

## "مقاله پژوهشی"

## غربال ژنوتیپ‌های سویا در مرحله گیاهچه تحت تنش شوری

بہرام مسعودی<sup>۱</sup>

۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (نویسنده مسؤول: bmasoudi@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۷

صفحه: ۱۲۴ تا ۱۳۷

## چکیده

به منظور درک واکنش ژنوتیپ‌های سویا به تنش شوری، ۳۰ ژنوتیپ سویا در قالب دو طرح مجزا برای تیمار نرمال (شاهد، شوری صفر) و تیمار شوری (۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) در محیط کشت هیدروپونیک حاوی محلول غذایی هوگلند در گلخانه با سه تکرار ارزیابی شدند. صفات مورد بررسی در این تحقیق عبارت بودند از سطح برگ، ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، میزان کلروفیل (SPAD value)، شاخص صدمه شوری (Salt injury index)، میزان سدیم و پتاسیم در اندام هوایی و ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و ریشه و نسبت جابجایی سدیم و پتاسیم از ریشه به اندام هوایی، تجزیه واریانس ساده صفات و همچنین تجزیه مرکب داده‌های صفات ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات مورد بررسی در مرحله گیاهچه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند، همچنین اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط برای اکثر صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به افزایش شوری بود. بجز صفات شاخص صدمه شوری، میزان سدیم و پتاسیم در اندام هوایی، میزان سدیم در ریشه، میزان جابجایی سدیم و پتاسیم از ریشه به اندام هوایی برای سایر صفات مورد بررسی در شرایط تنش مقادیر اندازه‌گیری شده صفات نسبت به شرایط نرمال کاهش نشان دادند. بر اساس نتایج حاصل از بررسی پارامترهای آماری در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بیشترین مقدار ضریب تنوع فنوتیپی مربوط به سطح برگ در شرایط تنش (۵۵/۳)، وزن تر ریشه در شرایط تنش (۴۵/۲۸)، وزن خشک ریشه در شرایط تنش (۴۲/۲۶) و شاخص صدمه شوری در شرایط تنش (۳۷/۹۹) بودند. کمترین ضریب تنوع فنوتیپی مربوط به طول ریشه در شرایط نرمال (۱۱/۷) و محتوای کلروفیل در شرایط نرمال (۱۳/۳) بودند. بررسی پایداری ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که ژنوتیپ‌هایی مانند Lee، SG13، Vernal، Will، LYON، Douglas، Winchester، Century 84، Strong، L.87-0174 و Crawford از جمله ژنوتیپ‌هایی هستند که از آنها می‌توان به عنوان والدین در بلوک‌های دورگ‌گیری به منظور بهبود تحمل به شوری ارقام جدید استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه بای یالات، تنش شوری، سوپا، میزان سدیم و پتاسیم، هیدروپونیک

مقدمه

مکان‌های ژنی کنترل‌کننده تحمل به تنش‌های غیر زنده با صفات نامطلوب، باین: می‌باشد (۴۸).

گیاه سویا در مقایسه با دیگر بقولات بعنوان گیاهی حساس به چندین تنش غیر زنده بشمار می‌آید. با توجه به تحمل کم سویا به شوری، افزایش شوری خاک باعث افت عملکرد (۸۰-۳۰ درصد) و در صورت گسترش اراضی شور باعث کاهش سطح زیر کشت سویا در این مناطق خواهد شد (۴۵). به همین دلیل شناسائی ارقام متحمل به شوری یک ضرورت تحقیقاتی به شمار می‌رود. غربال ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در شرایط مزرعه‌ای واقعاً سخت می‌باشد. گذشته از این تفاوت‌های بزرگی می‌تواند در سطوح شوری در سطح مزرعه حتی در چندمتری یکدیگر و حتی در یک سطح در تاریخ‌های مختلف مشاهده شود (۳۷). همچنین حفظ دقیق سطوح شوری در محیط خاک در تیمارهای مختلف در آزمایشات مشکل می‌باشد. این در حالی است که در شرایط هیدروپونیک دستیابی به غلظت دقیق نمک در تیمار مورد نظر بسیار آسان می‌باشد و این مزیت، کشت هیدروپونیک را بهترین گزینه برای ارزیابی شوری ساخته است (۳۰). اثرات شوری بسته به مرحله رشدی که گیاه در آن است و میزان سطوح شوری در گیاهان مختلف متفاوت است (۲). مرحله گیاهچه‌ای در سویا به عنوان حساس‌ترین مرحله به تنش شوری نسبت به مرحله

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که رشد و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند و همچنین یکی از عوامل تهدید کننده کشاورزی پایدار می‌باشد. تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰٪ از اراضی آبی دنیا در معرض شوری است (۵۱). از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در ایران، شوری اراضی است. مشکل شوری خاک به خاطر زیاد بودن تبخیر از سطح خاک، بارندگی کم، پستی و بلندی زمین، کیفیت نامناسب آب آبیاری و سنگ‌های مادری بوجود می‌آید. مساحت خاک‌های شور در ایران بیش از ۲۵ میلیون هکتار است. در استان‌های مازنداران و گلستان که بخش عمده کشت سویا در کشور در این دو استان متمرکز می‌باشد، بسیاری از اراضی بخصوص اراضی نزدیک به ساحل، شور یا در حال قلیائی شدن هستند و تخمین زده می‌شود که حدود ۲۵ درصد اراضی استان گلستان را اراضی شور یا قلیائی تشکیل می‌دهند. استفاده از ارقام متحمل به شوری یک راهکار موثر برای کاهش خسارت عملکرد در مناطقی است که شوری مسئله‌ساز است و در حال حاضر اصلاح نباتات مهم‌ترین استراتژی برای بهبود تحمل به شوری در گیاهان می‌باشد. هر چند که بهره‌وری اصلاح نباتات کلاسیک به خاطر طولانی بودن چرخه‌های اصلاحی، نامناسب بودن متدهای دورگ‌گیری و بی‌وستگی شدید

خان و همکاران (۲۶) تحمل به تنش شوری را در ۴۱ ژنوتیپ سویا تحت سه سطح (نرمال، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) مورد ارزیابی قرار دادند. سطح برگ بیشترین تاثیر را تحت تنش شوری نشان داد، در حالی که ارتفاع گیاه، حجم ریشه و میزان کلروفیل کمترین تاثیر را از خود نشان دادند. همچنین وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با ریشه حساسیت بیشتری نشان داد.

قاسمی گل‌دانی و همکاران (۱۶) شاخص محتوای کلروفیل، محتوای پروتئین و عملکرد دانه را در سه رقم زراعی سویا تحت ۴ سطح شوری (صفر، ۳، ۶ و ۹ دسی زیمنس کلرید سدیم) در شرایط گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار دادند. در آزمایش آنها شاخص محتوای کلروفیل و عملکرد با افزایش شوری، کاهش یافت.

پوروانین گراهایو و همکاران (۳۸) یازده ژنوتیپ سویا را تحت چهار سطح شوری (۰/۵، ۵/۸، ۸/۴ و ۱۲/۲ دسی زیمنس) مورد ارزیابی قرار دادند و صفات مختلف از جمله کاهش عملکرد، شاخص حساسیت به تنش و سوختگی سطح برگ مورد ارزیابی قرار گرفت. ایشان نتیجه گرفتند که با افزایش شوری میزان سوختگی برگ، افزایش و عملکرد، کاهش می‌یابد.

عینی و همکاران (۳) طی آزمایشات شوری در گلخانه نتیجه گیری نمودند که میزان یون‌های سدیم و پتاسیم تحت شرایط تنش در برگ‌های سویا بیشتر از ریشه بود و در اکثر ژنوتیپ‌ها با افزایش شوری میزان این یون‌ها در ریشه و برگ‌ها افزایش یافت.

سیدهیکی و همکاران (۴۵) با بررسی ۱۱ ژنوتیپ سویا در شرایط تنش شوری نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت شوری ارتفاع اندام هوایی، طول ریشه، تعداد برگ، وزن تر و خشک کاهش می‌یابد. ژنوتیپ JS-355 بهترین عملکرد را در شرایط تنش شوری به خود اختصاص داد.

تا کنون بررسی‌های زیادی در زمینه تحمل گیاهان زراعی به شوری در کشور انجام شده است. اما تحقیق خاصی در زمینه شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در سویا با استفاده از روش هیدروپونیک صورت نگرفته است. از طرف دیگر مکانیسم‌های تحمل به تنش‌های غیرزنده در گیاهان زراعی تا حدودی مشابه یکدیگر عمل می‌کنند. بطور مثال تحمل به تنش شوری در برخی موارد، تحمل به تنش خشکی را نیز به همراه دارد. از این جهت نتایج این بررسی حائز اهمیت خواهد بود. هدف اصلی از این تحقیق شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری جهت استفاده در پروژه‌های به‌نژادی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

تعداد ۳۰ ژنوتیپ از کلکسیون بخش دانه‌های روغنی به همراه بعضی از ارقام تجاری در این طرح مورد ارزیابی قرار گرفتند. تعداد ۵۰ بذر از هر ژنوتیپ با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ به مدت ۱ دقیقه ضدعفونی شده و با آب مقطر سه بار شستشو داده شدند و به مدت یک شبانه روز در پتری دیش‌های مخصوص حاوی آب مقطر خیسانده و سپس بر روی کاغذ

جوانه‌زنی (۲۰) و گیاه کامل (۷) شناخته شده است. محققین زیادی همبستگی‌های بالایی بین میزان رشد در مراحل اولیه با عملکرد گزارش کرده‌اند. همبستگی بالایی در شرایط شوری بین مرحله جوانه‌زنی و عملکرد بیولوژیک مشاهده شده و واکنش گیاهچه به شوری به میزان بالایی می‌تواند واکنش گیاه کامل را به شوری پیشبینی کند (۵).

