Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 49, No 3, Autumn 2018 (99-108)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.225386.654261

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۳، پائیز۱۳۹۷ (ص۱۰۸-۹۹)

بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مهم فیزیولوژیک در نژادگان‌های سویا

سید حمید یاهوئیان[۱]، محمد رضا بی همتا[۲*]، حمید رضا بابایی[۳] و میترا محمدی بازرگانی[۴]

۱.دانشجوی دکتری گروه تخصصی اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران

۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۴. استادیار پژوهشکده گیاهان دارویی ، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی روی عملکرد و صفات مرتبط با رشد در سویا، شمار ده نژادگان (ژنوتیپ) سویا در دو آزمایش جداگانه آبیاری عادی و تنش۵۰درصد کاهش آب خاک نسبت به نقطهٔ ظرفیت زراعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرج در سال ۱۳۹۴ کشت شد. نتایج نشان داد، تنش خشکی تأثیر متفاوتی روی صفات مورد بررسی داشت، به‌طوری‌که بیشترین افزایش مربوط به درصد غلاف پوک و بیشترین کاهش در عملکرد تک بوته و شمار دانه بود. همچنین، صفات فاصلهٔ نخستین غلاف از سطح زمین، شمار دانه، شمار گره نیز آسیب شدیدی از تنش خشکی دیدند. کاهش دورهٔ پر شدن دانه و عملکرد در نژادگان‌های مقاوم غیرمعنی‌دار ولی در نژادگان‌های حساس معنی‌دار بود. از سوی دیگر درصد غلاف پوک و کاهش اشباع نسبی آب افزایش معنی‌داری در نژادگان‌های حساس نشان دادند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، نژادگان‌ها از لحاظ محتوای رنگیزه واکنش متفاوتی بروز دادند. هرچند تنش به‌طور میانگین محتوای رنگیزه را افزایش داد، اما نژادگان‌های مقاوم کاهش غیرمعنی‌دار و نژادگان‌های حساس افزایش معنی‌داری را در این صفات نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رنگیزه‌های نورساختی، سویا، کاهش اشباع نسبی (**RSD%**)، درصد تغییر پذیری صفات.

Study in Effects of drought stress on yield, yield components and some important physiological traits of soybean genotypes

Seyyed Hamid Yahouian [1], Mohammad Reza Behematta [2*], Hamid Reza Babaei [3] and Mitra Mohammadi [4]

1 .Ph.D. Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

3. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan Razavi Agricultural Research and Education Center, Agricultural Research and Education Organization, Mashhad, Iran

4. Assistant Professor, Research Institute of Medicinal Plants, Iran Scientific and Industrial Research Organization

(Received: January 25, 2017- Accepted: October 30, 2017)

ABSTRACT

To assess the effects of drought stress on yield and some traits related to growth in soybean, two experiments were conducted as normal and 50% decreas in soil water to FC as stress condition in a randomized compelet block design with three replications and 10 genoytpes in Karaj in 1394. Results showed, that drought stress had different effects on traits. So that, the greatest increase was in %empty pod and the most decrease was in yield per plant and seed number. Some of traits such as the first pod, seed number, nod number had sever damage from drought, too. Seed filling period and yield decreased in susceptible genotypes, significantly but in tolerant genotypes had no significant decrease. Whiles, %empty pod and RSD had significant increase in sensitive genotypes. Obtained results revealed that, genotypes had different reactions to drought in pigments of their leaves. Although, drought had increased pigments as average; leaf pigments in tolerant genotypes decreased whiles increased in susceptible genotypes.

Keywords: Soybean, Drought stress, related saturated decrease (RSD%), Photosenthetic pigments, percent variation in traits.

* Corresponding author E-mail: mrghanad@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

