

بررسی تحمل به خشکی ۱۱ ژنوتیپ سویا (*Glycine max. L*) در مرحله رشد رویشی

آرزو فرخی، سر... گالشی، ابراهیم زینلی و احمد عبدالزاده

گروه زراعت، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۲/۳/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۳/۱۶

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تحمل ژنوتیپ‌های مختلف سویا در مرحله رشد رویشی به تنش خشکی انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: ۱۱ ژنوتیپ سویا و سطوح تنش خشکی (شاهد، -۳، -۷، -۱۰ و -بار). برای ایجاد تنش خشکی منحنی رطوبت خاک ترسیم و گرم آب مورد نیاز برای هر گرم خاک، مشخص شد و با توزین روزانه گلدان‌ها، آبیاری صورت گرفت. در سطوح مختلف خشکی برای بررسی میزان حساسیت هر یک از صفات از شاخص حساسیت به تنش استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی طول ساقه، سطح برگ، وزن خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه بطور معنی‌داری کاهش یافتند. از آنجائیکه هنگام وقوع تنش، استراتژی گیاه بر کاهش تعرق استوار است، بیشترین کاهش در سطح برگ و کمترین کاهش در وزن خشک ریشه رخ داده است. با افزایش تنش خشکی میزان پرولین موجود در بافت گیاه افزایش یافت. نتایج حاصل از تجزیه پرولین نشان داد که اگرچه پرولین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی موجب سازش سلول‌های گیاهی به تنش می‌شود، اما این صفت کمترین همبستگی را با سایر صفات داشت. در این تحقیق بطور نسبی ارقام متحمل دارای پرولین بیشتری نسبت به ارقام حساس بودند، اما در همه ژنوتیپ‌ها این مسئله صادق نبود. ژنوتیپ‌های سویا به‌دلیل اختلافات ژنتیکی نسبت به تنش خشکی عکس‌العمل‌های متفاوت نشان دادند. برای بعضی صفات بین ژنوتیپ و سطوح خشکی اثرات متقابل معنی‌دار وجود داشت. بین صفات اندازه‌گیری شده (به استثناء پرولین) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در این تحقیق ژنوتیپ‌های سحر، هیل، دیر و نا حدی گرگان-۳ در کلیه صفات دارای تحمل نسبی به تنش خشکی بودند. ژنوتیپ هابیت علی‌رغم اینکه در کلیه صفات دارای ارزش عددی پائینی بود، اما با افزایش تنش خشکی کمتر از سایر ارقام تحت تأثیر قرار گرفت و به همین دلیل دارای شاخص حساسیت پائین بود. ژنوتیپ‌های ویلیامز، LBK و BP از حساس‌ترین ارقام بودند.

واژه‌های کلیدی: سویا، تنش خشکی، رشد رویشی

مقدمه

آب اهمیت بسیار زیادی در رشد و نمو گیاهان دارد و توزیع و پراکندگی گونه‌های مختلف گیاهان عالی در زمین تأثیر دارد (لاهوئی و رحیم‌زاده، ۱۳۷۲). تنش کمبود آب هنگامی ایجاد می‌شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه

کمتر از نیاز آبی گیاه باشد (کوچکی و نصیری، ۱۳۷۳). تنش خشکی در کشاورزی به دوره‌ای از خشکی گفته می‌شود که در نتیجه آن عملکرد کمتر از حدی است که در شرایط ایتیم آب پیش‌بینی می‌شد. خشکی سبب کاهش توسعه برگ در اوایل نمو است. بویر و همکاران (۱۹۸۰) اثرات پتانسیل آب‌برگ را بر



و مشاهده کردند در پتانسیل آب ۰/۵- مگاپاسکال پرولین گیاه تیمار شده ۱۳۰ درصد شاهد بود. در اثر کم آبی تجمع نیتروژن بیشتر از تجمع کربن کاهش می یابد. میزان نیتروژن ساقه بیشتر از نیتروژن ریشه تحت تاثیر تنش خشکی قرار می گیرد (سینکلر و همکاران^۱، ۱۹۸۷). تنش خشکی سبب کاهش تقاضا و نیاز ساقه به نیتروژن و انتقال املاح نیتروژنی مانند اوره می شود و همچنین از فعالیت آنزیم نیتروژناز ممانعت می کند (سراج و سینکلر^۲، ۱۹۹۶). فوستر و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده کردند که تنش خشکی متوسط به توزیع نیتروژن آسیب نمی رساند ولی در تنشهای سخت حرکت نیتروژن را دچار اختلال می کند. راموس و همکاران (۱۹۹۵) سویا را در معرض تنش خشکی قرار دادند و مشاهده کردند که میزان نیتروژن برگ کاهش یافت. عکس العمل ارقام سویا به تنش خشکی متفاوت بود ولی فعالیت آنزیم نیتروژناز در همه ارقام کم شد. سراج و سینکلر (۱۹۹۶) ضمن اعلام کاهش تجمع نیتروژن در ارقامی از سویا که تحت تنش خشکی بودند گزارش کردند که ارقام متحمل کاهش کمتری نشان دادند.

گیاه سویا به عنوان یک گیاه حساس از خشکی تاثیر می پذیرد ولی در بین ارقام مختلف، ارقامی یافت می شوند که تحمل بهتری دارند و قادرند در طول تنش تا حدی خصوصیات رشدی خود را حفظ کنند، هدف از این آزمایش شناسایی ارقام متحمل و ارزیابی میزان خسارت وارد به ارقام حساس بود.

مواد و روشها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشگده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از:

رشد برگ و فتوسنتز گیاه سویا بررسی و مشاهده کردند با کاهش پتانسیل آب در حد ۲- بار سطح برگ شروع به کاهش یافت، در ۴۰ بار رشد برگ های سویا ۲۵ درصد کاهش نشان داد و در ۱۲- بار رشد برگ بسیار ناچیز صورت گرفت. رشد بوته سویا رابطه مستقیمی با سطح برگ دارد. لامبرت و هیتلی (۱۹۹۵) گزارش کردند در تیمار شاهد سطح برگ های سویا ۱۶۸ سانتی متر مربع و در تیمار تحت تنش ۶۰ سانتی متر مربع بود. کمبود آب، رشد هر دو قسمت هوایی و ریشه را کاهش می دهد ولی اثر نسبتاً بیشتری بر قسمت هوایی می گذارد (حسین و اسپینال^۱، ۱۹۹۰). کپوئمو و همکاران (۱۹۹۰) ضمن معرفی ارتفاع بوته به عنوان فاکتوری برای پیش بینی تحمل خشکی، اعلام کردند ارقامی از سویا که طی خشکی ارتفاع بیشتری داشتند، دارای وزن خشک بیشتر بودند و بذره های آنها جوانه زنی بیشتری داشتند. پورسل و همکاران (۲۰۰۰) نیز مشاهده کردند که در بین ارقام مختلف سویا، ارقامی که تحمل به خشکی بیشتری داشتند وزن خشک ساقه آنها بطور معنی داری بیشتر از ارقام حساس بود. کم آبی بر نمو سیستم ریشه ای تاثیر می گذارد. در شرایط خشکی رشد سویا نقش اصلی در بقای سویا دارد. کاهش رشد ریشه سویا در اثر کاهش رطوبت خاک در بسیاری از منابع گزارش شده است (پورسل و همکاران^۲، ۲۰۰۰).