آستانه تحمل سویا به شوری حدود ۵ دسی زیمنس بوده و در شوری ۷/۵ دسی زیمنس نصف پتانسیل عملکرد خودش را دارد اما تنوع ژنتیکی برای تحمل به شوری در ژرم پلاسما سویا وجود دارد (۸). واکنش سویا به تنش شوری به ژنوتیپ و شرایط محیطی وابسته می‌باشد (۱۵). تنش شوری اثرات مختلفی روی واکنش‌های فیزیولوژیک و متابولیسمی گیاه هم در سطح کل گیاه و هم در سطح سلولی دارد که از آن جمله می‌توان به سمیت یون‌ها، تغییر در رشد گیاه، توزیع مواد معدنی، تنش اسمزی، عدم تعادل عناصر، و تنش اکسیداتیو اشاره نمود (۲۷) همچنین اثرات منفی دیگری روی فتوسنتز، ساخت پروتئین و متابولیسم اسیدهای نوکلئیک دارد (۳۳). استرس شوری باعث کاهش معنی‌دار فتوسنتز شده و میزان هدر رفت انرژی را به واسطه مکانیسم خروج نمک افزایش داده و در نتیجه باعث کاهش جذب عناصر و در نتیجه افت رشد می‌گردد (۴۵).

تحمل به شوری می‌تواند توسط اندازه‌گیری عملکرد، محتوای کلروفیل برگ، وزن خشک ریشه، کانوپی، سطح برگ، تعداد برگ‌های سبز و تعداد برگ‌های پیر شده بررسی گردد (۲۱). بطور معمول صفات زراعی ژنوتیپ‌های متحمل نمود بهتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس دارند. پارامتر دیگری که می‌تواند استفاده شود میزان کلروز برگ، تجمع یون کلر و سدیم در برگ‌ها و ریشه‌ها، سطوح یون‌های سدیم و پتاسیم در بذرها و همچنین جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سویا می‌باشد (۴۷، ۱۲). نتایج نشان داده است که با افزایش شوری میزان محتوای کلروفیل در برگ‌های سویا کاهش می‌یابد (۱۴).

چو و همکاران (۹) سه رقم زراعی سویا را از نظر شوری تحت شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار دادند و صفات محتوای پروتئین و یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، قند و نشاسته را در ساقه، ریشه و برگ ۳۰ روز بعد از اعمال تیمار شوری ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم ارزیابی نمودند. بیشترین مقدار کاهش وزن در بین اندام‌های مختلف، مربوط به ریشه بود. با افزایش کلرید سدیم، مقدار یون سدیم مخصوصاً در ریشه و شاخه‌ها افزایش یافت ولی میزان یون پتاسیم و کلسیم در ریشه و شاخه‌ها کاهش نشان داد. اما میزان یون پتاسیم در برگ افزایش یافت.

همویه و زو (۱۷) در شرایط هیدروپونیک ۲۲۵ لاین F2 سویا را در آزمایشی با دو سطح شوری نرمال و ۱۲۰ میلی مولار مورد ارزیابی قرار دادند و صفات شاخص صدمه شوری، محتوای کلروفیل را ۲۰ روز پس از شروع تیمار شوری ارزیابی نمودند. نتایج آنها نشان داد که لاین‌های متحمل به شوری شاخص صدمه شوری پایین‌تر و محتوای کلروفیل بالاتری نسبت به لاین‌های حساس داشتند.

توسط چندین پمپ هوا به صورت شبانه روزی و مستمر انجام شد (یک عدد سنگ هوا داخل هر یک از جعبه‌های کشت). محلول غذایی مورد استفاده نیز طبق دستور هوگلند و آرنون (۱۹) تهیه گردید. طرح مورد استفاده در این مرحله شامل دو طرح مجزا برای تیمار نرمال (شاهد، شوری صفر) و تیمار شوری (۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) (شاهد، شوری صفر) و تیمار

صافی واتمن با پنس منتقل تا جوانه‌دار گردند. دو روز پس از جوانه‌زنی بذور عملیات انتقال آنها به محیط کشت هیدروپونیک حاوی محلول غذایی هوگلند صورت پذیرفت. بدین منظور از صفحات کاشت یونولیتی سوراخدار به ضخامت ۲ سانتی‌متر و هم سائیز جعبه‌های کشت ۲۵ لیتری که کف آنها توری چسبانده شده بود استفاده گردید. کار هوادهی



شکل ۱- نمایی از پروژه اجرا شده  
Figure 1. View of the executed project

مدت ۴ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد تیمار و جهت اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر (۴۱۰, Corning M410, U.K) استفاده شد. برای محاسبه نسبت جابجایی سدیم از ریشه به اندام هوایی از معادله ۱: میزان سدیم ریشه / میزان سدیم اندام هوایی = معادله ۱ و همچنین برای محاسبه نسبت جابجایی پتاسیم از ریشه به اندام هوایی از معادله ۲: میزان پتاسیم ریشه / میزان پتاسیم اندام هوایی = معادله ۲ استفاده شد. پس از تجزیه واریانس ساده و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱، مقادیر پارامترهای آماری صفات با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۵ محاسبه شد، تجزیه بای‌پلات به منظور شناسایی متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم‌افزار Genestat نسخه ۱۲ انجام گردید.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده صفات در هر محیط و همچنین تجزیه مرکب داده‌های صفات ژنوتیپ‌ها در کشت گلخانه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات مورد بررسی در مرحله گیاهچه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ( $p < 0.01$ ) (جدول ۱، ۲ و ۳). همچنین اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط برای اکثر صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به افزایش شوری بود که این واکنش متفاوت توسط محققین مختلف در سویا مشاهده شده است (۴۰) (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ برای صفات مختلف در جدول ۴ آمده است.

(۱۷ و ۲۶) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار بود (شکل ۱). در هر تکرار از هر ژنوتیپ ۴ گیاهچه داخل ۴ حفره مورد کشت و ارزیابی قرار گرفتند. پنج روز بعد از انتقال، تیمار شوری (۵۰ میلی‌مولار) اعمال گردید و این مقدار پس از سه روز به ۱۵۰ میلی‌مولار افزایش یافت. هر هفته یکبار محلول غذایی تعویض شد. pH روزانه تنظیم و در محدوده ۵/۶-۶ قرار گرفت. درجه حرارت گلخانه بین ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت بین ۷۰-۶۰ درصد بود. زمان کاشت در فروردین‌ماه و طول دوره روشنائی به صورت ۱۶ ساعت روشنائی و ۸ ساعت تاریکی تنظیم گردید. ۲۰ روز پس از تیمار شوری نسبت به برداشت و اندازه‌گیری صفات اقدام گردید. صفات مورد اندازه‌گیری در این طرح عبارت بودند از ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، میزان کلروفیل (SPAD value)، شاخص صدمه شوری (Salt injury index) که به صورت نمره‌دهی از ۱ تا ۵ (۱ برگ عاری از لکه نکروزه و ۵ مرگ کامل برگ) بر روی ۴ گیاهچه از یک ژنوتیپ در هر تکرار انجام شد، سطح برگ، میزان سدیم و پتاسیم ریشه و اندام هوایی، نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و اندام هوایی و نسبت جابجایی سدیم و پتاسیم از ریشه به اندام هوایی. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ LI-COR مدل LI-3100C استفاده شد. برای اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی ابتدا گیاهچه‌ها برداشت شده با آب مقطر شستشو داده شده و ریشه و اندام هوایی از هم جدا و به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس مقدار ۰/۱ گرم از ریشه و اندام هوایی هر ژنوتیپ توسط محلول ۰/۱ مولار اسید استیک به

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها در محیط نرمال

Table 1. Mean squares obtained from variance analysis of genotypes in normal environment

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع اندام هوایی	محتوای کلروفیل	وزن تر اندام هوایی	طول ریشه	وزن تر ریشه	شاخص صدمه شوری	سطح برگ	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۱۷۸/۳۷ <sup>ns</sup>	۵/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۹ <sup>ns</sup>	۱۰/۹۶ <sup>*</sup>	۰/۰۹۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۰ <sup>ns</sup>	۱۴۴/۵۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>*</sup>
ژنوتیپ	۲۹	۶۳۳/۵ <sup>**</sup>	۳۷/۸۸۹ <sup>**</sup>	۱/۹۰۶ <sup>**</sup>	۲۶/۵۷ <sup>**</sup>	۰/۰۷۱ <sup>ns</sup>	۰/۹۲۷ <sup>**</sup>	۲۱۵۸/۶۱ <sup>**</sup>	۰/۰۴۰۳ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۴ <sup>**</sup>
خطا	۵۸	۱۲۱/۳۶	۳/۰۹۳	۰/۰۴۴	۳/۲۴	۰/۰۲۶	۰/۰۰	۳۰۸/۶۹	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۰۰۸

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها در محیط تنش

Table 2. Mean squares obtained from variance analysis of genotypes in stress environment

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع اندام هوایی	محتوای کلروفیل	وزن تر اندام هوایی	طول ریشه	وزن تر ریشه	شاخص صدمه شوری	سطح برگ	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۱/۷۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۸۹۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۱/۲۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۵۱۱ <sup>*</sup>	۰/۰۰۱۳ <sup>*</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ	۲۹	۸۹/۱۰۵ <sup>**</sup>	۸۶/۱۳۶ <sup>**</sup>	۰/۴۴۸ <sup>**</sup>	۴۷/۲۱ <sup>**</sup>	۰/۰۵۲۰ <sup>**</sup>	۵/۰۶۷ <sup>**</sup>	۴۵۶/۶۹ <sup>**</sup>	۰/۰۰۴۷ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۱۶ <sup>**</sup>
خطا	۵۸	۰/۶۰۵	۰/۶۷۹	۰/۰۰۵	۰/۴۳۴	۰/۰۰۰۰	۰/۰۳۱۸	۰/۱۵۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ‌ها

