تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶
۴۹۱-۵۰۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.61.1021

بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مهم زراعی و میزان پروتئین و روغن دانه در ژنوتیپ‌های سویا (*Glycin max* L.)

سعید نواب پور[1*]، ابراهیم هزارجریبی[2]، ابوالفضل مازندرانی[3]

۱. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲. عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان.
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه صنعتی اصفهان.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۱۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی مقدار روغن و پروتئین دانه ده ژنوتیپ سویا در شرایط تنش خشکی در استان گلستان، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات گرگان اجرا شد. فاکتور اصلی شامل زمان آبیاری با سه سطح مشتمل بر تیمار شاهد بر اساس تبخیر به میزان ۵۰ میلی‌لیتر از تشتک تبخیر کلاس A، آبیاری در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب بر اساس ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌لیتر تبخیر از تشتک تبخیر بود. اعمال تنش آبی در زمان استقرار کامل گیاه آغاز گردید. فاکتور فرعی ژنوتیپ، شامل ده رقم و لاین سویا (DPX، ساری، Williams، Sahar، WE6،L17، HT2، Ds2، PE10 و DW1) بود. صفات مورد ارزیابی (مقدار روغن، مقدار پروتئین، عملکرد و اجزاء) در پایان دوره رشد اندازه‌گیری شدند. همچنین اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه نیز تعیین گردیدند. میزان وزن خشک بوته و عملکرد بر اساس تک بوته نیز اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میزان عملکرد دانه با اجزای عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته و مقدار آن تحت تنش خشکی کاهش یافت. در این میان میزان کاهش صفات درصد وزن خشک بوته، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته بیشتر از سایر صفات بود. وقوع تنش خشکی با تأثیر منفی بر اجزای عملکرد نهایتاً سبب کاهش عملکرد دانه گردید. با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان عملکرد دانه و وزن هزار دانه و کاهش قابل‌توجه میانگین وزن دانه در هر دو سطح تنش (تیمار ۱۰۰ و ۱۵۰)، می‌توان گفت که مقدار زیادی از کاهش عملکرد دانه ناشی از کاهش وزن هزار دانه بوده است. درصد پروتئین دانه با عملکرد رابطه منفی داشت و تحت تنش خشکی افزایش یافت. این مقدار افزایش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. درصد روغن در سطوح کم تنش خشکی افزایش یافت اما مقدار این افزایش معنی‌دار نگردید، ولی تنش شدید باعث کاهش درصد روغن شد. به‌طورکلی رابطه بین درصد روغن و پروتئین دانه منفی بود و ارقامی که درصد روغن بالایی داشتند مقدار درصد پروتئین آن‌ها پایین بود. در این میان تنها لاین HT2 عکس این مسئله را نشان داد و مقدار روغن و پروتئین دانه آن تحت تنش افزایش بیشتری یافت. لاین‌های PE10 و Ds2 بیشترین میانگین عملکرد دانه و رقم ساری کمترین عملکرد دانه را در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه نشان دادند.

واژگان کلیدی: **پروتئین دانه، تنش خشکی، سویا، عملکرد، محتوای روغن.**

مقدمه

سویا (*Glycin max* L.) گیاهی یک‌ساله، خودگشن متعلق به تیره لگومینوز و جنس گلایسین با ۴۰ کروموزوم است. سویا به‌عنوان مهم‌ترین گیاه روغنی دنیا به شمار می‌رود که به دلیل داشتن ترکیبات روغن و پروتئین نقش مؤثری در سلامت جامعه ایفا می‌کند (Azadbakht et al., 2003). بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۰۵ سطح کشت سویا در جهان حدود ۹۱/۴ میلیون هکتار گزارش‌شده و از این حیث آمریکا با ۲۸/۹ میلیون هکتار رتبه اول را داراست (FAO, 2005). در ایران این گیاه رتبه دوم را ازنظر تولید و سطح زیر کشت دانه‌های روغنی به خود اختصاص

* نگارنده پاسخگو: سعید نواب پور. پست الکترونیک: s.navabpour@yahoo.com

داده است (Ministry of Agriculture, 2011). روغن سویا در بین منابع روغنی مقام اول را ازنظر میزان تولید دارد (Singh and Walingford, 2010). دامنه تغییرات میزان روغن سویا از ۱۴ تا ۲۳ درصد و بازه تغییرات پروتئین آن ۳۲ تا ۵۰ درصد است و تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنوتیپ گیاه قرار دارد. تنش اولیه آب در مرحله رشد غلاف در حبوبات، تعداد غلاف‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، درحالی که تنش در مراحل بعدی بر تعداد بذر در غلاف اثر دارد (Masumi et al., 2008). تنش خشکی در مراحل اولیه رشد زایشی موجب تولید زودتر از موعد غلاف‌ها شده و درنتیجه احتمال ریزش آن ها را افزایش می‌دهد (Liu, 2004). این موضوع منجر به کاهش تعداد غلاف در گیاه شده (Desclaux et al., 2000) و نهایتاً عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Kokuban et al., 2001). طی پژوهشی فردر یک و همکاران (Frederick et al., 2001) گزارش نمودند عملکرد دانه سویا تحت شرایط خشکی ۲۳ در صد کاهش یافت. این مسئله عمدتاً به دلیل عدم باروری دانه در شاخه‌های فرعی بود. بسیاری از محققان ارقامی را که در هر دو شرایط کم‌آبی و آبیاری مناسب عملکرد بهتری داشته با شد، به‌عنوان ارقام مناسب جهت کشت در مناطق کم‌آب، معرفی می‌نمایند (Azadbakht et al., 2003; Daneshian et al., 2009). دانشیان و همکاران (Daneshian et al., 2009) نشان دادند با افزایش میزان تنش، میزان روغن دانه افزایش یافت و کمترین میزان روغن در شرایط آبیاری کامل مشاهده شد. معصومی و همکاران (Masoumi et al., 2008) گزارش نمودند در اثر کمبود آب درصد روغن دانه سویا افزایش می‌یابد، اما عملکرد روغن تحت تأثیر عملکرد دانه قرارگرفته و کاهش می‌یابد. قاسمی گلعذانی و فرشباف جعفری (Ghassemi-Golezani and Farshbaf-Jafari, 2012) نشان دادند با کاهش آب در دسترس، درصد روغن کاهش اما درصد پروتئین افزایش می‌یابد. کاهش درصد روغن دانه در آفتابگردان (Afkari Bajebaj, 2011) و افزایش میزان پروتئین در نخود (Behboudian et al., 2001) و گندم (Khaled, 2010) به علت تنش خشکی گزارش شده است.

