. ارتفاع بوته با تعداد گره، تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. تعداد شاخه با تعداد غلاف در مترمربع، تعداد دانه در مترمربع و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد غلاف در متر مربع و تعداد بذر در غلاف ارتباط مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۶). بکائی و همکاران (Bokaei *et al.*, 2008) گزارش کردند که ماده خشک، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد غلاف در گره و تعداد گره زایا دارای بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه سویا بودند. تجزیه علیت نشان داد که عملکرد ماده خشک ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه در شرایط مختلف آبیاری دارای بالاترین اثرات مستقیم بر روی عملکرد دانه بودند بنابراین از این صفات می توان در بهبود عملکرد دانه در سویا بهره برد. همچنین محققین و همکاران (Mohagheghin *et al.*, 2008) گزارش کردند که تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه بر اساس تجزیه رگرسیون گام به گام موثرترین صفات بر عملکرد دانه سویا بودند. تجزیه علیت نشان داد که تعداد دانه در بوته با اثر مستقیم ۰/۹ بیشترین تاثیر را در افزایش عملکرد دانه ارقام مورد مطالعه داشت. وزن صد دانه نیز نقش موثری در عملکرد دانه ارقام داشته و احتمالا گزینش ژنوتیپ های با وزن صد دانه کمتر منجر به افزایش عملکرد دانه در جمعیت خواهد شد. به علاوه تعداد غلاف در بوته با اثر مستقیم ۰/۹۲ از طریق تاثیر بر تعداد دانه در بوته به طور غیر مستقیم بر عملکرد دانه موثر بود.

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده بین صفات گیاهی سویا و تیمارهای بدون تنش و تنش کم آبی

Table 6. Simple correlation coeffients between soybean plant characteristics in non-stress and water deficit stress treatments

			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plant height	ارتفاع بوته	2	0.321*								
No. of nodes	تعداد گره ساقه	3	0.357**	0.809**							
Inter node dis.	فاصله میانگره	4	0.061	0.380**	-0.145						
No. of Branch	تعداد شاخه	5	-0.307*	0.164	0.247	-0.014					
1000.Seed.wt	وزن هزار دانه	6	-0.496**	0.034	-0.247	0.224	0.242				
Pod.m^{-2}	تعداد غلاف در مترمربع	7	-0.106	0.589**	0.604**	0.165	0.356**	-0.036			
Seed.m^{-2}	تعداد بذر در مترمربع	8	-0.039	0.630**	0.605**	0.232	0.374**	.0170	.961**0		
Seed.pod^{-1}	تعداد بذر در غلاف	9	0.158	0.325*	0.170	0.312*	0.180	0.180	0.186	0.431**	
Seed yield	عملکرد دانه	10	0.038	0.627**	0.531**	0.280*	0.289*	0.158	0.631**	0.648**	0.288*

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

بررسی همبستگی عملکرد دانه شرایط مختلف آبیاری و شاخص های حساسیت و تحمل به تنش نشان داد که عملکرد شرایط آبیاری مطلوب با عملکرد دانه گیاهان شرایط تنش متوسط و شدید، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل و میانگین هندسی بهره‌وری همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. عملکرد دانه گیاهان شرایط تنش متوسط همبستگی مثبت و معنی داری با شاخص تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری و میانگین هندسی بهره‌وری داشت. شاخص حساسیت به تنش نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص تحمل داشت. عملکرد دانه گیاهان شرایط تنش شدید نیز همبستگی مثبت و معنی داری با شاخص تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری و میانگین هندسی بهره‌وری داشت

