دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

به‌گزینی ژنوتیپ‌های نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) برای تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای

جعفر نباتی[۱]، رضوان رمضان‌نژاد[۲] و محمد زارع مهرجردی[۳]

۱- استادیار گروه بقولات، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، (نویسنده مسوول: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)
۲- دکتری زیست‌شناسی، جهاد دانشگاهی، خراسان رضوی
۳- دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۰
صفحه: ۲۰۵ تا ۲۱۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: نخود گیاهی با ارزش غذایی و اقتصادی بالا ولی حساس به تنش شوری است. امروزه، پژوهش‌های زیادی به‌منظور شناخت ارقام متحمل به تنش شوری نخود در راستای افزایش عملکرد آن در خاک‌های شور صورت گرفته است. با توجه به اهمیت این محصول، لزوم کشت آن در مناطق کمتر حاصلخیز به‌منظور افزایش پایداری و حاصلخیزی خاک و از طرفی کمبود ارقام نخود مقاوم به شوری گزینش ارقام مقاوم به شوری ضروری است. لذا در پژوهش حاضر، ۷۲ ژنوتیپ نخود تیپ کابلی انتخاب و از لحاظ میزان تحمل در برابر تنش شوری مورد بررسی و گزینش قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، بذر ۷۲ ژنوتیپ نخود تیپ کابلی از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و در شرایط هیدروپونیک در گلخانه کشت شدند. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار با اعمال تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم از یک هفته بعد از سبز شدن انجام شد. چهار هفته بعد از شروع تنش، صفات مختلف آن مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: ژنوتیپ‌ها بر اساس بقاء در سه گروه اول (۱۰۰-۷۶ درصد)، دوم (۷۵-۵۱) و سوم (۵۰-۲۶) دسته‌بندی شدند. نتایج نشان داد که ۵۳ ژنوتیپ (معادل ۷۴ درصد) در محدوده بقای بیشتر از ۷۶ درصد قرار گرفتند و بخش عمده آن‌ها دارای بقای ۱۰۰ درصد بودند. همچنین، هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها بقای کمتر از ۲۵ درصد نداشت. بیشتر ژنوتیپ‌ها در زمان برداشت در مرحله رویشی قرار داشتند و تنها ژنوتیپ‌های MCC1299، MCC1254، MCC1134، MCC1058 و MCC1037 در مرحله گلدهی بودند و دامنه بقای بیشتر از ۷۵ درصد داشتند. با افزایش درصد بقاء، تعداد شاخه‌های فرعی افزایش یافت. درصد بقاء برگ در دامنه بقاء ۵۱–۷۵ درصد بیشترین مقدار این شاخص (۷۶/۷۸ درصد) را نشان داد. در دامنه بقاء ۵۱-۷۵ درصد بیشترین مقدار سدیم (۱۱/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) مشاهده شد. اما، مقدار پتاسیم با افزایش درصد بقاء کاهش معنی‌داری نشان داد. با افزایش درصد بقاء، میزان ماده خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و از ۲۶–۵۰ به ۵۱–۷۵ و ۷۶–۱۰۰ درصد به‌ترتیب به ۱/۶ و ۱/۸ برابر رسید. نتایج تجزیه خوشه‌ای بیانگر برتری نسبی ژنوتیپ‌های گروه چهارم شامل MCC1058، MCC1291 و MCC1296 در بیشتر صفات مورد مطالعه بود.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن ژنوتیپ‌های متعلق به گروه چهارم به‌منظور استفاده از صفات برتر آن‌ها در تحمل به تنش شوری است.

واژه‌های کلیدی: بقاء، پتاسیم، تجزیه خوشه‌ای، سدیم، هیدروپونیک

مقدمه

امروزه، تنش شوری به یک معضل جهانی در حال گسترش برای تولید محصولات زراعی تبدیل شده است. بر اساس تعریف، خاک شور به خاکی گفته می‌شود که در منطقه ریشه گیاه و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، دارای هدایت الکتریکی (EC) بیش از چهار دسی زیمنس بر متر (حدود ۴۰ میلی‌مولار NaCl)، تنش اسمزی ۰/۲ مگاپاسکال (۲۸) و همچنین، ۱۵ درصد سدیم تبادلی باشد (۲). شوری خاک به دلیل شیوه‌های ضعیف آبیاری، استفاده نادرست از کودها و آلودگی‌های صنعتی در حال افزایش است (۲۲). تنش شوری، به‌واسطه یون‌های مختلفی مانند سدیم، کلر، سولفات، کربنات، کلسیم، منیزیم، نیترات و پتاسیم (۵) بر عملکرد گیاهان تأثیرگذار است. در این میان، کلریدسدیم یکی از مهم‌ترین ترکیب‌های ایجادکننده تنش شوری است که از طریق القاء تنش اسمزی، سبب بروز تنش خشکی نیز در گیاهان می‌شود (۱). در مواجهه با تنش شوری، معمولاً، سه تنش اسمزی، یونی و ثانویه (به‌ویژه تنش اکسیداتیو) در گیاهان رخ می‌دهد (۱۸) که اختلال در فرآیندهای متابولیکی گوناگون و درنهایت کاهش عملکرد گیاهان را سبب می‌شود (۶). تنش‌های شدید اسمزی و یونی، از جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاهان جلوگیری می‌کند (۱۹). آثار سوء تنش اسمزی در ابتدای قرار گرفتن ریشه گیاه در محیط شوری بروز می‌کند، که علائم آن به‌صورت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز، کاهش سوخت‌وساز و تقسیم سلولی، کاهش سرعت رشد اندام‌های هوایی و کاهش عملکرد زیستی گیاه است. اثر تنش یونی در مراحل بعدی بروز کرده و بر تنش اسمزی افزوده می‌شود (۱۷)؛ بنابراین، گیاهان در معرض تنش شوری باید فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خود را در جهت حفظ هوموستازی یونی، اسمز و کاهش سمیت تنظیم کنند (۳۰،۲۷).

نخود (*Cicer arietinum* L.) به‌عنوان دومین محصول زراعی مهم در گروه حبوبات، منبع غذایی بسیار ارزشمندی برای میلیون‌ها انسان در جهان است (۳۱). همچنین، نخود به علت همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم، به تثبیت نیتروژن در خاک و حاصلخیزی آن کمک می‌کند (۴). بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی تولید جهانی نخود در دنیا ۱۲ میلیون تن در سال است (۸). بر اساس آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۹، سطح زیر کشت نخود در ایران معادل ۵۳۵ هزار هکتار است (۱۳). باوجود مزایای بسیار زیاد، نخود، این گیاه به تنش شوری حساس است (۲۱). پژوهشگران نشان دادند که در شرایط تنش شوری، بسیاری از شاخص‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی نخود کابلی مانند شاخص پایداری غشاء، وزن خشک اندام هوایی کاهش و تجمع یون سمی سدیم و همچنین کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت (۹،۲۱). همچنین عنوان شده است که کاهش

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

فعالیت کیناز وابسته به سایکلین با کاهش تقسیم سلولی و رشد سلول سبب کاهش رشد گیاه نخود و وزن ماده خشک شده که به دنبال آن ارتفاع اندام هوایی و زیست‌توده نیز کاهش می‌یابد (۳۲). پژوهشگران عنوان کرده‌اند که هر چه مدت‌زمان در معرض بودن گیاه نخود با تنش شوری بیشتر شود، درصد بقاء برگ نیز کاهش می‌یابد (۲۱،۲۳).

امروزه، تلاش‌های زیادی به‌منظور شناخت ارقام متحمل به تنش شوری نخود در راستای افزایش عملکرد آن در خاک‌های شور صورت گرفته است (۲۱). به‌طورکلی با توجه به ارزش اقتصادی نخود شامل اهمیت نخود به‌عنوان یک منبع غذایی مفید و مهم برای انسان، لزوم کشت نخود در مناطق کمتر حاصلخیز به‌منظور افزایش پایداری و حاصلخیزی خاک و کمبود ارقام نخود مقاوم به شوری گزینش ارقام مقاوم به شوری ضروری است. لذا در پژوهش حاضر، ۷۲ ژنوتیپ نخود تیپ کابلی از لحاظ میزان تحمل در برابر تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای مورد بررسی و گزینش قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، بذر ۷۲ ژنوتیپ نخود تیپ کابلی از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و در شرایط هیدروپونیک در گلخانه کشت شدند. پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم انجام شد.