کشور ما حدود ۹۰ درصد روغن موردنیاز خود را از طریق واردات تأمین می‌نماید (Ministry of Agriculture, 2011)، این موضوع به‌تنهایی ضرورت قطعی انجام مطالعات بیشتر را در این زمینه تأیید می‌کند. استان گلستان با حدود ۵۰ هزار هکتار سطح زیر کشت در زمره مهم‌ترین مناطق کشت سویا در ایران است (Ministry of Agriculture, 2011). ازجمله مشکلات جدی در عرصه تولید این محصول مسئله کم‌آبی است. در راستای حل این معضل، اتکا به پتانسیل ژنتیکی و شناسایی و معرفی ارقام متحمل به شرایط تنش خشکی یکی از راه‌کارهای نسبتاً سریع و ارزان به شمار می‌رود. در این مطالعه دستیابی به اهداف زیر مدنظر قرار گرفت:

۱) تجزیه‌وتحلیل آماری صفات مهم زراعی در ارقام سویا تحت شرایط تنش خشکی

۲) ارزیابی تغییرات میزان روغن و پروتئین در شرایط تیمارهای آزمایشی

۳) معرفی رقم برتر بر اساس خصوصیات ممتاز مورد ارزیابی جهت کشت در مناطق خشک

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. فاکتور اصلی شامل زمان آبیاری با سه سطح شامل تیمار شاهد بر اساس تبخیر به میزان ۵۰ میلی‌لیتر از تشتک تبخیر کلاس A، آبیاری در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب بر اساس ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌لیتر تبخیر از تشتک تبخیر بود. در هر نوبت آبیاری، رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. اعمال تنش آبی در زمان استقرار کامل گیاه آغاز گردید. فاکتور فرعی ژنوتیپ، شامل ده رقم و لاین سویا (DPX، ساری، Williams، Sahar، WE6، L17، HT2، Ds2، PE10 و DW1) بود. لاین‌های انتخابی از میان ژنوتیپ‌های موجود بر اساس مقدار عملکرد و ارقام بر اساس میزان عملکرد و وسعت کشت در منطقه انتخاب شدند. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط به طول پنج‌متر بافاصله بوته پنج سانتی‌متر روی خطوط کاشت و فاصله بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر بود. قبل از آماده سازی زمین نمونه‌برداری از خاک از عمق صفر تا ۶۰ سانتی متری جهت آزمون خاک و تعیین کود مصرفی انجام شد. جهت تشکیل گره و تثبیت نیتروژن، بذور قبل از کاشت با باکتری *Rhizobium japonicum* آغشته شدند. صفات مورد ارزیابی مقدار روغن و پروتئین دانه، عملکرد دانه و اجزای آن بود. اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه بود. میزان وزن خشک بوته و عملکرد بر اساس تک بوته نیز اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مقادیر روغن و پروتئین

در زمان رسیدگی زراعی مقدار ۱۰۰ گرم بذر از هر تکرار جهت اندازه‌گیری میزان روغن و پروتئین دانه برداشت گردید. استخراج روغن از دانه‌های سویا با استفاده از روش سوکسله و حلال هگزان (Christie, 1993) صورت گرفت و درصد روغن دانه اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری پروتئین، مقدار ۰/۵ گرم بذر منجمد کاملاً یکنواخت شد و در ۱/۵ میلی‌لیتر محلول بافر استخراج (جدول ۱) کاملاً مخلوط و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰ گرادیان سانتریفیوژ گردید. سپس با استفاده از محلول سنجش کوماسی[1] میزان پروتئین اندازه‌گیری و برحسب درصد تنظیم شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، روغن و پروتئین در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت و جداول تجزیه واریانس، مقایسه میانگین (آزمون دانکن) و همبستگی ساده تنظیم گردید. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 ترسیم شد.

جدول ۱. مواد تشکیل‌دهنده بافر مورداستفاده در استخراج پروتئین دانه سویا

Table 1. The ingredients of buffer used for extraction of soybean seed protein

نام ماده Material Name	حجم Volume	pH
Tris [tris(hydroxyl methyl) aminomethane]-HCl	50 mM	7.5
EDTA	2 mM	8
Mercaptoethanol	0.4 Volume percent	7.7

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین دانه ارقام سویا تحت تنش خشکی در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر سطوح تنش به‌عنوان عامل اصلی بر تمامی صفات به‌جز درصد روغن، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین اثر ژنوتیپ و اثر متقابل تنش در ژنوتیپ نیز برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نکته حائز اهمیت این بود که در مورد بعضی صفات میزان خطای نوع دوم از خطای نوع اول بیشتر گردید. این مسئله نشان‌دهنده امکان وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ژنوتیپ و بلوک است؛ بنابراین، مقدار اثر متقابل ژنوتیپ در بلوک از مجموع مربعات خطای نوع دوم جدا گردید و مطابق انتظار، مقدار باقی‌مانده از خطای نوع یک کوچک‌تر شد؛ اما ازآنجایی‌که مقدار اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد از ارائه آن در جدول ۲ صرف‌نظر شد.

با توجه به معنی‌داری کلیه صفات مورد ارزیابی تحت تأثیر تیمارهای رژیم آبیاری و ژنوتیپ به‌طور جداگانه در جدول ۳ صرفاً مقایسه میانگین اثر متقابل تمام صفات ارائه گردیده است. به‌طورکلی، در رابطه با صفات تعداد گره، تعداد غلاف، وزن دانه، تعداد غلاف در شاخه فرعی، تعداد دانه در شاخه فرعی و وزن هزار دانه در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) کاهش چشمگیری نسبت به شاهد (تیمار ۵۰) مشاهده نشد. ارتفاع بوته در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) نسبت به شاهد (تیمار ۵۰) کاهش یافت ولی مقدار آن در سطح دوم تنش (تیمار ۱۵۰) تقریباً ثابت ماند. درواقع تنش کمبود آب باعث کاهش طول دوره رویشی می‌گردد. با کاهش طول این دوره و عبور سریع‌تر گیاه از این مرحله تعداد گره و طول میانگره در گیاه کاهش‌یافته و به دنبال آن ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Daneshian, 2000). میانگین تعداد شاخه فرعی و تعداد دانه در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) افزایش یافت ولی با افزایش شدت تنش در سطح دوم (تیمار ۱۵۰) مقدار آن به

[1]. Coomasie protein assay reagent from Pierce chemical, Rackford,Il

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های سویا تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

Table 2. Analysis of variance for evaluated traits in soybean genotypes under normal and drought stress condition

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square						
		ارتفاع بوته Shoot High	تعداد گره Number of node	تعداد غلاف Number of Pod	تعداد شاخه فرعی Number of Latheral Brannch	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد دانه در شاخه فرعی Number of Seed in Latheral Brannch	تعداد غلاف در شاخه فرعی Number of Pod in Latheral Brannch
بلوک Block	2	528 ns	5.7ns	34.4 ns	0.9 ns	2388ns	17.7ns	81.9ns
تنش Stress	2	4121**	83.1**	301**	4.6**	65927**	394**	277**
خطای (I) Erorr (I)	4	160	2.3	37.1	0.7	664	35.3	35.6
ژنوتیپ Genotype	9	2268**	12.4**	1749**	6.4**	9078**	879**	786**
تنش×ژنوتیپ Stress×Genotype	18	184**	5.7**	199**	1.7**	5213**	112**	64.5**
خطای (II) Erorr (II)	54	23.9	1.3	36.2	0.4	563	26.2	23.8
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation (%)		8.1	7.3	13.1	23.4	14.6	19.3	24.1