Table 3. Mean squares obtained from composite analysis of variance of genotypes

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع اندام هوایی	محتوای کلروفیل	وزن تر اندام هوایی	طول ریشه	وزن تر ریشه	شاخص صدمه شوری	سطح برگ	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
محیط	۱	۱۰۲۷۲۳/۱۷**	۱۲۵/۹۲**	۱۰۰/۶**	۲۴۳/۸۸**	۰/۶۵**	۶۴/۸**	۱۳۳۶۰۵/۱**	۱/۲۴**	۰/۰۰۸**
بلوک داخل محیط	۴	۳۳۲/۶۸	۵۱/۰۷	۱/۹	۱۶۹/۲۹	۰/۳۶	۶/۰۱	۴۱۴/۱۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۱
ژنوتیپ	۲۹	۴۳۰/۱۲**	۸۸/۷۹**	۱/۴۳**	۴۴/۰۱**	۰/۱۰۳**	۲/۵۳**	۱۵۴۳/۱۵**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۰۵**
ژنوتیپ × محیط	۲۹	۲۹۲/۴۱**	۲۸/۵۱**	۰/۵۵**	۱۷/۲*	۰/۰۲۰ <sup>ns</sup>	۲/۵**	۸۹۱/۰۳**	۰/۰۱۶**	۰/۰۰۰۱**
خطا	۱۱۶	۶۸/۴۲	۷/۵۳	۰/۲۹	۱۰/۹	۰/۰۱۸	۰/۲۱	۱۷۲/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۶

جدول ۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در محیط نرمال و تنش برای صفات مختلف

Table 4. Comparison of genotypes mean in normal and stress environments for different traits

نام ژنوتیپ	SH(cm)	CHL	SFW(gr)	RL(cm)	RFW(gr)	SII	LA	SDW(gr)	RDW(gr)
نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
Lee	۸۶ <sup>bc</sup>	۳۷/۶۷ <sup>a</sup>	۳۷/۹۳ <sup>ab</sup>	۱/۶۷ <sup>a</sup>	۳۷/۳۳ <sup>b</sup>	۲۰/۳ <sup>e-h</sup>	۰/۸۳ <sup>ab</sup>	۰/۶۱ <sup>d</sup>	۱ <sup>i</sup>
Vernal	۷۸/۶۷ <sup>b-c</sup>	۳۷/۸۳ <sup>bc</sup>	۳۷/۱۶ <sup>b</sup>	۲۳/۱۷ <sup>a</sup>	۲۹/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۸۶ <sup>a</sup>	۰/۶۷ <sup>b</sup>	۰/۱۷ <sup>cd</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Kosamam	۶۱/۵ <sup>b-k</sup>	۱۶/۸۸ <sup>a-i</sup>	۲۰/۷۶ <sup>m</sup>	۲۲/۰۵ <sup>i-1</sup>	۱/۹۳ <sup>k-m</sup>	۰/۶۳ <sup>m-1</sup>	۱۷/۸ <sup>i-k</sup>	۰/۲۹ <sup>i-1</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
LYON	۵۰/۰۸ <sup>kl</sup>	۳۰/۵۸ <sup>n</sup>	۲۶/۷۴ <sup>e-1</sup>	۳۴/۱۱ <sup>b</sup>	۱/۶۵ <sup>k-i-o</sup>	۳۴/۱۱ <sup>b</sup>	۰/۱۸ <sup>c</sup>	۰/۱۸ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Roanoke	۸۴/۸۳ <sup>bc</sup>	۲۳/۱۷ <sup>a-n</sup>	۲۷/۷۱ <sup>d-n</sup>	۲۴/۳۶ <sup>i-n</sup>	۲/۸۳ <sup>d-1</sup>	۲/۸۳ <sup>d-1</sup>	۰/۳۷ <sup>d-g</sup>	۰/۱۷ <sup>cd</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Cook	۸۱ <sup>b-d</sup>	۱۹/۱۷ <sup>b-k</sup>	۲۶/۱۸ <sup>e-1</sup>	۲۳/۹۳ <sup>b</sup>	۲/۳۴ <sup>f-k</sup>	۰/۵۲۳ <sup>kl</sup>	۰/۱۱ <sup>j</sup>	۰/۱۱ <sup>j</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Colfax	۷۶/۱۷ <sup>c-g</sup>	۲۶/۸۳ <sup>d-d</sup>	۲۶/۳۶ <sup>i-1</sup>	۲۹/۸۸ <sup>c</sup>	۲/۲۴ <sup>g-k</sup>	۰/۹۸ <sup>d-n</sup>	۰/۲۹ <sup>i-1</sup>	۰/۲۹ <sup>i-1</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Winchester	۷۸/۸۳ <sup>b-e</sup>	۲۷/۰۸ <sup>b-d</sup>	۳۷/۰۸ <sup>b-d</sup>	۱/۵۳ <sup>ab</sup>	۳/۵۳ <sup>a-c</sup>	۲۲/۵۳ <sup>h-k</sup>	۰/۱۷ <sup>cd</sup>	۰/۱۷ <sup>cd</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Will	۷۹/۶۷ <sup>d</sup>	۲۲/۱۷ <sup>a</sup>	۲۲/۱۷ <sup>a</sup>	۳/۰۸ <sup>e</sup>	۱/۳۱ <sup>3b</sup>	۲۶/۲۵ <sup>bc</sup>	۰/۳۲ <sup>d-e</sup>	۰/۳۲ <sup>d-e</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Yale	۶۰ <sup>b-k</sup>	۱۵/۲۵ <sup>kl</sup>	۳۰/۰۹ <sup>b-d</sup>	۲۷/۸۸ <sup>d</sup>	۲/۱۰۳ <sup>h-1</sup>	۲۴/۶۷ <sup>d-1</sup>	۰/۲۶ <sup>g-m</sup>	۰/۲۶ <sup>g-m</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Douglas	۶۲/۰۸ <sup>b-k</sup>	۲۳ <sup>e-1</sup>	۲۴/۴۳ <sup>i-1</sup>	۲۱/۱ <sup>k-m</sup>	۱/۹۸ <sup>j-m</sup>	۱/۳۳ <sup>b</sup>	۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Clifford	۶۵/۱۷ <sup>e-j</sup>	۲۵ <sup>c-1</sup>	۲۵/۲۹ <sup>g-1</sup>	۲۵/۵۹ <sup>h-k</sup>	۱/۹۱ <sup>k-n</sup>	۰/۸۹۳ <sup>e-j</sup>	۰/۱۳ <sup>gh</sup>	۰/۱۳ <sup>gh</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Crawford	۷۷/۹۳ <sup>i</sup>	۲۵/۷۵ <sup>c-e</sup>	۲۲/۹۷ <sup>lm</sup>	۲۴/۹۸ <sup>lm</sup>	۲/۵۳ <sup>c-1</sup>	۱/۱۴۳ <sup>d-1</sup>	۰/۱۷ <sup>cd</sup>	۰/۱۷ <sup>cd</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Ito san	۴۲/۹۳ <sup>i</sup>	۱۵/۱۷ <sup>kl</sup>	۲۳/۷۳ <sup>i-1</sup>	۱/۰۹ <sup>g-p</sup>	۲۳/۷۳ <sup>i-1</sup>	۰/۴۳ <sup>p-1</sup>	۰/۱۳ <sup>o</sup>	۰/۱۳ <sup>o</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Ito san	۵۱/۶۷ <sup>i-1</sup>	۱۶/۸۸ <sup>i-1</sup>	۲۵/۱۸ <sup>et</sup>	۲۵/۱۸ <sup>et</sup>	۱/۵۴ <sup>m-p</sup>	۰/۶۳۳ <sup>j-1</sup>	۰/۲۷ <sup>g-1</sup>	۰/۲۷ <sup>g-1</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
NE3400	۴۶/۰۸ <sup>i</sup>	۱۵/۲۵ <sup>kl</sup>	۲۶/۰۸ <sup>i-k</sup>	۲۰/۲۵ <sup>lm</sup>	۱/۳۷ <sup>n-p</sup>	۰/۱ <sup>i</sup>	۰/۱۳ <sup>jk</sup>	۰/۱۳ <sup>jk</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Perry	۴۶/۰۸ <sup>i</sup>	۱۵/۲۵ <sup>kl</sup>	۲۶/۰۸ <sup>i-k</sup>	۲۰/۲۵ <sup>lm</sup>	۱/۳۷ <sup>n-p</sup>	۰/۱ <sup>i</sup>	۰/۱۳ <sup>jk</sup>	۰/۱۳ <sup>jk</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Strong	۷۲/۹۳ <sup>h</sup>	۱۷/۱۷ <sup>i-1</sup>	۲۲/۵۹ <sup>lm</sup>	۱۹/۶۹ <sup>m</sup>	۲/۵۹ <sup>3b-1</sup>	۱/۰۳ <sup>b-g</sup>	۰/۳۳ <sup>d-1</sup>	۰/۳۳ <sup>d-1</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Croton 3.9	۶۸ <sup>d-1</sup>	۱۳/۹۳ <sup>i</sup>	۲۶/۶۶ <sup>e-1</sup>	۲/۱۷ <sup>g-1</sup>	۲/۱۷ <sup>g-1</sup>	۰/۴۷۳ <sup>i</sup>	۰/۱۳ <sup>hi</sup>	۰/۱۳ <sup>hi</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Zane	۶۸ <sup>d-1</sup>	۲۳/۸۳ <sup>c-g</sup>	۲۴/۷۸ <sup>i-1</sup>	۲۲/۱۴ <sup>i-1</sup>	۲/۲۰۳ <sup>g-1</sup>	۰/۶ <sup>b-g</sup>	۰/۲۱ <sup>j-o</sup>	۰/۲۱ <sup>j-o</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Dobradzanka 285	۹۰/۵ <sup>ab</sup>	۱۵ <sup>i</sup>	۱۷/۶۵ <sup>n</sup>	۱۵/۵۸ <sup>n</sup>	۲/۰۳۳ <sup>m</sup>	۰/۱۶۳ <sup>m</sup>	۰/۲۱ <sup>k</sup>	۰/۲۱ <sup>k</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
L.87-0174	۸۶/۳۳ <sup>bc</sup>	۲۰/۳۳ <sup>g-j</sup>	۲۰/۳۳ <sup>g-j</sup>	۲۱/۵ <sup>j-m</sup>	۲/۱۳ <sup>b-1</sup>	۱/۱۳ <sup>b-1</sup>	۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Richland	۱۰۲/۷ <sup>a</sup>	۲۴/۷۵ <sup>c-1</sup>	۲۴/۷۵ <sup>c-1</sup>	۲۲/۶۸ <sup>h-k</sup>	۲/۸۳ <sup>d-1</sup>	۰/۸۵ <sup>f-j</sup>	۰/۱۳ <sup>cd</sup>	۰/۱۳ <sup>cd</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Kosar	۶۹/۶۷ <sup>d-h</sup>	۱۹/۰۸ <sup>i-k</sup>	۲۶/۳ <sup>j</sup>	۲۳/۱۶ <sup>g-j</sup>	۲/۶۵ <sup>h</sup>	۰/۶۱ <sup>i</sup>	۰/۳۷ <sup>d-g</sup>	۰/۳۷ <sup>d-g</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Katool	۶۳/۱۷ <sup>g-k</sup>	۲۳ <sup>e-1</sup>	۲۷/۴۳ <sup>d-1</sup>	۲۷/۵۸ <sup>d</sup>	۲/۵۳ <sup>c-j</sup>	۰/۷۱ <sup>h-1</sup>	۰/۳۴ <sup>cd</sup>	۰/۳۴ <sup>cd</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
SG13	۷۶/۳۳ <sup>i</sup>	۲۱/۶۷ <sup>i-1</sup>	۲۲/۳۶ <sup>i-k</sup>	۲۲/۳۶ <sup>i-k</sup>	۲/۳۶ <sup>i-k</sup>	۱/۳ <sup>bc</sup>	۰/۱۸ <sup>c</sup>	۰/۱۸ <sup>c</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Pharaoh	۴۲/۳۳ <sup>i</sup>	۲۴/۹۸ <sup>c-1</sup>	۲۴/۳۳ <sup>a</sup>	۲۴/۳۳ <sup>a</sup>	۲/۱۴ <sup>op</sup>	۱/۸۱ <sup>g-k</sup>	۰/۱۳ <sup>hi</sup>	۰/۱۳ <sup>hi</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Korona B-57-54/41	۶۸/۳۳ <sup>d-h</sup>	۱۶/۸۳ <sup>i-1</sup>	۲۹/۴ <sup>e-e</sup>	۲۴/۳۱ <sup>i-h</sup>	۲/۳ <sup>b-d</sup>	۰/۹۴۳ <sup>d-1</sup>	۰/۳۹ <sup>d-1</sup>	۰/۳۹ <sup>d-1</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Century 84	۷۰/۱۷ <sup>d-h</sup>	۱۹/۴۲ <sup>h-j</sup>	۲۲/۸۳ <sup>lm</sup>	۲۲/۰۷ <sup>i-1</sup>	۲/۶۹ <sup>e-g</sup>	۱/۰۸ <sup>b-g</sup>	۰/۳۷ <sup>d-g</sup>	۰/۳۷ <sup>d-g</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Tzi - Hua - N4	۵۴/۵ <sup>i-1</sup>	۱۶/۳۳ <sup>i-1</sup>	۲۵/۴۱ <sup>e-1</sup>	۲۱/۳ <sup>m</sup>	۲/۰۷ <sup>3b-m</sup>	۰/۷۱ <sup>n-1</sup>	۰/۱۵ <sup>er</sup>	۰/۱۵ <sup>er</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>
Troll	۶۴/۵ <sup>i-j</sup>	۲۴/۶۷ <sup>c-1</sup>	۲۷/۷ <sup>d-n</sup>	۲۷/۴۳ <sup>d</sup>	۲۷/۴۳ <sup>d</sup>	۱/۰۵ <sup>g</sup>	۰/۳ <sup>er</sup>	۰/۳ <sup>er</sup>	۰/۱۶ <sup>ab</sup>