قبل از انتقال بذور به محیط هیدروپونیک، آن‌ها به مدت ۷۲ ساعت در ژرمیناتور جوانه‌دار شدند. سپس، بذرهای جوانه‌زده به گلخانه با متوسط دمای ۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد انتقال یافته و در جعبه‌های پلاستیکی با طول ۷۰، عرض ۵۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر حاوی ماسه کشت شدند. در هر جعبه شش ژنوتیپ و از هر ژنوتیپ ۱۰ عدد بذر در هر تکرار کشت گردید. یک هفته بعد از سبز شدن، تنش شوری (کلرید سدیم) اعمال شد. تغذیه با استفاده از محلول غذایی هوگلند (۱۲) صورت گرفت. سامانه تغذیه به‌صورت بسته اعمال شد، محلول غذایی به‌صورت هفتگی جایگزین و میزان شوری محلول غذایی به‌صورت روزانه با استفاده از هدایت سنج الکتریکی پایش و تنظیم گردید. با توجه به اینکه محلول هوگلند به‌واسطه دارا بودن عناصر غذایی حدود دو دسی‌زیمنس بر متر هدایت الکتریکی ایجاد می‌کند، مجموع هدایت الکتریکی محلول غذایی و تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر رسید.

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، برخی از ویژگی‌های گیاه شامل درصد بقاء بوته و برگ، مرحله رشدی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، شاخص پایداری غشاء (MSI) و میزان سدیم و پتاسیم اندام هوایی و نسبت آن‌ها سنجش شد.

درصد بقاء بوته

برای محاسبه درصد بقاء، تعداد بوته‌های سبز شده قبل از اعمال تنش شوری و تعداد بوته‌های زنده چهار هفته پس از اعمال تنش شمارش شد. با استفاده از معادله ۱ درصد بقاء محاسبه شد (۲۱).

معادله (۱)

۱۰۰ × (تعداد بوته قبل از تنش / تعداد بوته چهار هفته بعد از تنش) =درصد بقاء

در ادامه ژنوتیپ‌ها بر اساس درصد بقاء در چهار گروه ۲۵-۰، ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ طبقه‌بندی شدند (۲۱).

درصد بقاء برگ

برای محاسبه درصد بقاء برگ، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری تعداد برگ‌های باقیمانده و ریزش کرده بوته شمارش و با استفاده از معادله ۲ درصد بقاء برگ محاسبه شد (۲۱).

معادله (۲)

۱۰۰ × (تعداد کل / تعداد برگ باقیمانده) = درصد بقاء برگ

مرحله رشدی

قبل از برداشت مرحله رشدی گیاهان شامل قبل از گلدهی:۱ و زمان گلدهی:۲ تعیین شد.

شاخص پایداری غشاء

برای اندازه‌گیری شاخص پایداری غشاء، نمونه‌گیری از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته انجام شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای اتاق نگهداری شد و بعد از آن میزان نشت الکترولیت‌ها با استفاده از دستگاه رسانایی سنج الکتریکی (مدل Jenway) اندازه‌گیری و به‌عنوان EC_1 ثبت شد. به‌منظور تعیین میزان نشت الکترولیت‌ها نمونه‌ها در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. پس از کاهش دما مجدداً هدایت الکتریکی آن‌ها تحت عنوان EC_2 اندازه‌گیری و ثبت شد. در ادامه شاخص پایداری غشاء با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد (۲۴).

معادله (۳)

شاخص پایداری غشاء = $[1-(EC_1/EC_2)] \times 100$

سدیم و پتاسیم

میزان سدیم و پتاسیم اندام‌های هوایی با استفاده از ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب شده که به‌مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک غلیظ هضم و یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته بودند، با دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway-UK) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم تعیین شد (۲۸).

تجزیه و تحلیل آماری

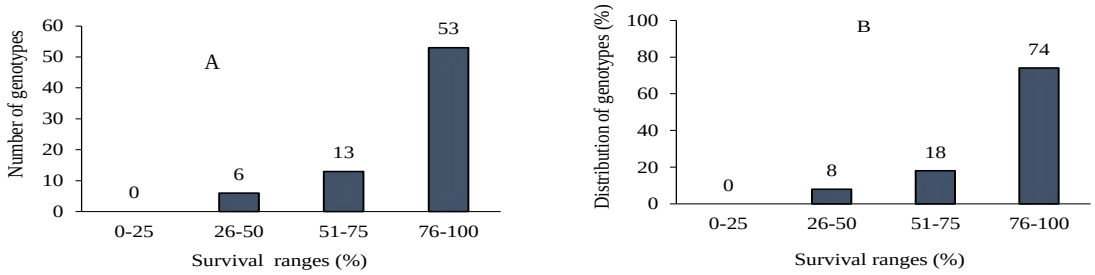
آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها در تمامی صفات به جز صفت مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ و تجزیه خوشه‌ای به روش Ward، تجزیه به عامل‌ها، همبستگی بین صفات و ترسیم نمودارهای دوبعدی با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۱۹ و STATISTICA انجام شد. برای تأیید صحت گروه‌بندی انجام شده، از تجزیه واریانس چند متغیره، تجزیه تابع تشخیص با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد. همچنین برای بررسی تفاوت گروه‌ها ازلحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

نتایج و بحث

ژنوتیپ‌های نخود کابلی چهار هفته پس از اعمال تنش شوری تفاوت معنی‌داری از نظر درصد بقاء بوته نشان دادند (جدول‌های ۱، ۲ و ۳). در میان ۷۲ ژنوتیپ مورد بررسی، ۵۳ ژنوتیپ بقای بالاتر از ۷۶ درصد داشتند (شکل ۱–A) که ۷۴ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شدند (شکل ۱–B). از میان ژنوتیپ‌هایی که درصد بقاء بالاتر از ۷۵ درصد داشتند، ۲۹ ژنوتیپ بقاء ۱۰۰ درصد را نشان دادند (جدول ۱). تعداد ژنوتیپ‌هایی که دامنه بقاء ۵۰–۲۶ و ۷۵–۵۱ درصد داشتند، به‌ترتیب ۱۳ و شش ژنوتیپ (معادل ۱۸ و هشت درصد) بودند (شکل‌های ۱– A و B). از طرفی دیگر، هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه در محدوده بقاء ۲۵–۰ قرار نگرفتند.

از آنجایی که نخود از حبوبات حساس به تنش شوری است، بررسی دامنه بقاء ژنوتیپ‌ها می‌تواند در راستای به‌گزینی ژنوتیپ‌های دارای سازوکارهای تحمل به شوری کمک کند. در واقع افزایش درصد بقاء نشان‌دهنده افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش و قدرت زنده‌مانی آن است. از آنجایی که، در مطالعه حاضر، تعداد ۲۹ ژنوتیپ بقاء ۱۰۰ درصد داشتند، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های نخود کابلی ازنظر میزان حساسیت به تنش شوری بسیار متنوع هستند.



شکل ۱– تعداد (A) و درصد فراوانی نسبی (B) ژنوتیپ‌های نخود کابلی در دامنه‌های بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری
Figure 1. Number (A) and frequency distribution of chickpea genotypes (B) in survival ranges, four weeks after exposing with Salinity stress

در ژنوتیپ‌های نخود کابلی ازنظر مراحل رشدی تفاوت معنی‌داری در شرایط تنش شوری $12dSm^{-1}$ مشاهده شد (جدول ۱، ۲، ۳). در دامنه بقای ۷۶–۱۰۰ و ۵۱–۷۵ درصد، حدود ۷/۵ درصد از ژنوتیپ‌ها در مرحله گل‌دهی قرار داشتند. این در حالی است که در دامنه بقاء ۲۶–۵۰ تمامی ژنوتیپ‌ها در مرحله رویشی بودند (جداول ۱، ۲ و ۳). همچنین، همبستگی معنی‌داری بین درصد بقاء و مرحله رشدی مشاهده نشد (جدول ۴). زمانی‌که گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، یکی از سازوکارهای دفاع در برابر تنش، کوتاه کردن چرخه زندگی و دوره رویشی است (۲۵). این شرایط کمک می‌کند تا تجمع املاح سمی مانند کلرید سدیم در بافت‌های گیاه کاهش یابد؛ بنابراین می‌توان انتظار داشت که گیاهان متحمل به شوری سریع‌تر وارد مرحله گلدهی شوند.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

