

اثر تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا

عباس ملکی^۱، عباس نادری^۲، عطااله سیادت^۳، احمد طهماسبی^۴ و شهره فاضل^۵

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا، آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی دره شهر (ایلام) به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی در پنج سطح تنش خشکی شامل: شاهد (بدون تنش)، تنش در مرحله چهار برگ، تنش در مرحله گلدهی، تنش در مرحله غلاف‌دهی، تنش در مرحله پرشدن دانه و عامل فرعی رقم در سه سطح (M7، M9 و هایت) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی و رقم بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و درصد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بین ارقام سویا رقم M9 از لحاظ عملکرد، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی برتر از دو رقم دیگر بود. کمترین مقادیر عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه (۲۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) و گلدهی (۲۹۱۸ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. درصد روغن در رقم هایت از دیگر ارقام در هر دو شرایط تنش و غیرتنش بالاتر بود. در نهایت با توجه به نتایج این آزمایش، رقم M9 برای کشت در منطقه توصیه شده و حساس‌ترین مرحله فنولوژیک سویا به تنش خشکی، مرحله پرشدن دانه‌ها بود.

کلمات کلیدی: اجزای عملکرد، تنش خشکی، سویا، عملکرد، مراحل فنولوژیک.

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۶

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ایلام، ایران (نویسنده مسئول).

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول، دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دزفول، ایران.

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دزفول، ایران.

۴- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایلام، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ایلام، ایران.

۵- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، بروجرد، ایران.

مقدمه و بررسی منابع علمی

رشد و نمو گیاهان زراعی به طور دائمی تحت تاثیر عوامل مختلف محیطی قرار می‌گیرند و تنش‌های محیطی نیز از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در جهان هستند (Franklin et al., 2010). خشکی یکی از عوامل محدودکننده و تهدیدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان است. تحمل به خشکی یکی از مهم‌ترین صفات مرتبط با عملکرد گیاه می‌باشد. البته اصلاح برای بهبود این صفت مستلزم ایجاد تغییرات اساسی در مجموعه‌ای از صفات می‌باشد که برآیند همه آنها به عنوان تحمل به خشکی تلقی می‌شود.

سویا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که با داشتن حدود ۲۲-۱۸ درصد روغن و ۴۰-۳۵ درصد پروتئین، بالاترین سطح زیر کشت را در بین گیاهان روغنی جهان به خود اختصاص داده است و به عنوان عمده‌ترین منبع تولید روغن و پروتئین گیاهی شناخته شده است. در میان گیاهان زراعی، سویا حساسیت بالایی در مقابل کمبود آب دارد و کم‌آبی اولین عامل محدودکننده تولید آن در مناطق خشک می‌باشد لذا، افزایش عملکرد سویا مستلزم انتخاب ارقام مقاوم و سازگار با شرایط اقلیمی خشک و یا کم آب می‌باشد (Zare et al., 2004).

میزان کاهش عملکرد ناشی از تنش رطوبتی به ژنوتیپ، مرحله نمو گیاه، شدت کمبود آب و طول مدت کمبود آب بستگی دارد (Spaeth et al.,

1984) اما اثرات منفی تنش در طی گلدهی، تشکیل بذر و پرشدن بر عملکرد بیشتر می‌باشد (Sionit and Kramer, 1977). تنش رطوبتی در سویا از زمان استقرار گیاه تا گلدهی از اهمیت کمتری برخوردار است (John, 2001). بورد (Board, 2002) و بروئینگ (Dennis and Bruening, 2000) مراحل گلدهی و غلاف‌دهی را حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه سویا به تنش رطوبتی می‌دانند.

محمدی‌نسب و همکاران (Mohammadi et al., 2005)، طی آزمایشی اعلام داشتند که تنش خشکی باعث کاهش بیوماس، عملکرد دانه، تعداد گره در ساقه اصلی، غلاف‌ها و تعداد دانه در هر گیاه می‌شود. راثو و همکاران (Rao et al., 2002) ارتباط قوی و مثبتی را بین عملکرد و وزن خشک در مرحله R₅ قائل شده‌اند. آنها همچنین ارتباط بین بیوماس و عملکرد بذر را خطی می‌دانند.

