دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تاثیر تنش خشکی بر صفات کلروفیل و پرولین در ژنوتیپ‌های مختلف سویا (Glycine max)

سمیه کامروا[۱]، نادعلی بابائیان جلودار[۲] و نادعلی باقری[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: kamrava.somaieh@yahoo.com)
۲ و ۳- استاد و استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۹

چکیده

سویا از نظر مقاومت به خشکی درگروه گیاهان حساس قرار می‌گیرد و افزایش عملکرد آن مستلزم انتخاب ارقام متحمل و سازگار با توجه به شرایط اقلیمی نیمه خشک یا کم‌آب ایران می‌باشد. در این تحقیق، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۸ ژنوتیپ سویا و ٦ سطح تنش خشکی (شاهد یا آبیاری در تمام مراحل رشد به‌طور منظم، تنش شدید در مرحله رشد رویشی، تنش شدید در مرحله گلدهی، تنش شدید در مرحله غلاف‌دهی، تنش شدید در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و تنش ملایم در تمام مراحل رشد) بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در میزان رنگریزه فتوسنتزی کلروفیل (شامل کلروفیل a، b و کل) و افزایش معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در میزان اسید آمینه پرولین در تیمارهای مختلف شده است به‌طوری‌که در سطح شاهد میزان کلروفیل کل (۰/۳۵۰= میانگین کل)، کلروفیل a (۰/۲۵۰ = میانگین کل) و کلروفیل b (۰/۱۰۰ = میانگین کل) حداکثر و میزان پرولین (۰/۰۳۲ = میانگین کل) حداقل و سطوح تنش خشکی ملایم در تمام مراحل رشد و تنش خشکی شدید از شروع مراحله گلدهی تا پایان غلاف‌دهی، کمترین میزان کلروفیل کل (۰/۲۳۰ = میانگین کل)، کلروفیل a (۰/۱۷۰= میانگین کل) و کلروفیل b (۰/۰٦۰ = میانگین کل) و بیشترین میزان پرولین (۰/۱٤۰ = میانگین کل) را داشتند. مقایسه میانگین‌های صفات کلروفیل و پرولین تحت تنش خشکی نشان داد که ژنوتیپ‌های 032 و HillCE متحمل و ژنوتیپ‌های Ford و Sahar حساس می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، خشکی، سویا، کلروفیل

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد و تولید محصول در گیاهان است (۲۱). این تنش سبب بازدارندگی فرآیندهای تقسیم و رشد سلولی بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش جریان CO_2 به درون سلول‌های مزوفیل برگ می‌شود (۷) تنش کم آبی همچنین دسترسی گیاه به نیتروژن، توان جذب نیتروژن و نیز فعالیت آنزیم‌های تثبیت کننده نیتروژن، عمدتا نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز را کاهش می‌دهد (۶). گیاهان به منظور مقابله با تنش خشکی، پاسخ‌ها و سازش‌های متنوع مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی را در سطوح مختلف نشان می‌دهد (۲۵). همچنین با استفاده از مکانیسم‌های متفاوت، فشار تورژسانس سلول‌های خود را بالا نگه می‌دارند. از جمله مکانیسم‌های کارآمد برای حفظ فشار تورژسانس در شرایط تنش خشکی، تنظیم اسمزی است (۲۰). گیاهان غلظت بعضی از متابولیت‌ها را با استفاده از این مکانیسم در سلول‌های خود افزایش می‌دهند (۹). پرولین آزاد بسیاری از گیاهان در پاسخ به پتانسیل پایین آب مثل خشکی و شوری به مقدار زیاد تجمع می‌یابد (۲۶،۱۷). در شرایط کمبود آب تولید پرولین آزاد افزایش می‌یابد که سبب کاهش پتانسیل آبی محلول خاک و افزایش فشار اسمزی شیره سلول می‌شود (۱۶). در تنش خشکی فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم دچار اختلال می‌گردد تنش خشکی با تاثیر روی میزان فتوسنتز گیاه و کاهش رنگریزه‌های فتوسنتزی باعث کاهش عملکرد می‌گردد (۱۳). میزان رنگریزه فتوسنتزی کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (۱۵). دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. در طی تنش، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌گردند (۳۳). سویا (*Glycine max*) از مهم‌ترین گیاهان روغنی در دنیا است که با دارا بودن ۲۰ درصد روغن و۴۰ درصد پروتئین، بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است (۱۹). گیاهان نسبت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. سویا اگر در مرحله گلدهی با تنش خشکی روبرو شود تولید محصول نسبت به مراحل دیگر رشد کاهش بیشتری از خود نشان می‌دهد (۱۰). اعمال تنش رطوبتی با اثر روی میزان رنگریزه‌های برگ گیاه سویا باعث کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل این گیاه می‌شود (۳۱). برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش خشکی می‌توان آنها رو خوشه‌بندی کرد اصطلاح تجزیه خوشه‌ای یا کلاستر اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط تریون برای گروه‌بندی اشیایی که با هم شبیه بودند استفاده شد. هدف از خوشه‌بندی داده‌ها آن است که مشاهده‌ها به گروه‌های متجانس تقسیم شوند به‌طوری‌که مشاهده‌های هر گروه بیشترین شباهت و مشاهده‌های گروه‌های مختلف کمترین شباهت را به هم داشته باشند (۳۵).

هدف از این تحقیق بررسی تحمل به خشکی هشت ژنوتیپ گیاه سویا از طریق اثر تنش خشکی بر میزان رنگریزه فتوسنتزی کلروفیل و اسید آمینه پرولین و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها برای کاشت در مناطق خشک و نیمه خشک بود.