جدول ۱- اثر تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی در دامنه بقای ۱۰۰ تا ۷۶ درصد

Table 1. Effect of sodium chloride salt stress (12dSm^{-1}) on studied traits in chickpea genotypes in the survival ran of 100-76%

ژنوتیپ (MCC)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1236	100^{a}	1^{a}	19.0^{m-p}	3.67^{bc}	67.0^{i-n}	14.9^{k-o}	807^{a-g}	7.82^{g-l}	113^{a-d}	0.070^{f-h}
1299	100^{a}	2^{b}	28.8^{ab}	3.00^{cd}	76.9^{a-k}	50.0^{b-i}	743^{b-g}	17.2^{c-e}	70.0^{d-l}	0.246^{ab}
1298	100^{a}	1^{a}	19.9^{i-m}	2.67^{de}	71.0^{d-m}	50.4^{b-i}	758^{b-g}	20.8^{bc}	124^{ab}	0.168^{e-h}
1297	100^{a}	1^{a}	20.8^{f-i}	5.00^{a}	61.0^{l-o}	18.3^{k-o}	861^{a-f}	6.49^{i-l}	85.0^{b-j}	0.076^{f-h}
1296	100^{a}	1^{a}	19.0^{m-p}	2.33^{dc}	81.7^{a-c}	67.3^{a-c}	950^{a-c}	9.93^{g-l}	94.7^{b-f}	0.105^{e-h}
1291	100^{a}	1^{a}	19.3^{l-o}	4.00^{b}	74.0^{a-k}	53.1^{b-h}	962^{ab}	6.21^{i-l}	58.5^{e-m}	0.106^{f-h}
1280	100^{a}	1^{a}	19.8^{j-m}	2.67^{de}	79.1^{a-j}	29.4^{h-o}	825^{a-g}	4.28^{l}	80.5^{c-k}	0.053^{h}
1254	100^{a}	2^{b}	27.0^{c}	2.67^{de}	79.1^{a-j}	15.6^{k-o}	787^{a-g}	25.3^{ab}	72.5^{d-l}	0.349^{bc}
1300	100^{a}	1^{a}	21.5^{ef}	3.67^{bc}	70.5^{g-o}	33.6^{g-l}	712^{d-g}	8.38^{b-f}	97.5^{b-f}	0.086^{f-h}
1214	100^{a}	1^{a}	22.8^{d}	3.00^{cd}	75.1^{a-k}	30.4^{h-o}	754^{b-g}	9.33^{g-l}	45.5^{j-m}	0.205^{d-g}
1148	100^{a}	1^{a}	21.3^{ef}	4.00^{b}	76.5^{a-k}	16.6^{k-o}	796^{a-g}	4.80^{jl}	77.5^{j-n}	0.062^{f-h}
1141	100^{a}	1^{a}	18.3^{p-r}	2.67^{de}	70.0^{f-m}	8.57^{no}	705^{d-g}	4.71^{jl}	59.5^{e-m}	0.079^{f-h}
1139	100^{a}	1^{a}	19.8^{j-m}	2.00^{e}	68.1^{i-n}	14.9^{k-o}	800^{a-g}	11.6^{d-j}	90.5^{b-h}	0.128^{f-h}
1135	100^{a}	1^{a}	18.8^{n-q}	3.00^{cd}	71.0^{d-m}	70.0^{a-c}	769^{a-g}	5.60^{jl}	56.0^{f-m}	0.100^{f-h}
1134	100^{a}	2^{b}	28.5^{b}	3.67^{bc}	61.4^{l-o}	17.6^{k-o}	829^{a-g}	3.93^{l}	67.5^{e-l}	0.058^{gh}
1131	100^{a}	1^{a}	22.3^{de}	4.00^{b}	83.1^{ab}	27.1^{h-o}	848^{a-f}	4.01^{l}	46.0^{j-m}	0.087^{f-h}
1128	100^{a}	1^{a}	20.3^{f-k}	3.00^{cd}	73.3^{b-l}	17.2^{k-o}	763^{b-g}	4.22^{l}	59.4^{e-m}	0.071^{gh}
1127	100^{a}	1^{a}	10.3^{u}	2.00^{e}	81.7^{a-c}	15.0^{k-o}	900^{a-d}	6.52^{i-l}	70.3^{d-l}	0.093^{f-h}
1122	100^{a}	1^{a}	19.8^{j-m}	2.67^{de}	77.0^{a-k}	17.0^{k-o}	728^{c-g}	25.0^{ab}	119^{a-c}	0.210^{d-h}
1100	100^{a}	1^{a}	18.8^{n-q}	3.00^{cd}	74.5^{a-k}	28.0^{h-o}	810^{a-g}	5.72^{jl}	61.0^{e-l}	0.094^{f-h}
1037	100^{a}	1^{a}	19.0^{m-p}	3.67^{bc}	67.5^{i-n}	17.9^{k-o}	771^{b-g}	17.9^{cd}	71.5^{d-l}	0.251^{b-d}
1061	100^{a}	1^{a}	20.8^{f-i}	2.67^{de}	69.0^{h-n}	65.0^{a-d}	782^{a-g}	13.8^{d-h}	32.0^{lm}	0.431^{ab}
1059	100^{a}	1^{a}	17.5^{q-r}	2.67^{de}	81.5^{a-d}	18.4^{k-o}	887^{a-d}	5.08^{j-l}	39.5^{k-m}	0.129^{f-h}
1058	100^{a}	2^{b}	29.8^{a}	2.00^{e}	76.6^{a-k}	24.6^{i-o}	983^{a}	12.8^{d-i}	77.0^{c-k}	0.166^{f-h}
1057	100^{a}	1^{a}	18.8^{n-q}	2.00^{e}	75.0^{a-k}	62.4^{a-e}	674^{e-g}	8.93^{g-l}	18.5^{m}	0.483^{a}
1041	100^{a}	1^{a}	19.5^{k-n}	3.67^{bc}	68.4^{h-n}	33.1^{g-o}	777^{a-g}	9.90^{g-l}	126^{ab}	0.079^{f-h}
1039	100^{a}	1^{a}	19.8^{j-m}	3.00^{cd}	63.3^{j-o}	72.7^{a-c}	751^{a-g}	17.6^{c-e}	79.3^{c-k}	0.222^{c-f}
1038	100^{a}	1^{a}	19.8^{j-m}	4.00^{b}	79.6^{a-i}	59.5^{a-f}	877^{a-e}	4.83^{j-l}	55.5^{g-m}	0.087^{f-h}
1030	100^{a}	1^{a}	20.8^{f-i}	3.67^{bc}	69.0^{g-n}	41.0^{d-i}	805^{a-g}	7.77^{g-l}	74.0^{d-l}	0.105^{f-h}
1284	90^{b}	1^{a}	18.0^{q-r}	4.00^{b}	73.3^{b-l}	33.7^{g-o}	805^{a-g}	11.0^{e-l}	57.3^{e-m}	0.193^{d-g}
1250	90^{b}	1^{a}	20.5^{f-j}	3.67^{bc}	72.0^{c-k}	47.0^{c-j}	811^{a-g}	5.42^{jl}	48.0^{h-m}	0.113^{f-h}
1209	90^{b}	1^{a}	23.3^{d}	3.67^{bc}	69.1^{g-n}	76.1^{ab}	892^{a-d}	7.52^{g-l}	67.0^{e-l}	0.112^{f-h}
1145	90^{b}	1^{a}	19.7^{j-n}	2.33^{de}	71.3^{d-m}	11.3^{l-o}	776^{a-g}	4.46^{kl}	77.3^{c-k}	0.058^{h}
1144	90^{b}	1^{a}	17.8^{q-r}	4.00^{b}	68.0^{i-n}	32.6^{g-o}	826^{a-g}	10.3^{f-l}	76.5^{d-k}	0.134^{f-h}
1143	90^{b}	1^{a}	15.2^{s}	2.00^{e}	54.0^{o}	7.33^{o}	853^{a-f}	9.05^{g-l}	74.0^{d-l}	0.122^{f-h}
1113	90^{b}	1^{a}	21.0^{f-h}	3.00^{cd}	72.1^{c-m}	36.0^{f-i}	622^{g}	28.6^{a}	93.5^{b-f}	0.306^{b-e}
1075	90^{b}	1^{a}	20.0^{i-l}	2.00^{e}	56.3^{o}	17.3^{k-o}	815^{a-g}	4.14^{l}	50.0^{g-m}	0.083^{f-h}
1072	90^{b}	1^{a}	18.5^{o-q}	3.00^{cd}	81.1^{a-e}	67.5^{a-c}	830^{a-f}	13.1^{d-i}	144^{a}	0.091^{f-h}
1043	90^{b}	1^{a}	17.8^{q-r}	2.00^{e}	70.0^{l-m}	35.6^{g-j}	912^{a-d}	11.4^{d-k}	92.5^{b-g}	0.123^{f-h}
1040	90^{b}	1^{a}	17.1^{r}	2.33^{de}	77.3^{a-k}	12.7^{l-o}	787^{a-g}	4.21^{l}	55.0^{g-m}	0.076^{gl}
1077	83^{c}	1^{a}	17.8^{q-r}	2.00^{e}	83.1^{ab}	21.9^{j-o}	746^{d-g}	14.5^{c-g}	100^{b-e}	0.145^{f-h}
1294	80^{d}	1^{a}	21.3^{e-g}	2.67^{de}	61.9^{k-o}	20.0^{k-o}	664^{c-g}	4.90^{jl}	55.0^{g-m}	0.089^{f-h}
1286	80^{d}	1^{a}	20.0^{i-l}	3.67^{bc}	73.6^{a-l}	9.60^{m-o}	836^{a-f}	9.80^{g-l}	76.5^{d-k}	0.128^{f-h}
1278	80^{d}	1^{a}	18.5^{o-q}	3.00^{cd}	70.9^{d-m}	64.0^{a-d}	802^{a-g}	13.0^{d-i}	88.5^{bj}	0.147^{f-h}
1249	80^{d}	1^{a}	19.8^{j-m}	2.00^{e}	77.0^{a-k}	11.5^{l-o}	773^{a-g}	8.73^{g-l}	47.0^{i-m}	0.186^{e-h}
1246	80^{d}	1^{a}	21.5^{ef}	2.33^{de}	84.0^{a}	7.00^{o}	811^{a-g}	5.29^{j-l}	64.5^{e-l}	0.082^{gh}
1211	80^{d}	1^{a}	18.8^{n-q}	3.00^{cd}	76.5^{a-k}	50.5^{b-i}	761^{b-g}	6.73^{i-l}	64.5^{e-l}	0.104^{f-h}
1147	80^{d}	1^{a}	18.8^{n-q}	2.00^{e}	59.0^{n-o}	57.0^{a-g}	771^{b-g}	16.8^{c-f}	79.5^{c-k}	0.211^{d-h}
1136	80^{d}	1^{a}	18.5^{o-q}	3.00^{cd}	75.5^{a-k}	79.6^{a}	814^{a-g}	8.38^{g-l}	113^{a-d}	0.074^{f-h}
1130	80^{d}	1^{a}	19.0^{m-p}	3.00^{cd}	80.0^{a-f}	27.5^{h-o}	811^{a-g}	7.08^{h-l}	79.5^{c-k}	0.089^{f-h}
1036	80^{d}	1^{a}	20.0^{i-l}	2.67^{de}	62.5^{k-o}	34.0^{g-o}	715^{c-g}	10.9^{e-l}	89.5^{b-i}	0.122^{f-h}
1277	78^{e}	1^{a}	20.3^{f-k}	2.67^{de}	71.5^{c-i}	37.4^{e-i}	838^{a-g}	5.00^{jl}	66.0^{e-l}	0.076^{f-h}
1276	78^{e}	1^{a}	18.8^{n-q}	2.00^{e}	60.9^{m-o}	23.2^{i-o}	774^{a-g}	6.99^{h-l}	62.0^{e-l}	0.113^{f-h}
					میانگین مربعات Mean squares					
ژنوتیپ Genotype	216**	0.122**	2707**	1.39**	142**	1374**	64085**	106**	1908**	0.02**
خطا Error	46.8	0.140	0.590	0.210	26.40	178	9397	10.27	366	0.004
ضریب تغییرات%C.V	16.9	24.8	3.8	16.5	7.01	38.6	12.9	32.4	25.1	44.2