پروالین از جمله مهمترین موادی است که در بافت تنش دیده تجمع می یابد (بین بلا و همکاران^۳، ۱۹۹۹؛ هری و همکاران^۴، ۱۹۹۹). سنتز پروالین در اثر تنش در گیاهان دیگر مانند لوبیا (لازکانو و لووایت^۵، ۱۹۹۹)، در گیاه سویا نیز افزایش تنش موجب سنتز پروالین در برگ ها و گرهک های این گیاه شد. درند و همکاران (۲۰۰۰) نیز نقش کاملاً واضح پروالین را در بافت های تنش دیده سویا متذکر شدند. آنها سویا را در معرض تنش آبی قرار دادند

۶۰



6- Sinclair et al
7- Serraj & Sinclair

1- Husain & Aspinal
2- Purcell et al
3- Benebella et al
4- Hare et al
5- Lazzcano & Iovatt

روز بوته‌ها برداشت شدند. پارامترهای مورد محاسبه عبارت بودند از: سطح برگ هر بوته، طول ساقه، وزن خشک ساقه، ریشه و گل هر گیاه، پرولین (روش بیست و همکاران، ۱۹۷۳)، عملکرد نیتروژن (با استفاده از دستگاه میکرو کج‌دلال درصد نیتروژن اندازه‌گیری و با تقسیم بر وزن خشک کل گیاه عملکرد نیتروژن محاسبه شد) و ضرایب همبستگی بین صفات، شاخص حساسیت به خشکی صفات با استفاده از شاخص فیشر و مور (۱۹۷۸)، بدین شرح ارائه شد:

$$S_1 = (1 - Y_{Di}/Y_{pi})/D$$

در این رابطه، S_1 عبارت است از شاخص حساسیت به تنش، Y_{Di} میانگین عملکرد ماده خشک ژنوتیپ مورد نظر در شرایط تنش آب، Y_{pi} میانگین ماده خشک عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در شرایط بدون تنش و D شدن تنش می‌باشد که مقدار آن از این رابطه محاسبه می‌شود: $D=1 - (Y_D/Y_P)$. در این رابطه، Y_D و Y_P به ترتیب عبارتند از: میانگین عملکرد ماده خشک تمام ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش. مقدار S_1 کوچکتر نشان‌دهنده تحمل بیشتر به خشکی است.

محاسبات آماری به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. برای هر سطح خشکی (شاهد، ۳-، ۷- و ۱۰- بار) بطور جداگانه تجزیه آماری صورت گرفت و نتایج حاصل مورد ارزیابی قرار گرفت و با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح ۵ درصد مقایسه صورت گرفت.

نتایج و بحث

تیمار خشکی و ژنوتیپ بر سطح برگ اثرات معنی‌داری داشتند (جدول ۱). در تیمار شاهد ژنوتیپ ویلیامز دارای بیشترین و ژنوتیپ BP، JK دارای کمترین سطح برگ بود. در پتانسیل آب ۳- بار ژنوتیپ‌های گرگان-۳ و LWK به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سطح برگ بودند. در پتانسیل آب ۷- بار ژنوتیپ گرگان-۳ بیشترین و ژنوتیپ LWK کمترین سطح برگ را داشتند.

تنش خشکی (شاهد، ۳-، ۷- و ۱۰- بار) و ژنوتیپ (ویلیامز، گرگان-۳، هیل، سحر، هابیت، دیر، هاگ، BP، JK، LWK و LBK). کاشت در گلدان‌هایی به ابعاد ۱۷×۲۲ سانتی‌متر صورت گرفت. بافت، وزن مخصوص ظاهری و رطوبت خاک مورد استفاده قبل از کاشت، در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده علوم زراعی تعیین گردید. منحنی رطوبتی خاک مورد استفاده که رابطه بین پتانسیل آب، خاک و رطوبت را مشخص می‌کند از طریق فرمولی که ساکستن و همکاران در سال ۱۹۸۶ ارائه دادند محاسبه گردید:

$$\Psi_m = A \cdot \theta v^B$$

که در این رابطه Ψ_m پتانسیل ماتریک بر حسب بار، θv نسبت رطوبت حجمی بر حسب سانتی‌متر مکعب در سانتی‌متر مکعب در سانتی‌متر مکعب خاک، که مقدار آن از رابطه $\theta = pb \times \theta_m$ محاسبه شود. θ_m به ترتیب نسبت رطوبت وزنی و وزن مخصوص ظاهری (بر حسب گرم در سانتی‌متر مکعب خاک) می‌باشند. A و B نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \exp[-4.396 - 0/0715C - 4.88 \times 10^{-4} \times S2 - 4.285pb \times b5 - s2c]100$$

$$B = -3.140 - 0.00222 C2 - 3.48 \times 10^{-5} \times S2C$$

که در این فرمول S درصد شن خاک و C درصد رس خاک می‌باشد. منحنی رطوبتی خاک بعد از محاسبه ترسیم گردید. در این آزمون برای محاسبه موارد فوق و ترسیم منحنی از برنامه A Psycalc استفاده شد. داخل گلدان‌ها پلاستیک‌های بدون منفذ قرار داده، جداگانه وزن کرده با وزن ثابتی از خاک پر شدند. مجموع خاک خشک، وزن گلدان، پلاستیک و وزن آب (برای پتانسیل‌های مختلف) به‌عنوان وزن مرجع در نظر گرفته شد. وزن مرجع برای شاهد و پتانسیل‌های ۳-، ۷-، ۱۰- بار به ترتیب ۵۴۵۲، ۵۳۴۳، ۵۲۸۰ و ۵۲۶۰ گرم بود. از شروع باز شدن کامل دومین برگ‌های سه برگچه‌ای، گلدان‌ها روزانه توزین و به اندازه اختلاف از وزن مرجع آبیاری می‌شدند. بعد از ۶۰

۱- این برنامه کامپیوتری توسط آقای دکتر افشین سلطانی (دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) نوشته شد.





در پتانسیل آب ۱۰- بار ژنوتیپ گرگان-۳ دارای بیشترین و ژنوتیپ JK دارای کمترین سطح برگ داشتند (جدول ۲). بررسی شاخص حساسیت سطح برگ به خشکی نشان داد که ژنوتیپ ویلیامز در هر سه سطح تنش حساس‌ترین و ژنوتیپ هاییت در پتانسیل‌های ۳- بار و ۱۰- بار و ژنوتیپ هیل در ۷- بار به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ عمل کردند. در جدول ۸ برای جمع سطح خشکی، میانگین شاخص حساسیت به خشکی محاسبه گردید. ژنوتیپ‌های سحر و BP دارای بیشترین تحمل و ژنوتیپ‌های LWK و هاگ دارای بیشترین حساسیت بودند.

اثر خشکی و ژنوتیپ بر طول ساقه معنی‌دار شد (جدول ۱). بین پتانسیل‌های آبی، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها در سطح کمتر از یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه میانگین طول ساقه نشان می‌دهد، گرگان-۳ در تیمار شاهد، ۷- و ۱۰- بار و دیر در ۳- بار بیشترین ارتفاع ساقه را داشتند (جدول ۳). ژنوتیپ‌های BP، LBK، JK و LWK به ترتیب در تیمارهای شاهد، ۳- بار و ۱۰- بار کمترین طول ساقه را داشتند. نتایج نشان داد که در پتانسیل‌های آبی ۳-، ۷- و ۱۰- بار LWK دارای بیشترین حساسیت به خشکی و در نتیجه کمترین تحمل و سحر دارای کمترین حساسیت به خشکی و بیشترین تحمل بود. شاخص حساسیت برای کلیه سطح خشکی نشان می‌دهد که سحر و BP متحمل‌ترین و LWK و هاگ حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۸).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس محاسبه مقادیر وزن خشک ریشه در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمارهای رطوبتی و ژنوتیپ‌های متفاوت سویا بر وزن خشک ریشه اثر معنی‌دار داشتند. بر اساس جدول ۴ در تیمار شاهد هاگ بیشترین و LWK دارای کمترین وزن خشک ریشه بودند. ژنوتیپ هاگ در پتانسیل‌های آبی ۳- و ۷- بار و گرگان-۳ در پتانسیل آب ۱۰- بار نتایج حاصل از تجزیه واریانس محاسبه مقادیر وزن خشک ریشه در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمارهای رطوبتی و ژنوتیپ‌های متفاوت سویا بر وزن خشک ریشه اثر معنی‌دار داشتند. بر

اساس جدول ۴ در تیمار شاهد هاگ بیشترین و LWK دارای کمترین وزن خشک ریشه بودند. ژنوتیپ هاگ در پتانسیل‌های آبی ۳- و ۷- بار و گرگان-۳ در پتانسیل آب ۱۰- بار دارای بیشترین وزن خشک ریشه بودند. در پتانسیل آب ۳۰ بار LWK و در پتانسیل‌های آبی ۷- و ۱۰- بار LBK دارای کمترین وزن خشک ریشه بودند. بررسی شاخص حساسیت به خشکی وزن خشک ریشه نشان داد که هاییت در پتانسیل آب ۳- و ۷- بار و دیر در پتانسیل ۱۰- بار متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. حساس‌ترین ژنوتیپ در پتانسیل آب ۳- و ۷- بار ویلیامز و در پتانسیل ۱۰- بار متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. حساس‌ترین ژنوتیپ در پتانسیل آب ۳- و ۷- بار ویلیامز و در پتانسیل ۱۰- بار هیل بود. شاخص حساسیت برای کلیه سطوح خشکی نشان می‌دهد که ژنوتیپ دیر متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های ویلیامز و هاییت حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۸).