SH: ارتفاع اندام هوایی، CHL: محتوای کلروفیل، SFW: وزن تر اندام هوایی، RL: طول ریشه، RFW: وزن تر ریشه، SII: شاخص صدمه شوری، LA: سطح برگ، SDW: وزن خشک اندام هوایی، RDW: وزن خشک ریشه

کلروفیل را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. فردوس و همکاران (۱۴) با بررسی یک رقم سویا تحت تنش شوری نتیجه گرفتند که میزان کلروفیل کاهش یافت. در رابطه با کلروفیل محققین دیگر نیز نتایج مشابهی را گزارش نموده‌اند (۳۲). البته برخی محققین افزایش کلروفیل را گزارش کرده‌اند از جمله زو و همکاران (۴۹) اشاره نمودند که تنش شوری باعث افزایش میزان کلروفیل در اندام هوایی می‌شود. اما کانو و همکاران (۲۴) در بررسی عکس‌العمل سه گونه سویا به تنش شوری اظهار داشتند تنش شوری سبب کاهش میزان کلروفیل ارقام سویا می‌شود که این کاهش با افزایش محتوی سدیم بافت‌ها رابطه مثبت داشته و هماهنگی داشت، به طوری که افزایش سدیم کاهش کلروفیل را در پی داشت. در مورد سویا مشاهده شده است که گیاه سویا تحت تنش شوری دارای برگ‌هایی کوچک‌تر با رنگ سبز تیره‌تر هستند، در این گیاهان مقدار کلروفیل ثابت مانده یا کمتر از شاهد بوده است، اما کاهش سایز برگ‌ها باعث می‌شود که نسبت کلروفیل به مساحت برگ افزایش یافته و برگ‌ها به نظر به رنگ سبز تیره برسند. همانند نتایج به دست آمده، تحقیقات کاو و همکاران (۲۴) در سویا حاکی از تأثیرپذیری محتوای کلروفیل این گیاه از تنش شوری است. ایشان بیان نمودند ارقام متحمل سویا دارای سطوح بیشتری از کلروفیل در مقایسه با ارقام حساس در سطوح بالای شوری بودند. عبدالصمد و شداد (۱) طی تحقیق خود بر روی ارقام سویا گزارش کردند که شوری باعث تخریب ساختار کلروپلاست‌ها و عدم پایداری ترکیبات رنگیزه-پروتئین می‌شود.

شاخص صدمه شوری تقریباً در همه ژنوتیپ‌ها در پاسخ به شوری افزایش یافت. ژنوتیپ‌های Lee و Vernal دارای کمترین و ژنوتیپ Perry دارای بالاترین شاخص صدمه شوری در شرایط تنش در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. همچنین ژنوتیپ‌های Lee، Vernal و Douglas کمترین افزایش شاخص صدمه شوری و ژنوتیپ‌های Perry، Yale و Cook بیشترین افزایش شاخص صدمه شوری را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. اثرات مضر شوری بر روی سلامت برگ‌ها توسط محققین در سویا گزارش شده است (۳۰). اثرات تنش اسمزی (۲۸) و یا اثرات سمیت یون‌ها (۱۰) می‌توانند مسئول صدمات شوری باشند.

شاخص سطح برگ تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. ژنوتیپ‌های Douglas و Croton 3.9 به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Douglas، Troll و LYON کمترین کاهش شاخص سطح برگ و ژنوتیپ‌های Croton 3.9، Dobradzanka 285 و NE3400 بیشترین کاهش شاخص سطح برگ را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. شوری باعث کاهش تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک برگ‌ها می‌شود که در نتیجه این موارد شاهد کاهش عملکرد خواهیم بود (۴۲).

محتوای سدیم در اندام هوایی تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها افزایش یافت. ژنوتیپ‌های Cook و Perry به

کنش صفات در مواجهه با تنش شوری در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. ژنوتیپ Lee و Croton 3.9 به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع اندام هوایی را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. همچنین ژنوتیپ‌های Vernal و Dobradzanka 285 به ترتیب بیشترین و کمترین طول ریشه را در شرایط تنش به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های LYON، Pharaoh و Lee کمترین کاهش ارتفاع اندام هوایی و ژنوتیپ‌های Dobradzanka 285، Croton 3.9 و Strong بیشترین کاهش ارتفاع اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص دادند. کریم و همکاران (۲۵) پیشنهاد کرد که رشد اندام هوایی یکی از مشخصه‌های مهم برای غربال گیاهان مقاوم به شوری در مرحله گیاهچه می‌باشد. ژنوتیپ‌های Troll، Colfax و LYON کمترین کاهش طول ریشه و ژنوتیپ‌های Dobradzanka 285، L.87-0174 و Korona B-57-54/41 بیشترین کاهش طول ریشه را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. کاهش ارتفاع اندام هوایی و ریشه به واسطه تنش شوری توسط محققین زیادی در محصولات مختلف از جمله سویا گزارش شده است (۳۹،۶).

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط تنش برای همه ژنوتیپ‌ها کاهش نشان داد. ژنوتیپ‌های Lee و Dobradzanka 285 به ترتیب دارای بالاترین و کمترین وزن تر و خشک اندام هوایی در شرایط تنش در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. ژنوتیپ‌های LYON و Pharaoh کمترین کاهش وزن تر ریشه و اندام هوایی و ژنوتیپ‌های Dobradzanka 285 و Croton 3.9 بیشترین کاهش وزن تر ریشه و اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص دادند. همچنین LYON و Richland به ترتیب کمترین و بیشترین کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. کریم و همکاران (۲۵) و اوهاشی و همکاران (۳۴) کاهش در وزن خشک برگ‌ها را به واسطه تنش شوری مشاهده نمودند. توسعه سلولی برگ‌ها در تنش شوری کاهش یافته که این به دلیل پایین آمدن فشار پروتوپلاسم بوده و در نتیجه سطح برگ کاهش می‌یابد. کاهش وزن خشک ساقه به واسطه تنش شوری نیز توسط محققین زیادی در محصولات مختلف از جمله سویا گزارش شده است (۶). شوری همچنین باعث کاهش توده ریشه می‌شود.