MCC: کلکسیون نخود مشهد، A: درصد بقاء بوته (٪)، B: مرحله رشدی، C: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، D: تعداد شاخه فرعی، E: درصد بقاء برگ (٪)، F: شاخص پایداری غشاء (٪)، G: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، H: سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، I: پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، J: نسبت سدیم به پتاسیم، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. حروف مشابه در هر ستون میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

MCC: Mashhad Chickpea Collection, A: Survival (%), B: Growth Stage, C: Plant height (cm), D: Branch No, E: Leaf survival (%), F: MSI (%), G: Shoot dry weight (mg.plant^{-1}), H: Na (mg.gdw^{-1}), I: K (mg.gdw^{-1}), J: Na/K, MS; mean squares, CV: Coefficient of Variation , Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering. Different letters indicated a significant difference at 5% probability level, C.V: Coefficient value, **: Significant at 1% probability level.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

جدول ۲- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی در دامنه بقای ۵۱ تا ۷۵ درصد
Table 2. Effect of sodium chloride salt stress ($12dSm^{-1}$) on studied traits in chickpea genotypes in the survival range of 75-51%

ژنوتیپ (MCC)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1295	70^{a}	1^{a}	18.3^{e-g}	2.67^{ab}	79.18^{a}	22.4^{e-g}	541^{cd}	98.0^{de}	6.69^{b}	0.068^{c-d}
1289	70^{a}	1^{a}	18.8^{ef}	2.00^{b}	82.54^{ab}	10.1^{g}	754^{ab}	80.0^{e}	3.99^{c}	0.050^{d}
1236	70^{a}	1^{a}	19.3^{de}	2.00^{b}	75.19^{b-d}	30.5^{e-g}	296^{d}	49.5^{de}	5.69^{d}	0.115^{c-d}
1138	70^{a}	2^{b}	20.9^{b-d}	2.67^{ab}	72.73^{a-d}	60.1^{cd}	618	119^{a}	25.1^{a}	0.212^{b}
1087	70^{a}	1^{a}	18.8^{ef}	2.67^{ab}	83.81^{a}	43.1^{c-e}	566^{cd}	82.5^{b}	15.5^{c}	0.188^{b}
1042	70^{a}	1^{a}	21.3^{bc}	2.67^{ab}	69.55^{cd}	15.9^{fg}	808^{a}	107^{a}	27.5^{ab}	0.258^{a}
1037	70^{a}	1^{a}	29.3^{a}	2.67^{ab}	76.11^{a-c}	63.6^{bc}	782^{a}	118^{ac}	12.4^{a}	0.106^{c-d}
1035	70^{a}	1^{a}	19.0^{df}	2.67^{ab}	67.61^{d}	19.4^{fg}	752^{ab}	37.0^{fg}	5.27^{de}	0.142^{dc}
1090	67^{b}	1^{a}	22.0^{b}	3.00^{a}	78.17^{a-c}	83.5^{ab}	799^{a}	108^{cd}	8.78^{ab}	0.082^{c-d}
1302	60^{c}	1^{a}	17.3^{fg}	2.67^{ab}	74.38^{a-c}	37.0^{d-g}	797^{a}	78.5^{cd}	8.59^{c}	0.109^{cd}
1213	60^{c}	1^{a}	16.5^{g}	2.67^{ab}	74.12^{a-d}	45.0^{c-e}	781^{a}	71.0^{de}	5.91^{c}	0.083^{cd}
1140	60^{c}	1^{a}	20.0^{c-e}	2.67^{ab}	86.01^{a-c}	87.6^{a}	707^{a-c}	39.5^{cd}	9.47^{d}	0.240^{ab}
1132	60^{c}	1^{a}	19.6^{c-e}	3.00^{a}	80.07^{a}	17.4^{fg}	868^{a}	49.1^{cd}	9.32^{d}	0.190^{b}
میانگین مربعات										
ژنوتیپ Genotype	216**	0.122**	2707**	1.39**	142**	1374**	64085**	1908**	106**	0.02**
خطا Error	46.8	0.14	0.59	0.21	24.4	178	9397	366	10.27	0.004
ضریب تغییرات C.V%	16.9	24.8	3.8	16.5	7.01	38.6	12.9	32.4	25.1	44.2

MCC: کلکسیون نخود مشهد، A: درصد بقاء بوته (٪)، B: مرحله رشدی، C: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، D: تعداد شاخه فرعی، E: درصد بقاء برگ (٪)، F: شاخص پایداری غشاء (٪)، G: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، H: سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، I: پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، J: نسبت سدیم به پتاسیم، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. حروف مشابه در هر ستون میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

MCC: Mashhad Chickpea Collection, A: Survival (%), B: Growth Stage, C: Plant height (cm), D: Branch No, E: Leaf survival (%), F: MSI (%), G: Shoot dry weight ($mg.plant^{-1}$), H: Na ($mg.gdw^{-1}$), I: K ($mg.gdw^{-1}$), J: Na/K, MS; mean squares, CV: Coefficient of Variation , Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering. Different letters indicated a significant difference at 5% probability level, C.V: Coefficient value, **: Significant at 1% probability level.

ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های نخود کابلی چهار هفته پس از اعمال تنش شوری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱، ۲، ۳). اگرچه، با افزایش درصد بقاء، یک کاهش جزئی در میزان این صفت در ژنوتیپ‌ها مشاهده شد، اما به‌طورکلی ارتفاع بوته ژنوتیپ‌ها بعد از تنش شوری در سه دامنه بقاء مورد بررسی تفاوت چندانی با یکدیگر نشان ندادند.

بر اساس جداول ۱، ۲ و ۳ بیشترین ارتفاع بوته (۳۰ سانتی‌متر) مربوط به ژنوتیپ MCC1058 بوده که در دامنه بقاء ۷۶–۱۰۰ درصد قرار داشت. بین مرحله رشدی و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد (r^2=۰/۶۳**) وجود داشت به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که دارای مرحله رشدی بالاتری هستند توانسته‌اند از نظر ارتفاع بوته برتر باشند (جدول ۴).

مطالعات نشان داده است که وقتی گیاه در شرایط تنش شوری قرار می‌گیرد، نسبت رشد ساقه به ریشه کاهش می‌یابد؛ بنابراین زمانی که یک گیاه سازوکارهای تحمل به شوری بیشتری داشته باشد، قادر است ارتفاع بوته را افزایش دهد تا مدیریت املاح سمی بهینه صورت گیرد (۲۶).

تعداد شاخه فرعی در بوته ژنوتیپ‌های نخود تحت تأثیر تنش شوری در دامنه بقای ۷۶–۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). روند تغییرات تعداد شاخه فرعی در دامنه‌های بقاء نشان داد که با افزایش بقاء، تعداد شاخه فرعی نیز افزایش می‌یابد. درحالی‌که همبستگی بین تعداد شاخه با مرحله رشدی و ارتفاع بوته معنی‌دار نشد، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این صفت و درصد بقاء گیاه (r^2=۰/۳۶**) مشاهده شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که در دامنه‌های بقاء کمتر، به دلیل حساسیت بیشتر گیاه نسبت به تنش شوری، فرصت و توان کافی برای تولید شاخه فرعی وجود نداشته است. چندین مطالعه نشان داده که تنش شوری سبب کاهش تعداد پنجه‌های بارور در غلات (معادل شاخه در حبوبات) را گردیده است (۱۶،۲۷).

درصد بقاء برگ در شرایط تنش شوری در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه بقای ۷۶–۱۰۰ و ۵۱–۷۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱ و ۲). در مطالعه حاضر، تغییرات درصد بقاء برگ در دامنه‌های بقاء روند منظمی نشان نداد، به‌طوری‌که، بیشترین درصد بقاء برگ در دامنه بقاء ۷۵–۵۱ مشاهده شد. از طرفی، کمترین درصد بقاء برگ نیز در دامنه ۲۶–۵۰ وجود داشت. ژنوتیپ MCC1140 با داشتن بقاء برگ ۸۶ درصد بالاترین میزان این شاخص را به‌خود اختصاص داد (جدول ۲). درصد بقای برگ با بقا، مرحله رشدی، ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی همبستگی معنی‌داری نداشت (جدول ۴). هر چه گیاه مدت‌زمان بیشتری در معرض تنش شوری باشد، تجمع املاح سمی در برگ افزایش‌یافته که موجب ریزش برگ می‌شود. چنانچه، گیاه دارای سازوکارهای سازگاری بیشتری برای مقابله با تنش شوری باشد، با حفظ کارکرد فتوسنتزی و افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی از ریزش برگ جلوگیری کرده و بقاء برگ افزایش می‌یابد (۲۵).

تأثیر تنش شوری بر شاخص پایداری غشاء برگ ۷۲ ژنوتیپ نخود کابلی در دو دامنه بقای ۷۶–۱۰۰ و ۵۱–۷۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). نتایج نشان داد که با افزایش دامنه بقاء از ۲۶–۵۰ به ۵۱–۷۵ و ۷۶–۱۰۰ شاخص پایداری غشاء افزایش یافت. اگرچه، بیشترین شاخص پایداری غشاء در دامنه بقاء ۵۱–۷۵ مشاهده شد که نزدیک به دو برابر بیشتر از دامنه بقاء ۲۶–۵۰ بود. در میان ژنوتیپ‌های مطالعه شده، بیشترین شاخص پایداری غشاء مربوط به ژنوتیپ‌های MCC1129 با میزان ۸۷/۶ در دامنه بقاء ۵۱–۷۵ درصد بود (جدول ۲). بر اساس جدول ۴ شاخص پایداری غشاء با هیچ کدام از صفات بررسی شده همبستگی معنی‌داری نداشت. در

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

گیاهان حساس به تنش شوری، تجمع یون‌های سدیم و کلر سبب بر هم خوردن تعادل اسمزی در گیاه شده و دسترسی گیاه به آب نیز محدود می‌شود. با کاهش دریافت آب، تجمع یون‌های سمی به‌مراتب افزایش بیشتری می‌یابد که به‌نوبه خود از جذب عناصر مغذی مانند کلسیم جلوگیری می‌کند (۱۱). کمبود کلسیم و دیگر یون‌های معدنی که در حفظ و انسجام غشاء نقش مهمی دارند، سبب سست شدن و تخریب آن شده و به‌این‌ترتیب نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد (۱۰)؛ بنابراین، افزایش شاخص پایداری غشاء یکی از راهکارهای مدیریت تنش در گیاهان مقاوم‌تر می‌باشد.

میزان ماده خشک اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت تنش شوری $12dSm^{-1}$ تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱، ۲، ۳). نتایج بررسی روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی در دامنه‌های بقاء به‌وضوح نشان داد که با افزایش دامنه بقاء وزن خشک نیز افزایش قابل‌توجهی نشان می‌دهد. وزن خشک اندام هوایی از ۲۵–۵۰ به ۵۱–۷۵ و ۷۶–۱۰۰ درصد به‌ترتیب ۱/۶ و ۱/۸ برابر افزایش یافت. بررسی همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی با ویژگی‌های مورد مطالعه نشان داد که فقط بین درصد بقاء برگ و وزن خشک اندام هوایی (r^2=-۰/۶۲**) و بین تعداد شاخه فرعی و وزن خشک اندام هوایی همبستگی مثبت (r^2=-۰/۷۲*) وجود داشت (جدول ۴). به‌طورکلی، می‌توان گفت که وزن خشک مجموع تمامی فرآیندهای گیاه است. زمانی که گیاهی در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، برای مقابله با این شرایط و حفظ هموستازی یونی انرژی مصرف می‌کند. هر چه یک گیاه نسبت به شوری متحمل‌تر باشد، نیاز به مصرف انرژی کمتری داشته و تولید زیست‌توده کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۲۰).