(جداول ۷ و ۸). غریب عشقی و همکاران (Gharib eshghi *et al.*, 2008) گزارش کردند که دو شاخص STI و GMP مناسب‌ترین شاخص برای ارزیابی مقاومت به خشکی در سویا بوده و می‌توانند برای شناسایی ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط مورد استفاده قرار داده شوند. در شرایط تنش متوسط شدت تنش برابر با ۰/۲۸۹ بود. رتبه بندی مقادیر عملکرد شرایط آبیاری مطلوب ارقام و لاین های مختلف نشان داد که لاین ال۱۱ با تولید ۲۹۹۲ کیلوگرم در هکتار رتبه بالاتری را داشت. عملکرد های شرایط تنش متوسط ارقام مختلف نشان داد که لاین هابیت× ویلیامز با مقدار ۲۰۷۵ کیلوگرم در هکتار رتبه بالاتری را در این شرایط داشت. بر اساس شاخص‌های STI، MP، GMP مشخص شد که لاین ال ۱۱ برترین ژنوتیپ بود (جدول ۹). در شرایط تنش شدید، شدت تنش برابر ۰/۴۲۹ بود. در شرایط تنش شدید نیز ژنوتیپ کلین با ۱۸۱۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشت. بر اساس شاخص STI ژنوتیپ کلین با مقدار ۰/۸۸۸ رتبه بالاتری را کسب نمود. بر اساس شاخص MP مشخص شد که لاین کلمبوس× ویلیامز۸۲ بیشترین رتبه را در بین ارقام با مقدار ۲۳۵۷ داشت. بر اساس شاخص GMP لاین روناک× ویلیامز رتبه بالاتر را با مقدار ۲۲۹۳ داشت. در نهایت با توجه به اینکه شاخص‌های STI، MP، GMP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش شدید داشتند، با توجه به رتبه حاصل از هر یک از ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تنش مشخص شد که ژنوتیپ کلین در مجموع رتبه کمتری را کسب نموده و به عنوان ژنوتیپی که حساسیت کمتر و تحمل بیشتری به شرایط کم آبی دارد، شناخته شد (جدول ۱۰).

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه سویا در تیمار تنش متوسط و شاخص‌های حساسیت و تحمل

Table 7. Simple correlation coeffients between soybean yield in medium stress treatment and succeptiblity and tolerance indices

			1	2	3	4	5	6
2	Y100	عملکرد در تنش متوسط	0.377					
3	SSI	شاخص حساسیت به تنش	0.718**	-0.364				
4	STI	شاخص تحمل به تنش	0.848**	0.796**	0.260			
5	MP	میانگین بهره‌وری	0.920**	0.710**	0.392	0.982**		
6	TOL	شاخص تحمل	0.837**	-0.191	0.976**	0.429	0.556*	
7	GMP	میانگین هندسی بهره‌وری	0.875**	0.778**	0.299	0.993**	0.995**	0.468*

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه سویا در تیمار شرایط تنش شدید و شاخص‌های حساسیت و تحمل

Table 8. Simple correlation coeffient between soybean yield in severe stress treatment and succeptiblity and tolerance indices

			1	2	3	4	5	6
2	Y150	عملکرد در تنش شدید	0.267					
3	SSI	شاخص حساسیت به تنش	0.672**	-0.527*				
4	STI	شاخص تحمل به تنش	0.810**	0.775**	0.122			
5	MP	میانگین بهره‌وری	0.913**	0.638**	0.314	0.976**		
6	TOL	شاخص تحمل	0.859**	-0.263	0.952**	0.399	0.575**	
7	GMP	میانگین هندسی بهره‌وری	0.823**	0.766**	0.139	0.998**	0.983**	0.417

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۹- عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش ژنوتیپ‌های سویا در تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش متوسط

Table 9. Seed yield and succeptilibity and tolerance indicies of soybean genotype in normal and medium water stress treatments