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی d.f	تعداد دانه Number of Seed	وزن دانه Seed Weight	وزن هزار دانه 1000-Seed Weight	روغن Oil	پروتئین Protein	عملکرد دانه Seed Yield
بلوک Block	2	124 ns	1.9 ns	158ns	0.08 ns	0.06 ns	467 ns
تنش Stress	2	5138**	96.9**	19419**	0.05 ns	44.4**	6343038**
خطای (I) Erorr (I)	4	63.5	4.8	321	0.17	0.17	473
ژنوتیپ Genotype	9	3178**	112**	3110**	3.96**	6.51**	846755**
تنش×ژنوتیپ Stress×Genotype	18	1265**	51.9**	622**	2.74**	0.41**	191422**
خطای (II) Erorr (II)	54	53.7	3.4	220	0.04	0.13	445
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation (%)		9.6	14.3	10.7	1	1.1	1.2

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، درجه آزادی خطای نوع دوم بر اساس اثر متقابل سه‌جانبه بلوک × ژنوتیپ × تنش محاسبه شده است (توضیح در نتایج و بحث)

n.s and ** non-significant and significant 1% critical levels, respectively. The error II df calculated based on three way interaction between block×genotype×stress (see result and discussion).

مقدار اولیه در تیمار شاهد (تیمار ۵۰) کاهش یافت که علت آن می‌تواند شدت زیاد تنش باشد. دو صفت تعداد شاخه فرعی و تعداد دانه در غلاف، ژنتیکی بوده و تحت شرایط محیط نیز قرار دارند و نقش مهمی در عملکرد نهایی دانه بازی می‌کنند. آبیاری کافی موجب افزایش تعداد شاخه فرعی و تعداد دانه می‌گردد و تنش آبی این دو صفت را در گیاه سویا کاهش می

دهد. این نتایج با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Yazdani et al., 2007; Aminifar et al., 2012). میانگین وزن خشک بوته و عملکرد دانه تحت تنش کاهش یافتند. کاهش تجمع ماده خشک یکی از اولین عوامل در گیاه است که با قطع آبیاری و به دنبال آن بروز تنش، دچار افت می‌گردد و هرچه شدت تنش بیشتر باشد میزان خسارت سنگین‌تر خواهد بود (Omidi, 2009). همچنین کاهش عملکرد دانه که ناشی از کاهش اجزای عملکرد است نیز در مطالعات سایر محققان نیز گزارش شده است (Kirnak et al., 2008; Aminifar et al., 2012). میانگین درصد روغن تحت تنش تغییر زیادی نیافت درصورتی‌که میانگین درصد پروتئین تحت تنش افزایش یافت و در سطح دوم تنش (تیمار ۱۵۰) بیش‌ترین مقدار را نشان داد. دانشیان و همکاران (Daneshian et al., 2002) بیان داشتند، در شرایط تنش خشکی با کوچک شدن اندازه دانه، روغن و پروتئین حجم بیشتری از فضای دانه را اشغال می‌کنند که این مسئله عامل اصلی افزایش درصد روغن و پروتئین دانه تحت تنش خشکی است. علت عدم تطابق نتایج این آزمایش ازنظر افزایش میزان درصد روغن تحت تنش خشکی با نتایج سایر محققان می‌تواند شدت بالای تنش اعمال‌شده باشد و با نتایج قاسمی گلعذانی و فرشباف جعفری (Ghassemi-Golezani and Farshbaf-Jafari, 2012) که بیان داشتند درصد روغن تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد مطابقت داشت.

جدول ۳. مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد، میزان روغن و پروتئین دانه ژنوتیپ‌های سویا تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

Table 3. Comparison of yield, yield components, oil and protein content of soybean genotypes under normal and drought stress condition.

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) Drought Stress (mm evaporate from evaporation pot)	ارقام cultivar	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Shoot hight (cm)	تعداد گره Number of node	تعداد غلاف Number of pod	تعداد شاخه فرعی Number of latheral brannch	تعداد دانه Number of seed	وزن دانه (گرم) Seed weight (g)	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (gr)
50	Sahar	47.2^{ijklmn}	15.1^{efghi}	65.6^{ab}	3^{cdefgh}	89^{c}	11.5^{fgh}	168^{efg}
	Williams	80^{cd}	16.5^{bcdefg}	26.6^{jk}	2.2^{fghi}	61^{ghi}	22.8^{a}	281^{a}
	DPX	98.4^{b}	18.7^{ab}	49.7^{defg}	2.93^{defgh}	60^{ghi}	13.8^{cdef}	201^{cde}
	Sari	45^{jklmno}	15^{efghi}	56.5^{bcd}	3.46^{bcde}	57^{hij}	12.1^{defg}	253^{ab}
	Ds2	83^{c}	19.2^{a}	44^{fgh}	1.86^{hi}	68^{efgh}	13.7^{cdef}	199^{cde}
	PE10	59.8^{fgh}	16.1^{cdefgh}	49.5^{defg}	3.4^{bcdef}	77^{cdef}	15.6^{bcd}	236^{bc}
	DW1	73.9^{de}	17.6^{abcd}	44.2^{fgh}	2.13^{ghi}	79^{cde}	14.2^{cdef}	207^{cde}
	L17	85^{c}	17.1^{abcde}	31.6^{ij}	1.2^{i}	52^{ijk}	9.03^{ghij}	190^{def}
	HT2	53.4^{hij}	16.6^{bcdefg}	38.9^{ghi}	1.93^{hi}	71^{defg}	11.4^{fgh}	149^{fghi}
	WE6	110^{a}	17.8^{abcd}	64.2^{b}	4.33^{b}	81^{cde}	17.7^{b}	256^{ab}
100	Sahar	46.5^{ijklmn}	16.6^{bcdefg}	61.4^{bc}	4.06^{bcd}	117^{a}	21.1^{a}	240^{abc}
	Williams	52.8^{hijk}	14.7^{fghij}	31.3^{ij}	2.26^{efghi}	73^{defg}	9.6^{ghi}	80.6^{lm}
	DPX	67.7^{ef}	15.6^{defgh}	56.5^{bcd}	4.2^{bc}	103^{b}	22.3^{a}	148^{fghi}
	Sari	35.2^{o}	16.8^{bcdef}	60^{bcd}	3.33^{bcdefg}	81^{cde}	14.2^{cdef}	137^{ghij}
	Ds2	50.8^{hijklm}	17.5^{abcd}	74.9^{a}	5.73^{a}	79^{cde}	23.5^{a}	214^{bcd}
	PE10	54.8^{hi}	15.8^{cdefgh}	59.6^{bcd}	3.8^{bcd}	102^{b}	11.1^{fgh}	133^{ghijk}
	DW1	42.7^{lmno}	12.9^{ij}	23^{jk}	1.76^{hi}	43^{k}	6.56^{ijk}	84.5^{lm}
	L17	45.9^{ijklmn}	13.1^{ij}	20.6^{jk}	1.86^{hi}	46^{jk}	4.86^{k}	121^{hijkl}
	HT2	43.9^{klmno}	18^{abc}	49.3^{defg}	1.33^{i}	77^{cdef}	9.2^{ghij}	121^{hijkl}
	WE6	88.9^{c}	17.7^{abcd}	44.8^{efgh}	3.26^{bcdefg}	85^{cd}	15.4^{bcde}	164^{efgh}
150	Sahar	46.1^{ijklmn}	14^{hij}	58.8^{bcd}	2.33^{efghi}	85^{cd}	12.1^{efg}	151^{fghi}
	Williams	57.2^{gh}	12.8^{j}	29.2^{ijk}	2.33^{efghi}	71^{defg}	8.26^{hijk}	91.1^{klm}
	DPX	65.5^{efg}	12.9^{ij}	51.6^{cdef}	3.5^{bcde}	80^{cde}	16.2^{bc}	122^{hijkl}
	Sari	41.6^{mno}	14.4^{ghij}	55.3^{bcdef}	3.36^{bcdefg}	60^{ghi}	12.4^{defg}	152^{fghi}
	Ds2	58.2^{gh}	15.7^{defgh}	55.8^{bcde}	2.26^{efghi}	82^{cde}	12.2^{defg}	171^{defg}
	PE10	51.7^{hijkl}	13.9^{hij}	44.3^{fgh}	2.4^{efghi}	65^{fghi}	10^{ghi}	108^{ijklm}
	DW1	39.6^{no}	10^{k}	20.7^{jk}	1.55^{i}	42^{k}	7.6^{ijk}	72.2^{m}
	L17	54.2^{hij}	13.4^{ij}	17.8^{k}	1.5^{i}	40^{k}	6.05^{jk}	71.1^{m}
	HT2	41.3^{no}	15.7^{defgh}	37.7^{hi}	1.4^{i}	64^{fghi}	8.2^{hijk}	97.6^{jklm}
	WE6	81.1^{cd}	14.1^{hij}	50.8^{cdef}	3.25^{bcdefg}	79^{cde}	16.2^{bc}	214^{bcd}