گیاه روغنی سویا اهمیت ویژه‌ای در تأمین نیاز غذایی انسان و دام داشته و این گیاه با تولید ۳۱۳/۹ میلیون تن (حدود۶۰درصد تولید کل گیاهان روغنی) در سال ۲۰۱۶ بیشترین میزان تولید را در جهان دارد (FAO, 2016). با توجه به کاهش منابع آبی، خشکی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای امنیت غذایی در جهان به شمار می‌رود و در گذشته باعث قحطی‌های بزرگی شده است. دوسوم کشور ما را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند که میانگین بارندگی در آن‌ها کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در سال بوده که این میزان نیز به‌طور نامنظم و غیرقابل‌پیش‌بینی توزیع می‌شود، بنابراین یکی از مسائل مهم که بایستی مورد توجه قرار گیرد تنش خشکی در طول فصل رشد گیاه است (khodabandeh, 1990). سویا با کاربردهای بی‌شمار و مختلف یکی از ده گیاهی است که به‌طور گسترده کشت و کار می‌شود. روغن دانهٔ این گیاه در حدود ۲۰درصد و پروتئین آن حدود۴۰درصد است (Singh, 2010). این گیاه از جمله گیاهان دانه روغنی مهم در ایران است که به دلایل اقلیم نیمه‌خشک کشور، قرارگیری در الگوی زراعی به‌عنوان کشت دوم و وجود محصولات رقیب در برخی از مرحله‌های رشدی آن، همواره در معرض تنش‌های کم‌آبی و کاهش عملکرد قرار دارد (Masoomi *et al*., 2011) بنابراین تحمل به خشکی به‌عنوان یکی از عامل‌های مهم مرتبط با عملکرد بوده، به‌طوری‌که کم‌آبی یکی از عامل‌های محدودکنندهٔ کشت سویا در مناطق نیمه‌خشک است (Maleki *et al*., 2013). در شرایط کمبود آب فعالیت های زیست‌شناختی مانند سوخت‌وساز، رشد و شادابی در سطوح مختلف سازمانی یک گیاه به‌سرعت کاهش می‌یابد (Emam & Zavareh, 2005). درک فرایند هایی که به‌واسطهٔ آن‌ها گیاهان بر این محدودیت‌ها چیره می‌شوند و شناخت جزئیات مسیرهای دخیل در آن‌ها ضرورت جستجو برای گیاهان مقاوم در برابر بیماری و متحمل به تنش را در کشاورزی روشن می‌کند (Hasani *et al*., 2013). تنش‌های کوتاه و متوسط، در فرایند رشد رویشی به‌طور کل روی عملکرد سویا اثر نمی‌گذارد، برعکس تنش درازمدت و شدید می‌تواند به شکل تغییرناپذیری اثر گذاشته و باعث مرگ یاختهٔ گیاهی شود (Lensen, 2012). تنش خشکی به‌طورمعمول تولید گیاهی را کاهش می‌دهد، نورساخت (فتوسنتز) را محدود می‌کند، باعث تغییرپذیری در میزان سبزینه (کلروفیل) شده و تعادل نورساخت را بر هم می‌زند. همچنین فعالیت فتوشیمیایی را محدود کرده و باعث کاهش آنزیم‌های چرخهٔ کلوین می‌شود (Gong *et al*., 2005). تنش خشکی بسته به‌شدت تنش، روی گیاه تأثیر می‌گذارد و هرچه شدت تنش خشکی بیشتر باشد تأثیر جدی‌تری دارد (Salekjalali *et al*., 2012). تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد سویا، با محدودیت مواد نورساخت و نیتروژن برای جابه‌جایی و انتقال به دانه‌ها مرتبط است (Silvius *et al*., 1977). نظر به اینکه، عملکرد از حاصل‌ضرب اجزای عملکرد به دست می‌آید و اجزای عملکرد نیز به‌طورمعمول ناشی از فرایندهای تکوینی متوالی هستند زمان تنش‌های بحرانی را می‌توان با ارزیابی واکنش اجزای عملکرد، مشخص کرد. حساسیت به تنش توسط کاهش آن جزء از عملکرد که زمان آغاز دورهٔ تنش در حال تکوین است قابل تشخیص است (Mohammadi *et al*., 2004). این تحقیق به‌منظور بررسی صفات و تعیین واکنش نژادگان (ژنوتیپ)های سویا در برابر تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی روی عملکرد و اجزای عملکرد سویا و برخی صفات ریخت‌شناختی (مرفولوژیک) و فیزیولوژیک، شمار ده نژادگان سویا، انتخاب و در دو آزمایش جداگانه شرایط عادی و تنش خشکی و هرکدام در سه تکرار، در مزرعهٔ مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر واقع در محمدشهر کرج در خرداد ۱۳۹۴ کشت شدند. فاصلهٔ بین خطوط کشت۶۰ سانتی‌متر، طول خط ۵ متر، چهار خط برای هر کرت و فاصلهٔ بوته در ردیف ۵ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. پس از استقرار گیاه در خاک، زمان آبیاری توسط دستگاه *TDR* مدل *6950x1* در مزرعه تعیین شد. به‌طوری‌که زمان آبیاری برای آزمایش عادی در

Archive of SID

www.SID.ir

سطح ۱۵درصد خروج رطوبت و برای آزمایش تنش خشکی ۵۰درصد خروج رطوبت از خاک نسبت به ظرفیت زراعی ملاک عمل قرار گرفت. از هر کرت ده بوته انتخاب و میانگین عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین، میزان رنگیزه‌های نورساختی از روش آرنون (۱۹۶۷) و با استفاده از استن ۸۰درصد و دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) *T80 UV/VIS* محاسبه شدند. مقدار روغن و پروتئین بذر توسط دستگاه *NIR* اندازه‌گیری شد و از ضرب درصد روغن و پروتئین در عملکرد در هکتار، به ترتیب، عملکرد روغن و پروتئین به‌صورت کیلوگرم در هکتار به دست آمد. برای بررسی میزان آب نسبی با استفاده از روش ریچی و همکاران (۱۹۹۰) اقدام به نمونه‌برداری از برگ‌ها پیش از آبیاری و در مرحلهٔ پر شدن دانه، در هر دو آزمایش شد و مقدار آب نسبی (RWC)[1]،کاهش اشباع آب (WSD)[2] و کاهش اشباع نسبی آب (RSD)[3] به دست آمد (Ahmadi & Javidfar,2000). فاصلهٔ نخستین غلاف از سطح زمین، به‌صورت درصدی از ارتفاع کل بوته درنظر گرفته شد. به جهت شناخت پاسخ صفات اندازه‌گیری‌شده به تنش خشکی، درصد تغییرپذیری صفات محاسبه شد که برای برآورد آن از رابطهٔ ۴ و میانگین صفات در شرایط عادی و تنش استفاده شد (Yahoueian *et al.*, 2006).

$$RWC = \frac{F_w - D_w}{S_w - D_w} \times 100 \quad (۱)$$

$$WSD = \frac{S_w - F_w}{S_w - D_w} \times 100 \quad (۲)$$

$$RSD = \frac{S_w - F_w}{S_w} \times 100 \quad (۳)$$

S_w= وزن برگ در حالت اشباع آب

D_w= وزن خشک برگ

F_w= وزن تازهٔ برگ

$$Percentage\ of\ variation = \frac{\bar{x}_{normal} - \bar{x}_{stress}}{\bar{x}_{normal}} \quad (۴)$$