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه‌ی دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. بذر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از شرکت دانه‌های روغنی استان مازندران تهیه گردید. خاک مورد استفاده در آزمایش دارای بافت لومی رسی با EC= ۱/۷۳ و pH= ۷/۷ بود. فاکتور اول این آزمایش شش سطح تنش خشکی (شاهد یا آبیاری در تمام مراحل رشد به طور منظم، تنش شدید در مرحله رشد رویشی، تنش شدید در مرحله گلدهی، تنش شدید در مرحله غلاف‌دهی، تنش شدید در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی، تنش ملایم در تمام مراحل رشد) و فاکتور دوم شامل هشت ژنوتیپ سویا (جدول ۱) بود. برای اعمال تنش رطوبتی شدید و ملایم هر روز وزن تمام گلدان‌ها با ترازو دیجیتال بر حسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد و با مقایسه وزن اولیه هر گلدان (وزن روز آبیاری) با وزن روزانه آن میزان رطوبت موجود محاسبه شد. جهت اعمال تنش رطوبتی شدید به گیاه آبیاری را قطع کرده و زمانی که رطوبت خاک به ۲۰ درصد ظرفیت زراعی رسید آبیاری بعدی انجام گرفته شد. در تنش رطوبتی ملایم نیز آبیاری را قطع کرده و آبیاری بعدی زمانی که رطوبت خاک به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی رسید انجام گرفته شد (۲). ابتدا بذرها با هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۰دقیقه آغشته و با آب مقطر شست و شو شدند تا اثر مواد از بین برود. سپس در گلدان‌های پلاستیکی کشت شدند. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای با طول دوره ۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. بعد از جوانه‌زنی و رشد گیاه تیمارهای مورد نظر در مراحل مختلف رشد گیاه اعمال شد. در تیمار اول در تمام مراحل رشد به‌طور منظم آبیاری صورت گرفت و هیچ نوع تنشی به گیاه وارد نشد. در تیمار دوم بعد از مشاهده اولین سه برگچه‌ای در ۵۰ درصد بوته‌ها در هر رقم تیمار تنش شدید در مرحله رشد رویشی اعمال شد. در تیمار سوم بعد از رشد بوته‌ها زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها در هر رقم به گل رفت تیمار تنش شدید در مرحله گلدهی در آن رقم اعمال شد. تیمار چهارم در مرحله غلاف‌دهی اعمال شد این مرحله نیز با مشاهده اولین غلاف در ۵۰ درصد بوته‌های هر رقم شروع شد. در تیمار پنجم از شروع مرحله گلدهی تا پایان مرحله غلاف‌دهی تنش شدید در گیاه اعمال شد. تیمار ششم نیز شامل تنش ملایم در تمام مراحل رشد گیاه بود (۳). در مرحله گلدهی صفات درصد پرولین و کلروفیل (شامل کلروفیل a، b و کل) اندازه‌گیری شد.

سنجش رنگ‌ریزه فتوسنتزی کلروفیل

برای استخراج کلروفیل برگ گیاه سویا در مرحله گلدهی از روش آرنون استفاده شده است (۵).

سنجش پرولین

برای استخراج اسید آمینه پرولین از بافت برگ گیاه سویا در اوایل مرحله گلدهی از روش بتس و همکاران استفاده شد. با استفاده از این روش ابتدا باید معرف‌های مورد نظر آماده شوند بعد آزمایش استخراج اسید آمینه پرولین صورت گیرد (۸).

داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم‌افزارهای آماری SAS و SPSS آنالیز و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات کلروفیل (a، b و کل) و پرولین نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مختلف گیاه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). همچنین تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که بین ۶ تیمار مختلف خشکی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲).

اثر تنش خشکی روی میزان کلروفیل a

میانگین بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۲۶۰= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ 032 و کمترین میزان آن (۰/۱۷۰= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ Ford بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش خشکی و ژنوتیپ برای میزان کلروفیل a نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و نشان داد که بیشترین برهمکنش ژنوتیپ و خشکی در این صفت (۰/۲۷۰= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ‌های 032 و Sahar در تیمار شاهد و کمترین مقدار (۰/۱۱۰= میانگین کل) به ژنوتیپ Ford در تیمار تنش خشکی شدید در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی تعلق داشت (جدول ۵).

اثر تنش خشکی روی صفت غلظت کلروفیل b

مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۰۹۶= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ 032 و کمترین میزان آن (۰/۰۶۰= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ Ford بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش خشکی و ژنوتیپ برای میزان کلروفیلb نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و نشان داد که بیشترین برهمکنش ژنوتیپ و خشکی در این صفت (۰/۱۰۰=میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ HillCE در تیمار شاهد و کمترین مقدار (۰/۰۳۰= میانگین کل) به ژنوتیپ Ford در تیمار تنش خشکی شدید در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی تعلق داشت (جدول ۵).

اثر تنش خشکی روی صفت غلظت کلروفیل کل

مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها نشان داد بیشترین میزان کلروفیل کل (۰/۳۵۰= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ 032 و کمترین میزان (۰/۲۴۰= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ Ford بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش خشکی و ژنوتیپ برای میزان کلروفیل کل نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و نشان داد که بیشترین برهمکنش ژنوتیپ و خشکی در این صفت (۰/۲۷۰= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ 032 در تیمار شاهد و کمترین مقدار (۰/۱۵۰= میانگین کل) به ژنوتیپ Ford در تیمار تنش خشکی شدید در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی تعلق داشت (جدول ۵).

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]

اثر تنش خشکی روی صفت میزان اسید آمینه پرولین

مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین میزان پرولین (۰/۱۰۲= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ Sahar و کمترین (۰/۰۷۹= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ 032 بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش خشکی و ژنوتیپ برای میزان پرولین نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و نشان داد بیشترین برهمکنش ژنوتیپ و خشکی در این صفت (۰/۱۵۵= میانگین کل) متعلق به ژنوتیپ Ford در تیمار تنش شدید در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و کمترین مقدار (۰/۰۲۹= میانگین کل) به ژنوتیپ‌های HillCE و 032 در تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۵).

به‌طورکلی در سطح شاهد میزان کلروفیل حداکثر و میزان پرولین حداقل و سطوح تنش خشکی ملایم در تمام مراحل رشد و تنش خشکی شدید از شروع مرحله گلدهی تا پایان غلاف‌دهی، کمترین میزان کلروفیل و بیشترین میزان پرولین را داشتند (جدول ۴).