وست گیت و همکاران (Westgate et al., 2004)، گزارش دادند تنش آبی در مراحل رشد اولیه گیاه، باعث تحلیل رفتن برگ گیاه شد که همین امر باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌گردد. وقوع تنش خشکی در ذرت نیز باعث کاهش سطح برگ می‌شود و ژنوتیپ‌های با سطح برگ بیشتر در شرایط تنش رطوبتی، کاهش سریع‌تری را نشان می‌دهند (Singh et al., 2000).

با توجه به اینکه نیازهای رطوبتی و حساسیت گیاه به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و نمو متفاوت است این تحقیق به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای

میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر در تمام طول دوره رشد و اعمال تیمارهای تنش آبی با قطع آبیاری در مراحل رشد انجام شدند تا عکس العمل ارقام در شرایط تنش در مراحل مختلف نمود مورد ارزیابی قرار گیرد. در طول زمان انجام آزمایش بارشی وجود نداشت. اطلاعات آب و هوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جهت تأمین نیتروژن مورد نیاز از کود اوره به میزان ۲۵ کیلوگرم ازت خالص در هکتار و فسفر به صورت P_2O_5 به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات آمونیوم کودها استفاده شد و توسط کودپاش به طور یکنواخت در مزرعه پخش گردید. جهت کنترل علف‌های هرز مزرعه از علف‌کش پیش‌کاشت آلاکلر استفاده شد که به وسیله سم‌پاش تراکتوری سم‌پاشی گردید. بذور سویا قبل از کشت با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم (*Bradyrhizobium japonicum*) تلقیح شدند. در طول مدت رشد جهت مبارزه با علف‌های هرز ۴ بار وجین دستی صورت گرفت. عملیات برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بصورت دستی از خط میانی هر کرت (پس از حذف نیم‌متر از طرفین به عنوان حاشیه) انجام گرفت.

عملکرد و انتخاب حساس‌ترین مرحله رشد و نمود سویا به تنش خشکی در شرایط آب و هوایی استان ایلام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی جهاد کشاورزی دره شهر به اجرا درآمد. ایستگاه مذکور در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۷ درجه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۶۵۰ متر می‌باشد. این منطقه دارای اقلیم نسبتاً معتدل با متوسط بارندگی سالیانه ۳۶۲ میلی‌متر می‌باشد.

آزمایش به صورت طرح کرت‌های یک‌بار خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تنش خشکی به عنوان فاکتور اصلی در کرت‌های اصلی و سه رقم سویای M_7 ، M_9 (رشد نامحدود و گروه رشدی II) و هابیت (رشد محدود و گروه رشدی III) به عنوان سطوح فاکتور فرعی در کرت‌های فرعی جای گرفتند. تیمارهای تنش خشکی عبارت بودند از تیمار شاهد (D_1)، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی (۴ برگگی کامل) (D_2)، تنش خشکی در مرحله گلدهی (D_3)، تنش خشکی در مرحله غلاف‌دهی (D_4) و تنش خشکی در مرحله پُرشدن دانه (D_5). هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف با فواصل ۶۰ سانتی‌متر، طول ۵ متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. عملیات آبیاری در تیمار شاهد بر اساس ۶۰

جدول ۱- مقادیر ماهانه دما، بارش و رطوبت هوا در منطقه دره شهر
Table 1- Monthly value of precipitation, temperature and relative humidity in Darrahsahr.