عادی بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون اسمیرنوف-کلموگروف و آزمون همگنی واریانس‌ها توسط آزمون *Levene* با استفاده از نرم‌افزار Minitab17 انجام شد. تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین توسط نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. پس از تجزیهٔ واریانس سطوح معنی‌داری و یا بدون معنی‌داری عامل تنش خشکی، در جدول ۳ و در کنار درصد تغییرها آورده شد. برخی از صفاتی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شده بود، تأثیر تنش خشکی روی یکایک نژادگان‌ها به‌طور جداگانه بررسی و محاسبهٔ شاخص‌های تحمل SSI و STS(Abdolshahi *et al.*, 2013) برای تشخیص حساسیت و مقاومت نژادگان به تنش خشکی (جدول۱) انجام شد. درنهایت برای بررسی بیشتر تفاوت بین میانگین نژادگان‌های متحمل و حساس برای برخی صفات درصد تغییرپذیری‌های آن‌ها محاسبه شد. میانگین نژادگان‌های حساس و مقاوم به‌طور جداگانه محاسبه و سپس نمودار آن توسط نرم‌افزار EXCEL 2010 رسم شد که نشان‌دهندهٔ تفاوت بین میانگین نژادگان‌های حساس و مقاوم است.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول۲ مشاهده می‌شود. نژادگان‌ها در اغلب صفات مهم فیزیولوژیک و همچنین عملکرد تحت تأثیر تنش قرار گرفتند و تأثیر تنش روی آن‌ها در سطوح ۵درصد و ۱درصد معنی‌دار بود. بیشترین تغییرپذیری‌ها در نتیجهٔ تنش مربوط به شمار غلاف های پوک بود (جدول ۳). تنش خشکی توانست، آن را ۲۱۷/۵۹درصد (حدود ۴ برابر شرایط عادی) افزایش دهد که با توجه به جدول ۲ در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار بود. در مرحلهٔ زایشی، گیاه حساسیت خاصی نسبت به تنش خشکی دارد، تنش خشکی در مرحلهٔ گرده‌افشانی باعث از بین رفتن گرده‌ها و بدون تلقیح شده و احتمال دارد باعث افزایش غلاف پوک شود. دلایل زیادی وجود دارد که تنش خشکی از میزان ظهور یاخته‌های بنیادی گل جلوگیری می-کند، با این وجود، ثابت شده است که با رفع تنش، یاخته‌های بنیادی در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با سرعت بیشتری تشکیل می‌شوند (Sarmadnia and Koochaki, 1993). تنش در مرحلهٔ

1. Relative water content
2. Water saturated deficiet
3. Relative saturated deficiet

Archive of SID

www.SID.ir

گرده‌افشانی و لقاح، شمار دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد. افزون بر این تنش خشکی رشد دانه‌های گرده و رشد لولهٔ گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین پژمردگی کلاله بازدارندهٔ رشد لولهٔ گرده می‌شود (Nezami & Izadkhah, 2011) و در نتیجه لقاح انجام نمی‌شود و احتمال دارد غلاف‌ها پوک شوند. با مقایسهٔ نژادگان‌ها مشخص شد درصد غلاف پوک در نژادگان‌های *GN-3074*، *D42.I9*، *GN2125* و *hacheston×L16/16* که متحمل به تنش بودند، افزایش غیرمعنی‌داری در نتیجهٔ تنش داشت. این در حالی بود که نژادگان‌های حساس مانند *GN2032*، *Chaleston×Mostng/12* و *Stresslnd×NMS3* در نتیجهٔ تنش خشکی، افزایش شدید و معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و یا ۱درصد نشان دادند (جدول۴).

جدول۱. مقاومت/حساسیت به تنش خشکی در نژادگان‌ها (Abdolshahi *et al.*, 2013)

Table1. Tolerant /Sensitivity to drought stress in genotypes studied

Genotype no	Name of genotypes	Drought Sensitive/ tolerant	SSI	STS	Genotype no	Name of genotypes	Drought Sensitive/ tolerant	SSI	STS
1	GN 2125	Tolerant	0.56	4.73	6	Hcheston×L16/16	Tolerant	0.42	4.44
2	Stresslnd × NMS3	Sensitive	1.4	-1.38	7	GN 2157	moderately tolerant	1.05	1.43
3	D42.I9	Tolerant	0.9	5.56	8	GN 3074	Tolerant	0.15	6.45
4	D42 ×Will. 82	moderately tolerant	1.1	1.34	9	GN 2032	Sensitive	1.54	-1.40
5	Chleston×Mostn	Sensitive	1.25	-0.41	10	D42.I4	moderately tolerant	1.12	1.52

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس مرکب برخی صفات مهم نژادگان های سویا

Table 2. Combined analysis of variance of some important traits in soybean genotypes

S.O.V	Expected value (E)	df	Chlorophyll a (mg g^{-1}fw)	Chlorophyll b[۵] (mg g^{-1}fw)	Carotenoied (mg g^{-1} fw)	Total chlorophyll (mg g^{-1} fw)	Seed filling period(day)	Yield[۴] (t/h)	Empty pods%	Relative saturation deficit% (RSD)
Environment	$\delta^2_e + t\,\delta^2_{r(l)} + rt\,\delta^2_{(l)}$	1	57^{*}	0.193^{ns}	602.45^{ns}	174^{ns}	15.2^{*}	0.957^{*}	134.6^{**}	330^{*}
E1	$\delta^2_e + t\,\delta^2_{r(l)}$	2	12.4	0.07	172.39	90	0.5	0.043	17.99	16.7
Genotype	$\delta^2_e + r\delta^2_{Gen\times Env} + rl\,\delta^2_g$	9	19	0.15^{ns}	392^{ns}	77^{ns}	24.9^{*}	0.12^{ns}	106.4^{**}	64^{ns}
Genotype ×Environment	$\delta^2_e + r\delta^2_{tl}$	9	7.9^{ns}	0.059^{ns}	252^{ns}	27^{ns}	72.9^{**}	0.057^{ns}	105.8^{**}	55^{ns}
E2	δ^2_e	36	12.7	0.845	311	46	11.3	0.112	9.6	37
	Leven Test[۶]		0.992	0.615	0.793	0.81	0.181	0.17	0.338	0.169
	CV%		24	11.86	21	24	11.4	28.31	27.6	23

*و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار.