نتایج حاصل از تجزیه کلاستر (خوشه‌بندی سلسله مراتبی)

هدف از تجزیه خوشه‌ای آن است که از n فرد g گروه تشکیل شود به‌طوری‌که تعداد آنها کمتر از n باشد به عبارت دیگر تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را بر اساس میزان شباهت به گروه‌های مجزایی طبقه‌بندی می‌کند (۳۵). در این تحقیق تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها، برای هر صفت ابتدا در شرایط معمولی و سپس در شرایط تنش خشکی انجام گرفته شد تا برای هر صفت ژنوتیپ‌های متحمل و حساس از هم متمایز گردند. برای انتخاب محل برش و تعیین تعداد مطلوب خوشه‌ها (g) از روش واریانس حداقل وارد استفاده شد که فرمول آن به صورت زیر می‌باشد (۳۵).

$$\text{تعداد خوشه (گروه)} = g = \sqrt{\frac{n}{2}} = \sqrt{\frac{8}{2}} = 2$$

نتایج تجزیه کلاستر در صفت کلروفیل کل نشان داد در شرایط معمولی (شاهد) ژنوتیپ‌های Dayr، Sahar، HillCE، 032، 032-240-B و 032-240-D در یک گروه و ژنوتیپ‌های Ford و Hill در گروه دیگر قرار می‌گیرند (شکل ۱: الف) اما در شرایط تنش خشکی گروه اول شامل ژنوتیپ‌های Hill، Dayr، HillCE، 032، 032-240-B و گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های Ford، Sahar و 032-240-D می‌باشد (شکل۱: ب). بر اساس نتایج حاصل از آنالیز صفات گروه اول ژنوتیپ‌های متحمل و گروه دوم ژنوتیپ‌های حساس می‌باشند. نتایج تجزیه کلاستر در صفت کلروفیل a نشان داد در شرایط معمولی (شاهد) ژنوتیپ‌های Hill، Dayr، 032-240-B و 032-240-D در یک گروه و ژنوتیپ‌های Ford، Sahar، HillCE و 032 در گروه دیگر قرار می‌گیرند (شکل۲: الف). اما در شرایط تنش خشکی گروه اول شامل ژنوتیپ‌هایHill، Dayr، HillCE، 032، 032-240-B و گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های Ford، Sahar و 032-240-D می‌باشد (شکل۲: ب). بر اساس نتایج حاصل از آنالیز صفات گروه اول ژنوتیپ‌های متحمل و گروه دوم ژنوتیپ‌های حساس می‌باشند. نتایج تجزیه کلاستر در صفت کلروفیل b نشان داد در شرایط معمولی (شاهد) ژنوتیپ‌های Ford و 032 در یک گروه و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه دیگر قرار می‌گیرند (شکل۳: الف). در شرایط تنش خشکی نیز ژنوتیپ‌ها در دو گروه بر اساس متحمل یا حساس بودن قرار گرفته شدند گروه اول شامل ژنوتیپ‌های Ford، Sahar، 032-240-B و 032-240-D که بر اساس نتایج حاصل از آنالیز صفات ژنوتیپ‌های حساس بودند و گروه دوم شامل Hill، HillCE، Dayr و 032 که بر اساس نتایج حاصل از آنالیز صفات ژنوتیپ‌های متحمل بودند (شکل۳: ب). نتایج تجزیه کلاستر در صفت پرولین نشان داد در شرایط معمولی (شاهد) ژنوتیپ Dayr در یک گروه و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه دیگر قرار می‌گیرند (شکل۴: الف). در شرایط تنش خشکی نیز ژنوتیپ‌ها در دو گروه بر اساس متحمل یا حساس بودن قرار گرفته شدند گروه اول شامل ژنوتیپ‌های Ford، Sahar، 032-240-B و 032-240-D که بر اساس نتایج حاصل از آنالیز صفات ژنوتیپ‌های حساس بودند و گروه دوم شامل Hill، HillCE، Dayr و 032 که بر اساس نتایج حاصل از آنالیز صفات ژنوتیپ‌های متحمل بودند (شکل۴: ب). خشکی یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد و تولید محصول در گیاهان زراعی نظیر سویا است و در نتیجه پتانسیل تولید محصول یک چالش عمده در تعداد زیادی از کشورهایی است که با مشکل کم آبی روبرو هستند (۳۶) گونه‌های گیاهی بسته به نوع گونه و شدت تنش، راهکارهای متنوعی را برای غلبه بر شرایط کم‌آبی به کار می‌گیرند (۱۸). در رابطه با سویا، کاهش محصول به واسطه خشکسالی‌های اخیر در سرتاسر جهان از یک سو و تقاضای روزافزون از سوی دیگر باعث شده است که تلاش‌های گسترده‌ای در جهت شناسایی صفات مرتبط با مقاومت به خشکی و استفاده از راهکارهای اصلاح با هدف توسعه رقم‌های مقاوم به خشکی سویا صورت گیرد (۲۲). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه سویا اثرات متفاوتی را بجا می‌گذارد. اثر منفی تنش خشکی در مرحله گلدهی سویا شدیدتر از سایر مراحل رشدی است (۲۵). در این تحقیق با بررسی اثر تنش خشکی روی میزان کلروفیل برگ در مراحل مختلف رشد مشخص شد که خشکی باعث کاهش معنی‌داری در میزان غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b در گیاه سویا می‌شود که این کاهش در مرحله گلدهی نسبت به سایر مراحل بیشتر بود. میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (۱۵). به نظر می‌رسد کاهش میزان کلروفیل تحت تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگزیره می‌گردد (۳۳). اعمال تنش رطوبتی با اثر روی میزان رنگزیره‌های برگ گیاه سویا باعث کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل این گیاه می‌شود (۳۱). با بررسی تنش خشکی و میزان کلروفیل روی گیاه شوید (*Anethum graveolens*) مشخص شد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در میزان کلروفیل گیاه می‌شود (۳۱). در این تحقیق تحت تنش خشکی میزان پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش غلظت پرولین در گیاهانی که تحت تنش قرار گرفته‌اند، نوعی

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]