واکنش محتوای کلروفیل در شرایط تنش نسبت به نرمال برای ژنوتیپ‌ها متفاوت بود و در دو سوم از آنها کاهش و در یک سوم از آنها افزایش نشان داد. ژنوتیپ‌های Pharaoh و Dobradzanka 285 به ترتیب دارای بالاترین و کمترین محتوای کلروفیل در شرایط تنش در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. ژنوتیپ‌های LYON، Cook و Colfax بیشترین افزایش محتوای کلروفیل و ژنوتیپ‌های Will، Winchester و L.87-0174 بیشترین کاهش محتوای

در ماش مشاهده نمود که یون سدیم تحت تنش شوری در ریشه افزایش نشان می‌دهد. لاجلی و وینکی (۲۹) در سویا مشاهده نمودند که ارقام متحمل به شوری به طور نسبی مقدار بالاتری از یون سدیم را در ریشه‌ها و مقدار کمتری از سدیم را در اندام هوایی خود نگهداری می‌کنند. اورکوت و نیلسون (۳۵) بیان نموده‌اند که بالا بودن نسبی میزان یون سدیم در ریشه نسبت به اندام هوایی نتیجه فرایند بازجذب می‌باشد. در خانواده بقولات بعضی از سلول‌های پارانشیمی به سلول‌های انتقال دهنده متمایز شده‌اند و یون سدیم را از جریان تعرق مجدد جذب می‌کنند (۳۱). جذب مجدد یون سدیم و انتقال آن به ریشه‌ها تنها در گونه‌های با تحمل نسبی به شوری مشاهده می‌شود.

محتوای پتاسیم در ریشه تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. ژنوتیپ‌های Clifford و Strong به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای پتاسیم در ریشه را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Strong، Katool و Lee بیشترین کاهش محتوای پتاسیم در ریشه و ژنوتیپ‌های Ito san، Kosamam و Clifford کمترین کاهش محتوای پتاسیم در ریشه را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. اسلام (۲۲) در ماش مشاهده نمود که تحت تنش شوری یون پتاسیم در ریشه کاهش نشان می‌دهد.

نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. ژنوتیپ‌های Cook و Ito san به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Colfax، Roanoke و Katool بیشترین کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی و ژنوتیپ‌های Kosamam، Tzi - Hua - N4 و Douglas کمترین کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. پندی و شارما (۳۶) گزارش کرده‌اند که اندام هوایی ارقام متحمل به شوری دارای نسبت سدیم به پتاسیم پایین تری نسبت به ارقام حساس می‌باشد.

نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. ژنوتیپ‌های Cook و L504 به ترتیب کمترین و بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Perry، Roanoke و Croton 3.9 بیشترین کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و ژنوتیپ‌های Kosamam، L504 و Clifford کمترین کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند.

نسبت جابجایی سدیم از ریشه به اندام هوایی تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها افزایش یافت. ژنوتیپ‌های Cook و Richland به ترتیب کمترین و بیشترین نسبت جابجایی سدیم از ریشه به اندام هوایی را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Colfax، L504 و Richland بیشترین افزایش نسبت جابجایی سدیم از ریشه

ترتیب کمترین و بیشترین محتوای سدیم در اندام هوایی را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Will، Strong و Kosamam کمترین افزایش محتوای سدیم در اندام هوایی و ژنوتیپ‌های Lee، Ito san و Roanoke بیشترین افزایش محتوای سدیم در اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص دادند. آلن و همکاران (۴) مشاهده کردند که تحت تنش شوری میزان یون سدیم در ساقه و برگ افزایش یافته است و در ژنوتیپ‌های حساس این افزایش بیشتر بوده است که این مطلب در سویا (۲۹) نیز گزارش شده است. فردوس و همکاران (۱۴) نتیجه گرفتند که تحت تنش شوری میزان سدیم در برگ و ساقه افزایش یافت. به نظر می‌رسد که بعضی از ژنوتیپ‌ها مانند LYON با این‌که مقدار بالایی از یون سدیم را در اندام هوایی خود ذخیره کرده‌اند ولی هیچ یا علائم اندکی از صدمه شوری در آنها مشاهده می‌شود که این مطلب نشان‌دهنده تحمل بافتی بالای این ارقام به شوری می‌باشد. بنابراین این ژنوتیپ‌ها بایستی دارای توانایی کاهش تجمع یون سدیم داخل سیتوپلاسم خود باشند و محتمل است که این ژنوتیپ‌ها یون سدیم را داخل واکوئل‌های خود تقسیم‌بندی کرده و بنابراین از اثرات سمی سدیم روی آنزیم‌های سیتوزل و واکنش‌های داخل آن اجتناب می‌کنند (۴۶).

تغییرات محتوای پتاسیم در اندام هوایی در شرایط تنش نسبت به نرمال برای ژنوتیپ‌ها متفاوت بود و در دو سوم از آنها افزایش و در یک سوم از آنها کاهش نشان داد. ژنوتیپ‌های Cook و Colfax به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای پتاسیم در اندام هوایی را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Vernal، Century 84 و Troll بیشترین افزایش محتوای پتاسیم در اندام هوایی و ژنوتیپ‌های Crawford، L.87-0174 و Colfax بیشترین کاهش محتوای پتاسیم در اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. عالم و همکاران (۴) مشاهده کرد که تحت تنش شوری میزان یون‌های پتاسیم و کلسیم در اندام هوایی کاهش یافته است. زو و همکاران (۵۲) مشاهده کردند که تنش شوری باعث کاهش میزان یون پتاسیم در اندام هوایی می‌شود. فردوس و همکاران (۱۴) تحت تنش شوری نتیجه گرفتند که میزان پتاسیم در برگ و ساقه کاهش یافت. میزان تجمع یون پتاسیم در بافت‌های گیاهی مهم‌ترین جزء در پتانسیل اسمزی سلول می‌باشد (۴۱). عدم تعادل یونی در سطح سلولی به دلیل تجمع بیش از اندازه یون‌های سدیم و کلر و کاهش بارگیری دیگر عناصر معدنی مانند پتاسیم، کلسیم و منگنز می‌باشد (۱۸).

محتوای سدیم در ریشه تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها افزایش یافت. ژنوتیپ‌های Cook و Richland به ترتیب بیشترین و کمترین محتوای سدیم در ریشه را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Roanoke، Perry و Troll بیشترین افزایش محتوای سدیم در ریشه و ژنوتیپ‌های Tzi - Hua - N4، Kosamam و L504 کمترین افزایش محتوای سدیم در ریشه را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند. اسلام (۲۲)

ژنوتیپ‌هایی که مقادیر بالا از یون سدیم در اندام هوایی خود دارند ولی دارای تحمل‌بافتی هستند را فراموش کرد. همان‌طور که در جدول پارامترهای آماری صفات مختلف (جدول ۵) مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌های مورد بررسی تنوع فنوتیپی خوبی را برای اکثر صفات مورد اندازه‌گیری نشان دادند. همه صفات مورد بررسی اثرات تیمار شوری را معنی‌دار نشان دادند. مقدار میانگین همه صفات تحت شرایط نرمال بالاتر از شرایط تنش بود بجز صفات شاخص صدمه شوری، میزان سدیم و پتاسیم در اندام هوایی، میزان سدیم در ریشه، میزان جابجایی سدیم و پتاسیم از ریشه به اندام هوایی. بر اساس نتایج حاصل از بررسی پارامترهای آماری در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بیشترین مقدار ضریب تنوع فنوتیپی مربوط به سطح برگ در شرایط تنش (۵۵/۳)، وزن تر ریشه در شرایط تنش (۴۵/۲۸)، وزن خشک ریشه در شرایط تنش (۳۷/۹۹) و شاخص صدمه شوری در شرایط تنش (۳۷/۹۹) و کمترین ضریب تنوع فنوتیپی مربوط به طول ریشه در شرایط نرمال (۱۱/۷) و محتوای کلروفیل در شرایط نرمال (۱۳/۳) بودند (جدول ۵).

به اندام هوایی و ژنوتیپ‌های Crawford، Strong و Troll کمترین افزایش نسبت جابجایی سدیم از ریشه به اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند.

نسبت جابجایی پتاسیم از ریشه به اندام هوایی تحت تنش شوری در همه ژنوتیپ‌ها افزایش یافت. ژنوتیپ‌های Korona B-57-54/41 و Troll به ترتیب کمترین و بیشترین نسبت جابجایی پتاسیم از ریشه به اندام هوایی را در شرایط تنش به خود اختصاص داده بودند. ژنوتیپ‌های Trol، Century 84 و Lee بیشترین افزایش نسبت جابجایی پتاسیم از ریشه به اندام هوایی و ژنوتیپ‌های Roanoke، Crawford و Winchester کمترین افزایش نسبت جابجایی پتاسیم از ریشه به اندام هوایی را در شرایط تنش نسبت به نرمال به خود اختصاص داده بودند.