*, ** and ns. Significant at P < 0.05, P < 0.01 and non-significant, respectively

۴. تبدیل جذر برای نرمال شدن داده‌ها و پایین آمدن ضریب تغییرات انجام شده است.

۵. تبدیل Ln برای نرمال شدن داده‌ها و پایین آمدن ضریب تغییرات انجام شده است.

۶. آزمون همگنی واریانس‌ها و مقادیر سطح احتمال داده‌شده

Archive of SID

www.SID.ir

سویا در دورهٔ تمایز یاخته‌ای گل و گلدهی بسیار حساس به خشکی است، کمبود رطوبت برای مدت ۳-۴ هفته پس از دورهٔ تمایز یاخته‌ای گل، باعث کاهش رشد شده و ریزش گل و غنچه‌ها را در بردارد (Koochaki,1993). تنش روی سبزینهٔ *a* ۱۴/۲درصد، سبزینهٔ *b* ۱۲/۶درصد و روی کاروتنوئید۶/۷ درصد تأثیر گذاشت و باعث افزایش آن‌ها شد. همچنین باعث ۱۳/۵درصد افزایش سبزینهٔ کل شده است. برخی محققان در نتایج بررسی‌های خود عنوان کرده‌اند، در شرایط تنش ملایم میزان کاروتنوئید به‌طور معنی‌داری افزایش، اما در شرایط تنش شدید این میزان کاهش یافت (Xiang *et al.*, 2008). این احتمال وجود دارد که تنش خشکی با کاهش سطح برگ، باعث تجمع سبزینه در سطح کمتر برگ‌ها و بنابراین افزایش غلظت آن شده باشد. برخی محققان در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند، افزایش وزن ویژهٔ برگ در نتیجهٔ تنش خشکی باعث افزایش شاخص سبزینه است (Salehi *et al.*, 2003). با افزایش تنش خشکی میزان سبزینهٔ برگ کاهش، ولی نسبت سبزینهٔ *a/b* افزایش می‌یابد و به نظر می‌رسد افزایش این نسبت باعث تیره شدن برگ و افزایش عدد سبزینه‌متر نیز می‌شود (Antolin *et al.*, 1995). کاهش یا نبود تغییر در میزان سبزینهٔ گیاه در شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف مشاهده‌شده و میزان حساسیت، بستگی به‌شدت و مدت تنش دارد(Jagtap *et al.*, 1998). در این زمینه، سبزینهٔa، سبزینهٔb و سبزینهٔ کل، همچنین کاروتنوئید برگ سویا، به‌طور معنی‌داری در تنش خشکی شدید و تنش خشکی ملایم کاهش‌یافته اما میزان رنگیزه‌ها در شرایط تنش خشکی سبک افزایش نشان داد (Zhang *et al.*, 2012) اما نژادگان‌های مختلف واکنش متفاوتی نسبت به تنش در محتوای رنگیزهٔ خود نشان دادند (جدول ۴). به‌طوری‌که پس از مقایسهٔ میانگین نژادگان‌ها با روش *LSmeans* نژادگان‌هایی مانند-*GN 2032* و *Chaleston*mustang/12* که حساسیت زیادی به تنش داشتند، بیشترین افزایش معنی‌دار را در سطح احتمال۱درصد نشان داده و این در حالی است که نژادگان *GN3074* که نژادگان متحمل به خشکی بود، رنگیزه کاهش غیرمعنی‌داری در شرایط تنش نسبت به عادی (جدول ۴) نشان داد. برخی از صفات اجزای عملکرد که از جمله مهم‌ترین صفات مرتبط و تأثیرگذار روی عملکرد بود، در نتیجهٔ تنش کاهش یافتند (جدول۳). عملکرد تک بوته حدود ۵۸/۳۳درصد کاهش را نشان داد که در نتیجهٔ کاهش در اجزای عملکرد بوده است و از سوی دیگر عملکرد در هکتار، به‌طور میانگین ۴۵/۶۱درصد کاهش یافت، یکی از صفات مؤثر در کاهش عملکرد تک بوته، کاهش در شمار دانه‌ها (۵۴/۰۲٪) بود، که این کاهش می‌تواند در نتیجهٔ کاهش شمار غلاف و افزایش شمار غلاف پوک (۲۱۷/۵۹ ٪) و افزایش فاصلهٔ نخستین غلاف (۵۲/۰۲٪) و از سوی دیگر، کاهش گره‌های زایا (۲۲/۰۷٪) باشد. تنش روی شمار غلاف تأثیر گذاشته، شمار غلاف کل را ۳۹/۲۴درصد و شمار غلاف در شاخهٔ فرعی را ۵۲/۲درصد کاهش داد که این کاهش در سطح احتمال۱درصد معنی‌دار بود. بخش عمدهٔ کاهش در شمار غلاف کل مربوط به کاهش غلاف در شاخهٔ فرعی بوده و مابقی ممکن است در نتیجهٔ کاهش در شمار غلاف در گرهٔ زایا (۲۴/۹۵٪) باشد. در گیاه نخود، تولید غلاف بیشتر توسط تنش آبی اوایل غلاف‌بندی، نسبت به تنش آبی در اواخر غلاف‌بندی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Leport *et al.*, 2006). بر پایهٔ برخی گزارش‌ها، تنش خشکی شدید در اوایل مرحلهٔ توسعهٔ غلاف‌ها در سویا، رشد غلاف را کاهش داده و منجر به کاهش قابل ملاحظه درمجموع شمار کل غلاف می‌شود (Liu *et al.*, 2004). آب نسبی برگ در نتیجهٔ تنش به‌طور میانگین حدود ۱۹درصد کاهش نشان داد که در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار بود و از سویی باعث شد، کاهش اشباع آب (*WSD*) حدود ۶۸درصد افزایش معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد نشان دهد. این شاخص مقدار اشباع اب است که گیاه تا آماس (تورژسانس) کامل توانسته جذب کند. مقدار کاهش اشباع آب همبستگی بیشتری با مقاومت به خشکی دارد و رابطهٔ عکس با *RWC* دارد(Ahmadi & Javidfar, 2000). کاهش اشباع نسبی آب نیز ۳۶/۷۱درصد افزایش معنی‌داری در سطح احتمال

Archive of SID

www.SID.ir

۵درصد نشان داد که نشان‌دهندهٔ کاهش آب برگ در شرایط تنش بود.