Month	ماه	میزان تبخیر (میلی متر)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	میزان بارش (میلی متر)	حداقل دما (سانتی گراد)	حداکثر دما (سانتی گراد)
		Evaporation (mm)	Ave.RH (%)	Precipitation (mm)	Min. temp (°C)	Max. temp (°C)
Jul.	تیر	511.9	21	0	26.5	43.4
Aug.	مرداد	513.7	24	0	25	43.5
Sep.	شهریور	425.8	32	0	21.9	39.5
Oct.	مهر	285.1	32	0	14.9	34.1

خشکی و رقم بر صفت ارتفاع بوته معنی دار نبود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار تنش در مرحله چهار برگی کامل بیشترین اثر کاهش را بر ارتفاع بوته گذاشته است (جدول ۳). این عکس العمل می‌تواند ناشی از انتخاب مکانیسم تحمل به خشکی طبق نظر اوستین (Austin, 1989) و لویت (Levitt, 1980) باشد. زمانی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، آماس سلولی، سنتز آنزیم‌ها و مواد دیواره سلولی کاهش می‌یابند و در نتیجه رشد و ارتفاع آن کم می‌شود تا تنش را تحمل کند.

ارتفاع بوته در ارقام M_4 و M_7 در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم نشان ندادند اما رقم هابیت با دو رقم مذکور تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). در این آزمایش رقم M_7 بالاترین و رقم هابیت پایین‌ترین ارتفاع را دارا بودند.

تعداد غلاف بارور در بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی و رقم بر تعداد غلاف بارور در بوته در سطح احتمال ۱٪.

برای ارزیابی صفات رویشی و زایشی در زمان رسیدن از هر کرت آزمایشی پنج گیاه بصورت تصادفی انتخاب و صفات رویشی و اجزای عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از نمونه‌گیری از عملکرد هر کرت آزمایشی، با استفاده از دستگاه اینفرامتریک میزان روغن دانه‌های هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شدند.

صفات مورد بررسی عبارت بودند از: ارتفاع بوته، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن دانه.

کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شده است.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی و رقم بر ارتفاع در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش

تنش و رقم بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۱٪ معنی‌داری بود. اثر متقابل تنش و رقم نیز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کاهش تعداد دانه در غلاف سویا در مرحله گلدهی اتفاق افتاد (جدول ۳). این نتیجه نشان دهنده این است که مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی می‌باشد که با یافته‌های اسمیسیکلاس و همکاران (Smiciklas et al., 1992) مطابقت دارد. با توجه به جدول ۳ ملاحظه می‌شود که رقم هایبیت کمترین تعداد دانه در غلاف را داشته است و با ارقام M_v و M_q تفاوت معنی‌داری داشت.

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در رقم صفت تعداد دانه در غلاف نشان داد رقم M_q از نظر تحمل تنش در زمان‌های مختلف اعمال تنش نسبت به دو رقم دیگر برتری دارد زیرا کمترین کاهش تعداد بذر در غلاف نسبت به تیمار شاهد را داشته است (جدول ۴).

تعداد دانه در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان‌های مختلف اعمال تنش و رقم در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود. اثر متقابل زمان‌های مختلف اعمال تنش و رقم بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها بیشترین کاهش تعداد دانه در بوته به دلیل اعمال تنش در مرحله گلدهی اتفاق افتاد. اعمال تنش در مرحله چهار برگی تا گلدهی کمترین تاثیر را بر تعداد دانه در بوته داشت (جدول ۳). مورد و

و اثر متقابل تنش خشکی در رقم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها، تنش خشکی در مرحله چهار برگی کمترین اثر کاهشی و تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه بیشترین اثر کاهشی را در تعداد غلاف بارور در بوته داشت (جدول ۳). تشکیل تعداد گل و غلاف و ریزش شدید آن‌ها در شرایط تنش در اوایل رشد زایشی از دلایل احتمالی کاهش تعداد غلاف در گیاه می‌باشد. مقایسه میانگین ارقام به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد بین ارقام M_v و M_q اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما رقم هایبیت اختلاف معنی‌داری با دو رقم دیگر داشت. رقم M_v با ۷۲ غلاف بارور در بوته و رقم هایبیت با ۵۰ غلاف بارور در بوته بیشترین و کمترین تعداد را دارا بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر صفت تعداد غلاف بارور در بوته نشان داد که رقم M_v و M_q در زمان‌های مختلف اعمال تنش تعداد غلاف بارور بیشتری در بوته نسبت به رقم هایبیت داشتند (جدول ۴). با توجه به این که ارقام M_v و M_q ارقامی رشد نامحدود بودند و دوره گلدهی در این رقم بیشتر از رقم هایبیت بود برتری نسبی از خود نشان دادند. این نتیجه با اظهارات کانستبل و هرن (Constable and Hearn, 1978) در خصوص عکس العمل ارقام سویا به تنش خشکی مطابقت دارد.