جدول ۳. ادامه **Table 3. Continued**

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) Drought Stress (mm evaporate from evaporation pot)	ارقام Cultivar	تعداد غلاف در شاخه فرعی Number of pod in latheral brannch	تعداد دانه در شاخه فرعی Number of seed in latheral brannch	وزن هزاردانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	درصد روغن Oil (%)	درصد پروتئین Protein (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)
50	Sahar	30.6^{bcde}	37.4^{cd}	148^{defghi}	22.9^{fg}	35.5^{hi}	2079^{l}
	Williams	19.9^{ghijk}	18.7^{ijklm}	158^{cdefgh}	23.1^{ef}	36.2^{defg}	2504^{e}
	DPX	20.8^{fghij}	19.4^{ijklm}	181^{abc}	23.8^{bc}	35.3^{ij}	2436^{f}
	Sari	31.8^{bcd}	24.7^{ghi}	173^{abcd}	23.1^{ef}	33.3^{n}	1663^{s}
	Ds2	19^{ghijk}	27.8^{efghi}	186^{ab}	22.3^{hij}	34.5^{l}	3038^{b}
	PE10	$26.9^{bcdefgh}$	46.6^{ab}	170^{abcde}	22.4^{hij}	34.3^{lm}	3012^{bc}
	DW1	11.8^{jklm}	26.2^{fghi}	160^{bcdefg}	23.3^{de}	35.3^{ijk}	2419^{fg}
	L17	10.9^{klm}	14.7^{klmn}	126^{ijk}	23.1^{ef}	34.5^{l}	2993^{c}
	HT2	10.8^{klm}	20.6^{ijkl}	174^{abcd}	21.6^{n}	34.5^{l}	3164^{a}
	WE6	28.4^{bcdefg}	38.7^{bcd}	192^{a}	22.3^{hijk}	34.6^{l}	2534^{e}
100	Sahar	43^{a}	33.4^{cdefg}	123^{ijk}	22.8^{fg}	35.6^{hi}	1868^{o}
	Williams	12.8^{jkl}	24.1^{ghij}	133^{ghij}	22^{jklm}	36.8^{bcd}	2217^{i}
	DPX	21.6^{efghij}	42.1^{abc}	146^{defghi}	23.5^{cd}	36.7^{cde}	2540^{e}
	Sari	30.2^{bcdef}	36.7^{cde}	146^{defghi}	21.8^{lmn}	33.8^{mn}	1472^{v}
	Ds2	32.5^{bcd}	40^{abcd}	143^{efghi}	23.4^{de}	$34.6^{j\ l}$	2397^{g}
	PE10	35.2^{ab}	47.9^{a}	140^{fghi}	23.6^{cd}	34.5^{l}	2716^{d}
	DW1	7.7^{lm}	12.8^{lmn}	131^{ghij}	22.4^{hi}	$36^{e\ gh}$	2119^{k}
	L17	8^{lm}	13.3^{lmn}	110^{jkl}	23.8^{bc}	35.4^{hi}	2320^{h}
	HT2	16^{ijkl}	13.3^{lmn}	78.5^{m}	22.3^{hij}	36.3^{defg}	2173^{j}
	WE6	19.7^{ghijk}	31.6^{defgh}	150^{defghi}	22.6^{gh}	34.5^{l}	1819^{p}
150	Sahar	23.1^{defghi}	23.1^{hijk}	110^{jkl}	21.7^{mn}	37.4^{b}	1425^{w}
	Williams	8.2^{lm}	19.8^{ijklm}	108^{jkl}	20.5^{p}	38^{a}	1423^{w}
	DPX	18^{hijk}	25.2^{ghi}	124^{ijk}	22.1^{ijkl}	38.1^{a}	1709^{r}
	Sari	33.6^{bc}	31.6^{defgh}	150^{defghi}	21.1^{o}	35.4^{hi}	1464^{vw}
	Ds2	20.6^{fghijk}	30.8^{defgh}	130^{hij}	24.1^{b}	36.5^{cdefg}	1816^{p}
	PE10	$25^{cdefghi}$	35.3^{cdef}	106^{jklm}	24.1^{b}	36.7^{cde}	1942^{n}
	DW1	7^{lm}	10.5^{mn}	98.7^{klm}	21.9^{klm}	37.3^{b}	1522^{u}
	L17	2.2^{m}	5.25^{n}	106^{jklm}	25.2^{a}	37.1^{bc}	1582^{t}
	HT2	10.7^{klm}	15.4^{jklm}	85.1^{lm}	23.4^{de}	38.3^{a}	1752^{q}
	WE6	19.5^{ghijk}	27.9^{efghi}	164^{bcdef}	23.3^{de}	36.7^{cdef}	2020^{m}