سازگاری برای غلبه بر شرایط تنش می‌باشد پرولین، تحت شرایط تنش می‌تواند عملکردهای متفاوتی مانند ایجاد تعادل اسمزی، حفاظت از ساختار پروتئینی و غشاء سلول، تثبیت ساختارهای درون سلولی و حذف رادیکال‌های آزاد را داشته باشد (۲۴) در درون سلول‌های گیاهی پرولین به‌عنوان ماده حفظ تعادل اسمزی بین سیتوپلاسم و واکوئل عمل می‌کند (۱۱). به علاوه، پرولین نقش اسمولاتی به‌عنوان مخزن کربن و نیتروژن دارد. همچنین پرولین حفاظت گیاه را در برابر صدمات رادیکال‌های آزاد انجام می‌دهد (۲۴). گیاهان با استفاده از مکانیسم‌های متفاوت، فشار تورژسانس سلول‌های خود را بالا نگه می‌دارند. از جمله مکانیسم‌های کارآمد برای حفظ فشار تورژسانس در شرایط تنش خشکی، تنظیم اسمزی است (۲۰). گیاهان غلظت بعضی از متابولیت‌ها را با استفاده از این مکانیسم در سلول‌های خود افزایش می‌دهند (۳). پرولین آزاد بسیاری از گیاهان در پاسخ به پتانسیل پایین آب مثل خشکی و شوری به مقدار زیاد تجمع می‌یابد (۲۶). در شرایط تنش افزایش سریع پرولین با آغاز کاهش پتانسیل آبی برگ هم‌زمان است (۱۲). هر عاملی که باعث کاهش پتانسیل آبی شود، باعث تجمع پرولین می‌گردد. تجمع پرولین در شرایط خشکی اثرات زیستی متعددی دارد (۱۷). بررسی تحمل به خشکی چند رقم سویا نشان داده است که تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین در برگ گیاه سویا می‌شود (۲۷). نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که سطوح مختلف خشکی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نسبت به هم دارند با بررسی تنش خشکی شدید در مراحل مختلف رشد به صورت جدا از هم مشخص شد حساس‌ترین مراحل رشد سویا به تنش خشکی مراحل گلدهی و غلاف‌دهی می‌باشند. نتایج این بررسی نشان داد که خشکی یک عامل محدود کننده در رشد گیاه بوده و باعث کاهش غلظت کلروفیل کل، غلظت کلروفیل a، غلظت کلروفیل b در تیمارهای مختلف و افزایش میزان اسید امینه پرولین شده است. حساس‌ترین مراحل رشد سویا به تنش خشکی شروع گلدهی تا پایان غلاف‌دهی (شروع پر شدن دانه) بود. تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) داده‌ها ژنوتیپ‌ها را برای هر دو صفت میزان کلروفیل(a، b و کل) و میزان پرولین در دو گروه تقسیم کرد که با توجه به نتایج حاصل از آنالیز صفات یک گروه شامل ژنوتیپ‌های متحمل(Hill، HillCE، Dayr و 032) و گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های(،Sahar،032-240-B و 032-240-D) حساس بود. بررسی‌های زیادی در خصوص استفاده از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش انجام شده است از جمله شاهوردی و همکاران (۳۲) با ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی چند ژنوتیپ سویا و تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در سه گروه قرار دادند. علیپور یامچی و همکاران (۴) در ارزیابی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum*) بیان داشتند که تجزیه کلاستر براساس صفات مورفولوژیکی موجب قرارگیری ژنوتیپ‌ها در ۴ گروه مجزا شد. صفری و همکاران (۳۰) نیز براساس نتایج تجزیه کلاستر به روش واریانس حداقل وارد ارقام بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) را در ۳ گروه مجزا قرار دادند.

به‌طورکلی نتایج این بررسی مشخص کرد ژنوتیپ‌های 032 و HillCE متحمل و ژنوتیپ‌های Ford و Sahar حساس به تنش خشکی بودند. همچنین مراحل گلدهی و غلاف‌دهی حساس‌ترین مراحل رشد سویا به تنش خشکی هستند و در این مراحل باید دقت بیشتری در آبیاری مزرعه صورت گیرد.

براساس نتایج این تحقیق در مناطق گرم و خشک کشت ژنوتیپ‌های Sahar و Ford با توجه به حساس بودن به تنش کم‌آبی و پایین آمدن عملکرد توصیه نمی‌شود و بهتر است از ارقام 032 یا HillCE استفاده شود.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 1. Specifications of the studied genotypes

	ژنوتیپ	منشاء	رنگ گل
۱	Ford	کانادا	سفید
۲	Hill	استرالیا	سفید
۳	Dayr	استرالیا	بنفش
۴	Sahar	ایران	سفید
۵	Hill CE	استرالیا	بنفش
۶	032	پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان	بنفش
۷	032-240-B	پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان	بنفش
۸	032-240-D	پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان	بنفش

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های سویا در سطوح مختلف خشکی

Table 2. Analysis of variance of physiological traits in soybean genotypes at different levels of drought

منابع تنوع	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیلb	کلروفیل کل	پرولین
ژنوتیپ	۷	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۲۲**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۱۶**
خشکی	۵	۰/۰۲۶**	۰/۰۰۵۶**	۰/۰۵۱**	۰/۰۵۶**
ژنوتیپ×خشکی	۳۵	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۱۵**	۰/۰۰۰۱۳**
خطا	۹۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۲۶
C.V	–	۲/۸۸	۷/۳۷	۴/۳۱	۵/۶۶

*و** به ترتیب معنی‌داری درسطح احتمال پنج درصد و یک درصد ns معنی‌دار نیست.

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه سویا تحت تنش خشکی

Table 3. Comparison of the studied soybean genotypes under drought stress

صفات ژنوتیپ	کلروفیل a[۱]	کلروفیل b[۱]	کلروفیل کل[۱]	پرولین[۱]
Ford	۰/۱۷۰^{g}	۰/۰۶۸^{d}	۰/۲۴۰^{f}	۰/۱۰۲^{a}
Hill	۰/۲۲۰^{c}	۰/۰۸۵^{b}	۰/۳۰۰^{c}	۰/۰۸۲^{de}
Dayr	۰/۲۱۰^{d}	۰/۰۸۱^{bc}	۰/۲۹۰^{d}	۰/۰۸۴^{d}
Sahar	۰/۱۸۰^{f}	۰/۰۷۰^{d}	۰/۲۵۰^{e}	۰/۱۰۱^{ab}
HillCE	۰/۲۳۰^{b}	۰/۰۹۳^{a}	۰/۳۳۰^{b}	۰/۰۸۱^{dc}
032	۰/۲۶۰^{a}	۰/۰۹۶^{a}	۰/۳۵۰^{a}	۰/۰۷۹^{e}
032-240-B	۰/۲۱۰^{d}	۰/۰۷۰^{c}	۰/۲۹۰^{d}	۰/۰۹۶^{c}
032-240-D	۰/۱۹۰^{e}	۰/۰۶۸^{d}	۰/۲۶۰^{e}	۰/۰۹۸^{bc}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱- واحد اندازه‌گیری میکروگرم در گرم بافت تر گیاه می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین سطوح مختلف خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف سویا