جدول۳. درصد تغییرپذیری صفات در نتیجهٔ تنش خشکی

Table 3. Percentage changes in the traits under drought stress

Traits	Normal average	Stress average	Ms(E1)[۸]	%Variation[۷]
Height(cm)	71.54	58.52	11	18.20**
Number of Branchs	1.75	1.09	0.78	37.65 ns
Number of Pods in branch	6.70	3.20	0.8	52.20**
Number of nods in stem	15.32	13.59	2.4	11.30*
Number of productive nods	12.01	9.36	0.0004	22.07*
Number of Non-productive nods	3.30	4.23	0.4	-27.91*
Number of Pods	28.48	17.30	123	39.24**
Branch length(cm)	18.62	10.40	0.95	44.18*
Empty pods %	5.38	17.08	17.99	-217.59**
Number of pods in productive nods	2.46	1.85	0.7	24.95 ns
pods length(cm)	3.81	3.21	0.04	15.75**
Number of seed in plant	52.83	24.29	544	54.02*
Yield in plant(g)	7.78	3.24	12.2	58.33*
100seed weight(g)	15.80	12.30	7.4	22.15*
Yield (ton h^{-1})	1.99	1.08	0.043	45.61*
Altitude of first pod [۹]	23.91	36.35	0.1	-52.02*
Day to flowering start (R1)	54.26	54.63	1.5	-0.68 ns
Day to start pod(R3)	73.56	73.066	0.8	0.68 ns
Day to seeding (R5)	82.33	83.4	3	-1.30 ns
Day to seed filling (R6)	89.93	91.73	0.35	-2.00**
Day to start maturity(R7)	121.13	119.66	36	1.21 ns
Day to maturity(R8)	132.83	129.16	14	2.76 ns
Seeds filling period(Day)	32.43	26.69	0.5	17.69*
Relative water content %	77.76	62.62	39	19.48*
Water saturated deficit%	22.23	37.36	39	-68.09*
Relative saturation deficit%	21.79	29.80	16.7	-36.71*
Oil content %	21.26	20.79	0.209	2.20 ns
Protein content%	39.4	39.033	1.8	0.99 ns
Oil yield (Kg h^{-1})	425.92	226.04	29082	46.93*
Protein yield (Kg h^{-1})	783.55	423.26	98238	45.98*
Total chlorophyll (mg g^{-1} fw)	25.15	28.56	90	-13.56 ns
Chlorophyll a (mg g^{-1} fw)	13.74	15.71	12.4	-14.28*
Chlorophyll b (mg g^{-1} fw)	11.41	12.85	0.07	-12.69 ns
Carotenoeid (mg g^{-1} fw)	79.26	84.60	172.39	-6.74 ns

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱درصد و ۵درصد و ns غیر معنی‌داری.

*, ** and ns. Significant at P < 0.05, P < 0.01 and non-significant difference, respectivly

۷. منفی بودن درصد تغییرات صفت نشان‌دهندهٔ افزایش آن در شرایط تنش خشکی نسبت به عادی است.

۸. برای مقایسهٔ اختلاف معنی‌داری از Ms خطای محیط استفاده شده و سطوح معنی‌داری از جدول تجزیهٔ واریانس اصلی استخراج شده است.

۹. فاصلهٔ نخستین غلاف از سطح زمین

Archive of SID

www.SID.ir

نژادگان‌های مقاوم افزایش غیرمعنی‌دار و نژادگان‌های حساس افزایش معنی‌داری در سطوح ۵درصد و ۱درصد در کاهش اشباع نسبی (RSD) شاهد بودند (جدول ۴). میزان آب نسبی، سبزینه و پایداری غشا از جمله شاخص‌های مهم مقاومت به خشکی معرفی شده‌اند (Paknejad *et al.*, 2009). در نتیجهٔ تنش خشکی درصد وزن خشک افزایش‌یافته، اما از میزان *RWC* کاسته می‌شود (Nonomura and Beson , 1992). میزان آب نسبی برگ منعکس‌کنندهٔ فعالیت‌های سوخت‌وسازی (متابولیکی) بافت است (Bolat *et al.*, 2014). جلوگیری از کاهش رشد در شرایط تنش خشکی به نظر می‌رسد با نگهداری نسبی پتانسیل آب در برگ‌ها مرتبط باشد (Ohashi *et al.*, 2006) میزان کاهش در ارتفاع ساقه در نتیجهٔ تنش ۱۸/۲درصد بود که این کاهش معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد (جدول ۳) احتمال دارد، به دلیل کاهش در شمار گره (۱۱/۳٪) و همچنین اندازهٔ میان گره باشد. برخی پژوهشگران کاهش شمار گره را نتیجه‌ای از کاهش ارتفاع ساقهٔ اصلی دانسته‌اند (Desclaux *et al.*, 2000). شمار غلاف کل نیز در نتیجهٔ تنش حدود ۳۹/۲درصد کاهش یافت و که علت آن می‌تواند در کاهش شمار گره‌های زایا (۲۲/۰۷٪) و همچنین شمار غلاف در شاخهٔ فرعی با کاهش ۵۲/۲درصد باشد که البته افزایش گره‌های نازا (۲۷/۹٪) هم به‌احتمال در کاهش شمار غلاف تأثیر بسزایی داشت. یکی دیگر از علل کاهش شمار غلاف افزایش ارتفاع نخستین غلاف از سطح زمین (۵۲/۲٪) بود که ممکن است در نتیجهٔ ریزش گل و غلاف روی داده باشد. کاهش در شمار گره زایا نیز باعث گردید، شمار غلاف در هر گرهٔ زایا کاهش ۲۴/۹درصد را نشان دهد.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین رنگیزهٔ برگی و برخی صفات در نژادگان‌ها در دو محیط[۱]