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

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

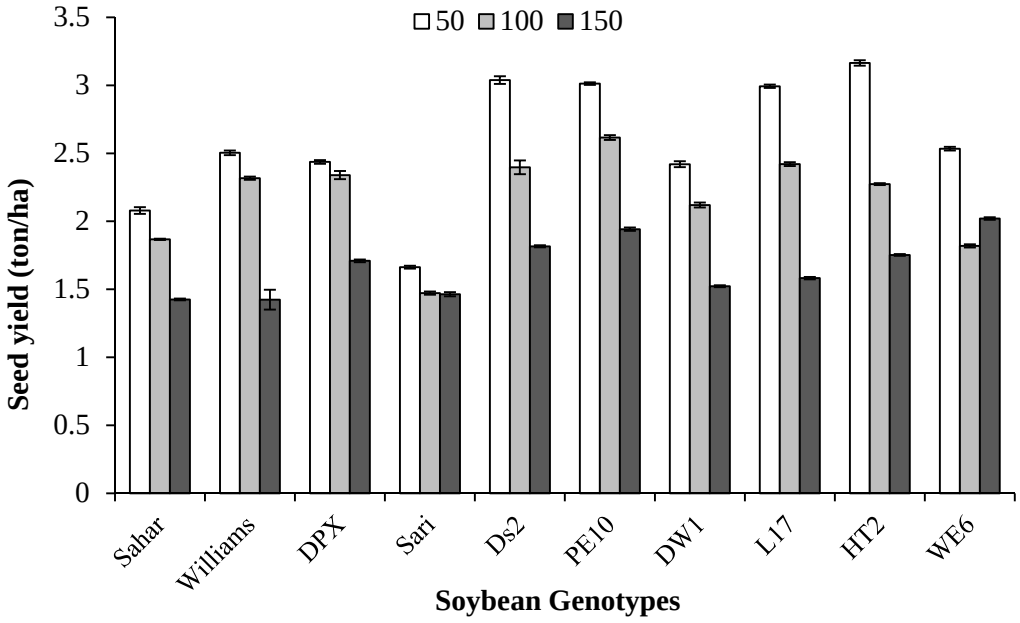
با توجه به جدول ۳ لاین‌های PE10 و Ds2 بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه و رقم ساری کمترین عملکرد دانه را در هر دو شرایط تنش و نرمال در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه نشان دادند. ازنظر میزان پروتئین، لاین HT2 و ارقام ویلیامز و DPX بالاترین میانگین درصد پروتئین را داشتند. همچنین ارقام L17 و DPX حاوی بالاترین درصد روغن بودند. در مقابل رقم ویلیامز کمترین میانگین درصد روغن را نشان داد که با توجه به محتوای بالای پروتئین آن قابل‌توجه بود. رقم ساری که کمترین میزان عملکرد را داشت ازنظر محتوای پروتئین و روغن نیز بسیار ضعیف بود و کمترین میزان پروتئین و روغن را داشت.

میزان عملکرد دانه به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و به‌ویژه در سطح دوم تنش (تیمار ۱۵۰) کاهش قابل‌توجهی یافت (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود بیشترین میزان عملکرد در شرایط نرمال در لاین‌های HT2، Ds2، PE10 و L17 مشاهده شد که به‌نوبه خود عملکرد بالاتری را نیز در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) نیز نشان دادند، اما اختلاف عملکرد آن‌ها در شرایط نرمال با سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) معنی‌دار بود. در بین ارقام موردمطالعه کمترین میزان کاهش عملکرد در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) نسبت به شرایط نرمال مربوط به رقم DPX بود که می تواند بیانگر ثبات عملکردی و تحمل بالای این رقم نسبت به

تنش متوسط باشد. در رابطه با درصد روغن دانه همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود بیشترین میزان درصد روغن دانه مربوط به لاین L17 و کمترین مقدار آن مربوط به رقم ویلیامز بود. نکته قابل‌توجه در رابطه درصد روغن ارقام تحت شرایط تنش خشکی روند افزایشی آن تحت تنش خشکی در لاین‌های L17، Ds2، PE10، HT2 و WE6 و روند کاهشی آن در ارقام سحر، ویلیامز، DPX، ساری و لاین DW1 بود. علت اصلی افزایش میزان روغن همان‌طور که در بالا بیان شد کاهش اندازه دانه و تخصیص یافتن حجم بیشتری از فضای دانه به روغن است. همچنین کاهش میزان روغن دانه به دلیل کاهش اندازه و وزن دانه‌ها تحت تنش خشکی است (Daneshian et al., 2002).

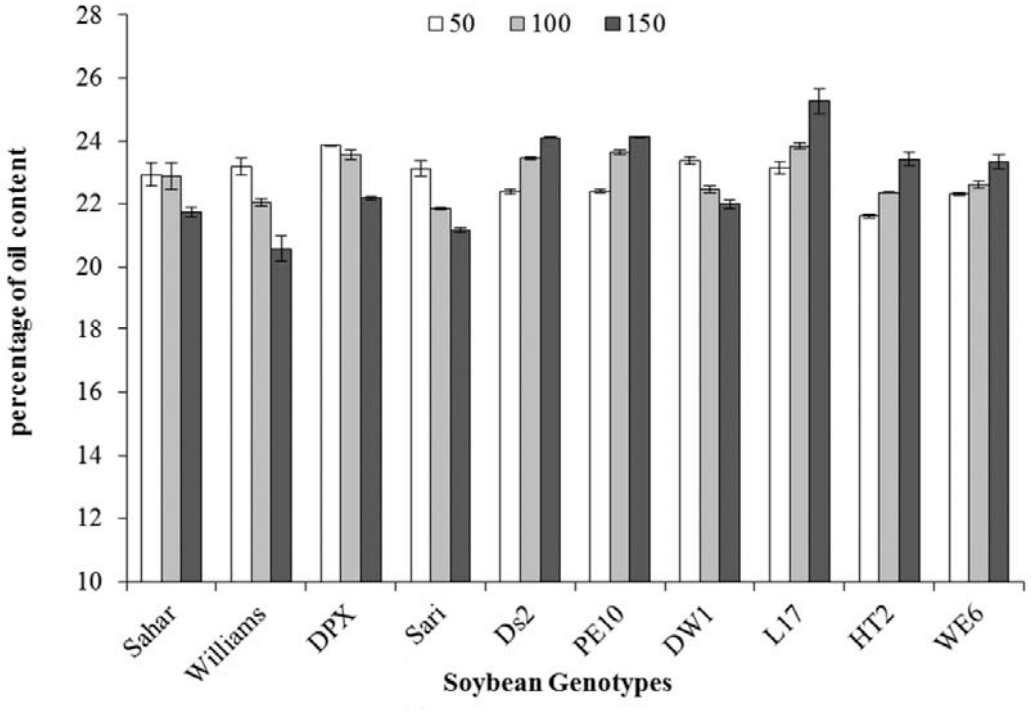
برخلاف عملکرد دانه درصد پروتئین دانه در تمامی ژنوتیپ‌های موردمطالعه تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافت به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش در سطح دوم (تیمار ۱۵۰) پروتئین بیش‌ترین مقدار را نشان داد (شکل ۳). به‌جز در رابطه با لاین HT2 که بالاترین میزان روغن و پروتئین را توأماً نشان داد در سایر ژنوتیپ‌ها رابطه منفی درصد روغن و پروتئین مشهود است و ارقامی که درصد روغن کمتری داشتند و میزان روغن دانه در آن‌ها تحت تنش کاهش یافت میزان پروتئین بالاتری را نشان دادند.