Table 4. Comparison of different levels of dryness in different soybean genotypes

صفات تیمار	کلروفیل a[۱]	کلروفیل b[۱]	کلروفیل کل[۱]	پرولین[۱]
سطح صفر	۰/۲۵۰^{a}	۰/۱۰۰^{a}	۰/۳۵۰^{a}	۰/۰۳۲^{e}
سطح A	۰/۲۳۰^{b}	۰/۰۹۲^{b}	۰/۳۳۰^{b}	۰/۰۴۱^{d}
سطح B	۰/۱۹۰^{d}	۰/۰۷۵^{d}	۰/۲۷۰^{d}	۰/۱۱۶^{b}
سطح C	۰/۲۲۰^{c}	۰/۰۸۴^{c}	۰/۳۰۰^{c}	۰/۰۷۴^{c}
سطح D	۰/۱۷۰^{F}	۰/۰۶۰^{t}	۰/۲۳۰^{F}	۰/۱۴۰^{a}
سطح E	۰/۱۸۰^{e}	۰/۰۶۶^{e}	۰/۲۵۰^{e}	۰/۱۴۰^{a}

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. A: شاهد: شرایط معمولی B: تنش شدید خشکی در مرحله رشد رویشی C: تنش شدید خشکی در مرحله گلدهی D تنش شدید خشکی در مرحله غلاف‌دهی E: تنش شدید خشکی در مراحل گلدهی و غلاف‌دهی :F تنش ملایم خشکی در تمام مراحل رشد ۱- واحد اندازه‌گیری میکروگرم در گرم بافت تر گیاه می‌باشد.

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]

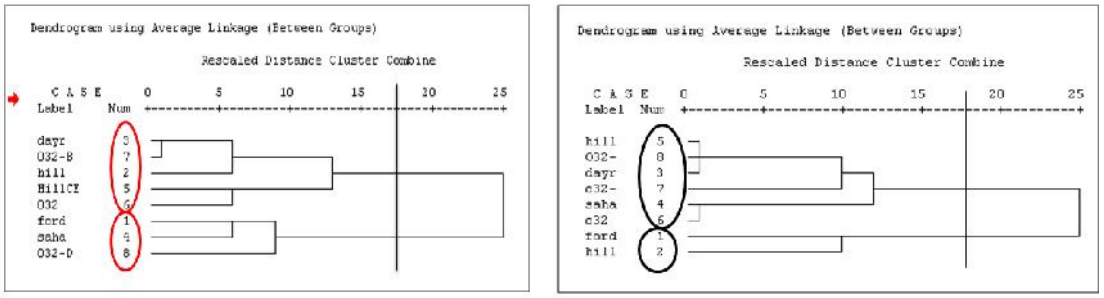
جدول ۵- برهمکنش خشکی و ژنوتیپ در ژنوتیپ‌های مختلف سویا