بنابراین با توجه به نسبت‌های بدست آمده از یون‌های سدیم و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی، به نظر می‌رسد که هر چقدر میزان یون پتاسیم در اندام هوایی بیشتر باشد و ریشه اجازه انتقال کمتر یون سدیم به سمت اندام هوایی را بدهد، ژنوتیپ متحمل‌تر خواهد بود اما در این زمینه نباید

جدول ۵- پارامترهای آماری صفات مختلف در سویا تحت شرایط نرمال و تنش

Table 5. Statistical parameters of different traits of soybean in normal and stress conditions

انحراف معیار	درصد ضریب تغییرات	میانگین	حداکثر	حداقل	محیط	صفات
۱۴/۵۳	۲۰/۹۵	۶۹/۳۴	۱۰۲/۶۷	۴۲/۳۳	نرمال	ارتفاع اندام هوایی (سانتیمتر)
۵/۴۵	۲۵/۲۷	۲۱/۵۵	۳۷/۶۷	۱۳/۹۲	استرس	
۳/۵۵	۱۳/۳۳	۲۶/۶۵	۳۳/۷۳	۱۷/۶۵	نرمال	محتوای کلروفیل
۵/۱۴	۲۰/۵۶	۲۴/۹۹	۳۶/۱۳	۱۵/۸۵	استرس	
۰/۷۴	۳۰/۶۷	۲/۴۱	۳/۹۶	۱/۰۹	نرمال	وزن تر اندام هوایی (گرم)
۰/۳۴	۳۷/۰۳	۰/۹۱	۱/۶۷	۰/۱۶	استرس	
۲/۸۱	۱۱/۷	۲۳/۹۸	۳۳/۱۷	۱۸/۹۲	نرمال	طول ریشه (سانتیمتر)
۳/۰۲	۱۴/۶۴	۲۰/۶۶	۲۹/۰۸	۱۲/۷۵	استرس	
۰/۱۵	۳۵/۱۹	۰/۴۴	۰/۸۶	۰/۲	نرمال	وزن تر ریشه (گرم)
۰/۱۳	۴۵/۲۸	۰/۲۸	۰/۶۷	۰/۰۸	استرس	
۰/۵۳	۴۱/۱۵	۱/۰۳	۳	۱	نرمال	شاخص صدمه شوری
۱/۱۷	۳۷/۹۹	۳/۰۸	۵	۱	استرس	
۲۶/۸۲	۳۷/۳۵	۷۱/۸۱	۱۲۸/۰۵	۲۵/۳۹	نرمال	سطح برگ
۹/۵۸	۵۵/۳۲	۱۷/۳۳	۳۵/۴۷	۲/۱۵	استرس	
۰/۱۱	۳۶/۲۳	۰/۳۲	۰/۶۲	۰/۱۳	نرمال	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
۰/۰۴	۲۵/۸۷	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۰۹	استرس	
۰/۰۱	۳۶/۵۶	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۱	نرمال	وزن خشک ریشه (گرم)
۰/۰۱	۴۲/۲۶	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	استرس	
۰/۰۱	۱۴/۹۸	۰/۱	۰/۱۲	۰/۰۷	نرمال	میزان سدیم اندام هوایی (میلی مول بر گرم وزن خشک)
۰/۰۷	۱۶/۹۸	۰/۳۹	۰/۵۳	۰/۳۱	استرس	
۰/۰۲	۱۷/۷۷	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۰۸	نرمال	میزان پتاسیم اندام هوایی (میلی مول بر گرم وزن خشک)
۰/۰۱	۹/۵	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۲	استرس	
۰/۰۲	۲۲/۲۶	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۷	نرمال	میزان سدیم ریشه (میلی مول بر گرم وزن خشک)
۰/۰۵	۱۵/۹۱	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۲۱	استرس	
۰/۰۲	۱۱/۷۴	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۳	نرمال	میزان پتاسیم ریشه (میلی مول بر گرم وزن خشک)
۰/۰۱	۵/۷۳	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱	استرس	
۰/۳۱	۲۳/۹۱	۱/۳۱	۱/۹۱	۰/۷۶	نرمال	نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی
۰/۰۶	۱۳/۷۵	۰/۳۵	۰/۵۴	۰/۳۷	استرس	
۰/۴۵	۲۵/۳۷	۱/۸۵	۲/۸۷	۰/۹۶	نرمال	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه
۰/۰۸	۱۷/۷۵	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۲۸	استرس	
۰/۲۳	۲۲/۸۵	۱/۰۷	۱/۳۷	۰/۵۳	نرمال	نسبت جابجایی سدیم از ریشه به اندام هوایی
۰/۲۱	۸/۸۴	۱/۴۴	۱/۹	۰/۷۲	استرس	
۰/۰۸	۱۰/۲۸	۰/۷۵	۰/۹۸	۰/۵۱	نرمال	نسبت جابجایی پتاسیم از ریشه به اندام هوایی
۰/۱۳	۱۱/۰۲	۱/۲۲	۱/۵۸	۱/۰۳	استرس	



Korona جز حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص تحمل به شوری شناخته می‌شود که در تحقیقات سایر محققین نیز این ژنوتیپ جز ژنوتیپ‌های حساس به تنش‌های زیستی شناخته شده (۵۰).

به هر حال عملکرد و تحمل به تنش‌های زیستی دو مقوله جدا از هم می‌باشند و ژنوتیپ‌هایی هستند که تحمل خوبی به تنش‌های زیستی داشته ولی عملکرد خوبی ندارند و اصولاً اصلاحگران ژنوتیپ‌هایی را به عنوان متحمل نام می‌برند که عملکردشان در شرایط تنش و نرمال تغییرات کمتری داشته باشد. اما در کنار این دسته ژنوتیپ‌های غیر متحملی می‌تواند وجود داشته باشد که پتانسیل عملکرد بالاتری نسبت به ارقام متحمل داشته و با وجود این که در شرایط تنش کاهش عملکرد نشان می‌دهند و نسبت کاهش عملکرد آنها بیشتر از ارقام متحمل می‌باشد ولی با این وجود باز پتانسیل عملکردشان در شرایط تنش بیشتر از عملکرد ارقام متحمل می‌باشد و آنها را می‌توان در اولویت کشت در این محیط قرار داد.

#### بررسی پایداری ژنوتیپ‌های مورد بررسی

##### الف- بررسی چندین ژنوتیپ در یک محیط:

بر اساس آنالیز مجموع کل وزن تر گیاه (اندام هوایی و ریشه) همان‌طور که مشاهده می‌شود بهترین ژنوتیپ‌ها در محیط تنش شوری به ترتیب عبارتند از Will, Vernal, Lee, Century 84, LYON, Douglas, SG13, Winchester Strong و Crawford (شکل ۱-۳). همچنین بر اساس مجموع کل وزن خشک گیاه همان‌طور که مشاهده می‌شود (شکل ۲-۳) بهترین ژنوتیپ‌ها در محیط تنش شوری به ترتیب عبارتند از Lee, L.87-0174, Douglas, Colfax, Century 84, LYON, SG13, Vernal و Crawford.

##### ب- رده‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد و پایداری

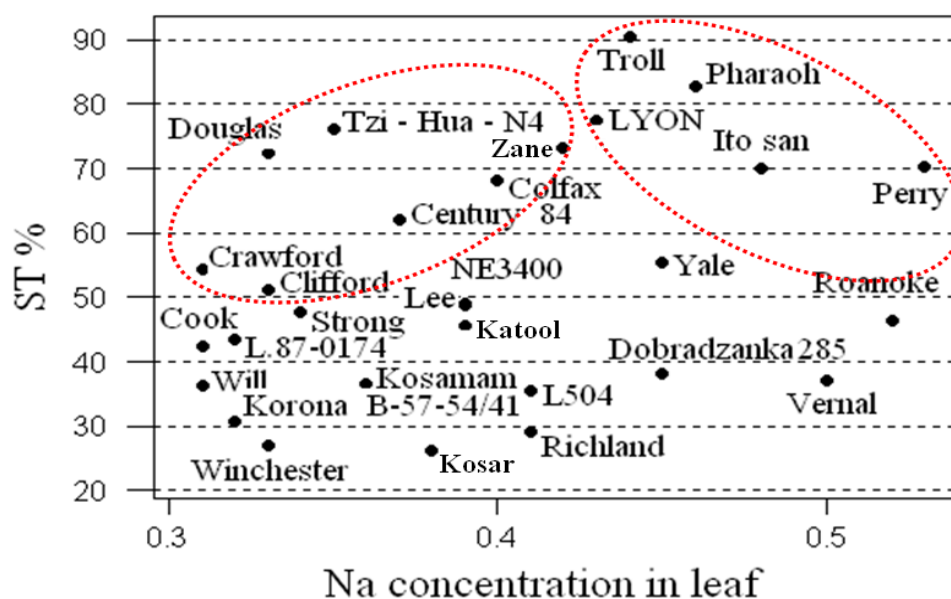
در شکل ۳-۳ با توجه به مجموع کل وزن تر گیاه رقمی را بایستی انتخاب نمود که نزدیک‌ترین فاصله را به مرکز دواپر متحدالمرکز داشته و همچنین تصویر آن روی خط سبز تقریباً صفر باشد، ژنوتیپ Winchester و ژنوتیپ SG13 به مرکز نزدیکتر هستند و بنابراین ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ (پایدارترین با وزن تر بالاتر) می‌باشد و ژنوتیپ Lee با اینکه عملکرد تر بیشتری دارد ولی پایداری کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های مذکور دارد. همچنین در شکل ۴-۳ بر اساس مجموع کل وزن خشک گیاه ژنوتیپ SG13 و ژنوتیپ Vernal به مرکز نزدیکتر هستند و بنابراین ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ (پایدارترین با وزن خشک بالاتر) می‌باشد و ژنوتیپ‌های Winchester, Lee و L.87-0174 با اینکه وزن خشک بالاتری دارند ولی پایداری کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های فوق دارند.