تعداد دانه در غلاف: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان‌های مختلف اعمال

مقایسه میانگین صفت مذکور بین ارقام نشان داد که رقم هابیت با $13/6$ گرم وزن صد دانه نسبت به دو رقم M_9 و M_7 برتری داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت افزایش وزن صد دانه در رقم هابیت به موفقیت بیشتر این رقم در امر انتقال مواد پرورده به دانه‌ها باشد علاوه بر این در دو رقم M_7 و M_9 بیشتر بودن تعداد دانه در غلاف سبب ایجاد رقابت جهت کسب مواد فتوسنتزی می‌شود به طوری که با افزایش تعداد دانه، سهم هر دانه از ماده خشک کاهش می‌یابد.

اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر صفت وزن صد دانه در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود. رقم هابیت در زمان‌های مختلف اعمال تنش دارای بالاترین وزن صد دانه نسبت به دو رقم دیگر بود و از کاهش وزن کمتری در مقایسه با شاهد برخوردار بود.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش و رقم بر عملکرد دانه سویا در سطح احتمال 1% اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

در این تحقیق مقایسه میانگین زمان‌های مختلف اعمال تنش نشان داد که تنش خشکی در مراحل گلدهی و پرشدن دانه بیشترین کاهش در عملکرد دانه سویا را سبب شده‌اند (جدول ۳). که می‌تواند به علت کاهش تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه باشد. این نتیجه با گزارشات سامارا و همکاران (Samarah et al., 2006) و دمیرتاز و همکاران (Demirtas et al., 2006) مطابقت دارد. کمترین کاهش عملکرد نسبت

هارویل (Bord and Harville, 1998) بیان کردند که کاهش تعداد دانه عمدتاً بر اثر ریزش گل‌ها و کم شدن تعداد غلاف می‌باشد.

اثر رقم بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین بین دو رقم M_7 و M_9 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما اختلاف دو رقم با هابیت معنی‌دار بود (جدول ۳) با توجه به این که تعداد دانه در بوته حاصل ضرب دو جزء تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌باشد، به نظر می‌رسد اختلاف‌های معنی‌دار به دست آمده بیشتر ناشی از اختلاف تیمارها از نظر تعداد غلاف در بوته باشد.

وزن صد دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای وزن صد دانه نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و اثر متقابل تنش خشکی و رقم در سطح احتمال 1% معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین زمان‌های مختلف اعمال تنش نشان داد که تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه بیشترین اثر در کاهش وزن هزار دانه داشته است (جدول ۳). به نظر می‌رسد چون وزن دانه در اواخر دوره زایشی تعیین می‌شود در نتیجه بیشتر تحت تاثیر تنش در مرحله پرشدن دانه قرار گرفت که این کاهش می‌تواند به علت نرسیدن مواد فتوسنتزی به دانه و چروکیدگی شدن آن‌ها اتفاق افتاد (Yahyaei, 2007). در دیگر مراحل اعمال تنش اختلاف معنی‌داری در صفت وزن صد دانه مشاهده نگردید.

شاخص برداشت: اثر تنش و رقم بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ درصد معنی دار بود (جدول ۲).

تیمار شاهد با میانگین ۴۵/۶ درصد بیشترین و تنش خشکی در مرحله پُرشدن دانه با میانگین ۳۲/۹ درصد کمترین مقادیر شاخص برداشت را در این آزمایش به خود اختصاص دادند (جدول ۳). شاخص برداشت عملاً ثابت است، زیرا همان‌طور که تنش خشکی، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود، وزن خشک کل نیز کم می‌شود مگر این‌که تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد شود و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا می‌کند کاهش شاخص برداشت در مرحله پُرشدن دانه می‌تواند ناشی از کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها در نهایت سبب چروکیدگی و کاهش وزن دانه و شاخص برداشت شود که با نتایج اشلی و همکاران (Ashley et al., 1978) مطابقت دارد که حاکی از کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش می‌باشند. به نظر می‌رسد که کاهش شاخص برداشت در مرحله گلدهی به علت ریزش گل‌ها و کاهش تعداد دانه در بوته باشد.