	ژنوتیپ	عملکرد دانه در آبیاری مطلوب	رتبه	عملکرد دانه در تنش متوسط	رتبه	درصد کاهش عملکرد دانه	شاخص حساسیت به تنش	رتبه	شاخص تحمل به تنش	رتبه	میانگین بهره‌وری	رتبه	شاخص تحمل	رتبه	میانگین هندسی بهره‌وری	رتبه
	Genotype	Yield in normal irr. ($kg.ha^{-1}$)	Rank	Yield in mid. stress ($kg.ha^{-1}$)	Rank	Red.rate in seed yield (%)	SSI	Rank	STI	Rank	MP	Rank	Tol	Rank	GMP	Rank
1	Delsoy4210	2769	4	1628	10	-41.22	1.424	18	0.761	11	2199	8	1142	18	2123	8
2	LD3	2558	9	1553	15	-39.31	1.358	16	0.671	12	2056	12	1006	15	1993	12
3	L11	2992	1	2011	3	-32.78	1.132	10	1.016	1	2501	1	981	13	2453	1
4	Linford	2906	2	1742	9	-40.06	1.384	17	0.855	5	2324	4	1164	19	2250	5
5	Clean	2903	3	1861	6	-35.89	1.240	13	0.913	2	2382	2	1042	16	2324	2
6	M4	2283	12	1533	17	-32.85	1.135	11	0.591	14	1908	14	750	9	1871	14
7	Zalta Zalha	2628	7	1628	11	-38.05	1.315	15	0.722	9	2128	10	1000	14	2068	9
8	Wisconsin	2422	11	1983	4	-18.12	0.626	6	0.811	6	2203	7	439	6	2192	6
9	Williams	2025	16	1811	7	-10.56	0.365	3	0.619	13	1918	13	214	2	1915	13
10	Hamilton	1875	18	1542	16	-17.78	0.614	5	0.488	18	1708	18	333	5	1700	18
11	Ronak×Williams	2628	8	1808	8	-31.18	1.077	9	0.803	7	2218	6	819	12	2180	7
12	KW506×Williams	2228	13	1425	18	-36.03	1.245	14	0.536	15	1826	15	803	11	1782	15
13	Davis×Williams	1889	17	1628	12	-13.82	0.478	4	0.519	17	1758	17	261	4	1753	17
14	SRF × T3	1778	19	1622	13	-8.75	0.302	1	0.487	19	1700	19	156	1	1698	19
15	Manokin	2175	15	1956	5	-10.09	0.349	2	0.718	10	2065	11	219	3	2062	10
16	Hobbit×Williams	2547	10	2075	1	-18.54	0.641	7	0.893	4	2311	5	472	7	2299	4
17	Collombus×Williams	2664	6	2017	2	-24.30	0.839	8	0.907	3	2340	3	647	8	2318	3
18	Collombus×Williams82	2217	14	1422	19	-35.84	1.238	12	0.532	16	1819	16	794	10	1776	16
19	Clark × Hobbit	2744	5	1606	14	-41.50	1.434	19	0.744	8	2175	9	1139	17	2099	11

شدت تنش برابر ۰/۲۸۹ می باشد (SI=0.289)

جدول ۱۰- عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش ژنوتیپهای سویا در تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش شدید

Table 10. Seed yield and succeptilibity and tolerance indicies of soybean genotype in normal and severe water stress treatments

	ژنوتیپ	عملکرد دانه در آبیاری مطلوب	رتبه	عملکرد دانه درتنش شدید	رتبه	درصد کاهش عملکرد دانه	شاخص حساسیت به تنش	رتبه	شاخص تحمل به تنش	رتبه	میانگین بهره‌وری	رتبه	شاخص تحمل	رتبه	میانگین هندسی بهره‌وری	رتبه
	Genotype	Yield in normal irr. ($kg.ha^{-1}$)	Rank	Yield in severe stress ($kg.ha^{-1}$)	Rank	Reduction in seed yield (%)	SSI	Rank	STI	Rank	MP	Rank	Tol	Rank	GMP	Rank
1	Delsoy4210	2769	4	1478	5	-46.64	1.088	11	0.691	3	2149	3	1217	11	1836	9
2	LD3	2558	9	1414	7	-44.73	1.044	10	0.611	7	1939	10	417	2	2229	2
3	L11	2992	1	1661	3	-44.48	1.038	9	0.839	2	1986	6	1222	12	1830	10
4	Linford	2906	2	1392	9	-52.10	1.216	17	0.683	4	1953	9	1422	17	1705	14
5	Clean	2903	3	1811	1	-37.61	0.877	7	0.888	1	2326	2	1342	15	1819	11
6	M4	2283	12	1467	6	-35.77	0.835	5	0.566	10	1539	19	1331	14	1499	19
7	Zalta Zalha	2628	7	1283	13	-51.16	1.194	16	0.570	9	1575	17	1144	10	1956	6
8	Wisconsin	2422	11	1200	16	-50.46	1.177	15	0.491	14	1875	12	817	5	1791	12
9	Williams	2025	16	1583	4	-21.81	0.509	2	0.542	12	2074	5	1497	18	1700	15
10	Hamilton	1875	18	1275	14	-32.00	0.747	4	0.404	17	1678	16	1514	19	1962	5
11	Ronak×Williams	2628	8	1131	19	-56.98	1.329	19	0.502	13	1956	8	600	6	2293	1
12	KW506×Williams	2228	13	1297	12	-41.77	0.975	8	0.488	15	2124	4	931	7	1724	13
13	Davis×Williams	1889	17	1189	17	-37.06	0.865	6	0.379	19	1967	7	442	3	1902	7
14	SRF × T3	1778	19	1364	10	-23.28	0.543	3	0.410	18	1804	14	1344	16	1557	17
15	Manokin	2175	15	1758	2	-19.16	0.447	1	0.646	6	1811	13	700	4	2011	4
16	Hobbit×Williams	2547	10	1331	11	-47.76	1.114	12	0.572	8	1879	11	414	1	2023	3
17	Collombus×Williams	2664	6	1242	15	-53.39	1.246	18	0.559	11	1571	18	1292	13	1589	16
18	Collombus×Williams82	2217	14	1139	18	-48.62	1.134	13	0.426	16	2357	1	1078	8	1546	18
19	Clark × Hobbit	2744	5	1403	8	-48.89	1.141	14	0.650	5	1763	15	1092	9	1841	8