Table 4. Mean Comparing of leaves pigments and some traits for genotypes in both environments

GENOTYPES	Chlorophyll a (mg g^{-1} fw)		Chlorophyll b (mg g^{-1} fw)		Carotenoeid (mg g^{-1} fw)		Total Chlorophyll (mg g^{-1} fw)		Seeds filling period (Day)		Yield (ton h^{-1})		Empty pod %		RSD[۲]%	
	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress	Normal	Stress
GN 2125	11.0	14.9^{ns}	8.6	12.0*	72.8	77.7^{ns}	19.6	26.9*	35.6	28.3*	1.7	1.3^{ns}	3.7	11.0*	27.6	27.3^{ns}
Stresslnd × NMS3	13.6	14.7^{ns}	10.9	12.8^{ns}	80.9	89^{ns}	24.6	27.6^{ns}	28.3	23.3*	2.2	0.8**	6.4	11.4*	18.0	34.3**
D42.I9	15.0	17.8^{ns}	11.9	14.3^{ns}	86.4	84.7^{ns}	26.9	32.2^{ns}	32	27.3^{ns}	2.9	1.7^{ns}	6.7	10.6^{ns}	18.3	17.9^{ns}
D42 ×Will. 82	14.1	14.3^{ns}	11.6	10.7^{ns}	81.9	79.6^{ns}	25.7	25.0^{ns}	38.3	24.6**	2.3	0.9*	2.4	22.1**	16.7	33.0**
Chleston×Mostn	8.7	15.6**	7.1	12.5**	52.4	86.5*	15.9	28.2**	33	27.3*	1.8	0.8*	4.4	25.9**	26.6	32.6^{ns}
Hcheston×L16/16	15.6	15.8^{ns}	13.7	13.1^{ns}	96.1	94.6^{ns}	29.3	28.9^{ns}	29	28.3^{ns}	1.4	1.2^{ns}	5.7	14.8*	27.4	32.6^{ns}
GN 2157	16.9	16.8^{ns}	14.3	14.6^{ns}	91.1	91.7^{ns}	31.2	31.4^{ns}	33.6	31.2^{ns}	2.0	1^{ns}	8.1	17.8*	20.0	31.2*
GN 3074	12.9	12.2^{ns}	10.3	9.3^{ns}	78.9	66.3*	23.3	21.5^{ns}	30.3	30^{ns}	1.5	1.4^{ns}	5.5	5.7^{ns}	23.7	27.5^{ns}
GN 2032	15	18.9*	13.6	15.8^{ns}	74.3	92.9*	28.6	34.8*	33.3	21**	1.5	0.4**	4.0	33.1**	20.4	31.1*
D42.I4	14.2	15.6^{ns}	11.7	13.1^{ns}	77.4	82.6^{ns}	26	28.7^{ns}	30.6	25.4^{ns}	2.2	1.1**	4.4	21.1**	18.9	30.1*

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱درصد و ۵ درصد و ns غیر معنی داری.

*, ** and ns. Significant at P < 0.05, P < 0.01 probability levels and non-significant, respectivly

۱. مقایسه تنها برای شرایط تنش و عادی در هر نژادگان و نه بین نژادگان‌ها انجام شده است. معنی‌داری یا بدون معنی‌داری روی ستون تنش در هر صفت مشخص شده است.

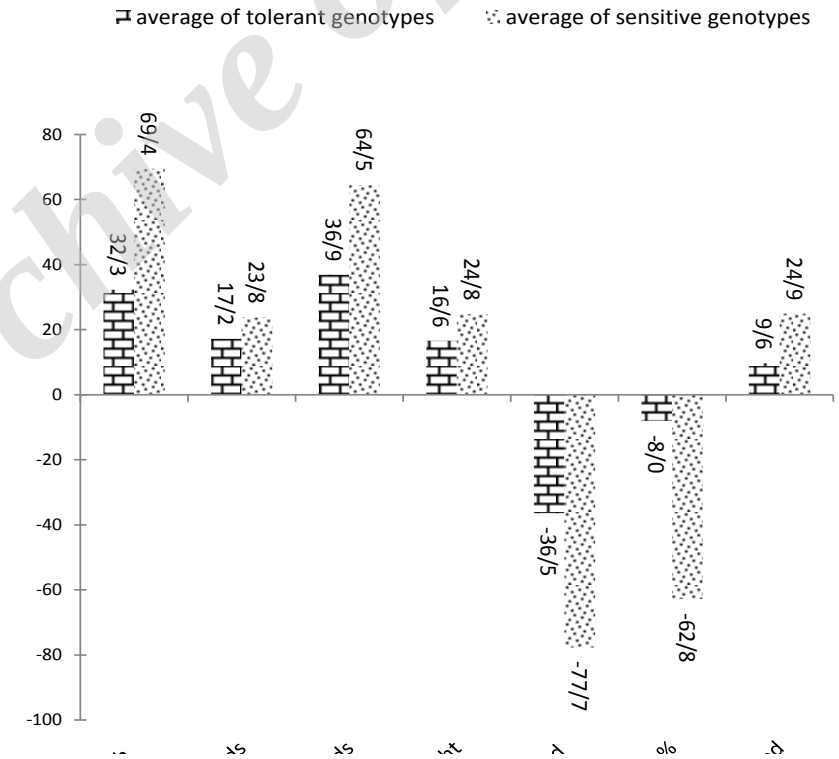
۲. کاهش اشباع آب نسبی (Relative saturation deficit%)