با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها، رقم M_4 با میانگین ۴۱/۷ و رقم هایبیت با میانگین ۳۶/۷ به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۳). این مطلب نشانگر این واقعیت است که رقم M_4 در انتقال کربوهیدرات‌ها از اندام‌های سبز گیاه به دانه‌ها نسبت به رقم هایبیت موفق‌تر عمل کرده است.

به شاهد در مرحله رشد رویشی دیده شد. به نظر می‌رسد که تنش رطوبتی در دوره رشد رویشی سبب گسترده‌تر شدن سیستم ریشه شده باشد که در نتیجه آن حجم خاکی که گیاه از آب آن بهره می‌گیرد افزایش یافته و بدین ترتیب باعث کاهش خسارت تنش می‌شود.

مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام سویا نشان داد (جدول ۳) که رقم M_4 نسبت به دو رقم M_7 و هایبیت دارای عملکرد دانه بالاتری بوده که ناشی از بالا بودن وزن صد دانه و تعداد دانه در غلاف می‌باشد.

عملکرد بیولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و رقم بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۲) که بین زمان‌های مختلف اعمال تنش، مرحله زایشی (گلدهی، غلاف‌دهی و پُرشدن دانه) با تنش در مرحله چهار برگی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بر اساس نظریه مامن و همکاران (Momen et al., 1979) در شرایط تنش شدید خشکی در مراحل نمو رویشی، گیاه با بستن روزنه باعث کاهش جذب CO_2 و تولید ماده خشک می‌شود.

مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در ارقام مختلف نشان داد که رقم M_4 از عملکرد بیولوژیکی بالاتری نسبت به دو رقم دیگر برخوردار بود (جدول ۳).

می‌توان گامی در جهت افزایش عملکرد به طور غیرمستقیم برداشت. زارع و همکاران (Zare et al., 2004)، نیز عنوان کرد که وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و روز تا رسیدگی بیشترین اثرات مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در واحد سطح داشتند. بین عملکرد دانه در واحد سطح و شاخص برداشت همبستگی مثبت ($r=0.87^{**}$) وجود دارد. ارتفاع بوته نیز با عملکرد دانه در واحد سطح و برخی اجزاء عملکرد از جمله تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در بوته دارای رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بود. همبستگی فوق‌نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع بوته، مقدار ماده خشک و سطح فتوسنتزی گیاه نیز افزایش یافته و در نهایت عملکرد دانه نیز افزایش پیدا می‌کند. این نتایج با گزارش دانشیان و همکاران (Daneshian et al., 2005) مطابقت دارد. هم‌چنین صفت درصد روغن با وزن صد دانه دارای رابطه مثبت ($r=0.74^{**}$) می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق، بیشتر صفات از جمله عملکرد و اجزاء عملکرد تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی قرار گرفتند. در بین ارقام سویا، رقم M9 از لحاظ عملکرد و اجزاء عملکرد برتر از سایر ارقام بود. با توجه به نتایج بدست آمده و مقایسه مصرف آب در مراحل مختلف فنولوژیک، به نظر می‌رسد که تنش در مرحله چهار برگی (رشد رویشی) آسیب کمتری را نسبت به سایر مراحل به عملکرد نهایی وارد می‌کند و بهترین مرحله جهت صرفه جویی و کاهش مصرف آب می‌باشد.