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک کل گیاه در جدول ۱ نشان داده شده است. خشکی اثر معنی‌داری بر وزن خشک کل گیاه داشت و همچنین خشکی و ژنوتیپ اثر متقابل معنی‌دار داشتند. مقایسه میانگین وزن خشک کل گیاه در جدول ۵ درج شده است. در تیمار شاهد هاگ بیشترین و LWK کمترین وزن خشک کل را داشت. در پتانسیل آب ۳- بار گرگان-۳ و JK دارای بیشترین و کمترین وزن خشک کل بودند. در پتانسیل آب ۷- بار هاگ بیشترین و LBK کمترین وزن خشک را در این سطح از خشکی داشتند. در پتانسیل آب ۱۰- بار هاگ دارای بیشترین و LBK دارای کمترین وزن خشک کل بود. بررسی شاخص حساسیت به خشکی وزن خشک کل گیاه نشان داد که در پتانسیل آبی ۳-، ۷- و ۱۰- بار ویلیامز حساس‌ترین و دیر، سحر و هاییت متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. شاخص حساسیت برای کلیه سطوح خشکی نشان می‌دهد که در مجموع ژنوتیپ‌های هاییت و سحر متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های ویلیامز و LBK حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۸).

جدول ۱- مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های سویا در شرایط گلخانه.

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ	طول ساقه	وزن خشک‌ریشه	وزن خشک‌کل	پروئین	عملکرد نیتروژن
خشکی	۳	۴۹۶۰/۸۸۰ ^{***}	۰/۶۶۸ ^{***}	۰/۰۱۵۶ ^{***}	۳/۶۴۱ ^{***}	۳۱/۳۵۳ ^{***}	۰/۰۰۲۴ ^{***}
ژنوتیپ	۱۰	۳۸۷۱/۴۸۲ ^{***}	۱۹۲/۲۷۷ ^{***}	۰/۰۰۵۸ ^{***}	۰/۵۸۲ ^{***}	۱۲/۲۹۵ ^{***}	۰/۰۰۰۴ ^{***}
خشکی*ژنوتیپ	۳۰	۵۳۷/۵۸۱ [*]	۵۱/۷۱۶ ^{***}	۰/۰۰۶۱ ^{***}	۰/۰۴۳ ^{***}	۰/۱۲۵ ^{***}	۰/۰۰۰۳۷ ^{***}
اشتباه	۸۶	۳۰۴/۸۰۲	۸۷۱۹	-/۰۰۰۱۴	۰/۰۱۰۱	۰/۰۶۷۸	۰/۰۰۰۰۹۶ ^{***}
کل	۱۳						

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد * معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین سطح برگ (سانتی‌متر مربع) در شاهد و سه سطح پتانسیل آب همراه با شاخص حساسیت به تنش خشکی.

ژنوتیپ	شاهد	پتانسیل آب ۳- بار		پتانسیل آب ۷- بار		پتانسیل آب ۱۰- بار	
		مقدار	SI	مقدار	SI	مقدار	SI
JK	۱۱۲/۹۳ ^{cd}	۸۵/۸۳ ^{cdk}	۰/۶۸۷ ^{abc}	۵۷/۵۰ ^{cd}	۱/۱۶۹ ^{abc}	۳۷۳۰ ^c	۱/۰۵۳ ^{ab}
BP	۱۱۲/۶۸ ^{cd}	۶۷۰۵۰ ^c	۱/۲۸۲ ^{ab}	۶۳/۱۷ ^{cd}	۱/۰۰۵ ^{abc}	۴۳/۰۷۳ ^{cdk}	۰/۹۶۹ ^{ab}
گرگان-۳	۱۶۰/۴۱۰ ^{abc}	۱۲۸۶۰ ^{cd}	۰/۵۷۱ ^{bc}	۱۰۹/۳۳ ^{cd}	۰/۶۵۷ ^c	۶۹/۶۹۳ ^{cd}	۰/۸۸۲ ^{ab}
ویلیامز	۱۸۷/۸۷ ^{cd}	۹۵/۸۳ ^{cdk}	۱/۴۵۴ ^{cd}	۶۳/۱۳ ^{cd}	۱/۴۸۴ ^{cd}	۵۴/۴۷۳ ^{cdk}	۱/۰۹۵ ^{cd}
هابیت	۱۱۹/۴۴۰ ^{cd}	۱۱۳/۰۰۰ ^{abc}	۰/۱۷۰ ^c	۷۴/۳۰ ^{bc}	۰/۸۰۲ ^{bc}	۵۳/۲۷۰ ^{bc}	۰/۸۴۸ ^b
LWK	۱۱۵/۵۰۰ ^{cd}	۶۰/۴۹۰ ^c	۱/۳۹۱ ^{ab}	۴۷/۲۰ ^{cd}	۱/۳۰۶ ^{ab}	۴۰/۲۳۳ ^{bc}	۰/۹۷۴ ^{ab}
سحر	۱۶۵/۲۴۰ ^{ab}	۱۰۴/۹۴۰ ^{abc}	۰/۹۷۳ ^{abc}	۷۳/۶۶ ^{bc}	۱/۲۱۶ ^{abc}	۴۷/۴۷۰ ^{cdk}	۱/۱۰۳ ^{cd}
LBK	۱۲۱/۲۲۰ ^{cd}	۷۲/۰۹۰ ^{cd}	۱/۲۲۹ ^{ab}	۵۲/۸۱ ^{cd}	۱/۲۲۸ ^{abc}	۳۹/۸۲۷ ^{cd}	۱/۰۱۹ ^{ab}
هاگ	۱۷۹/۰۵۰ ^{ab}	۱۱۵/۲۴۰ ^{ab}	۱/۰۶۹ ^{ab}	۹۱/۵۱ ^{ab}	۱/۰۴۹ ^{abc}	۶۳/۵۱۷ ^{ab}	۰/۹۸۰ ^{ab}
دیر	۱۵۰/۶۵۰ ^{abkcd}	۱۱۰/۲۱۰ ^{abc}	۰/۸۷۳ ^{abc}	۱۰۰/۷۵۰ ^{cd}	۰/۸۶۷ ^{bc}	۵۶/۵۶۷ ^{bc}	۰/۹۸۰ ^{ab}
هیل	۱۴۱/۳۵۰ ^{cdk}	۹۸/۴۳۰ ^{cdk}	۰/۸۴۳ ^{abc}	۹۷/۵۶ ^{ab}	۰/۶۳۸ ^c	۵۶/۲۰۷ ^{bc}	۰/۹۲۸ ^{ab}
میانگین	۱۴۲/۴۸۵	۹۵/۵۰۲	۰/۹۵۸	۷۵/۵۲۸	۱/۰۲۹	۵۱/۰۰۵	۰/۹۸۴
LSD %	۴۱/۸۷۴	۲۹/۲۵۴	۰/۸۴۵	۲۴/۱۶۸	۰/۶۰۹	۱۲/۵۱۰	۰/۲۳۱

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می باشند با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین طول ساقه (سانتی‌متر) در شاهد و سه سطح پتانسیل آب همراه با شاخص حساسیت به تنش.