میزان تغییرات ارتفاع اندام هوایی نسبت به ریشه بیشتر بود. در گیاهانی مثل لوبیا، تربیتکاله و آفتابگردان رشد ریشه حساس‌تر از ساقه در تنش شوری می‌باشد اما در مورد سویا مشاهده شده که تغییرات اندازه اندام هوایی نسبت به شوری در مقایسه با ریشه‌ها بیشتر است و به نظر می‌رسد ریشه‌ها به شوری تحمل بیشتری نشان می‌دهند (۱۳). یکی از دلایل کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی می‌تواند بروز تنش خشکی در گیاه باشد. شوری می‌تواند باعث ایجاد کمبود آب حتی در خاک‌های با رطوبت کافی شود که این امر به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی در عصاره خاک و در نتیجه مشکل شدن جذب آب توسط ریشه‌ها از محیط اطراف می‌شود (۲۳). یکی از دلایل کاهش در رشد گیاه در شرایط شوری می‌تواند کاهش اسمزی آب موجود باشد که باعث افزایش مقاومت روزه‌ها شود. کاهش در رشد گیاه به عنوان نتیجه‌ای از تنش شوری در گیاهان مختلف گزارش شده است (۴۷). شیرین و انصاری (۴۴) گزارش کردند تنش شوری با کاهش محتوی نسبی آب بافت اندام هوایی چند رقم سویا سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی آنها شد، به طوری که بین سطوح شوری و کاهش وزن اندام هوایی رابطه مثبتی مشاهده شد که این مطلب توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۱).

همانند نتایج این آزمایش، مطالعه دلگادو و همکاران (۱۱) نشان داد که شوری سبب کاهش ارتفاع اندام هوایی در ارقام سویا شد. ایشان این کاهش ارتفاع بوته را ناشی از کاهش پتانسیل آب گیاه، کاهش فتوسنتز و اختلال در تولید ماده خشک دانستند.

##### بررسی نوع تحمل ژنوتیپ‌های مختلف

با استفاده از شاخص تحمل به شوری یا ST (نسبت وزن خشک اندام هوایی در محیط تنش تقسیم بر محیط نرمال ضربدر ۱۰۰) و میزان سدیم اندام هوایی تحت محیط تنش می‌توان بای‌پلاتی بدست آورد (شکل ۲) که از طریق آن ژنوتیپ‌های مورد بررسی را تفکیک نمود (۴۳). هرچه میزان ST بالاتر و میزان غلظت سدیم اندام هوایی پایین‌تر باشد می‌توان نتیجه گرفت که آن ژنوتیپ متحمل‌تر به شوری می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌هایی مانند Douglas - Tzi - Hua, Century 84, Zane, Colfax, N4 و Crawford می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط گلخانه‌ای شناخته شوند. از طرفی اگر مقدار ST و میزان سدیم اندام هوایی هر دو بالا باشد می‌تواند نشان دهنده تحمل بافتی بهتر آن ژنوتیپ باشد، از این‌رو ژنوتیپ‌هایی مانند Pharaoh, Troll, LYON, Ito san و Perry می‌توانند دارای مکانیسم موثری برای تحمل بافتی به تنش شوری باشند و بنابراین می‌توانند منابع بالقوه‌ای برای ژن‌های جدید برای تحمل به شوری باشند. همان‌طور که مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌هایی مانند



شکل ۲- تفکیک ژنوتیپ ها بر اساس شاخص تحمل به شوری و میزان سدیم اندام هوایی  
Figure 2. Differentiation of genotypes based on salinity tolerance index and sodium content of shoots

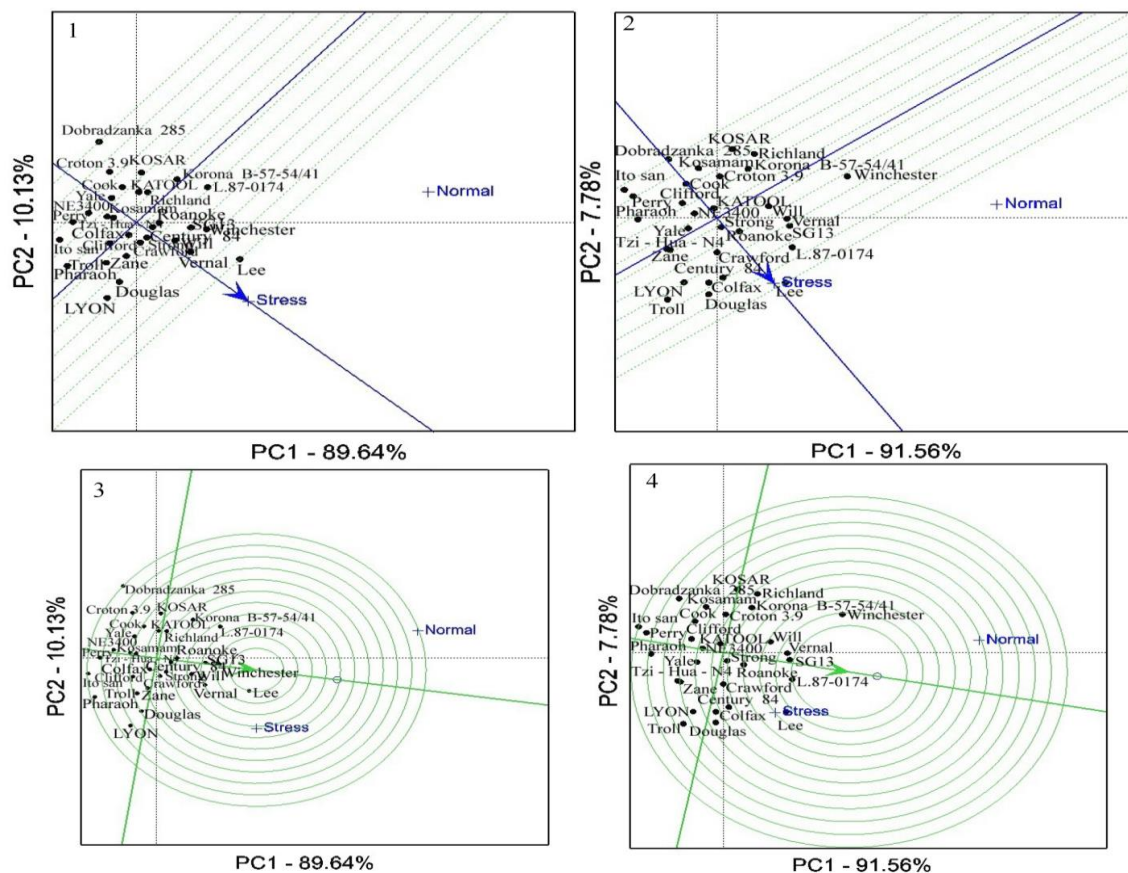
### نتیجه گیری

از دیدگاه اصلاحی عملکرد به عنوان شاخصی است که در نهایت در انتخاب ارقام موثرترین صفت به شمار می رود و تحمل به تنش های زیستی به تنهایی آنقدر قابل توجه نیست. در این آزمایش وزن تر و خشک مهم ترین صفات در انتخاب ارقام بودند و ژنوتیپ های که بیشترین وزن تر و خشک را در محیط تنش داشتند به عنوان ژنوتیپ های متحمل تر به تنش شوری به شمار آمدند. به طور کلی می توان نتیجه گیری نمود که ژنوتیپ هایی مانند Lee، SG13، Vernal، Will، Century 84، LYON، Douglas، Winchester

Strong، L.87-0174 و Crawford به دلیل بالاتر بودن بیوماس تولیدی در شرایط تنش که نشان دهنده برتری ژن های آنها می باشد از جمله ژنوتیپ هایی هستند که از آنها می توان به عنوان والدین در بلوک های دورگ گیری به منظور بهبود تحمل به شوری ارقام جدید استفاده نمود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر به خاطر تامین هزینه های این پروژه (طرح پژوهشی ۹۵۱۴۸-۰۳-۰۳) صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد.



شکل ۳ - بررسی پایداری ژنوتیپ‌های مورد بررسی  
Figure 3. Evaluation of the stability of the studied genotypes

## منابع

1. Abd-Elsamad, H.M. and M.A.K. SHaddad. 1996. Salt tolerance of Soybean cultivars. Biological Plantarium, 39(2): 263-269.
2. Agarwal, N., A. Kumar, S. Agarwal and A. Singh. 2015. Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) cultivars under salinity stress during early vegetative growth. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4(2): 123-134.
3. Aini, N., S. Syekhfani, W.S.D. Yamika and A. Setiawan. 2015. Growth and physiological characteristics of soybean genotypes (*Glycine max* L.) toward salinity stress. AGRIVITA, Journal of Agricultural Science, 36(3): 201-209.
4. Alam, S.M., R. Ansari, S.M. Mujtaba and A. Shereen. 2001. Salinization of million of hectares of land continues to reduce crop productivity severely worldwide. In: Saline lands and Rice: Industry & Economy. Pakistan Economist, 17: 60-71.
5. Allen, S.G., A.K. Doberanze and P.G. Bartels. 1986. Physiological response of salt tolerant and nontolerant alfalfa to salinity during germination. Crop Science, 26: 1004-1008.
6. Anitha, T. and R. Usha. 2012. Effect of salinity stress on physiological, biochemical and antioxidant defense systems of high yielding cultivars of soybean. International Journal of Pharma and Bio Sciences, 3(4): 851-864.
7. Ashraf, M., T. McNeilly and A.D. Bradshaw. 1986. The potential for evolution of salt (NaCl) tolerance in seven grass species. New Phytologist, 103: 299-309.
8. Chinusamy, V., A. Jagendorf and J.K. Zhu. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science, (45): 437-448.
9. Cho, J.W., C.S. Kim and D.S. Jung. 2002. Effect of NaCl Stress on Inorganic Ion, L-Proline, Sugar and Starch Content of Soybean Seedlings. Korean Journal of Crop Science, 47(2): 75-79.
10. Cramer, G.R., G.J. Alberico and C. Schmidt. 1994. Lead expansion limits dry matter accumulation of salt-stressed maize. Australian Journal of Plant Physiology, 21: 663-674.