نتایج نشان داد در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰)، مقدار وزن خشک بوته ۳۲/۵ درصد کاهش یافت که بیش‌ترین درصد کاهش را نشان داد. میزان وزن هزار دانه و عملکرد دانه در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) به ترتیب ۲۲/۱ و ۱۶/۲ درصد کاهش یافت. کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در شرایط کمبود آب توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Li et al., 2004; Ebadi et al., 2006). در این میان افزایش ۳۰/۵ درصدی تعداد دانه و افزایش ۱۹/۲ درصدی تعداد شاخه فرعی قابل‌توجه بود. برخلاف سطح اول تنش، در سطح دوم تنش (تیمار ۱۵۰) به‌جز درصد پروتئین دانه که ۶/۶ درصد افزایش نشان داد، تمامی صفات کاهش یافتند. مقدار وزن خشک بوته با ۴۱/۵، عملکرد دانه با ۳۵/۵ و وزن هزار دانه با ۲۹/۱ درصد افت، بیش‌ترین مقادیر کاهش را نشان دادند.



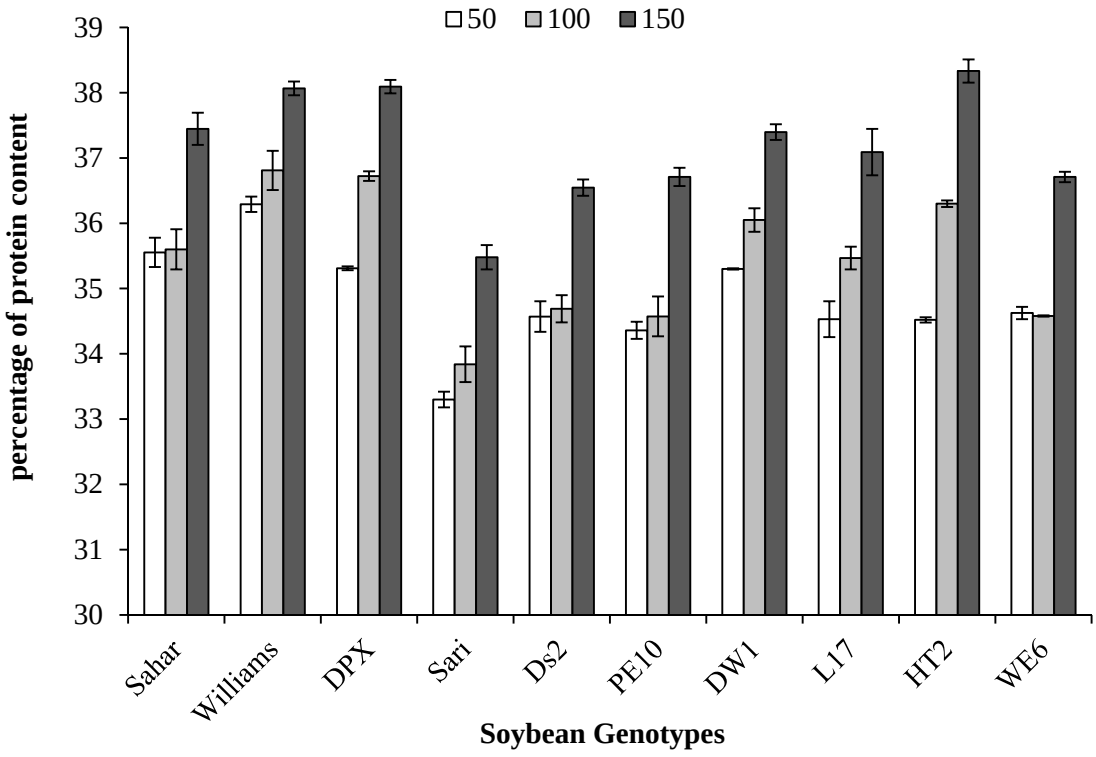
شکل ۱. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در شرایط نرمال و تنش خشکی

Fig 1. The mean seed yield of soybean genotypes under normal and drought stress condition



شکل ۲. میانگین درصد روغن دانه ژنوتیپ‌های سویا در شرایط نرمال و تنش خشکی

Fig 2. The mean percentage of oil content of soybean genotypes under normal and drought stress condition



شکل ۳. میانگین درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های سویا در شرایط نرمال و تنش خشکی

Fig 3. The mean percentage of protein content of soybean genotypes under normal and drought stress condition

همبستگی صفات

ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد، اجزای عملکرد، میزان روغن و پروتئین دانه ژنوتیپ‌های سویا تحت تنش خشکی در جدول ۴ آورده شده‌اند. عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد گره، وزن خشک بوته و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. همچنین، صفات وزن دانه و تعداد دانه در شاخه فرعی نیز با عملکرد در سطح پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان دادند. صفات تعداد غلاف، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه و درصد روغن دانه با عملکرد همبستگی مثبت و غیر معنی‌دار نشان دادند. تعداد غلاف در شاخه فرعی با عملکرد دانه همبستگی منفی و غیر معنی‌دار نشان داد ولی درصد پروتئین دانه با عملکرد همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. صفت درصد پروتئین دانه با تمامی صفات دیگر همبستگی منفی نشان داد که در این میان بیش‌ترین همبستگی منفی را با صفت وزن هزار دانه داشت.

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد که تنش خشکی در هر سطحی عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد و باعث کاهش آن شد. با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان عملکرد دانه و وزن هزار دانه و کاهش قابل‌توجه میانگین وزن دانه در هر دو سطح تنش (تیمار ۱۰۰ و ۱۵۰)، می‌توان گفت که مقدار زیادی از کاهش عملکرد دانه ناشی از کاهش وزن هزار دانه بوده است. دانشیان و همکاران (Daneshian et al., 2002) گزارش نمودند که بر اثر تنش خشکی در سویا عملکرد دانه کاهش یافت و این کاهش ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه بود. اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها بسیار بارزتر بود، چون عملکرد بالای دانه به وزن هزار دانه وابسته است و این موضوع مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها است (Kafi et al., 2011). نتایج نشان داد میانگین عملکرد دانه در سطح اول تنش (تیمار ۱۰۰) به میزان ۱۶/۲ درصد کاهش یافت این در حالی بود که میانگین وزن هزار دانه ۲۲/۱ درصد کاهش یافت. از طرف دیگر، صفاتی مانند تعداد غلاف، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه، تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد دانه در شاخه فرعی افزایش یافتند؛ اما زمانی که در سطح دوم تنش (تیمار ۱۵۰) مقدار این صفات نیز کاهش یافت، عملکرد دانه ۳۵/۵ درصد کاهش یافت؛ بنابراین می‌توان گفت افزایش مقدار این صفات در تنش خشکی ملایم (تیمار ۱۰۰) باعث شده تا عملکرد دانه کاهش کمتری پیدا کند. در رابطه با تأثیر طول دوره خشکی بر اجزای اصلی عملکرد شین و همکاران (Shin et al., 2005) طی مطالعه‌ای بیان نمودند، با طولانی‌تر شدن دوره خشکی، تعداد غلاف‌ها در بوته و تعداد دانه‌ها در غلاف به ترتیب ۳۵ درصد و ۵۰ درصد کاهش یافتند. بروز تنش خشکی، به‌ویژه در مراحل رشد زایشی، سبب کاهش ظرفیت منابع در دسترس شده و گیاهان به جهت کاهش اثرات تنش خشکی مجبور به ایجاد تعادل بین تعداد گل‌ها و غلاف‌ها برای جذب و مصرف مواد هستند (Desclaux et al., 2000; Kobraee et al., 2011)؛ بنابراین، همان‌طور که در نتایج سایر محققان نیز بیان‌شده است (Daneshian et al., 2002; Shin et al., 2005; Kobraee et al., 2011) تنش خشکی از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد میزان عملکرد دانه سویا را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب کاهش آن می‌شود.