Archive of SID

www.SID.ir

برخی پژوهشگران نیز در نتایج بررسی‌های خود حساسیت به آبیاری را در مرحلهٔ بزرگ شدن غلاف‌ها عنوان کرده‌اند. (Kadhem *et al.*, 1985) تنش تأثیر زیادی روی طول دورهٔ پر شدن دانه‌ها گذاشت و آن را به‌طور میانگین۱۷/۶درصد کاهش داد. در این زمینه گزارش شده است، تنش خشکی در فرایند رشدونمو بذر عملکرد دانه‌ها را کاهش داده و دورهٔ پر شدن دانه را کوتاه کرده و درنهایت اندازهٔ نهایی بذر را کم می‌کند (Viera *et al.*, 1992). واکنش نژادگان‌های مقاوم و حساس به تنش متفاوت بود. به‌طوری‌که در نژادگان‌های متحمل دورهٔ پر شدن دانه‌ها تغییر معنی‌داری نکرده اما در نژادگان‌های حساس، کاهش دیده شد (جدول۴) و به‌احتمال یکی از دلایل کاهش وزن صددانه در نژادگان‌های حساس بود. عملکرد نژادگان‌ها در هکتار در شرایط تنش خشکی نیز کاهش یافت اما نژادگان‌های حساس همچون*NMS3* × *Stressland* ، *Chleston*×*Mostng/12* و *GN 2032* افت شدید عملکرد را شاهد بوده، ولی در نژادگان‌های مقاوم مانند *GN 3074* میزان کاهش عملکرد کم بود. همچنین تنش خشکی باعث زودرس‌تر شدن (۲/۷۶٪) نژادگان‌ها نیز شد. تنش خشکی، باعث کاهش ۲۲/۱۵درصد در اندازهٔ بذر (وزن صددانه) شد. در اصل نژادگان‌هایی که وزن هزاردانهٔ بالاتر و CO_2 زیر روزنه‌ای پایین‌تر در شرایط تنش دارند، عملکرد بالاتری تولید می‌کنند (Alavi-sini *et al.*, 2013).

مقایسهٔ دو گروه نژادگان‌های مقاوم و حساس (شکل۱) نشان داد، نژادگان‌های حساس در نتیجهٔ تنش آسیب بیشتری نسبت به نژادگان‌های متحمل دیدند و احتمال دارد وجود درصد تغییرپذیری زیاد در صفات، به علت تغییرات شدید، در نژادگان‌های حساس باشد، اما نژادگان‌های متحمل تغییرپذیری کمتری را نشان دادند.



شکل۱. مقایسهٔ درصد تغییرپذیری برخی صفات در شرایط آبیاری عادی و تنش بین میانگین نژادگان‌های مقاوم و حساس[۱]

Figure 1. Changes of some measured traits under normal irrigation and stress between average of tolerant and susceptible genotypes

۱. اعداد منفی در نمودار نشان‌دهندهٔ افزایش آن صفت در شرایط تنش نسبت به شرایط عادی است.

Archive of SID

www.SID.ir

نژادگان‌های حساس در نتیجهٔ تنش خشکی آب بیشتری از دست دادند (RSD =۶۲٪ افزایش نسبت به شرایط عادی)، بنابراین دیرتر رطوبت برگ به اشباع نسبی رسید، این در حالی است که نژادگان‌های مقاوم در نتیجهٔ تنش، آب کمتری (RSD= - ۸٪) از دست‌دادند که از جمله دلایل آن احتمال دارد این باشد، رقم‌های متحمل‌تر در رویارویی با تنش آبی، محتوای آب یاخته‌ها را در حد بالاتری حفظ می‌کنند (Heydary sharifabad, 2000). کمبود آب باعث شد تا دورهٔ پر شدن دانه‌ها (شکل ۱) در میانگین نژادگان‌های حساس ۲۴درصد کاهش نشان دهد، این در حالی است که در نژادگان‌های متحمل میانگین کاهش ۹/۶ درصد را شاهد بودیم و احتمال دارد یکی از دلایلی باشد که باعث کاهش میانگین وزن صددانه در نژادگان‌های حساس (۲۴/۸٪) در تنش خشکی نسبت به شرایط عادی شد. لذا بررسی و شناسایی صفاتی که در تنش‌ها آسیب زیادی می‌بینند و می‌توانند تأثیر زیادی روی عملکرد بگذارند، ضرورت دارد تا بتوان در نتیجهٔ اصلاح و انتخاب این صفات به‌طور غیرمستقیم به انتخاب نژادگان‌های با عملکرد بالاتر دست‌یافت.