ژنوتیپ	شاهد	پتانسیل آب ۳- بار		پتانسیل آب ۷- بار		پتانسیل آب ۱۰- بار	
		مقدار	SI	مقدار	SI	مقدار	SI
JK	۲۸۸۳۳ ^{cdk}	۲۲/۰۰۰ ^{cd}	۰/۹۰۲ ^{bc}	۱۷/۱۶۷ ^{cd}	۱/۰۰۷ ^{bc}	۱۶۵۰۰ ^{cdk}	۰/۸۸۲ ^{cdk}
BP	۲۷۰۰۰ ^c	۲۴/۵۰۰ ^{cd}	۰/۲۱۶ ^c	۲۱/۸۳۳ ^{cdk}	۰/۳۹۴ ^{cd}	۱۸۳۳۳ ^{cdk}	۰/۵۹۷ ^{cd}
گرگان-۳	۵۰۳۳۳ ^{cd}	۳۴/۶۶۷ ^{cd}	۱/۱۰۹ ^{ab}	۲۶۳۳۳ ^{cd}	۱/۱۸۲ ^{ab}	۳۳/۱۶۷ ^{cd}	۱/۱۰۶ ^{abc}
ویلیامز	۲۹/۶۶۷ ^{cdk}	۲۱/۶۶۷ ^{cd}	۰/۹۳۹ ^{bc}	۱۸/۶۶۷ ^{cd}	۰/۹۱۶ ^{bc}	۱۴/۳۳۰ ^{cd}	۱/۰۶۵ ^{bc}
هابیت	۲۸/۶۶۷ ^{cdk}	۳۳/۰۰۰ ^{cdk}	۰/۶۱۵ ^{bc}	۱۹/۸۳۳ ^{cdk}	۰/۶۸۰ ^{cd}	۱۸/۰۰۰ ^{cdk}	۰/۸۲۹ ^{cdk}
LWK	۴۶۰۰۰ ^{cd}	۲۴/۵۰۰ ^{cd}	۱/۲۲۳ ^{cd}	۱۹/۱۶۷ ^{cdk}	۱/۴۴۹ ^{cd}	۱۳/۸۳۳ ^{cd}	۱/۴۲۴ ^{cd}
سحر	۲۸/۱۶۷ ^{cd}	۲۶/۶۶۷ ^{cdk}	۰/۲۰۳ ^c	۲۴/۶۶۷ ^{cdk}	۰/۳۰۹ ^c	۲۲/۰۰۰ ^{cd}	۰/۴۵۰ ^c
LBK	۲۷/۳۳۳ ^{cd}	۱۹/۸۳۳ ^{cd}	۰/۹۳۸ ^{bc}	۱۹/۱۶۷ ^{cdk}	۰/۸۳۱ ^{cd}	۱۶۰۰۰ ^{cdk}	۰/۸۳۳ ^{cdk}
هاگ	۴۱/۱۶۷ ^{bc}	۲۸/۸۳۳ ^{cdk}	۱/۱۰۵ ^{ab}	۳۳۳۳۳ ^{cdk}	۱/۱۴۵ ^{ab}	۱۶/۶۶۷ ^{cdk}	۱/۲۱۹ ^{ab}
دیر	۴۰۳۳۳ ^{cdk}	۳۵/۰۰۰ ^{cd}	۰/۴۴۴ ^{bc}	۲۰/۱۶۷ ^{cdk}	۱/۲۱۸ ^{ab}	۲۰/۸۳۳ ^{cdk}	۰/۹۶۰ ^{cdk}
هیل	۳۶/۱۶۷ ^{cd}	۳۱/۳۳۳ ^{cdk}	۰/۴۷۹ ^{bc}	۱۹/۶۶۷ ^{cdk}	۱/۱۳۳ ^{ab}	۱۶/۸۳۳ ^{cdk}	۱/۰۹۸ ^{bc}
میانگین	۳۴/۸۸۷	۲۷/۵۴۵	۰/۸۸۸	۲۰/۸۱۸	۰/۹۲۴	۱۷/۸۶۳	۰/۹۴۲
LSD %	۷/۹۴۸	۴/۱۹۹	۰/۸۶۷	۳۳۰۰۱	۰/۳۹۲	۳/۶۹۰	۰/۳۲۴

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می باشند با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند.



جدول ۴- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه (گرم) در شاهد و سه سطح پتانسیل آب همراه با شاخص حساسیت به تنش خشکی.

ژنوتیپ	پتانسیل آب ۳- بار		پتانسیل آب ۷- بار		پتانسیل آب ۱۰- بار		شاهد
	مقدار	SI	مقدار	SI	مقدار	SI	
JK	۰/۱۲۰ ^d	۰/۰۸۶ ^{bc}	۰/۰۹۳ ^{bc}	۰/۰۸۲ ^{abc}	۰/۰۵۴ ^{cd}	۰/۰۳۴ ^{ab}	۱/۳۴۳
BP	۰/۱۳۶ ^{cd}	۰/۰۹۷ ^{bc}	۰/۰۹۶ ^{abc}	۰/۰۸۶ ^{abc}	۰/۰۷۹ ^{bc}	۰/۰۸۳ ^{bc}	۱/۸۳۳
گرگان-۳	۰/۱۵۳ ^{ab}	۰/۱۳۳ ^{ab}	۰/۱۰۴ ^{ab}	۰/۱۱۴ ^{ab}	۰/۱۱۳ ^{ab}	۰/۰۹۶ ^{cd}	۱/۵۹۶
ویلیامز	۰/۱۵۶ ^{ab}	۰/۱۰۰ ^b	۰/۰۹۳ ^{bc}	۰/۰۹۷ ^{bc}	۰/۰۵۹ ^{cd}	۰/۰۵۹ ^{cd}	۱/۴۹۴
هابیت	۰/۰۸۶ ^{cd}	۰/۰۸۳ ^{bc}	۰/۰۸۰ ^{cd}	۰/۰۸۱ ^c	۰/۰۶۴ ^{cd}	۰/۰۷۹ ^{cd}	۱/۵۷۹
LWK	۰/۰۷۶ ^d	۰/۰۷۶ ^d	۰/۰۵۹ ^{de}	۰/۰۷۰ ^{abc}	۰/۰۵۶ ^{cd}	۰/۰۷۳ ^{cd}	۱/۳۳۴
سحر	۰/۱۱۶ ^d	۰/۰۸۳ ^{bc}	۰/۰۹۶ ^{abc}	۰/۰۷۳ ^{bc}	۰/۰۹۹ ^{ab}	۰/۰۳۸ ^d	۱/۳۸۸
LBK	۰/۰۹۶ ^c	۰/۰۸۰ ^{cd}	۰/۰۵۶ ^c	۰/۰۷۳ ^{bc}	۰/۰۳۴ ^c	۱/۵۴۳	۱/۵۴۳
هاگ	۰/۱۶۶ ^a	۰/۱۴۹ ^a	۰/۱۱۶ ^a	۰/۱۰۵ ^{ab}	۰/۱۰۸ ^{ab}	۰/۱۵۰ ^c	۱/۱۵۰
دیر	۰/۱۱۶ ^d	۰/۰۹۶ ^{bc}	۰/۰۸۰ ^{cd}	۰/۱۱۲ ^{ab}	۰/۰۷۰ ^{cd}	۰/۰۹۳ ^{bc}	۱/۹۳۳
هیل	۰/۱۴۰ ^{bc}	۰/۱۳۵ ^a	۰/۱۰۰ ^{abc}	۰/۰۹۹ ^{abc}	۰/۰۴۹ ^{de}	۱/۵۱۳	۱/۵۱۳
میانگین	۰/۱۳۳	۰/۱۰۰	۰/۰۸۸	۰/۰۹۶۴	۰/۰۷۱	۰/۹۱۸	۰/۹۱۸
LSD %۵	۰/۰۳۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۱۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۳	۰/۵۸۵	۰/۵۸۵

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می باشند با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند.

تنش خشکی میزان نیتروژن کل کاهش یافت. ژنوتیپ گرگان-۳ در همه تیمارها بیشترین و ژنوتیپ‌های LWK، LBK و JK کمترین عملکرد نیتروژن را داشتند. بررسی شاخص حساسیت به خشکی نیتروژن نشان داد که در پتانسیل آب ۳- بار دیر به‌عنوان متحمل‌ترین و ویلیامز حساس‌ترین بود. در پتانسیل آب ۷- بار هابیت و دیر متحمل‌ترین و ویلیامز حساس‌ترین بودند. در پتانسیل آب ۱۰- بار هابیت متحمل‌ترین و BP حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. میانگین شاخص حساسیت به خشکی نشان می‌دهد، ژنوتیپ‌های ویلیامز و BP دارای بیشترین تحمل و ژنوتیپ‌های دیر و هابیت دارای بیشترین حساسیت بودند (جدول ۸).