Table 5. Interaction of drought and genotype in different soybean genotypes

صفات / تیمار	کلروفیل a[۱]	کلروفیل b[۱]	کلروفیل کل[۱]	پرولین[۱]
$N_1 K_1$	۰/۲۳۰^{ef}	۰/۱۰۰^{ab}	۰/۳۴۰^{efg}	۰/۰۳۱^{ml}
$N_1 K_2$	۰/۲۱۰^{k}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۱۰^{jkl}	۰/۰۵۰^{l}
$N_1 K_3$	۰/۱۴۰^{qr}	۰/۰۵۰^{h}	۰/۲۰۰^{u}	۰/۱۳۲^{b}
$N_1 K_4$	۰/۱۷۰^{o}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۴۰^{rs}	۰/۰۹۰^{t}
$N_1 K_5$	۰/۱۱۰^{t}	۰/۰۳۰^{k}	۰/۱۵۰^{x}	۰/۱۵۵^{a}
$N_1 K_6$	۰/۱۳۰^{r}	۰/۰۴۰^{ıj}	۰/۱۸۰^{vw}	۰/۱۵۴^{a}
$N_2 K_1$	۰/۲۴۰^{de}	۰/۰۹۰^{bcd}	۰/۳۴۰^{efg}	۰/۰۳۱^{lm}
$N_2 K_2$	۰/۲۳۰^{ef}	۰/۱۰۰^{abc}	۰/۳۳۰^{ghi}	۰/۰۳۵^{klm}
$N_2 K_3$	۰/۲۱۰^{kj}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۹۰^{lm}	۰/۰۱۰^{de}
$N_2 K_4$	۰/۲۳۰^{fgh}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۱۰^{jkı}	۰/۰۶۳^{h}
$N_2 K_5$	۰/۲۰۰^{lm}	۰/۰۷۰^{tg}	۰/۲۷۰^{opq}	۰/۱۳۱^{b}
$N_2 K_6$	۰/۲۱۰^{k}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۸۰^{mn}	۰/۱۲۹^{bc}
$N_3 K_1$	۰/۲۶۰^{b}	۰/۰۹۰^{cde}	۰/۳۵۰^{efg}	۰/۰۴۵^{ij}
$N_3 K_2$	۰/۲۳۰^{fgh}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۲۰^{ijh}	۰/۰۳۸^{kjl}
$N_3 K_3$	۰/۱۹۰^{m}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۶۰^{qr}	۰/۱۰۹^{d}
$N_3 K_4$	۰/۲۲۰^{ijh}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۰۰^{kl}	۰/۰۶۱^{h}
$N_3 K_5$	۰/۱۷۰^{o}	۰/۰۶۰^{g}	۰/۲۴۰^{rs}	۰/۱۲۱^{c}
$N_3 K_6$	۰/۱۸۰^{n}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۶۰^{qr}	۰/۱۳۲^{b}
$N_4 K_1$	۰/۲۷۰^{a}	۰/۱۰^{ab}	۰/۳۷۰^{ab}	۰/۰۳۲^{mı}
$N_4 K_2$	۰/۲۲۰^{ijk}	۰/۰۹۰^{de}	۰/۳۲۰^{ijk}	۰/۰۵۰^{i}
$N_4 K_3$	۰/۱۵۰^{p}	۰/۰۶۰^{g}	۰/۲۲۰^{t}	۰/۱۲۹^{bc}
$N_4 K_4$	۰/۱۹۰^{m}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۶۰^{pq}	۰/۰۸۸^{fg}
$N_4 K_5$	۰/۱۲۰^{s}	۰/۰۳۰^{kj}	۰/۱۷۰^{w}	۰/۱۵۴^{a}
$N_4 K_6$	۰/۱۴۰^{q}	۰/۰۴۰^{i}	۰/۱۹۰^{uv}	۰/۱۵۳^{a}
$N_5 K_1$	۰/۲۶۰^{b}	۰/۱۰۰^{a}	۰/۳۶۰^{bc}	۰/۰۲۹^{m}
$N_5 K_2$	۰/۲۶۰^{b}	۰/۱۰۰^{a}	۰/۳۶۰^{bc}	۰/۰۳۵^{klm}
$N_5 K_3$	۰/۲۳۰^{fg}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۲۰^{hji}	۰/۱۰۲^{de}
$N_5 K_4$	۰/۲۴۰^{d}	۰/۰۹^{bc}	۰/۳۴۰^{efg}	۰/۰۶۱^{h}
$N_5 K_5$	۰/۲۰۰^{l}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۸۰^{mn}	۰/۱۳۱^{b}
$N_5 K_6$	۰/۲۲۰^{ijk}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۰۰^{kl}	۰/۱۲۹^{bc}
$N_6 K_1$	۰/۲۷۰^{a}	۰/۱۰۰^{a}	۰/۳۷۰^{ab}	۰/۰۳۱^{ml}
$N_6 K_2$	۰/۲۷۰^{a}	۰/۰۹۰^{bc}	۰/۳۷۰^{ab}	۰/۰۳۳^{ml}
$N_6 K_3$	۰/۲۶۰^{b}	۰/۰۹۰^{bc}	۰/۳۵۰^{bc}	۰/۰۹۹^{e}
$N_6 K_4$	۰/۲۵۰^{bc}	۰/۰۹۰^{bc}	۰/۳۵۰^{bc}	۰/۰۵۸^{h}
$N_6 K_5$	۰/۲۵۰^{cd}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۳۰^{fgh}	۰/۱۲۸^{bc}
$N_6 K_6$	۰/۲۴۰^{ed}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۳۰^{fgh}	۰/۱۲۷^{bc}
$N_7 K_1$	۰/۲۵۰^{bc}	۰/۰۹۰^{bc}	۰/۳۵۰^{bc}	۰/۰۲۹^{m}
$N_7 K_2$	۰/۲۴۰^{de}	۰/۰۸۰^{e}	۰/۳۳۰^{fgh}	۰/۰۴۲^{kj}
$N_7 K_3$	۰/۱۹۰^{mı}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۷۰^{opq}	۰/۱۲۵^{bc}
$N_7 K_4$	۰/۲۳۰^{et}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۳۲۰^{ijk}	۰/۰۸۳^{g}
$N_7 K_5$	۰/۱۵۰^{p}	۰/۰۶۰^{g}	۰/۲۳۰st	۰/۱۵۰^{a}
$N_7 K_6$	۰/۱۷۰^{no}	۰/۰۶۰^{g}	۰/۲۲۰st	۰/۱۴۹^{a}
$N_8 K_1$	۰/۲۶۰^{b}	۰/۰۹۰^{bc}	۰/۳۵۰^{bet}	۰/۰۳۰^{ml}
$N_8 K_2$	۰/۲۲۰^{gmi}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۸^{opq}	۰/۰۴۵^{ij}
$N_8 K_3$	۰/۱۷۰^{o}	۰/۰۶۰^{g}	۰/۲۳۰st	۰/۱۲۸^{bc}
$N_8 K_4$	۰/۲۰۰^{mı}	۰/۰۷۰^{t}	۰/۲۸۰^{nop}	۰/۰۸۵^{t}
$N_8 K_5$	۰/۱۴۰^{q}	۰/۰۴۰^{i}	۰/۱۹۰^{uv}	۰/۰۱۵۲^{a}
$N_8 K_6$	۰/۱۷۰^{no}	۰/۰۵۰^{hi}	۰/۲۲۰^{t}	۰/۱۵۱^{a}

N ژنوتیپ و K سطوح مختلف خشکی می‌باشد. در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱- واحد اندازه‌گیری میکروگرم در گرم بافت تر گیاه می‌باشد.

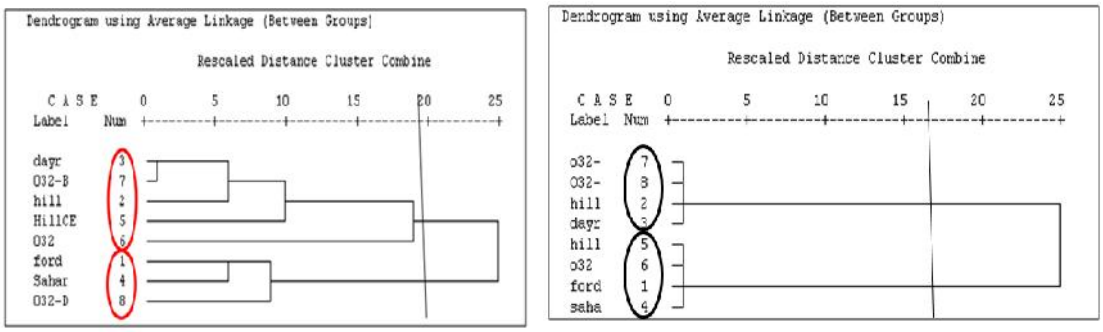
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]



(ب) (الف)

شکل ۱- تجزیه کلاستر صفت کلروفیل کل: الف) میانگین شرایط معمولی ب)میانگین شرایط تنش