درصد پروتئین و روغن دانه

وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه با توجه به افزایش پروتئین تحت تنش و کاهش عملکرد قابل توجیه است، فیلو و همکاران (Filho et al., 2004) نیز ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و مقدار پروتئین را منفی گزارش نمودند و آن را در جمعیت های مختلف، متنوع برآورد کرد ند. سونگ و همکاران (Song et al., 1996) ۹۴ رقم سویا را برای محتوای پروتئین و روغن و صفات عملکرد به‌وسیله تجزیه همبستگی ساده مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش نمودند که میزان روغن دانه با ارتفاع بوته، تعداد شاخه و تعداد غلاف در بوته همبستگی منفی معنی‌داری دارد. همبستگی منفی و غیر معنی‌دار بین درصد روغن و پروتئین دانه توسط سایر محققان نیز بیان‌شده است. چانگ و همکاران (Chung et al., 1998) با بررسی ۷۶ لاین خالص سویا دریافتند که میزان روغن با پروتئین به‌طور ژنتیکی رابطه منفی دارد. همچنین مسعودی و همکاران (Masoudi et al., 2011)، نشان دادند که افزایش میزان روغن عمدتاً در اثر کاهش میزان پروتئین است. این محققان پیشنهاد دادند

جدول ۴. ضرایب همبستگی ساده عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن و پروتئین دانه ارقام سویا تحت تنش خشکی

Table 4. Correlation coefficients of yield, yield components and seed oil and protein content of soybean cultivars under drought stress

صفات موردمطالعه Studied traits	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height	تعداد گره Number of node	تعداد غلاف Number of pod	تعداد شاخه فرعی Number of lateral branch	تعداد دانه Number of seed	وزن دانه (گرم) Seed weight (g)	وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (gr)	تعداد غلاف در شاخه فرعی Number of pod in lateral branch	تعداد دانه در شاخه فرعی Number of seed in lateral branch	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed weight	درصد روغن Oil (%)	درصد پروتئین Protein (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height	1	0.49**	0.07 ns	0.09 ns	0.01 ns	0.33**	0.50**	-0.01 ns	0.12 ns	0.55**	0.13 ns	-0.17 ns	0.44**
تعداد گره Number of node		1	0.41**	0.25*	0.35**	0.40**	0.53**	0.30**	0.34**	0.42**	0.09 ns	-0.49**	0.49**
تعداد غلاف Number of pod			1	0.69**	0.71**	0.57**	0.48**	0.76**	0.72**	0.35**	0.03 ns	-0.32**	0.01 ns
تعداد شاخه فرعی Number of lateral branch				1	0.67**	0.67**	0.45**	0.65**	0.69**	0.36**	-0.01 ns	-0.31**	0.01 ns
تعداد دانه Number of seed					1	0.66**	0.33**	0.51**	0.60**	0.13 ns	0.01 ns	-0.17 ns	0.20 *
وزن دانه (گرم) Seed weight (g)						1	0.65**	0.52**	0.55**	0.45**	0.02 ns	-0.216*	0.21*
وزن خشک بوته (گرم) Plant dry weight (gr)							1	0.53**	0.42**	0.63**	0.08 ns	-0.51**	0.36**
تعداد غلاف در شاخه فرعی Number of pod in lateral branch								1	0.71**	0.32**	-0.03 ns	-0.36**	-0.01 ns
تعداد دانه در شاخه فرعی Number of seed in lateral branch									1	0.40**	-0.02 ns	-0.34**	0.21*
وزن هزاردانه (گرم) 1000-Seed weight										1	-0.06 ns	-0.59**	0.46**
درصد روغن Oil (%)											1	-0.01 ns	0.14 ns
درصد پروتئین Protein (%)												1	-0.46**
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)													1

ns* و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

n.s, * and ** non-significant and significant at 5% and 1% critical levels, respectively.

که برای افزایش میزان روغن دانه در برنامه‌های اصلاحی بایستی میزان پروتئین کم و جهت انتخاب لاین های با روغن بالا زودرسی در اولو یت قرار گیر ند. رضایی‌زاد (Rezaeizad., 2000) همبستگی بین میزان روغن و پروتئین دا نه را منفی و معنی‌دار ذکر نمود. به‌طورمعمول تحت شرایط خشکی شدید، محتوای پروتئینی دانه بیشتر می‌شود (حدود ۴ درصد)، درحالی‌که میزان روغن (حدود ۳ درصد) کاهش می‌یابد که این موضوع در ارقام مختلف متفاوت است. درنهایت مقدار کلی پروتئین و روغن دانه تحت تأثیر مقدار عملکرد قرارگرفته و کاهش می یا بد (Dornbos and Mullen, 1991). همبستگی غیر معنی دار درصد پروتئین دانه و درصد روغن دانه از یک‌سو و همبستگی غیر معنی‌دار درصد روغن دانه با سایر صفات جالب‌توجه بود. این موضوع کمک مؤثری در روند انتخاب در پروژه‌های اصلاحی می‌نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از این بود که وقوع تنش خشکی با تأثیر منفی بر اجزای عملکرد نهایتاً سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود. این موضوع توسط سایر محققان نیز بیان شده است (Daneshian et al., 2002; Shin et al., 2005). دراین‌بین ارقام متحمل‌تر عملکرد بهتری نشان داده و برای کشت در مناطق با مشکل کم‌آبی مناسب‌تر می‌باشند. همچنین در رابطه با مقادیر روغن و پروتئین نیز این موضوع صدق می‌کند. باوجوداینکه میزان روغن تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد اما بااین‌حال مقدار نهایی آن تحت تأثیر کاهش عملکرد دانه قرارگرفته و کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان لاین‌های PE10 و Ds2 را برای عملکرد دانه، لاین HT2 و ارقام ویلیامز و DPX را برای پروتئین و همچنین رقم L17 را برای حصول بیشترین میزان روغن تحت تنش خشکی معرفی نمود.