11. Delgado, M.J., F. ligero and C. Liuch. 1994. Effect of salt stress on growth and N fixation in by pea, soybean and faba bean plants. *Soil Bio and Biochemistry*, 26: 371-376.
12. Dong Lee, J., S.L.D. Smothers, M. Dunn, C.R. Villagarcia, T.E. Shumway, J. Carter and J.G. Shanon. 2008. Evaluation of simple method to screen soybean genotypes for salt tolerance. *Crop Science*, (48): 2194- 2200.
13. Essa, T.A. 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L.Merril) cultivars. *Agronomy and Crop science*, 188: 86-93.
14. Ferdous, J., M.A. Mannan, M.M. Haque, M.A.A. Mamun and M.S. Alam. 2018. Chlorophyll content, water relation traits and mineral ions accumulation in soybean as influenced by organic amendments under salinity stress. *Australian Journal of Crop Science*, 12(12): 1806.
15. Ghassemi-Golezani, K., M. Taifeh-Noori, S. Oustan and M. Moghaddam. 2009. Response of soybean cultivars to salinity stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(2): 401-404.
16. Ghassemi-Golezani, K., M. Taifeh-Noori, S. Oustan and S. Seyyed Rahmani. 2011. Physiological performance of soybean cultivars under salinity stress. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 1: 1-8.
17. Hamwieh, A. and D. Xu. 2008. Conserved salt tolerance quantitative trait locus (QTL) in wild and cultivated soybeans. *Breeding Science*, 58(4): 355-359.
18. Hasegawa, P.H., R.A. Bressan, J.K. Zhu and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 51: 463-499.
19. Hoagland, D. and D. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Circular. California agricultural experiment station, 347(2<sup>nd</sup> edit).
20. Hosseini, M.K., A.A. Powell and I.J. Bingham. 2002. Comparison of the seed germination and early seedling growth of soybean in saline conditions. *Seed Science Research*, 12: 165-172.
21. Hussain, T., A. Iqbal, I. Amir and Z.A. Swati. 2013. Chlorophyll-based secreening for salinity tolerance in whea genotypes. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 8 (8): 596-598.
22. Islam, M.S. 2001. Morpho-Physiology of blackgram and mungbean as influenced by salinity. An M. S. Thesis. Dept. of Agronomy, BSMRAU, Salna, Gazipur, 87pp.
23. Jaleel, C.A., R. Gopi, P. Manivannan and R. Panneerselvam. 2007. Antioxidative potentials as a protective mechanism in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Plants under salinity stress. *Turkish Journal of Biology*, 31: 245-251.
24. Kao, W.Y., T.T. Tsai, H.C. Tsai and C.N. Shih. 2006. Response of three Glycine species to salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 56(1): 120-125.
25. Karim, M.A., N. Utsunomiya and S. Shigenaga. 1992. Effect of sodium chloride on germination and growth of hexaploid triticale at early seedling stage. *Japanese Journal of Crop Science*, 61(2): 279-284.
26. Khan, M.S.A., M.A. Karim, M.M. Haque, A.J.M.S. Karim and M.A.K. Mian. 2013. Screening of soybean genotypes for salt tolerance in hydroponics .*Bangladesh Agronomy Journal*, 16(1): 95-104.
27. Kristiono, A., R.D. Purwaningrahayu and A. Taufiq. 2013. Response of soybean, groundnut and mungbean crops to salinity stress. *Buletin Palawija*, 26: 45-60. [Indonesia]
28. Kumar, A. and B.K. Sharma. 1990. Specific ion effect on germination and seedling growth of wild canary grass (*Phalaris minor* (L.) Retz). *Advances in plant sciences*, 3: 321-325.
29. Lauchli, A. and J. Wieneke. 1979. Studies on growth and distribution of Na, K and Cl in soybean varieties differing in salt tolerance. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 142(1): 3-13.
30. Lee, G.J., T.E. Carter, M.R. Jr, Z. Villagarcia, X. Li, M. Zhou, O. Gibbs and H.R. Boerma. 2004. A major QTL conditioning salt tolerance in S-100 soybean and descendent cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 109: 1610-1619.
31. Matsushita, N. and T. Matoh. 1992. Function of the shoot base of salt tolerance reed plants from Na+ exclusion from the shoots. *Soil Science and Plant Nutrition*, 38: 565-571.
32. Muhammad, M., M.A.T. Chowdhury and I. Sarwar. 2007. Floristic condition and species distribution in Sundarban mangrove forest community, Bangladesh. *Journal of Biosciences*, 7(2): 384-388.
33. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167 (3): 645-663.
34. Ohashi, Y., H. Saneoka and K. Fujita. 2000. Effect of water stress on growth, photosynthesis, and photoassimilate translocation in soybean and tropical pasture legume siratro. *Soil Science and Plant Nutrition*, 46(2): 417-425.
35. Orcutt, M.D. and E.T. Nilsen. 2000. Salinity Stress. In: *The Physiology of plants under stress*. pp. 177-234. John Wiley and Sons, Inc. New York.
36. Pandey, U.K. and A.P. Sharma. 2002. Effect of salinity on potassium, calcium and magnesium content in rice varieties. *Indian Journal of Plant Physiology*, 73(3): 302-304 .
37. Philip, J. and R. Broadley. 2001. Chloride in soils and its uptake and movement with the plant: A review. *Annals of Botany*, 88: 967-988.
38. Purwaningrahayu, R.D. and N. Aini. 2015. Resistance level of some soybean (*Glycine max* L. Merr) genotypes toward salinity stress. *Journal of Biological Researches*, 20: 7-14.

39. Putri, P.H., G.W.A. Susanto and R. Artari. 2017. Response of soybean genotypes to salinity in germination stage. Nusantara Bioscience, 9(2): 133-137.
40. Rahi, A., H. Najafi Zarini, G. Ranjbar and M. Ghajar Spanlou. 2020. Evaluation of Tolerance of Some Soybean Genotypes to Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 11(32): 100-115.
41. Reggiani, R., S. Bonzo and A. Bertani. 1995. The effect of salinity on early seedling growth of seeds of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science, 75: 175-177.
42. Sharif, M., M. Ghorbanli and H. Ebrahimzadeh. 2007. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology, 164: 1144-1151.
43. Shavrukov, Y., N. Shamaya, M. Baho, J. Edwards, C. Ramsey, E. Nevo, P. Langridge and M. Tester. 2011. Salinity tolerance and Na<sup>+</sup> exclusion in wheat: variability, genetics, mapping populations and QTL analysis. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 47: S85-S93.
44. Shereen, A. and R. Ansari. 2001. Salt tolerance in soybean: Effect on growth and water relationship in soybean seedling. Pakistanian Journal of Biological Science, 4(10): 1212-1214.
45. Sidhikki, S.A., S.G. Wagh, R.S. Sul, K.R. Pawar and S.N. Harke. 2020. Comparative Studies among Different Genotypes of Soybean (*Glycine max* L.) against Salinity Stress. Current Journal of Applied Science and Technology, 39(6): 91-100.
46. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na tolerance and Na transport in higher plants. Annals of Botany, 91(5): 503-527.
47. Valencia, R., P. Chen, T. Ishibashi and M. Conatser. 2008. A rapid and effective method for screening salt tolerance in soybean. Crop Science, 48(5): 1773-1779.
48. Wang, J., M. Van Ginkel, D. Podlich, Y.G. Trethowan and W.R. Pfeiffer. 2003. Comparison of two breeding strategies by computer simulation. Crop Science, 43: 1764-1773.
49. Xu, Y.F., D.G. An, D.C. Liu, A.M. Zhang, H.X. Xu and B. Li. 2012. Mapping QTLs with epistatic effects and QTL  $\times$  treatment interactions for salt tolerance at seedling stage of wheat. Euphytica, 186: 233-245.
50. Yahoeyan, S.H. and P. Arvin. 2019. Evaluation of Soybean (*Glycin max* L.) Genotypes under Drought Stress using Total Ranking Index (TRI). Journal of Crop Breeding, 10(28): 83-92.
51. Yamaguchi, T. and E. Blumwald. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends in plant science, 10(12): 615-620.
52. Zhu, G.Y., J.M. Kinet and S. Lutts. 2001. Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) F3 populations selected for salt resistance. I. Physiological behaviour during vegetative growth. Euphytica, 121: 251-263.

## Screening of Soybean Genotypes at Seedling Stage under Salinity Stress

Bahram Masoudi<sup>1</sup>

1- Assistant Professor and Expert, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran  
(Corresponding Author: bmasoudi@gmail.com)

Received: January 30, 2021

Accepted: April 16, 2021

### Abstract

In order to understand the response of soybean genotypes to salinity stress, thirty soybean genotypes were evaluated in two separate experiments for normal (control, zero salinity) and salinity treatments (150 mM sodium chloride) in hydroponic culture medium containing Hoagland nutrient solution with 3 replications at the greenhouse. The studied traits in this study were leaf area, shoot height, root length, fresh and dry weight of shoot and root, chlorophyll content (SPAD value), salt injury index, sodium and potassium in the shoot and root, the ratio of potassium to sodium of shoot and root, and the ratio of root to shoot Na and K ion translocation. Simple analysis of variance as well as combined analysis of lines and cultivars showed that the studied lines were significantly different from each other in terms of all studied traits at seedling stage, also, the interaction between genotype and environment was significant for most traits, indicating that the responses of cultivars and lines to salinity is different. Most of the studied traits showed a decrease compared to normal under stress conditions, except for salt injury index, sodium and potassium content in shoots, sodium content in roots, and the ratio of root to shoot Na and K ion translocation. Based on the results of statistical parameters among the studied genotypes, the highest coefficient of phenotypic diversity were related to leaf area under stress (55.3), fresh root weight under stress (45.28), root dry weight under stress (42.26) and salt injury index under stress (37.99). The lowest coefficients of phenotypic diversity were related to root length under normal conditions (11.7) and chlorophyll content under normal conditions (13.3). The stability analysis of studied genotypes showed that cultivars such as Lee, SG13, Vernal, Will, Winchester, Douglas, LYON, Century 84, Strong, L.87-0174 and Crawford are among the lines that can be used as parents in hybrid blocks to improve salinity tolerance of new cultivars.

**Keywords:** Biplot analysis, Hydroponics, Salinity stress, Sodium and potassium content, Soybean