در این تحقیق آثار منفی تنش خشکی بر سطح برگ، ارتفاع ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه به وضوح دیده شد. اولین اثر تنش خشکی کاهش تورژسانس می‌باشد که سرعت رشد سلول و اندازه نهایی آنرا تحت تاثیر قرار می‌دهد (تایز و زیگر، ۱۹۹۸). در این تحقیق با افزایش تنش خشکی سطح برگ بوته‌های سویا بطور معنی‌داری کاهش یافت. ریزش جزئی و کامل

اثر ژنوتیپ، خشکی و اثرات متقابل آنها بر پرولین موجود در بافت گیاه معنی دار می‌باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین پرولین (میکرومول پرولین در میلی گرم بافت نر) ژنوتیپ‌های مختلف سویا در جدول ۶ نشان داده شده است. با افزایش تنش خشکی میزان پرولین افزایش یافت. در همه سطوح تنش ژنوتیپ گرگان-۳ دارای بیشترین و ژنوتیپ JK دارای کمترین مقدار پرولین بود. بالا بودن شاخص حساسیت پرولین به تنش بر خلاف سایر موارد معرف تحمل بیشتر می‌باشد. شاخص حساسیت ژنوتیپ‌های مختلف سویا به تنش‌های خشکی نشان داد که در پتانسیل آب ۳- بار دیر و سحر به‌ترتیب حساس‌ترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. در پتانسیل آب ۷- بار سحر متحمل‌ترین و JK حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. در پتانسیل آب ۱۰- بار هابیت و سحر به ترتیب به‌عنوان حساس‌ترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. شاخص حساسیت برای کلیه سطوح خشکی نشان می‌دهد که سحر و گرگان-۳ متحمل‌ترین و هابیت و ویلیامز حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۸).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیتروژن (گرم در گرم بافت خشک) در جدول ۷ آمده است. اثرات خشکی و ژنوتیپ بر مقدار نیتروژن معنی دار بوده است. با افزایش



سطح، رشد سویا را کاهش می‌دهد (لطیفی، ۱۳۷۲). ژنوتیپ‌های مختلف سویا در این تحقیق عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان دادند که به اختلافات ژنتیکی ژنوتیپ‌های سویا از نظر فتوسنتز و مقاومت روزنه‌ای در مراحل مختلف رشد رویشی بر می‌گردد (فردریک، ۱۹۹۰).

برگ‌ها از عوامل موثر در کاهش تعرق است (تایز و زیگر، ۱۹۹۸). سینکلر و همکاران (۱۹۸۷)، هیتلری و همکاران (۱۹۹۲)، اهاشی و همکاران (۱۹۹۹) و دسکلکس و همکاران (۲۰۰۰) در گیاه سویا به نتیجه مشابه رسیدند. رشد بوته سویا رابطه مستقیم با سطح برگ دارد، بنابراین کمبود آب در اوایل فصل، به علت جلوگیری از افزایش

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن خشک کل گیاه (گرم) در شاهد و سه سطح پتانسیل آب همراه با شاخص حساسیت به تنش خشکی.

پتانسیل آب ۱۰- بار		پتانسیل آب ۷- بار		پتانسیل آب ۳- بار		ژنوتیپ
SI	مقدار	SI	مقدار	SI	مقدار	
۰/۸۳ ^c	۰/۴۸۷ ^{ef}	۰/۸۵۹ ^b	۰/۶۱۸ ^{cd}	۰/۸۴۸ ^b	۰/۸۹۳ ^{de}	JK
۰/۹۸۴ ^{bc}	۰/۴۹۹ ^{ef}	۰/۹۷۱ ^{ab}	۰/۶۵۲ ^{cd}	۱/۰۰۱ ^{ab}	۰/۸۳۴ ^{de}	BP
۱/۰۰۵ ^{bc}	۰/۸۵۷ ^{ab}	۱/۰۱۱ ^{ab}	۱/۰۰۴ ^{ab}	۰/۸۱۶ ^{ab}	۱/۴۶۱ ^a	گرگان-۳
۱/۲۴۵ ^a	۰/۴۷۵ ^{ef}	۱/۳۹۶ ^a	۰/۶۶۲ ^{cd}	۱/۵۷۱ ^a	۱/۰۲۰ ^c	ویلیامز
۰/۸۶۵ ^c	۰/۵۷۲ ^{de}	۰/۸۱۶ ^b	۰/۸۳۳ ^c	۰/۸۳۳ ^b	۰/۹۱۳ ^{cd}	هابیت
۰/۸۸۷ ^c	۰/۴۴۵ ^{ef}	۰/۸۱۴ ^b	۰/۶۲۹ ^{cd}	۰/۹۱۹ ^{ab}	۰/۸۲۶ ^c	LWK
۰/۹۳۶ ^c	۰/۵۰۸ ^{def}	۰/۸۰۵ ^b	۰/۸۵۶ ^c	۰/۸۲۳ ^b	۰/۸۷۶ ^d	سحر
۱/۱۲۰ ^{ab}	۰/۳۶۴ ^g	۱/۱۲۹ ^{ab}	۰/۵۱۹ ^d	۰/۹۱۳ ^{ab}	۰/۸۱۰ ^{de}	LBK
۰/۹۵۳ ^{bc}	۰/۸۴۸ ^a	۰/۹۵۳ ^b	۱/۰۸۶ ^a	۰/۹۱۹ ^{ab}	۱/۳۸۲ ^a	هاگ
۰/۸۸۷ ^c	۰/۶۰۵ ^{cd}	۰/۹۱۹ ^{ab}	۰/۸۰۳ ^c	۰/۶۹۹ ^b	۱/۰۳۰ ^c	دیر
۱/۰۳۰ ^{bc}	۰/۶۶۸ ^{bc}	۰/۹۹۸ ^{ab}	۰/۹۳۰ ^b	۱/۰۳۷ ^{ab}	۱/۳۳۳ ^{bc}	هیل
۰/۹۸۰	۰/۵۶۷	۰/۹۵۸	۰/۸۵۴	۰/۹۵۶	۱/۰۰۷	میانگین
۰/۱۸۵	۰/۰۹۸	۰/۴۳۶	۰/۱۴۵	۰/۸۰۳	۰/۱۳۰	LSD %

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین پرولین (میکرو مول بر گرم وزن تر) ژنوتیپ‌های سویا در شاهد و سه سطح پتانسیل آب همراه با شاخص حساسیت به تنش خشکی.