REFRENCES

1. Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari, M., Pourseyedi, S. & Mohamadi-Nejad, G. (2013). Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) using different multivariate methods. *Archive of Agronomy and Soil Science*, 59, 685-704.
2. Ahmadi, M.R. & Javidfar, F.(2000). *Screening and breeding Techniques for Drought resistance in oleiferous brassicae*. Nashr Amoozesh Keshavarzi. (in Farsi)
3. Alavi-Sini, S.M., Nasiri-Jaber, J. & Soleimani, K. (2013). Evaluation of some Physiological traites in bread wheat lines tolerant to drought in rainfed condition. *Journal of Nahal va Bazr* 4: 1-29. (in Farsi)
4. Antolin, M.C., Yoler, J. & Sanchez-diaz, M.(1995). Effect of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen fixation alfalfa plants. *Plant science.* 1995, 107-111
5. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23: 9-24.
6. Bolat, I., Diklitas, M., Ercisli, S., Ikinsi, A. & Tonkaz, T. (2014). The Effect of Water Stress on Some Morphological, Physiological, and Biochemical Characteristics and Bud Success on Apple and Quince Rootstocks. *Scientific World Journal*, 769-732.
7. Desclaux, D., Huynh, T. & Roumet, P. (2000). Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Science.* 40 (3): 716-722
8. Emam, Y. & Zavareh, M. (2005). *Drought tolerance in higher plant*. Markaz nashre Daneshgahi press, p. 186. (in Farsi)
9. Gong, H., Zhu. X., Chen. K., Wang , S. & Zhang, C. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science.* 169: 313-321.
10. Hasani, M., Salami, A., Ebrahimi, M. & Naghvi, M.R. (2013). *Plant genomics and proteomics*. Tehran University press. (in Farsi)
11. Heydary sharifabad, H.(2001).*plant dryness and drought*. agriculture minister press.(in Farsi)
12. Jagtap, V., Bhargava, S., Sterb, P. & Feierabend. J. (1998). Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in *Sorghum bicolor* (L). *Moench Journal Experimental Botani.* 49: 1715-1721.
13. Kadhem, F. A., Specht, J. E. & Williams, J. H. (1985). Soybean irrigation serially timed during stages Rl to R6. I. Agronomic responses. *Agronomy Journal*. 77(2) : 291-298.
14. khodabandeh, N. (1990). *Cereals.* Sepehr press.(in Farsi)
15. Koochaki, A. (1993). *Agricultur in aried regions*. Jahad daneshghahi mashhad press. (in Farsi)
16. Lensen, A. (2012). *Soybean response to drought*. retrived june 22, 2012. [onlin] department of agronomy. IOWA state University, From: www.crops.extension.iastate.edu
17. Leport, L., Turner N.C., Davies, S.L. & Siddique, K.H.M. (2006). Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *European Journal of Agronomy.* 24(3) : 236.
18. Liu, F., Jensen, C. R. & Andersen, M.N. (2004). Pod set related to photosynthetic rate and endogenous ABA in soybeans subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. *Annuals of botani*. 94(3): 405-411.
19. Maleki, A., Naderi, A., Naseri, R., Fathi, A., Bahamin. s. & Maleki, R. (2013). Physiological Performance of Soybean Cultivars under Drought Stress. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*., 6: 38-44
20. Masoumi H., Darvish, F., Daneshian, J., Normohammadi,G. & Habibi, D. (2011). Effects of water deficit stress on seed yield and antioxidants content in soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *African Journal of Agricultural Research*. 6(5), pp. 1209-1218.

Archive of SID

www.SID.ir

21. Mohammadi, S.A., Moghadam, M., Soltani, A. & Ghasemi gholazani, K. (2004). *Plant breeding (physiological traits)*. Parivar press. (in Farsi)
22. Nezami, E. &Izadkhah, M.(2011). Evaluation of Drought stress on physiological and morphological traits of brassica napu. *Iranian plant physiology*. 2011: 3. (in Farsi)
23. `Nonomura, A. M. & Beson, A. A.(1992). The path to carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. *Proccecing of National Academic Science U.S.A*, 89, 9794- 9798.
24. Ohashi, Y., Nakayama, N., Saneoka, H. & Fujita, K. (2006). Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. *Biologia Plantarum*, 50:138-141.
25. Paknejad, F., Mirakhor, M., Jami Al-Ahmadi, M. & Nazeri, P. (2009). Physiological response of Soybean (*Glycine max*) to Foliar Application of Methanol under Different Soil Moistures. *American journal of agricultural & biological sciences*, 4 (4): 311-318.
26. Salehi, M., Koochaki, A. & Nasiri-mahalati, M.(2003). Nitrogen and chlorophyll content as an indicator of drought stress in wheat. *Pazhooheshhaye zeraee Iran*, 1(2): 199-205. (in Farsi)
27. Salekjalali, M., Haddad, R. & Jafari, M. (2012). Effects of Soil Water Shortages on the Activity of Antioxidant Enzymes and the Contents of Chlorophylls and Proteins in Barley. *American-Eurasian Journal of Agricaltural and Environmental Science*, 12 (1) : 57-63.
28. Sarmadnia, G. H & Koochaki, A.(1993). *Physiological aspects of dryland farming*. Jahad Daneshghahi Mashhad Press. (in Farsi)
29. Silvius, J. S., Johnson, R.R. & Peters, D. B. (1977). Effect of water stress on carbon assimilation and distribution in soybean plants at different stages of development. *Crop Science*. 17: 713-716.
30. Singh, G. (2010). The soybean botani,production and uses. from http//: www.cabi.org.
31. Viera, R. D., Tekrony, D. M. & Egli, D. B. (1992). Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. *Crop Science*. 32: 471-475.
32. Xiang, Y., Tang , N., Du, H., Ye, H. & Xiong, L. (2008). Characterization of OsbZIP23 as a key player of the basic leucine zipper transcription factor family for conferring abscisic acid sensitivity and salinity and drought tolerance in rice. *Plant Physiology*. 148: 1938–1952.
33. Xiong, L., Wang, R.G., Mao., G. & Koczan, J.M. (2006). Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic acid. *Plant Physiology*. 142: 1065–1074.
34. Yahoueian, S. H., Bihamta, M.R., Habibi, D. & Babaei, H.R. (2006). *Evaluation of soybean genotyps under drought stress condition*.MSc. Thesis. Islamic Azad University, Karaj. (in Farsi)
35. Zhang, J., Cao, X., Yong, T. & Yang, W. (2012). Seed treatment with uniconazole powder induced drought tolerance of soybean in relation to changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence. *Research on Crops*. 13(1): 147-154.

Archive of SID

www.SID.ir