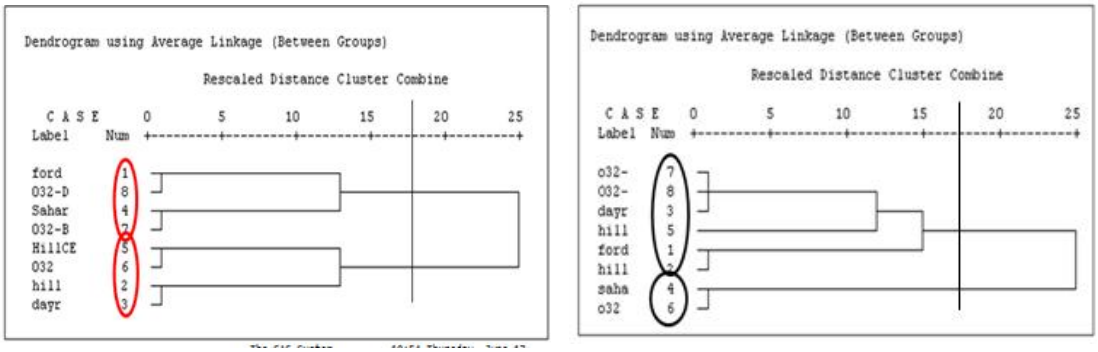
Figure 1. Cluster analysis of total chlorophyll content: a) Average of normal conditions b) Average stress conditions



(ب) (الف)

شکل ۲- تجزیه کلاستر صفت کلروفیلa : الف) میانگین شرایط معمولی ب) میانگین شرایط تنش

Figure 2. Cluster analysis of chlorophyll a. a) Average of normal conditions b) Average stress conditions

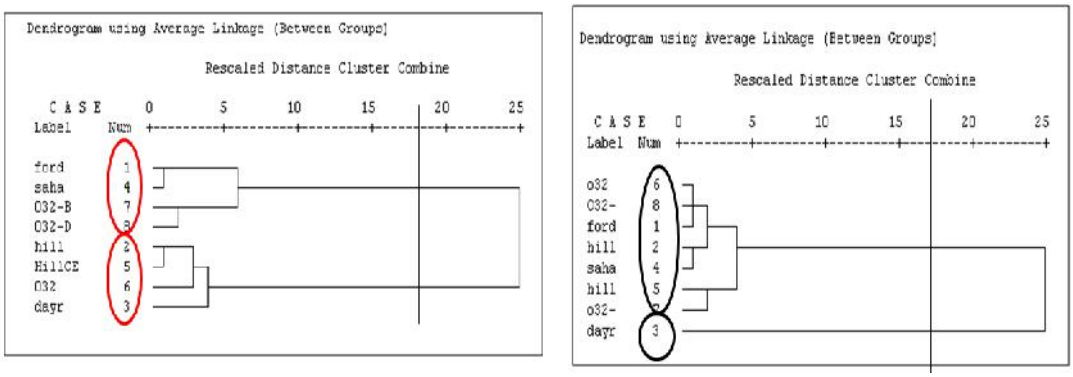


(ب) (الف)

شکل ۳- تجزیه کلاستر صفت کلروفیل b: الف) میانگین شرایط معمولی ب)میانگین شرایط تنش

Figure 3. Cluster analysis of the chlorophyll attribute b: a) Average of normal conditions b) Average stress conditions

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]



(ب) (الف)

شکل ۴- تجزیه کلاستر صفت پرولین: الف) میانگین شرایط معمولی ب) میانگین شرایط تنش

Figure 4. Proline split cluster analysis: a) Average condition of normal b) Average stress conditions

منابع

1. Abbaszadeh, B., A. Sharifi, D. Lbaschy and F. Moghadam. 2012. Effects of drought stress, proline, soluble sugar, chlorophyll relative water (pwc) (*Melissa officinalis* L). Quarterly scientific-research studies of medicinal and aromatic plants, 23: 513-504 (In Persian).
2. Abdipour, D., A. Rezaei and G. Bagheri. 2008. Evaluation of drought tolerance at flowering and pod indeterminate soybean genotypes. Journal of Agricultural Sciences, 22: 140-150 (In Persian).
3. Akbari, D. 2012. Determination of sensitivity to water stress at different growth stages of soybean spring in Iran. Journal of soil and water conservation, 15: 54-66 (In Persian).
4. Alipour Yamchi, M., M. Bihamta, M. Peighambari, M.R. Naghavi and M. Shafiee khorshidi. 2011. Evaluation of genetic diversity and classification of Kabuli Chickpea Genotypes in late season drought stress. Journal Crop Breeding, 7: 53-70.
5. Arnon, A.N. 1997. Method of extraction of chlorophyll in the plant. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 23: 112-121.
6. Araya, T., K. Noguchi and I. Terashima. 2010. Effect of nitrogen nutrition on the carbohydrate repression of photosynthesis in leaves of *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Plant Research, 123: 371-379.
7. Arve, L.E., S. Torre, J.E. Olsen and K. Tanino. 2011. Stomatal responses to drought stress and air humidity in abiotic stress in plants mechanisms and adaptations. Journal of Plant Research, 119: 267-280.
8. Bhatts, G.M. 1993. Significance of path coefficient analysis determining the nature of character association. Australian Journal of Agricultural Research, 22: 338-343.
9. Bohnert, H.J. and R.G. Jensen. 2009. Strategies for engineering water stress tolerance in plant. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 14: 89-97.
10. Davodifard, M., D. Habibi and F. Davodi fard. 2011. Effects of salt stress on cell membrane stability, chlorophyll, growth and yield components in wheat inoculated with bacteria and humic acid. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 2: 71-86 (In Persian).
11. Doss, B.D., R.W. Pearson and H. Ragers. 1974. Effect of soilwater stress at various growth stages on soybean yield. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 66: 297-299.
12. Fatemeh, B. and S. Arian. 2015. Effect of Ascorbate and Methylamine Treatments on DPPH Scavenging Activity of Soybean Plants (Glycine max L.) Under Polyethylene Glycol Induced Drought. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 5: 161-165 (In Persian).
13. Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R. Yeo. 2000. The mechanism of salt tolerance in halophytes Annu. Journal of Plant Physiol, 28: 89-121.
14. Giang, Y. and N. Huang. 2006. Drought and heat sress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antiaxdant metabolism and lipid peroxidation. Journal of Crop Science, 41: 436-442.
15. Gusegnova, I.M., S.Y. Suleymanov and J.A. Aliyev. 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. Journal of Biochemistry Research, 71: 223-228.
16. Gzik, A. 1996. Accumulation of proline and pattern of α- amino acids in sugarbeet plants in response to osmotic, water and salt stress. Journal of Environmental and Experimental Botany, 36: 29-34.
17. Hajebi, A.H., Sh. Heidari and A. Husseini. 2006. The effect of drought on growth and nodulation of three species of clover. Journal Research Development in Agriculture Gardener, 21: 13-66 (In Persian).
18. Hase, S., R. Vankova, K. Yamaguchi-Shinozaki, K. Shinozak and L. Tran. 2012. Cytokinins metabolism and function in plant adaptation to environmental stresses. Journal in Plant Science, 17: 172-179.
19. Kuti, Y.S., W.K. Au-Yeung, Y.L. Yung and H.M. Lam. 2013. Drought stress and tolerance in soybean in comprehensive survey of international soybean research, Journal of Crop Science, 45: 209-238.