پتانسیل آب ۱۰- بار		پتانسیل آب ۷- بار		پتانسیل آب ۳- بار		شاهد	ژنوتیپ
SI	مقدار	SI	مقدار	SI	مقدار		
۰/۸۸۳ ^{cd}	۵/۲۸۵ ^f	۰/۵۲۷ ^d	۴/۲۸۵ ^f	۸/۵۶ ^{abcde}	۳/۹۹۰ ^f	۳/۶۵۵ ^f	JK
۰/۹۲۳ ^{cd}	۵/۹۷۰ ^{def}	۱/۰۹۰ ^{abc}	۵/۳۳۰ ^e	۱/۶۲۶ ^{ab}	۴/۶۸۵ ^e	۳/۹۱۵ ^f	BP
۱/۳۳۷ ^{bc}	۱۰/۸۸۵ ^{ai}	۱/۴۰۰ ^{ab}	۸/۹۷۰ ^a	۱/۴۳۸ ^{abcd}	۷/۱۹۵ ^{ai}	۶/۱۲۵ ^{ai}	گرگان-۳
۰/۶۴۳ ^{cf}	۶/۶۷۵ ^d	۰/۸۰۹ ^{cd}	۶/۲۱۰ ^d	۰/۴۸۵ ^{de}	۵/۱۷۵ ^d	۴/۸۹۵ ^d	ویلیامز
۰/۴۶۱ ^f	۶/۴۰۰ ^{de}	۰/۶۲۳ ^{cd}	۶/۱۲۰ ^d	۰/۱۰۹ ^c	۵/۱۳۵ ^d	۵/۰۷۲ ^{cd}	هابیت
۰/۶۴۴ ^{ef}	۶۰۰۵ ^{def}	۰/۸۳۱ ^{cd}	۵/۶۱۵ ^{de}	۰/۶۶۶ ^{bcde}	۴/۸۵۰ ^e	۴/۳۹۵ ^e	LWK
۱/۶۶۴ ^{ai}	۹/۶۲۵ ^b	۱/۵۰۳ ^{ai}	۷/۴۲۵ ^{bc}	۱/۷۲۱ ^{ai}	۵/۹۷۵ ^c	۴/۹۴۵ ^d	سحر
۰/۸۲۵ ^{de}	۵/۵۳۵ ^{ef}	۰/۸۷۲ ^{cd}	۵/۰۷ ^c	۰/۵۴۰ ^{cd}	۴/۱۸۵ ^f	۳/۹۳ ^f	LBK
۱/۴۷۸ ^{ab}	۹/۳۹۰ ^b	۱/۰۲۰ ^{bc}	۶/۸۵۰ ^c	۱/۵۵۶ ^{abc}	۶/۰۶۰ ^c	۵/۱۰۰ ^{cd}	هاگ
۰/۸۳۵ ^{de}	۷/۶۷۵ ^c	۰/۸۴۹ ^{cd}	۶/۹۲۰ ^c	۰/۰۱۳ ^c	۵/۳۹۵ ^d	۵/۴۱۰ ^{bc}	دیر
۱/۲۲۶ ^c	۹/۵۴۰ ^b	۱/۰۸۷ ^{abc}	۷/۶۶۰ ^b	۱/۶۱۶ ^{ab}	۶/۷۱۵ ^b	۵/۶۲۰ ^b	هیل
۰/۹۶۵	۷/۵۳۵	۰/۹۶۴	۶/۴۰۵	۰/۹۵۴	۵/۳۸۶	۴/۸۲۳	میانگین
۰/۳۳۳	۰/۸۷۰	۰/۴۸۱	۰/۶۲۵	۱/۰۲۱	۰/۳۱۶	۰/۳۴۷	LSD %

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



برگ از مصرف کربن و انرژی گیاه کاسته شده و میزان بیشتری از ذخایر گیاه در اختیار ریشه قرار می‌گیرد تا ریشه به منظور جذب بیشتر آب به سمت لایه‌های مرطوب خاک رشد کند (تایز و زیگر، ۱۹۹۸). نتایج گزارش شده توسط آزمایشات دسیلوا و همکاران (۱۹۹۶) و پورسل و همکاران (۲۰۰۰) گویای این مطلب است که ارقام متحمل به خشکی سویا دارای وزن خشک ریشه بیشتری نسبت به ارقام حساس هستند.

با کاهش پتانسیل آب میزان پرولین بطور معنی‌داری افزایش یافت که مشابه نتایج نایدو و همکاران (۱۹۹۲) در گیاه جو و لازکانو و لووایت (۱۹۹۹) در لویاست. در گیاه سویا نیز توسط کوهی و همکاران (۱۹۹۱) و دارند و همکاران (۲۰۰۰) مشابه این نتیجه گزارش شده است. در اثر کمبود آب گیاه با تغییرات بیوشیمیایی متعددی مواجه است. یکی از این تغییرات فیزیولوژیک تنظیم اسمزی است. هر نوع افزایش در پتانسیل آب سلول‌ها به حفظ حالت تورژسانس کمک می‌کند (تایز و زایگر، ۱۹۹۸). پرولین یکی از تنظیم‌کننده‌های اسمزی است که افزایش آن موجب سازش سلول گیاهی در شرایط تنش و حفاظت از آنزیم‌ها و ساختار سلولی می‌شود. تحریک ستنز پرولین در شرایط تنش می‌تواند یک نوع محل مصرف برای مواد احیا شده در تنفس و فتوسنتز باشد (لاهر^۲، ۱۹۹۳).

نتایج حاصل از تاثیر خشکی بر طول ساقه نشان داد که خشکی بر ارتفاع ساقه اثر معنی‌دار دارد. نتایج این آزمون با تحقیقات، کپوقومو و همکاران (۱۹۹۰)، هیتلی و همکاران (۱۹۹۲)، پورسل و همکاران (۲۰۰۰) و اسپیت و همکاران (۲۰۰۱) همخوانی داشت. دسکلاس و همکاران (۲۰۰۰) ارتفاع گیاه را برای تشخیص حساسیت به تنش‌های جزئی قبل از گلدهی مفید دانستند. کمبود آب رشد هر دو قسمت اندام‌های هوایی و زیرزمینی را کاهش می‌دهد اما تاثیر بیشتری بر روی قسمت‌های هوایی می‌گذارد (حسین و اسپینال، ۱۹۹۰). شارپ (۱۹۹۰) کاهش قسمت‌های هوایی گیاه را به افزایش اسیدآسیریک اسید نسبت داد. از نظر اقتصادی وجود کربوهیدرات در ریشه بر ساقه تقدم دارد (صدرآبادی، ۱۳۶۸) و به همین دلیل وزن خشک ساقه نسبت به ریشه کاهش بیشتری می‌یابد، زیرا ریشه‌ها از نظر دریافت مواد فتوسنتزی و جذب آب اهمیت بیشتری برای گیاه دارند. کپوقومو و همکاران (۲۰۰۲) ارتفاع ساقه سویا را در زمان تنش، فاکتور مناسبی برای پیش‌بینی تحمل ارقام به کم‌آبی معرفی کردند. بین عملکرد سویا در زمان تنش و ارتفاع سویا همبستگی ژنتیکی وجود دارد (اسپیت و همکاران^۱، ۲۰۰۱). بدین ترتیب بوته‌هایی از سویا که قادرند در زمان تنش خشکی ارتفاع خود را حفظ کنند، کاهش عملکرد کمتری خواهند داشت.

در این آزمایش خشکی سبب کاهش وزن خشک ریشه گردید که مشابه نتایج پورسل و همکاران (۲۰۰۰) است که در گیاه سویا به دست آوردند. در اثر کاهش پتانسیل آب، بافت ریشه نیز مانند سایر اندام‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد که اما میزان این کاهش به مراتب کمتر از اندام‌های هوایی گیاه است زیرا در اثر کاهش گسترش



جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد نیتروژن (گرم در گرم بافت خشک گیاه) در شاهد و سه سطح پتانسیل آب همراه با شاخص حساسیت به تنش خشکی.