غلظت عناصر سدیم و پتاسیم ژنوتیپ‌های نخود مورد مطالعه در تنش شوری $12dSm^{-1}$ تفاوت معنی‌داری باهم داشتند (جدول ۱، ۲، ۳). بررسی میانگین غلظت عناصر سدیم و پتاسیم در دامنه‌های مختلف بقاء حاکی از افزایش مقدار سدیم و کاهش پتاسیم با افزایش درصد بقاء بود که در هیچ یک از دو مورد این تفاوت چشم‌گیر نبود. نسبت سدیم به پتاسیم نیز متأثر از غلظت هر یک از عناصر با افزایش درصد بقاء افزایش یافت که گیاهان با دامنه بقای ۵۱–۷۵ و ۷۶–۱۰۰ درصد تفاوت محسوسی با یکدیگر نداشتند. بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه با یکدیگر نشان داد که غلظت سدیم با مرحله رشدی (r^2=۰/۳۲**)، غلظت پتاسیم و سدیم (r^2=۰/۴۴**) و نسبت سدیم به پتاسیم با غلظت سدیم (r^2=۰/۶۴**) همبستگی مثبت و معنی‌داری دارند (جدول ۴). مشخص‌شده است که در شرایط تنش شوری کمبود پتاسیم و تجمع سدیم در گیاه رخ داده که می‌تواند گیاه را دچار مسمومیت کند. نسبت سدیم به پتاسیم می‌تواند به‌عنوان شاخص ارزشمند در رابطه با اثرات متناقض سدیم و پتاسیم در گیاه مطرح باشد. این نسبت در بافت گیاه به‌عنوان شاخص سمیت سدیم به‌کار می‌رود، زیرا پژوهشگران معتقد هستند که حضور سدیم باعث اختلاف در فعالیت آنزیم‌های وابسته به یون پتاسیم می‌شود (۷)؛ بنابراین یکی از راهکارهای دفاعی گیاهان در مقابل تنش شوری افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های خود است (۱۵). چراکه، پتاسیم اثرات سمیت سدیم را در گیاه کاهش می‌دهد.

جدول ۳- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی در دامنه بقای ۲۶ تا ۵۰ درصد
Table 3. Effect of sodium chloride salt stress ($12dSm^{-1}$) on studied traits in chickpea genotypes in the survival range of 50-26%

ژنوتیپ (MCC)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1115	50^{a}	1^{a}	20.3^{b}	2.00^{a}	75.5^{a}	17.9^{ab}	312^{b}	91.5^{c}	12.0^{a}	0.131^{b}
1235	50^{a}	1^{a}	21.8^{a}	2.00^{a}	69.0^{ab}	15.0^{ab}	806^{a}	47.0^{a}	6.36^{ab}	0.135^{a}
1234	50^{a}	1^{a}	16.8^{d}	3.00^{a}	77.0^{ab}	36.0^{a}	344^{b}	118.5^{c}	5.32^{bc}	0.045^{ab}
1063	44^{b}	1^{a}	18.5^{c}	3.00^{a}	74.5^{a}	44.4 ^{ab}	364^{b}	66.0^{ab}	5.27^{ab}	0.080^{ab}
1212	40^{c}	1^{a}	20.8^{b}	2.00^{a}	72.5^{b}	20.4^{b}	382^{b}	96.5^{ac}	11.6^{c}	0.120^{a}
1129	38^{d}	1^{a}	18.5^{c}	2.00^{a}	77.9^{ab}	13.4^{ab}	363^{b}	90.0^{a}	9.88^{ab}	0.110^{a}
میانگین مربعات Mean squares										
ژنوتیپ Genotype	216**	0.122**	2707**	1.39**	142**	1374**	64085**	106**	1908**	0.02**
خطا Error	46.8	0.140	0.590	0.210	26.40	178	9397	10.27	366	0.004
ضریب تغییرات%C.V	16.9	24.8	3.8	16.5	7.01	38.6	12.9	32.4	25.1	44.2

MCC: کلکسیون نخود مشهد، A: درصد بقاء بوته (٪)، B: مرحله رشدی، C: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، D: تعداد شاخه فرعی، E: درصد بقاء برگ (٪)، F: شاخص پایداری غشاء (٪)، G: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، H: سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، I: پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، J: نسبت سدیم به پتاسیم، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. حروف مشابه در هر ستون میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند

MCC: Mashhad Chickpea Collection, A: Survival (%), B: Growth Stage, C: Plant height (cm), D: Branch No, E: Leaf survival (%), F: MSI (%), G: Shoot dry weight ($mg.plant^{-1}$), H: Na ($mg.gdw^{-1}$), I: K ($mg.gdw^{-1}$), J: Na/K, MS; mean squares, CV: Coefficient of Variation , Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering. Different letters indicated a significant difference at 5% probability level, C.V: Coefficient value, **: Significant at 1% probability level.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

جدول ۴- ضرایب همبستگی صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های نخود تحت تأثیر در تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم
Table 4. Correlation coefficients of studied traits in chickpea genotypes under sodium chloride salt stress of 12dSm^{-1}

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	1									
B	0.15^{ns}	1								
C	0.13^{ns}	0.63**	1							
D	0.36**	-0.01^{ns}	0.15^{ns}	1						
E	-0.15^{ns}	0.06^{ns}	-0.02^{ns}	-0.07^{ns}	1					
F	0.01^{ns}	-0.01^{ns}	0.08^{ns}	0.16^{ns}	0.11^{ns}	1				
G	0.62**	0.07^{ns}	0.10^{ns}	0.27*	-0.08^{ns}	0.07^{ns}	1			
H	0.04^{ns}	0.32**	0.22^{ns}	-0.1^{ns}	-0.02^{ns}	0.14^{ns}	-0.08^{ns}	1		
I	-0.11^{ns}	0.05^{ns}	0.01^{ns}	-0.03^{ns}	0.02^{ns}	0.11^{ns}	-0.13^{ns}	0.44**	1	
J	0.13^{ns}	0.23^{ns}	0.18^{ns}	-0.15^{ns}	-0.03^{ns}	0.21^{ns}	-0.03^{ns}	0.64**	-0.25*	1

A: بقا، B: مرحله رشدی، C: ارتفاع بوته، D: تعداد شاخه فرعی، E: بقا برگ، F: شاخص پایداری غشاء، G: وزن خشک اندام هوایی، H: سدیم، I: پتاسیم، J: نسبت سدیم به پتاسیم، ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.
A: Survival, B: Growth Stage, C: Plant height, D: Branch No, E: Leaf survival, F: MSI, G: Shoot dry weight, H: Na, I: K, J: Na/K, n, and **: non-significant and significant in the probability levels of 1%, respectively.

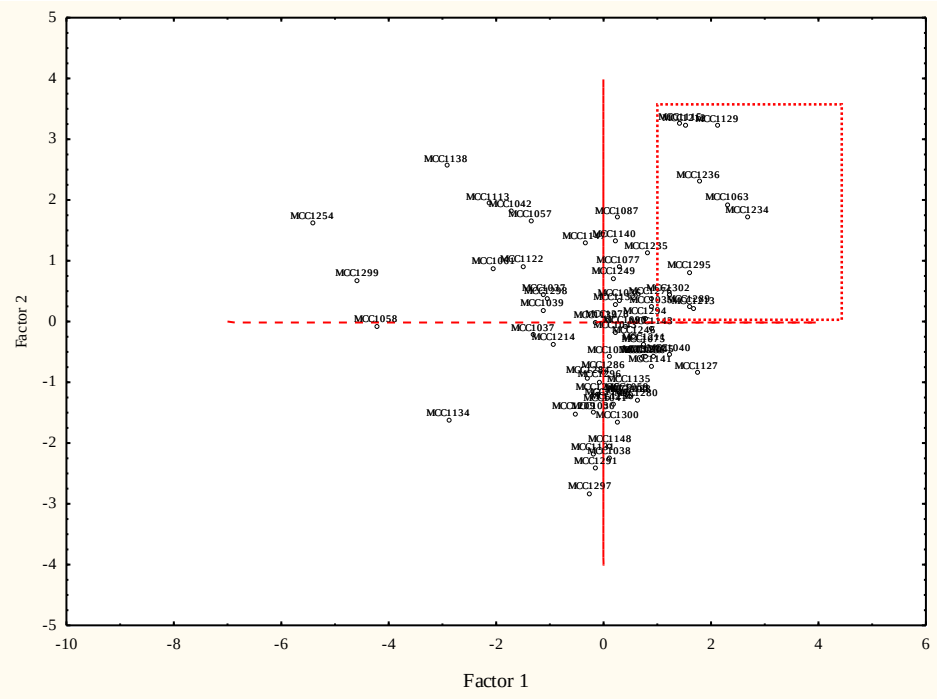
با استفاده از نتایج تجزیه به عامل‌ها می‌توان در شرایط تنش به گروه‌بندی صفات مورد بررسی پی برد. جدول ۵ ضرایب عامل‌ها را بر پایه تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان می‌دهد. عامل اول ۲۲/۵۸ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند که شامل مرحله رشدی، ارتفاع گیاه بعد از تنش، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم است. عامل دوم، ۱۹/۵درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند که شامل درصد بقاء، تعداد شاخه فرعی و میزان ماده خشک با بار منفی است. عامل سوم، ۱۲/۸درصد تغییرات را توجیه می‌کند که شامل غلظت پتاسیم با بار منفی است. عامل چهارم، ۱۲/۱۵ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند که شامل مرحله رشدی و ارتفاع بعد از تنش با بار منفی و نیز شاخص پایداری غشا است و عامل پنجم، ۱۰/۸ درصد از تغییرات که شامل درصد بقای برگ با بار منفی است را توجیه می‌کند.