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]

20. Liu, F., C.R. Jensen and M.N. Andersen. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development its implication in altering pod set . Journal of Agronomy and Plant Breeding, 86: 1-13.
21. Loreto, F. and M. Centritto. 2008. Leaf carbon assimilation in a water-limited world. Plant Biosystems, 142: 154-161.
22. Manavalan, L.P., S.K. Guttikonda, L.S. Phan Tran and H.T. Nguyen. 2009. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. Plant and Cell Physiology, 50: 1260-1276.
23. Matysik, J.B., B. Alia and M. Ohanty. 2002. Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. Journal of agricultural Science Cambridge, 82: 525-531.
24. Morgan, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. Quarterly scientific-research studies of medicinal and aromatic plants, 35: 335-339.
25. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
26. Okcu, G., M.D. Kaya and M. Atak. 2007. Effects of salinity and drought stresses on germination and seedling growth of Pea (*Pisum sativum* L.). Journal of agricultural Science Tourki, 29: 237-242.
27. Ramseur, E.L., V.L. Quinsenberry, S.V. Wallace and J. Palmer. 2004. Yield and yield components. Field Crops Research, 19: 22-28.
28. Rahimi, M., M. Smart Khamtabashi, B. Liran and Sh. Mohammadi. 2017. Evaluation of Recombinant Pure Lines of Lentil under Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 22: 82-97 (In Persian).
29. Shamsi, S.R.F., H. Pyrdshty, A.A. Ebadi, M. Esfahani and M. Rainey. 2017. Response of Root Characteristics and Dry Matter Partitioning in 40 Improved and Local Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes under Deficit Irrigation. Journal of Crop Breeding, 22: 63-72 (In Persian).
30. Safari, P., R. Honarnezhad and M. Esfahani. 2008. Evaluation of genetic diversity in peanut varieties using discriminant analysis. Journal of agricultural research, 6: 327-334 (In Persian).
31. Sairam, R.K., P.S. Deshmukh and D.C. Saxna. 2011. Role of antioxidant systemes in Anethum genotype tolerance to water stress. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 41: 387-394.
32. Shahrodi, M., F. Abbasi and B. Momimvand. 2015. Evaluation of Qualitative and Quantitative 17 soybean genotypes (Glycine max L.) in Parsabad. Journal of Eco Physiology, 22: 325-329 (In Persian).
33. Sharifa, S. and A. Muriefah. 2015. Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of Soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, 2: 81-93.
34. Turner, N.C. 1986. Adaptation to water deficits changing perspective. Australian Journal of Agricultural Research, 13: 175-190.
35. Zareh, M. 2011. Analysis of the data in the study of natural resources with the software SPSS. Publications University of Tehran Unit, 249-251 (In Persian).
36. Zhao, C.X., L.Y. Guo, C.A. Jaleel, H.B. Shao and H.B. Yang. 2008. Prospectives for applying molecular and genetic methodology to improve wheat cultivars in drought environments. Comptes Rendus Biologies, 331: 579-586.
37. Zali, H., T. Hasanlu, A. Sfalyan, A. Asghari and M. Zein-Al-Abedin. 2016. Appropriate strategies for selecting genotypes tolerant to drought stress in canola. Journal of Crop Breeding, 20: 52-67 (In Persian).

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]

Evaluation of Drought Stress on Chlorophyll and Proline Traits in Soybean Genotypes

Somayeh Kamrava[1], Nadali Babaeian Jolodar[2] and Nadali Bagheri[3]

1- M.Sc. Student, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University,
(Corresponding author: kamrava.somaieh@yahoo.com)
2 and 3- Professor and Assistant Professor, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University
Received: January 3, 2016 Accepted: May 18, 2016

Abstract

Soybean (*Glycine max*) is sensitive to drought stress, and increasing its yield, requires the selection of tolerate varieties which are adapted to semiarid or low water climates of Iran. In this research, the experiment was performed based on a factorial completely randomized design with three replications at 2013. Experimental factors were consisted of 8 genotypes of soybeans and 6 levels of drought stress (irrigation in all growth stages as control treatment, intense stress in vegetative growth stage, intense stress in flowering stage, intense stress in pod stage, intense stress in flowering stage and pod stage and mild stress at all growth stages). The results showed that the drought stress significantly reduced the chlorophyll photosynthetic pigment (including chlorophyll a, b and total) and significantly increased the proline in different treatments so that, the control factor (irrigation in all growth stages) had the highest total chlorophyll (µ= 0.350), a (µ= 0.250) and b (µ= 0.100) and also it had the lowest level in control treatment namely proline (µ= 0.032). Mild Drought stress at all stages of growth and also severe drought stress from start flowering to finish pod levels had the lowest total chlorophyll (µ= 0.23), a (µ= 0.170) and b (µ= 0.060) and also, it had the highest proline (µ= 0.140). Comparison of means of chlorophyll and proline traits under the drought stress showed that genotypes 032 and HillCE were tolerant and genotypes Ford and Sahar were sensitive.

Keywords: Chlorophyll, Drought, Proline, Soybeans

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.95]