ژنوتیپ	شاهد	پتانسیل آب ۳- بار		پتانسیل آب ۷- بار		پتانسیل آب ۱۰- بار	
		مقدار	SI	مقدار	SI	مقدار	SI
JK	۰/۰۲۵۲ ^c	۰/۰۱۸۲ ^{fg}	۰/۰۱۵۹ ^{ab}	۰/۰۱۲۵ ^{efg}	۰/۰۹۳۱ ^{bcd}	۰/۰۰۵۶ ^c	۱/۱۲۱ ^{abc}
BP	۰/۰۳۲۱ ^{cd}	۰/۰۲۰ ^{def}	۱/۱۶۸ ^{ab}	۰/۰۱۲۱ ^{fg}	۱/۱۴۶ ^{ab}	۰/۰۰۵۸ ^c	۱/۱۷۹ ^{ai}
گرگان-۳	۰/۰۵۷۹ ^{ai}	۰/۰۴۳۳ ^{an}	۰/۰۷۷ ^b	۰/۰۲۷ ⁱ	۰/۰۹۸۶ ^{abcd}	۰/۰۱۹۲ ^{ai}	۰/۰۹۵۷ ^{cd}
ویلیامز	۰/۰۴۴۸ ^{bc}	۰/۰۲۱۸ ^{de}	۱/۵۷۰ ^{ai}	۰/۰۱۶۲ ^{def}	۱/۳۶۵ ^{ai}	۰/۰۰۸۷ ^{de}	۱/۱۵۸ ^{ab}
هابیت	۰/۰۲۷۸ ^c	۰/۰۲۱۴ ^{def}	۰/۰۷۱۷ ^b	۰/۰۱۷۱ ^{cd}	۰/۰۸۰۶ ^d	۰/۰۱۴۱ ^b	۰/۰۷۰۵ ^c
LWK	۰/۰۲۴۳ ^{bc}	۰/۰۱۵۹ ^g	۱/۱۴۵ ^{ab}	۰/۰۱۳۹ ^{def}	۰/۰۷۹۱ ^{cd}	۰/۰۰۸۳ ^{de}	۰/۰۹۴۴ ^{cd}
سحر	۰/۰۳۰۵ ^{de}	۰/۰۱۹۱ ^{efg}	۰/۰۷۱۸ ^b	۰/۰۱۵۶ ^{de}	۰/۰۹۰۱ ^{bcd}	۰/۰۰۸۷ ^{de}	۱/۰۲۴ ^{abcd}
LBK	۰/۰۲۴۵ ^c	۰/۰۱۸۱ ^{fg}	۰/۰۸۳۴ ^b	۰/۰۰۹ ^g	۱/۱۳۱ ^{ab}	۰/۰۰۶۵ ^c	۱/۰۴۱ ^{abcd}
هاگ	۰/۰۵۳۱ ^{ab}	۰/۰۳۲۴ ^b	۱/۰۵۵ ^{ab}	۰/۰۲۲۵ ^b	۱/۰۳۹ ^{abc}	۰/۰۱۷۹ ^{ai}	۰/۰۹۴۳ ^{cd}
دیر	۰/۰۲۶۶ ^c	۰/۰۲۵۴ ^d	۰/۰۴۴۶ ^b	۰/۰۱۳۸ ^{def}	۰/۰۸۸۷ ^d	۰/۰۱۰۵ ^{cd}	۰/۰۸۷۱ ^{de}
هیل	۰/۰۴۱۵ ^{bcd}	۰/۰۲۸۸ ^c	۰/۰۹۳۳ ^{ab}	۰/۰۲۰۳ ^{bc}	۰/۰۹۴۳ ^{bcd}	۰/۰۱۳۱ ^{bc}	۰/۰۹۱۳ ^{bcd}
میانگین	۰/۰۳۵۳	۰/۰۲۳۸	۰/۰۹۵۳	۰/۰۱۶۲	۰/۰۹۷۵	۰/۰۱۰۷	۰/۰۹۹۳
LSD %	۰/۰۱۲۹	۰/۰۰۳۴	۰/۰۷۷۹	۰/۰۰۳۳	۰/۰۲۹۸	۰/۰۰۳۳	۰/۰۱۸۳

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۸- میانگین شاخص حساسیت به تنش خشکی در صفات مورد ارزیابی.

ژنوتیپ	طول ساقه	سطح برگ		وزن خشک ریشه		وزن خشک کل		پرویلین	عملکرد نیتروژن
		شاخص	ژنوتیپ	شاخص	ژنوتیپ	شاخص	ژنوتیپ		
LWK	۱/۵۵۹	ویلیامز	۱/۲۹۸	ویلیامز	۱/۷۵۹	ویلیامز	۱/۳۹۵	سحر	۱/۶۴۸
هاگ	۱/۱۸۳	LWK	۱/۱۹۴	هابیت	۱/۵۷۳	LBK	۱/۱۴۱	گرگان-۳	۱/۳۸۸
گرگان-۳	۱/۱۸۳	LBK	۱/۱۳۹	LBK	۱/۵۶۶	BP	۱/۰۴۲	هاگ	۱/۳۴۳
ویلیامز	۱/۰۳۱	سحر	۱/۱۳۳	JK	۱/۳۴۷	هاگ	۱/۰۱۴	هیل	۱/۲۴۶
دیر	۱/۰۰۲	هاگ	۱/۰۳۵	LWK	۱/۲۹۷	گرگان-۳	۰/۹۸۶	BP	۱/۰۷۴
هیل	۰/۹۹۴	BP	۱/۰۲۱	هیل	۱/۲۳۵	دیر	۰/۹۰۸	LBK	۰/۷۵۷
JK	۰/۹۵۳	JK	۰/۹۷۷	BP	۱/۰۴۴	LWK	۰/۸۸۰	LWK	۰/۷۱۸
LBK	۰/۸۸۰	هیل	۰/۸۴۹	هاگ	۰/۹۵۱	JK	۰/۸۷۹	JK	۰/۷۰۴
هابیت	۰/۷۸۲	دیر	۰/۸۴۴	گرگان-۳	۰/۹۰۹	هیل	۰/۸۷۳	دیر	۰/۶۸۹
BP	۰/۴۵۷	گرگان-۳	۰/۷۵۰	سحر	۰/۸۱۰	سحر	۰/۸۶۹	ویلیامز	۰/۶۸۴
سحر	۰/۳۵۳	هابیت	۰/۶۴۸	دیر	۰/۰۰۱۴	هابیت	۰/۸۴۵	هابیت	۰/۴۷۷

همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر داشتند. طبق مشاهدات درج شده، کاهش ارتفاع ساقه، کاهش موقعیت ایجاد شاخه‌های فرعی و در نتیجه کاهش تعداد برگ‌های گیاه و در نهایت کاهش سطح برگ و وزن خشک سایر اندام‌های گیاه را به دنبال خواهد داشت. کمترین میزان همبستگی متعلق به پرویلین بود. از آنجائیکه میزان پرویلین با افزایش تنش افزوده می‌شود، همبستگی پرویلین با سایر صفات منفی است. همانطور که مشهود است پرویلین تنها

در این آزمایش با کاهش پتانسیل آب گرم نیتروژن موجود در بافت گیاه کاهش معنی‌دار یافت که مشابه نتایج سراج و سینکر (۱۹۹۶) و اهاشی و همکاران (۱۹۹۹) می‌باشد. تنش خشکی باعث کاهش تقاضا و نیاز ساقه به نیتروژن، همچنین سبب کاهش نقل و انتقال املاح نیتروژنی مانند اوره می‌شود (سراج و سینکر، ۱۹۹۶). ضرایب همبستگی بین صفات (جدول ۹) نشان می‌دهد کلیه صفات اندازه‌گیری شده (به استثناء پرویلین)



ژنوتیپ هایبیت علی‌رغم اینکه در کلیه صفات اندازه‌گیری شده تولید کمتری نسبت به سایر ارقام داشت ولی با افزایش تنش خشکی کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها تحت تاثیر قرار گرفت و به همین دلیل دارای شاخص حساسیت به خشکی پایین و طبق تعریف، تحمل بیشتری داشت. ژنوتیپ‌های ویلیامز، LBK و BP از حساس‌ترین ارقام بودند.

با طول ساقه و سطح برگ همبستگی معنی‌دار داشته است. این مسئله نشان می‌دهد که اگرچه این ماده طبق همه شواهدی که قبلاً توضیح داده شد، در زمان تنش زیاد می‌شود و افزایش آن از مکانیسم‌های تحمل گیاه به شمار می‌رود اما آهنگ این روند فیزیولوژیک با صفات مورفولوژیک گیاه همخوانی زیادی ندارد. بطور کلی در این تحقیق ژنوتیپ‌های سحر، هیل، دیر و تا حدی گرگان-۳ دارای تحمل نسبی به تنش بودند.

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی.