جدول ۵- تجزیه به عامل‌ها برای ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت تنش شوری
Table 5. Factor analysis for chickpea genotypes under salinity stress

صفات	Traits	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
درصد بقاء بوته	Survival%	0.466	-0.699	0.024	0.160	0.175
مرحله رشدی	Growth stage	0.710	0.119	0.110	-0.522	-0.154
ارتفاع بوته	Plant height	0.687	0.004	0.019	-0.508	-0.272
تعداد شاخه فرعی	Branch No	0.188	-0.584	-0.456	0.018	-0.123
درصد بقاء برگ	Leaf survival %	-0.092	0.233	-0.114	0.101	-0.753
شاخص پایداری غشاء	MSI%	0.274	0.052	-0.386	0.550	-0.413
وزن خشک اندام هوایی	Shoot dry weight	0.325	-0.737	-0.007	0.148	0.029
سدیم	Na	0.669	0.528	-0.157	0.236	0.325
پتاسیم	K	0.102	0.343	-0.828	-0.139	0.302
نسبت سدیم به پتاسیم	Na/K	0.619	0.334	0.438	0.499	0.040
مقادیر ویژه	Eigen value	2.258	1.950	1.286	1.215	1.081
درصد سهم تجمعی	Cumulative% variance (%)	22.58	42.08	54.95	67.10	77.90

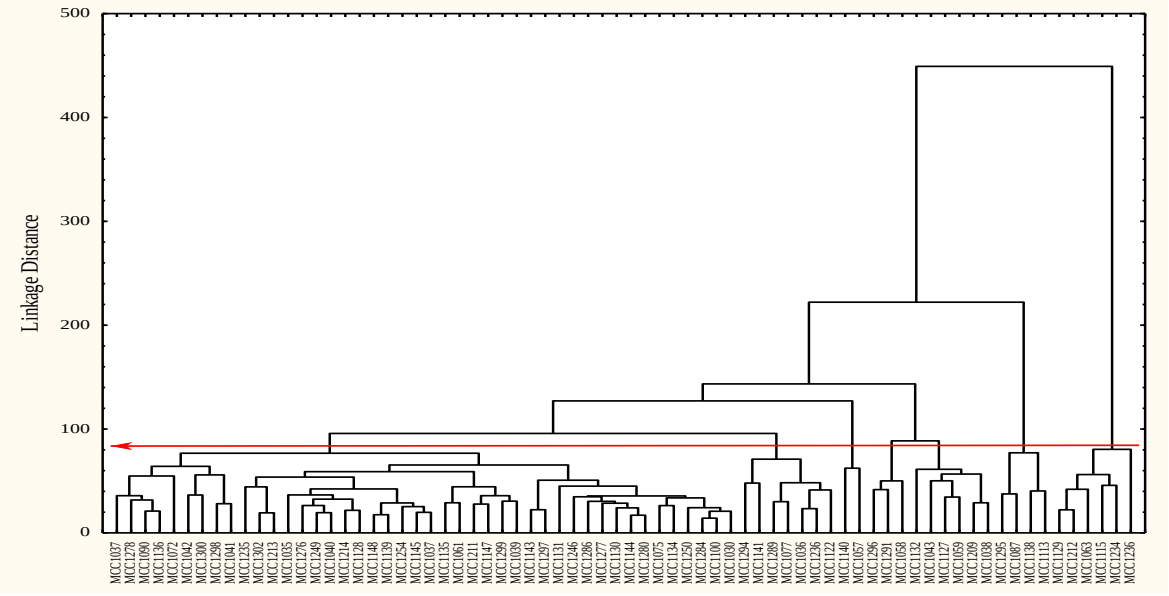
توجه به اینکه عامل اصلی اول و دوم به‌ویژه عامل اول بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند، صفات مرحله رشدی، ارتفاع گیاه بعد از تنش، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم جهت تعیین و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر استفاده شدند (شکل ۲). با توجه به دستگاه مختصات (شکل ۲)، ژنوتیپ‌های MCC1115، MCC1211، MCC1129، MCC1236، MCC1063، MCC1302، MCC1234، MCC1276، MCC1294، MCC1278، MCC1087، MCC1140، MCC1235، MCC1077، MCC1249، MCC1295، MCC1213، MCC1280 وMCC1143 از نظر عامل‌های اول و دوم به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش شوری معرفی شدند.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]



شکل ۲-پراکنش ژنوتیپ‌های نخود کابلی بر اساس دو عامل اصلی اول و دوم
Figure 2. Distribution of chickpea genotypes based on the first and the second factors

نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نخود کابلی نشان‌دهنده قرارگیری آن‌ها در هفت گروه مجزا بود (شکل ۳). به‌ترتیب ۶، ۴، ۶، ۳، ۲، ۷ و ۴۴ ژنوتیپ در گروه‌های اول تا هفتم قرار گرفتند (شکل ۳).



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی بر اساس صفات مورد مطالعه تحت تنش شوری
Figure 3. Cluster grouping of chickpea genotypes based on studied characteristic under salinity stress

به‌منظور تأیید تفاوت بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات موردنظر انجام شد به‌طوری‌که گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گفته شدند که در آن، آماره ویلکس لامبدا (در هر چهار متغیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بین بردار میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

جدول ۶- تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، آمارهٔ ویلکس لامبدا در ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت تنش شوری
Table 6. Analysis varation of multi varables based on unbalanced completely randomized design (CRD) Wilks' Lambda in chickpea genotype under salinity stress

Function تابع	df درجه آزادی	Wilks' Lambda آمارهٔ ویلکس لامبدا	Chi-square مربع کای	Probability level سطح احتمال
1	60	0.007	309.606	0.000
2	45	0.265	83.080	0.000
3	32	0.564	35.776	0.296
4	21	0.735	19.254	0.569
5	12	0.836	11.184	0.513
6	5	0.925	4.880	0.431

صحت گروه‌بندی‌های انجام شده از روش تجزیه خوشه‌ای، با استفاده از تجزیه تابع تشخیص انجام شد (جدول ۷). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد گروه‌بندی تمامی ژنوتیپ‌ها به‌طور صحیحی انجام شدند و میزان موفقیت کل تابع تشخیص برای تمام گروه‌ها به جز گروه هفت که سه درصد ژنوتیپ‌ها در گروه خود قرار نگرفته‌اند، ۱۰۰ درصد بوده است. دیگر مطالعات نیز از تجزیه تابع تشخیص برای بررسی صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود استفاده کرده‌اند (۴،۱۴).

جدول ۷- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت تنش شوری
Table 7.The results of discriminant function for clustering validity of chickpea genotypes under salinity stress

Group گروه‌بندی		اعضای گروه Group Membership							جمع کل Total
		1	2	3	4	5	6	7	
Total مجموع	1	6	0	0	0	0	0	0	6
	2	0	4	0	0	0	0	0	4
	3	0	0	6	0	0	0	0	6
	4	0	0	0	3	0	0	0	3
	5	0	0	0	0	2	0	0	2
	6	0	0	0	0	0	7	0	7
	7	0	0	0	0	1	0	43	44
Percent درصد	1	100	0	0	0	0	0	0	100
	2	0	100	0	0	0	0	0	100
	3	0	0	100	0	0	0	0	100
	4	0	0	0	100	0	0	0	100
	5	0	0	0	0	100	0	0	100
	6	0	0	0	0	0	100	0	100
	7	0	0	0	0	2.3	0	97.7	100