درصد روغن: جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی، رقم و اثر متقابل تنش در رقم بر درصد روغن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین درصد روغن مربوط به تیمار تنش در مرحله پرشدن دانه با ۲۰/۸ درصد می‌باشد که با مشاهدات اسمیسیکلاس و همکاران (Smiciklas et al., 1992) مطابقت دارد. آن‌ها بیان داشتند که تنش خشکی در طی دوره‌های بحرانی شکل‌گیری و پرشدن دانه باعث می‌شود عملکرد و کیفیت بذر کاهش یابد (جدول ۳).

مقایسه میانگین بین ارقام نشان داد که رقم هاییت با ۲۲/۲۹ درصد روغن بالاترین درصد روغن را دارا بود (جدول ۳).

تجزیه همبستگی ساده صفات: بررسی ضرایب همبستگی بین صفات در مراحل مختلف تنش خشکی و در ارقام سویا نشان داد (جدول ۵) که بالاترین مقدار ضرایب همبستگی در میان کلیه ضرایب مربوط به همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک ($r=0.95^{**}$) می‌باشد. هم‌چنین صفات اجزاء عملکرد (تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه) با عملکرد دانه و با همدیگر رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. عملکرد دانه نیز در سطح احتمال ۱٪ با ارتفاع بوته، تعداد غلاف بارور در بوته، تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. این موضوع نشان‌دهنده این است که با اصلاح صفات اصلی اجزاء عملکرد

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده ارقام سویا در تیمارهای تنش خشکی

Table 2- Analysis of variance for measured traits of soybean cultivars in drought stress treatments

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی Df	میانگین مربعات (MS)								
			ارتفاع بوته plant height	تعداد غلاف بارور در بوته Fertile pod. plant ⁻¹	تعداد دانه در غلاف Seed.Pod ⁻¹	تعداد دانه در بوته Seed.plant ⁻¹	وزن صد دانه 100.seed.wt	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی biological yield	شاخص برداشت HI	درصد روغن Oil content
Replication	تکرار	2	6.26	21.99	0.02	59.1	0.007	358.2	3703.9	2.31	0.002
Stress (S)	تنش	4	25.11**	526.02**	1.11**	8374.2**	16.7**	63834.3**	98787.3**	229.4**	3.69**
Error (a)	خطای a	8	1.79	45.28	0.02	129.1	0.008	657.2	2929.31	3.7	0.0024
Cultivar	رقم	2	1925.1**	47.4**	0.45**	2124.1**	4.39**	107246.5**	406881.03**	98.8**	1.01**
SxC	تنش × رقم	8	9.9	16.6*	0.06*	493.9	0.46**	651.4	3453.07	10.7	0.824**
Error	خطای آزمایشی	20	5.1	35.036	0.02	205.29	0.012	967.7	3790.3	6.5	0.0026
C.V (%)	ضریب تغییرات	-	6.26	9.22	6.2	8.71	0.085	8.67	8.66	6.45	0.073

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای تنش خشکی و ارقام سویا

Table 3- Mean comparison of measured traits in drought stress treatments and soybean cultivars

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) plant height (cm)	تعداد غلاف بارور در بوته Fertile pod. plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته Seed.plant ⁻¹	وزن صد دانه (گرم) 100.seed.wt (g)	تعداد دانه در غلاف Seed.Pod ⁻¹	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) biological yield	شاخص برداشت (درصد) HI (%)	درصد روغن Oil content (%)
سطوح تنش خشکی									
Drought stress									
(D1) بدون تنش	36.6 b	74.1 a	204.7 a	13.8 a	2.6 a	4653 a	10166 a	45.60 a	22.30 a
(D2) مرحله چهار برگی	33.7 c	70.5 a	185.7 b	13.6 a	2.5 a	4228 b	9808 a	43.09 b	22.28 a
(D3) مرحله گلدهی	38.2 a	60.3 b	128.1 d	13.6 a	1.7 d	2918 d	7951 b	36.50 d	22.27 a
(D4) مرحله غلاف‌دهی	35.3 b	58.4 b	150.6 c	13.4 a	2.1 c	3438 c	8485 b	40.08 c	22.25 b
(D5) مرحله پرشدن دانه	36.7 b	57.3 b	152.8 c	10.5 b	2.3 b	2682 d	7953 b	32.90 e	20.80 c
رقم cultivars									
M7	43.2 a	71.9 a	185.3 a	12.8 b	2.3 a	3978 a	9736 a	40.4 a	21.82 c
M9	42.05 a	70.1 a	184.1 a	13.6 a	2.4 a	4168 a	9909 a	41.7 a	21.83 b
HO	23.07 b	50.47 b	123.8 b	12.5 c	2.06 b	2613 b	6973 b	36.7 b	22.29 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