شدت تنش برابر ۰/۴۲۹ می باشد (SI=0.429)

نتیجه‌گیری

در بین ویژگی‌های گیاه که نشان دهنده سرعت رشد گیاه می‌باشد، تعداد گره ساقه، ارتفاع بوته و تعداد شاخه تحت تاثیر تنش آبی کاهش یافته و از بین ویژگی‌های زایشی گیاه تعداد غلاف در مترمربع که ارتباط معنی‌داری با تعداد دانه در مترمربع و عملکرد دانه داشت، تحت تاثیر تعداد غلاف در گیاه و تعداد گیاه در مترمربع بود. از آنجا که شاخص بهره وری بازتابی از نحوه عملکرد واحدهای زایشی گیاه می‌باشد، مشخص شد که از میزان آن کاسته شده و باعث کاهش تعداد غلاف در گیاه و در نهایت عملکرد دانه شد. با توجه به اینکه تعداد دانه در مترمربع در شرایط تنش متوسط با گیاه شرایط آبیاری مطلوب در گروه آماری مشابهی قرار گرفت ولی در شرایط تنش شدید در گروه آماری متفاوتی قرار داشت، تعداد دانه در مترمربع به عنوان یکی از اجزای موثر در عملکرد دانه باعث کاهش عملکرد دانه گیاه سویا شد و و بنابراین لاین ال۱۱ که در شرایط تنش متوسط ژنوتیپ بهتری بود، در شرایط تنش شدید به میزان قابل توجهی کاهش عملکرد داشت، در حالی که رقم کلین در شرایط تنش کاهش تعداد دانه در مترمربع کمتر و در نتیجه کاهش عملکرد کمتری را نشان داد و به عنوان ژنوتیپ برتر در این شرایط شناخته شد. عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط و شدید همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های MP، GMP و STI داشت و به عنوان شاخص‌های برتر جهت شناسایی ارقام و لاین‌ها شناخته شدند. بر این اساس لاین ال۱۱ برای شرایط تنش متوسط و ژنوتیپ کلین برای تنش شدید انتخاب شدند.

منابع مورد استفاده

References

Bokaei, A.S., H.R., Babaee, D., Habibi, F., Javidfar, A. Mohammadi. 2008. Path analysis for grain yield in soybean under different irrigaton conditions. Procceding of the 10th Iranian Congress of Crop Science 18-20 Aug. 2008. Karaj.Iran (In Persian).

Daneshian, J., Gh. Nourmohammadi and P. Jonoubi. 2002. Evaluatation of yield the model difference and grain yield components of soybean under drought stress condition. Abstracts the 7th Iranian Congress of Crop Science 4-7 Sep. 2002. Karaj. Iran (In Persian).

Delouche, J.C. 1980. Environmental effects on seed development and seed quality. Hortscience 15: 775-80.

Desclaux, D. and P. Roumet. 1996. Impact of drought stress on the phenology of two soybean (*Glycine max* L.merr) cultivars. Field Crop Res. 46: 61-70.

Fisher, F. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars, I Grain yield response. Austr. J. of Agric. Res. 29:897-912.

Foroud, H. and H. Mundel. 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield protein and oil. Field Crop Res. 61: 195-209.

Gharib eshghi, A., N. Razmi, R. Adel zadeh, F. Madad Zadeh. 2008. Study of the efficiency of some drought tolerance indices in selection of soybean lines and cultivars under moisture deficit conditions in Caspian region using principal component analysis. Procceding of the 10th Iranian Congress of Crop Science 18-20 Aug. 2008. Karaj. Iran (In Persian).

Kokubun, M., S. Shimada. and M. Takahashi. 2001. Flower abortion caused by pre anthesis water deicit is not attributed to impairment of pollen in soybean. Crop Sci. 41, 1517-1521.