منابع

Afkari Bajebaj, A., 2011. Effects of drought stress and different densities on oil yield and biomass yield of sunflower varieties. African Journal of Biotechnology. 10, 5608-5613. [In Persian with English Summary].

Aliyari, H., Shekari, F., Shekari, F. 2000. Oile seeds agronomy and physiology. Amidi publications. [In Persian].

Aminifar, J., Mohsen Abadi, GH., Bigluee, M.H., Samizadeh, H.A., 2012. The effect of irrigation on yield, yield components and water productivity of soybean cultivar T.215. Journal of Irrigation and Water Engineering. 11:24-34. [In Persian with English Summary].

Azadbakht, L., shakerhosseini, R., Atabak, S., jamshidian, M., Mehrabi, Y., Emillzadeh, A., 2003. Beneficiary effect of dietary soy protein on lowering plasma levels of lipid and improving kidney function in type II diabetes with nephropathy. European Journal of Clinical Nutrition. 57(10), 1292-1294.

Behboudian, M.H., Qifu, M., Turnner, N.C., Palta, J., 2001. Reaction of chickpea to water stress: Yield and seed composition. Journal of Food Science and Agriculture. 81, 1288-1291.

Christie, W.W., 1993. Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. Advances in lipid methodology. Christie, W.W. Dundee, Oily Press. pp 69–111.

Chung, J., Specht, J.E., Graef, G., 1998. A Major Qtl for soybean seed yield and seed protein and oil. Plant & Animal genome VI Conference. 18-22 Jan. SanDiago., CA, USA.

Daneshian, J., 2000. Ecophysiological study of water deficit on soybean. Ph. D. Thesis, Azad Uni, Science and Research branch. 250pp. [In Persian].

Daneshian, J., Hadi, H., Jonoobi, P., 2009. Evaluation of the specificities of quantitative and qualitative soybean genotypes in water deficit stress condition. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 11, 393-409 [In Persian with English Summary].

Daneshian, J., Noor Mohammadi, GH., Jonoobi, P., 2002. Responses of soybean to drought stress and different amounts of phosphorus, Abstracts of Seventh Iranian Crop Sciences Congress, Karaj, Seed and Plant Improvement Research Institute. [In Persian].

Desclaux, D., Tung-Thanh., H., Roumet, P., 2000. Identification of soybean characteristics that indicate the timing of drought stress. Crop Science. 40, 716–722.

Dornbos, D.L., Mullen, R.E., 1991. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. Journal of the American Oil Chemists Society. 69, 228–231.

Ebadi, E., Tobe, A., Karbalaee Khiyavi, H., Khodadoost, Z.E., 2006. Study of nitrogen application on yield and yield components of soybean in low-water conditions. Journal of Agronomy and Horticulture and Construction. 71, 51-57. [In Persian with English Summary].

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Dietary Guidelines for Americans. 2005. www.healthierus.gov/dietaryguidelines.

Filho, O.L., Sediyama, C.S., Moreira, M.A., Silvareis, M., 2004. Grain Yield and seed quality of soybean selected for high protein content. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 39(5), 445-450.

Frederick, J.R., Camp, C.R., Bauer, P.J., 2001. Drought stress effect on branch and main stem seed yield of soybean. Crop Science. 41, 759–763.

Ghassemi-Golezani, A., Farshbaf-Jafari, S., 2012. Influence of water dificit on oil and protein accumulation in soybean grains. International Journal of Plant, Animal and Environmental Science. 2(3), 46-52.

Kafi, M., Borzooe, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., Nabati, J., 2011. Environmental stress physiology in plants. Jahad Univercity of Mashhad Press. 502 pp. [In Persian].

Khaled, S.A., 2010. Effect of watering regime on yield and its components of (*Triticum aestivum var. el-phateah* L.). Journal of Plant Physiology. 5, 291-294.

Kirnak, H., Dogan, E., Alpaslan, M., Celik, S., Boydak, E., Copur, O., 2008. Drought stress imposed at different reproductive stages influences growth yield and seed composition of soybean. The Philippine Agricultural Scientist. 91(3), 261-268.

Kobraee, S., Shamsi, K., Rasekhi, B., 2011. Soybean production under water deficit condition. Annual Biological Research. 2, 423-434.

Kokuban, M., Shimada, S., Takahashi, M., 2001. Flower abortion caused by parenthesis water deficit is not attributed to impairment of pollen in soybean. Crop Science. 4, 1517–1521.

Li, F.M., Wang, P., Wang, J., Xu, J.Z., 2004. Effects of irrigation before sowing and plastic film mulching on yield and water uptake of spring wheat in semi -arid Loess Plateau of China. Agricultural and Water Management, 67(2), 77–88.

Liu, Y., 2004. Physiological regulation of pod set in soybean (*Glycine max* L. Merr.) during drought at early reproductive stages. Ph.D. Dissertation. Department of Agricultural Sciences. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen. Denmark.

Masoudi, B., Bihamta, M.R., Peyghambari, S.A., Babae, H.R., 2010. Evaluation of seed protein and oil content of some important agronomic traits in soybean using path analysis and canonical correlation analysis. Iranian Journal of Crop Sciences. 13(1), 193-205. [In Persian with English Summary].

Masoumi, A., Kafi, M., Khazaei, H.R., 2008. Physiological effects of drought stress induced by polyethylene glycol on germination of peas. Iranian Agricultural Research. 6, 453-462. [In Persian with English Summary].

Ministry of Agriculture, 2011. A Agricultural Statistics (Volume I: Agronomic Crops years (89-1388). Office of Statistics and Information Technology Ministry of Agriculture. [In Persian].

Omidi, A.H., 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Production Journal. 25(2), 15-31. [In Persian with English Summary].

Rezaeizad, A., 2000. Assessment of genetic diversity in soybean cultivars. Master thesis. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran. [In Persian].

Shin, S.H., Park, K.Y., Lim, S.G., Shin, S.O., Ha, T.Y., Suh, D.Y., 2005. Changes in source-sink balance during full-pod stage of soybean under drought stress. Yeongnam Agricultural Research Institute (YARI), NICS, RDA, Neidong, Miryang, Korea. Available source: http://w.w.w.rims.rda.go.kr/rims_2005.

Singh, G., Walingford, U. K., 2010. The Soybean, Botany, Production and Uses. Cambridge University Press.

Song, Q., Junyi, G., Yuhua, M.A., 1996. Canonical correlation analysis and path coefficient analysis of protein content, oil content and yield of summer soybean landrace population from milk. Yangtze River Valley. Soybean Science. 15(1), 11-16.

Yazdani, F., Allah Dadi, A., Akbari, GH.M., Behbahani, M.R., 2007. Effects of super absorbent polymer (Tarawat A 200) and levels of drought stress on soybean yield. Journal of Agronomy and Horticulture and Construction. 57, 167-174. [In Persian with English Summary].