جدول ۴- اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و رقم بر تعداد غلاف بارور در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، درصد روغن

Table 4- Interaction effect of drought stress treatments and soybean cultivar on fertile pod. plant⁻¹, 100.seed.wt, seed.Pod⁻¹, oil content

سطوح تنش خشکی Drought stress	تعداد غلاف بارور در بوته Fertile pod. plant ⁻¹			وزن صد دانه (گرم) 100.seed.wt (g)			تعداد دانه در غلاف Seed.Pod ⁻¹			درصد روغن Oil content (%)		
	رقم cultivars			رقم cultivars			رقم cultivars			رقم cultivars		
	M7	M9	HO	M7	M9	HO	M7	M9	HO	M7	M9	HO
(D1) بدون تنش	85.7 a	80.6 ab	56 ab	13.4 a	13.1 a	14.3 b	2.5 a	2.5 ab	2.6 a	22.2 ab	22.2 b	22.2 b
(D2) مرحله رشد رویشی	78.2 a	72.5 bc	60.9 a	13.5 a	13 a	14.4 a	2.4 ab	2.75 a	2.3 b	22.25 a	22.36 a	22.26 b
(D3) مرحله گلدهی	62.06 b	67.6 cd	52.4 ab	13.4 a	12.9 a	14.5 a	1.8 c	1.65 c	1.8 d	22.27 a	22.27 b	22.33 a
(D4) مرحله غلاف‌دهی	66.4 b	59.5 d	49.5 b	13.5 a	13 a	14.4 a	2.2 b	2.3 b	1.7 d	22.21 b	22.24 b	22.31 a
(D5) مرحله پرشدن دانه	67.2 b	70.2 bc	34.4 c	10.6 b	10.7 b	10.4 c	2.4 ab	2.5 ab	2.08 c	22.21 b	22.23 b	22.23 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

جدول ۵- همبستگی صفات اندازه‌گیری شده با عملکرد دانه در تیمارهای آزمایشی

Table 5- Correlation between measured traits and seed yield in experimental treatments

trait	صفت	ارتفاع بوته plant height	تعداد غلاف بارور در بوته Fertile pod. plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته Seed.plant ⁻¹	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological Yield	وزن صد دانه 100.seed.wt	تعداد دانه در غلاف Seed.Pod ⁻¹	شاخص برداشت HI
Fertile pod. plant ⁻¹	تعداد غلاف بارور در بوته	0.67**							
Seed.plant ⁻¹	تعداد دانه در بوته	0.61**	0.92**						
Seed yield	عملکرد دانه	0.57**	0.89**	0.94**					
biological yield	عملکرد بیولوژیکی	0.70**	0.92**	0.94**	0.95**				
100.seed.wt	وزن صد دانه	0.21	0.34*	0.25	0.57**	0.43**			
Seed.Pod-1	تعداد دانه در غلاف	0.23	0.45**	0.75**	0.66**	0.61**	0.03		
HI	شاخص برداشت	0.03	0.68**	0.75**	0.87**	0.68**	0.66**	0.62**	
Oil content	درصد روغن	-0.32*	-0.13	-0.18	0.14	-0.05	0.74**	-0.19	0.3

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

References

منابع مورد استفاده

- ✓ Ashley, D. A., and W. J. Ethridge. 1978. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. *Agron. J.* 70: 467- 471.
- ✓ Austin. R. B. 1989. Maximizing crop production in water limited environments. P. 13-25. In F. W. G. Baker (ed.) *Drought resistance in cereals*. CAB International, Wallingford, England 2220.
- ✓ Board. J. E. 2002. A regression model to predict soybean cultivar yield performance soybean cultivar .yield performance at late planting dates. *Agron. J.* 94: 483- 492.
- ✓ Bord, J. E., and B. G. Harville. 1998. Late-planted soybean yield response to reproductive source/sink stress. *Crop. Sci.* 38: 763- 771.