عملکرد نیتروژن	پرولین	وزن خشک کل	وزن خشک ریشه	سطح برگ	طول ساقه
					۱/۰۰۰
					۰/۷۰۳**
				۱/۰۰۰	۰/۸۳۳**
				۰/۷۸**	۰/۷۱۵**
				۰/۸۵۳**	۰/۷۵۹**
			۱/۰۰۰	۰/۶۲۳**	۰/۵۳۴**
		۱/۰۰۰	۰/۷۸۴**	۰/۸۵۸**	۰/۸۷۶**
	۱/۰۰۰	-۰/۱۶۶ ^{NS}	-۰/۰۲۷ ^{NS}	-۰/۲۸۹*	-۰/۲۱۵*
۱/۰۰۰	-۰/۱۶۰ ^{NS}	۰/۷۶۴**	۰/۷۶۴**	۰/۸۵۸**	۰/۸۷۹**

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ^{NS} معنی‌دار نیست

منابع

۱. صدرآبادی، ر. ۱۳۶۸. اثر تنش کمبود آب بر رشد، تثبیت بیولوژیک ازت در تعدادی از ارقام و توده‌های یونجه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. دانشکده علوم زراعی. ۲۵ ص.
۲. کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۳. اکولوژی گیاهان زراعی، جلد اول. روابط گیاه و محیط. انتشارات جهاد دانشگاهی فردوسی مشهد. ۲۹۱ ص.
۳. لاهوتی، م. و ر. رحیم‌زاده. ۱۳۶۷. اصول فیزیولوژی گیاهی، جلد اول. انتشارات آستان قدس رضوی. ۵۹۷ ص.
۴. لطفی، ن. ۱۳۷۲. زراعت سویا. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۸۲ ص.
5. Bate, L.S., R.P. Waldern, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. *Plant and soil*. 39: 205-207.
6. Benbella, M., A. Berrille, M. Elmidoui, and A. Taloutizte. 1999. Response of sunflower genotypes to different concentrations of sodium chloride. *Helia*. 60(3):23-29.
7. Boyer, J.S., D.A. Johnson, and S.G. Saupe. 1980. Afternoon water deficits and grain yields in old new soybean cultivars. *Agron. J.* 72:981-986.
8. De Ronde. J.A., M.H. Spreeth, W.A. Cress, and J.A. Deronde. 2000. Effect of antisense LDELTAI-proline-5-Carboxylate reductase transgenic soybean plants subjected to osmotic and drought stress. *Plant Growth*. 32(1): 13-26.
9. De Sclaux, D., Huynh. T. T., and P. Roumet. 2000. Identification of Soybean plant Characteristics that indicate the timing of drought stress. *Cop Sci*. 40:716-722.
10. De Silva, M., L.C. Purcell, and J. King. 1996. Soybean petiole ureide response to water deficits and decreased transpiration. *Corp Sci*. 36:611-616.
11. Fisher, R.A., and R. Maure. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I Grain yield response. *Tour. Agric. Res*. 29:897-912.



12. Foster, E.F., A. Pajarito, and J.A. Acostag. 1995. Moisture severs impact on N partitioning. N remobilization and N-use efficiency in beans (*Phaseolus vulgaris*). J. Agric Sci. (Combridge) 124: 27-37.
13. Frederick, J.R., J.T. Wooleg, J.D. Hesketh, and D.B. Peters. 1990. Water deficit development in old and new soybean cultivars. Agron. J. 82:76.81.
14. Hare, P.D., W.A. Cress, and J.V. Staden. 1999. Proline synthesis and degradation a model system for elucidating stress regtrted singal transduction. J. Exp. Bot. 50: 413-434.
15. Heatherly, L.G., H.C. Pringle III, G.L. Sciumbato, L.D. Yaung, M.W. Ebelhar, R.A. Wesley, and G.R. Tupper. 1992. Irrigation of soybean cultivar susceptible and resistant to soybean nematod. Crop Sci. 32:802-806.
16. Husain, I., and D. Aspinal. 1990. Water stress and apical morphogenesis in barely. Ann. Bot. 34:393-408.
17. Kohi, D.H., E.J. Kennelly, Y.X. Zhu, K.R. Schubert, and G. Sheare. 1991. Proline accumulation, nitrogenase activity, and activities of enzyme rlated to prolin metabolism in drought stressed soybean nodule. J. Exp. Bot. 42:831-837.
18. Kpoghomou, B.K., V.T. Sapra, and C.A. Beyl. 1990. Screening for tolerance; Soybean germination and its relationship to seedling reponses. J. of Agron and Crop Science. 164(3):153-159.
19. Lahere, F., L. Leport, M. Petrialsky, and M. Chupport. 1993. Affctors of osmoinduced proline response in higher plants. Plant physoil. Biochem. 31:911-922.
20. Lambert, L., and L.G. Heartherly. 1995. Influence of irrigation on susceptibility of selected soybean genotypes to soybean. Crop Sci. 35:1657-1660.
21. Lazzcano, F., I., and C.J. Lovatt. 1999. Relationship Between relative water as content, nitrogen pools, and growth of *phaseolus Vulgaris L.* and *P. acutifolius A. Gray* during water deficit. Crop Sci. 39:467-475.
22. Naidu, B.P., D. Aspinall, and L.G. Paleg. 1992. Variability in proline accumulating ability of barely cultivars induced by vapor pressure deficit. Plant physiol. 98:716-722.
23. Ohashi, Y., H. Saneo, A.K. Matsumoto, S. Ogata, G.S. Premachandra, and K. Fujita. 1999. Comparision of water stress effects on growth leaf water status, and nitrogen fixation activity in tropical pasture legumes sirarto (*Macroptilium atropurpleum*) and desmodium (*Desmodium intorum*) with soybean (*Glycine max*). Soil Sci. 45(4) 795-802.
24. Purcell. L.C., C.A. King, and R.A. Ball. 2000. Soybean cultivar difference in uerides and relation ship to drought tolerant nitrogen fixation and mamagance nutrition. Crop. Sci. 40:1062-1070.
25. Ramos, M.L.G., R. Parsons, J.I. Sprent, H.F. Cook, and H.C. Lee. 1995. Investigation of the mechanisms that determine tolerance to water stress in soybean cultivars. Soil Management in Sustaiable Agriculture. 148-153.
26. Saxton, K.E., W.J. Rawls, j.S. Romberger, and R.I. Papendick. 1986. Estimation generalized soil-water characteristics from texture. Soil Sci. Soc. A,er. J. 50: 1031-1036.
27. Serraj, R., and T.R. Sinclair. 1996. Process contributing to N₂-fixation insensitivity to drought in the soybean cultivar Jackson, Crop Sci. 36:961-968.
28. Sharp, R.E. 1990. Comparative sensitivity of root and shoot growth and Physiology to low water potentials. Monograph-British Society for Plant Growth Regulation. 21:29-44.
29. Sinclair, T.R., R.C. Muchow, J.M. Bennett, and L.C. Hammond. 1987. Relative sensitivity of nitrogen and biomass accumulation to drought in filed-grown soybean. Agron. J. 79-986-991.
30. Specht. J.E., K. Chase. M. Macrander. G.L. Greaf, J. Chung, I.P. Markwell, M. German, J.H. Orf, and K.G. Lark. 2001. Soybean response to water. A QTL Analisis of degree tolerance. Crop Sci. 40:493-509.
31. Taiz, L., and E. Zigger. 1988. Plant physiology, 2nd edition. The lowa State University Press, Ames. P.560.



Evaluation of drought tolerance of soybean (*Glycine max* L. Merr) in vegetative growth

¹A. Farrokhi, ¹S. Galeshi, ¹E. Zeinali and ²A. Abdoulzadeh

¹Department of Agronomy, ²Department of Biology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

This experiment was conducted to investigate the drought tolerance in 11 genotypes of soybean at vegetative growth stage. The plants cultivated in form of completely randomized blocks design as a factorial with two factors of drought stress and genotype. The factor of genotype had 11 levels and the factor of drought stress has 4 levels including control, -3, -7 and -11 bar soil water potential. The experiment was done in greenhouse of Gorgan University. The water requirement of plants for each irrigation was calculated with daily scaling of pots and soil moisture curve drawing. The results indicated shoot height, leaf area, dry matter of roots and total plant were significantly reduced under drought stress. The transpiration rate decreased under drought stress, consequently reduction of leaf area (and above ground plant) was more severe than root dry matter. Maintenance of root growth may resulted in the higher water uptake and better adaptation to drought stress. Proline concentration increased in plants tissues under drought stress. The higher proline concentration was observed in the more drought tolerant genotypes. However, no significant dependency was found between proline concentration and other parameters. There was a positive correlation between identified parameters except proline concentration. Our data indicated that genotypes of sahar, Hill, Dair and Gorgan-1 had the highest drought tolerance. In spite of low value of all identified parameters in Habit genotype, this genotype was affected less than other genotypes to drought stress and indicated the least of sensitivity index. The most sensitive genotypes were Williams, LBK and BP.

Keywords: Soybean; Water stress; Vegetative growth

۷۰