Korte, L.L., J.E. Specht, J.H. Williams, and R.C. Sorenson. 1983. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. II. Yield component responses. Crop Sci. 23: 528-533.

Meckel, L., D.B. Egli, R.E. Phillips, D. Radcliffe and J.E. Leggett. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. Agron.J. 75:1027-1031.

Mohagheghin, A., B., Rabee, A. Kafi ghasemi, M. Jvaher dashti. 2008. Correlation between morphological traitd and grain yield in soybean. Procceding of the 10th Iranian Congress of Crop Science 18-20 Aug. 2008. Karaj. Iran (In Persian).

Muchow, R.C., T.R. Sinclair, and L.C. Hammond. 1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen, and stomatal conductance to water deficits during vegetative growth of field-grown soybean. Crop Sci.26: 1190-1195.

Pandey, R.KL., W.A.T. Hen-era and J.W. Pendleton. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. Agronomy Journal. 76:549-553.

Pourmousavi, S.M., M. Gelavi, J. Daneshian, A. Ghanbari, N. Basirani, P. Jonoubi. 2009. Effect of cattel manure on quantitive and qualitive yield of Soybean L17 line under drought stress condition. Iranian Crop Sci. 40(1). 133-146 (In Persian with English abstract).

Ramseur, E.L., V.L. Quinsenberry, S.V. Wallace and J.H. Palmer. 1984. Yield and yield components of 'Braxton' soybeans as influenced by irrigation and intrarow spacing. Agron.J. 76: 442-446.

Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selectionfor yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21: 943-946.

Saini, H.S. and M.E. Westgate. 2000. Reoroductive development in grain crops during drought. Advances in Agron. 68, 59-95.

Sionit, N., and P.J. Kramer. 1977. Effect of ater stress during different stages of growth of soybean. Agron. J. 69: 274-278.

Sneller, C.H. and D. Dombek. 1997. Use of Irrigation in selection for soybean yield potential under drought. Crop Sci. 37: 1141-1147.

Vieira, R.D., D.M. Tekrony and D.B. Egli. 1991. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. J of Seed Tech. 16:12-21.

Viera, R.D., D.M. Tekrony and D.B. Egli. 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field on Soybean seed germination and vigor. Crop Sci. 32 (2): 471-475.

Westgate, M.E. and C.M. Peterson. 1993. Flower and pod development in water-deficit soybean. J. Exp. Bot. 44, 109-117.

Zarea, M., J. Daneshian and H. Zynalikhaneghah. 2004. Variability for drought resistance in soybean. The Scientific J. of Agric. 27 (1). 33-50 (In Persian with English abstract).

Zarea, M., H. Zynalikhaneghah and J. Daneshian. 2004. An evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. Iranian J of agric. Sci. 35 (4). 859-867 (In Persian with English abstract).

Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions

Daneshian[1], J., H. Hadi [2] and P. Jonoubi[3]

ABSTRACTS

Daneshian, J., H. Hadi and P. Jonoubi. 2009. Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 11 (4):393-409.

To study growth and yield in 19 genotypes of soybean under deficit irrigation conditions, three separate experiments were carried out-using randomized complete block design with three replications. Three irrigation regimes were applied in three experiments: Experiment 1: after 50 (optimum irrigation), Experiment 2: after 100 (moderate stress) and Experiment 3: after 150 millimeters (severe stress) evaporation from evaporation pan class A. Results showed that the Irrigation regimes×genotype interaction had significant effect on the number of seeds per unit area, oil and protein contents. Deficit irrigation had significant effect on the number of nodes, plant height, number of branches, number of pod.m^{-2}, number of seed.m^{-2}, grain yield, productivity index (pod weight/total dry weight), proteins and oil contents. Severe stress conditions had maximum effect on reduction in branch number, number of pods.m^{-2}, grain yield, productivity index, oil and protein contents. Grain yield in moderate and severe stress conditions had positive and significant correlation with STI, MP, GMP indices. The highest grain yield was obtained from genotypes L11 and Clean in moderate and severe stresses conditions, respectively.

Keywords: Deficit irrigation, Productivity index, Soybean and Stress tolerance index.

Received: August, 2008 Accepted: October, 2009

1- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author)
2- MSc. in Agronomy, Islamic Azad Universitty, Varamin Unit. Iran
3- Assistant Prof., Tarbiat Moalem Univ. Tehran, Iran