- ✓ Constable, G. A., and A. B. Hearn. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum. Crops to water deficits. I Growth, development and yield. Aust. J. Plant Physiol. 5: 159- 167.
- ✓ Daneshian, J., A. H. Shirani-rad., P. Jonubi, and A. R. valadabadi. 2005. Effect of water deficit and potassium on yield architecture of soybean (*Glycine max* L). The 2nd international conference on integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress. 24- 28 Sep. Italy. Pp 2. 18.
- ✓ Demirtas, C., S. Yazgan., B. N. Candogan., M. Sincik., H. Buyukcangaz, and A. T. Göksoy. 2010. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to drought stress in sub-humid environment. African Journal of Biotechnology. 9: 6873- 6881.
- ✓ Dennis, B. E., and W. P. Bruening. 2000. Potential of early maturing soybean cultivars in late plantings. Agron. J. 92: 532- 537.
- ✓ Franklin, P., R. Gardner., B. Pearce and R. L. Mitchell. 2010. Physiology of crop plants. Scientific Press. 336 Pp.
- ✓ John. M. G. 2001. Drought stress in soybeans. [http://www.uwex.edu/ces/cty/mauitowoc/ Ag papers/Drought stress soybean. pdf](http://www.uwex.edu/ces/cty/mauitowoc/Ag_papers/Drought_stress_soybean.pdf).
- ✓ Levitt. J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press. New York and London. 697 Pp.
- ✓ Mohammadi Nasab, A. D., K. Ghasemigolezani., B. Ehtari, and S. Zehtab- Salmasi. 2005. Influence of different irrigation times on grain yield and some traits of two soybean (*Glycine max* L.) varieties. The 2nd international conference on integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress. Italy.
- ✓ Momen, N. N., R. E. Carson., R. H. Shaw, and O. Arjmand. 1979. Moisture stress effects on yield components of two soybean cultivars. Agron. J. 71: 86- 90.
- ✓ Rao, M. S. S., B. G. Mullinix., M. Rangappa., E. Cebert., A. S. Bhagsari, V. T. Sapra., J. Joshi, and R. B. Mand Dadson. 2002. Genotype environment interactions and yield stability of food-grade soybean genotypes. Agron. J. 94: 72- 80.
- ✓ Samarah, N. H., R. E. Mullen., S. R. Cianzio, and P. Scott. 2006. Dehydrin-like proteins in soybean seeds in response to drought stress during seed filling. Crop Science. 46: 2141- 2150 .
- ✓ Singh, R. D., T. P. Yadav, and J. S. Bhat. 2000. Breeding strategies for drought tolerance in maize. Crop Improv. 27 (2): 167- 177.
- ✓ Sionit, N., and P. J. Kramer. 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. Agron. J. 69: 274- 278 .
- ✓ Smiciklas, K. D., R. E. Mullen., R. E. Carlson, and A. D. Knapp. 1992. Soybean seed quality response drought stress and pod position. Agron. J. 84: 166- 170.
- ✓ Spaeth, S. C., H. C. Randau., T. R. Sinclair, and J. S. Vendeland. 1984. Stability of soybean harvest index. Agron. J. 76: 482- 486.
- ✓ Westgate, M. E., M. E. Otegui, and F. H. Andrade. 2004. Physiology of the corn plant. In: W. C. Smith, J. Betrán, and E. Runge (eds.), Corn: origin, history, technology and production. John Wiley and Sons. 235- 271.
- ✓ Yahyaiei. S. G. R. 2007. The effect of irrigation regimes on seed yield and yield components of determinate and indeterminate soybean cultivars. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 14: 10 Pp. (In Persian)
- ✓ Zare, M., H. Zeinali Khaneghah, and J. Daneshian. 2004. An evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. Iranian. J. Agric. Sci. 35 (4): 859- 867.