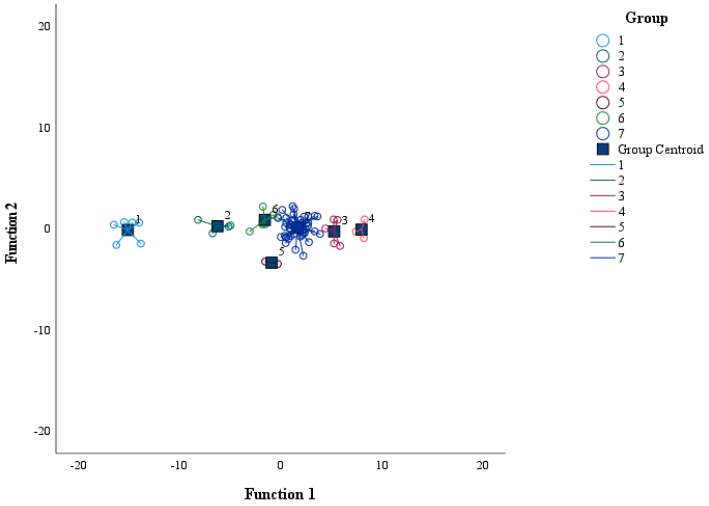
گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس متغیرهای کانونیکی نشان می‌دهد که بیشترین فاصله به‌ترتیب بین گروه‌های ۱ با ۴، ۱ با ۳ و ۱ با ۵ مشاهده می‌شود. همچنین، کمترین فاصله بین گروه‌های ۶ و ۷ وجود دارد (شکل ۴). داده‌های جدول ۸ نیز نشان می‌دهد که بیشترین درصد تجمعی صفات بین گروه‌های ۶ و ۷ (۱۰۰ درصد) و کمترین میزان آن بین گروه‌های ۱ و ۲ (۹۵ درصد) وجود دارد. ضرایب استاندارد شده کانونیکی وزن ماده خشک در معادله اول تشخیصی کانونیکی قابل توجه است. از طرفی ضرایب صفات شاخص پایداری غشاء و میزان پتاسیم در دومین معادله تشخیص کانونیکی بالا بود (جدول ۸). این نتایج نشان می‌دهد که این صفات بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها دارند.

جدول ۸- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت تنش شوری
Table 8. Standardized canonical discriminant function coefficients measured groups in chickpea genotypes under salinity stress

صفات	Traits	متغیرهای کانونیکی Canonical Function					
		1	2	3	4	5	6
درصد بقاء بوته	Survival%	0.324	-0.211	0.033	0.213	0.165	0.705*
مرحله رشدی	Growth stage	-0.199	0.141	0.661	-0.133	0.294*	-0.481
ارتفاع بوته	Plant height	0.198	-0.192	-0.646	0.416	0.646*	0.089
تعداد شاخه فرعی	Branch No	-0.309	-0.032	0.082	0.130	-0.545	-0.654*
درصد بقاء برگ	Leaf survival %	0.038	0.261	0.504*	-0.391	0.171	0.388
شاخص پایداری غشاء	MSI%	0.338	0.422*	0.332	-0.055	0.301	-0.289
وزن خشک اندام هوایی	Shoot dry weight	1.102*	0.010	-0.001	-0.038	-0.021	-0.061
سدیم	Na	-0.072	-1.493	1.322	-0.127*	-0.523	-0.057
پتاسیم	K	-0.305	0.373*	-0.586	0.559	0.322	0.245
نسبت سدیم به پتاسیم	Na/K	0.138	1.69	-0.766	0.716*	-0.141	0.158
مقادیر ویژه	Eigenvalue	36.5	1.13	0.303	0.138	0.106	0.081
درصد سهم تجمعی	Cumulative %	95.4	98.4	99.2	99.5	99.8	100
همبستگی کانونیکی	Canonical Correlation	0.987**	0.729**	0.482ns	0.348ns	0.310ns	0.274ns

ns: ** و *: به‌ترتیب عدم همبستگی مشاهده شده بین هر صفت و متغیر کانونیکی و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد
ns, ** and *: non- correlation observed between each trait and the canonical variable and significant probability levels of 1% and 5%, respectively.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]



شکل ۴- گروه بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی بر اساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار تحت تنش شوری
Figure 4. Cluster grouping of chickpea genotypes based on significant canonical variable under controlled conditions

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بین گروه‌ها نشان داد که در پنج صفت مورد بررسی شامل درصد بقای بوته، شاخص پایداری غشاء، وزن ماده خشک و غلظت پتاسیم نسبت سدیم و پتاسیم اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده شد (جدول ۹).

جدول ۹- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورد مطالعه نخود کابلی تحت تنش شوری
Table 9. Analysis of variance (mean square) cluster grouping based on measured traits in chickpea genotypes under salinity stress

صفات	Traits	Between Groups بین گروه‌ها	Within Groups درون گروه‌ها
درجه آزادی	df	6	65
درصد بقاء بوته	Survival%	1591**	181
مرحله رشدی	Growth stage	0.073^{ns}	0.065
ارتفاع بوته	Plant height	9.6^{ns}	8.99
تعداد شاخه فرعی	Branch No	0.518^{ns}	0.459
درصد بقاء برگ	Leaf survival %	77.5^{ns}	44.0
شاخص پایداری غشاء	MSI%	947*	412
وزن خشک اندام هوایی	Shoot dry weight	243905**	837
سدیم	Na	64.5^{ns}	32.7
پتاسیم	K	1454*	563
نسبت سدیم به پتاسیم	Na/K	0.021**	0.006

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: non-significant, probability levels of 5% and 1%, respectively.

مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که گروه اول در صفات میزان درصد بقا برگ و پتاسیم از میانگینی بالاتر از میانگین کل برخوردار بودند بقا برگ. در گروه دوم، صفات مرحله رشدی، درصد بقای برگ، شاخص پایداری غشاء، میزان سدیم، میزان پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم میانگینی بالاتر از میانگین کل داشتند. در گروه سوم، پنج صفت بقای گیاه، تعداد شاخه فرعی، بقای برگ، شاخص پایداری غشاء و وزن خشک، در گروه چهارم، تمام صفات به جز تعداد شاخه فرعی، میزان سدیم و نسبت سدیم و پتاسیم، گروه پنج، سه صفت بقای برگ، شاخص پایداری غشاء و نسبت سدیم به پتاسیم، گروه شش، سه صفت بقای گیاه، میزان سدیم و پتاسیم و گروه هفتم، تمام صفات به جز تعداد شاخه فرعی، شاخص پایداری غشاء، میزان سدیم و پتاسیم میانگینی بالاتر از میانگین کل را نشان دادند (جدول ۱۰). به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده برتری نسبی ژنوتیپ‌های گروه چهارم شامل MCC1058، MCC1291 و MCC1296، در بیشتر صفات مورد مطالعه بود (جدول ۱۰). به‌عبارتی این نتایج نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن ژنوتیپ‌های متعلق به این گروه جهت استفاده از صفات برتر آن‌ها در تحمل به تنش شوری می‌باشد.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای رای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های نخود کابلی
Table 10. Compare means of groups in cluster analysis for traits in chickpea genotypes

Group گروه	Genotype (MCC)ژنوتیپ
1	1236, 1115, 1234, 1063, 1212, 1129
2	1113, 1295, 1138, 1087
3	1127,1059, 1038, 1209, 1043, 1132
4	1296, 1291, 1058
5	1057, 1140
6	1141, 1122, 1077, 1294, 1036, 1289, 1300
7	1299, 1298, 1297, 1280, 1254, 1214, 1148, 1139, 1135, 1134, 1131, 1128, 1100, 1037, 1061, 1041, 1039, 1030, 1284, 1250, 1145, 1144, 1143, 1075, 1072, 1040, 1286, 1278, 1249, 1246, 1211, 1147, 1136, 1130, 1277, 1276, 1042, 1037, 1035, 1090, 1302, 1213, 1235, 1236

Traits	Group 1		Group 2		Group 3		Group 4		Group 5		Group 6		Group 7	
صفات	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L
A	48.6	-35.6	75.0	-9.27	90.0	5.73	100	15.7	80.0	-4.27	87.6	3.35	87.7	3.51
B	1.00	-0.07	1.25	0.18	1.00	-0.07	1.33	0.26	1.00	-0.07	1.00	-0.07	1.07	0.00
C	19.0	-1.00	19.7	-0.28	18.0	-1.96	22.6	2.67	19.3	-0.63	19.6	-0.39	20.3	0.34
D	2.33	-0.50	2.75	-0.08	2.89	0.06	2.78	-0.06	2.33	-0.50	2.62	-0.21	2.96	0.13
E	75.4	2.25	76.9	3.77	76.9	3.81	77.4	4.24	80.5	7.33	72.5	-0.67	71.4	-1.68
F	27.1	-7.51	40.3	5.78	36.9	2.37	48.3	13.7	74.9	40.3	20.7	-13.8	34.2	-0.39
G	343	-407	586	-164	889	137	964	213	690	-60.8	717	-33.6	796	45.3
H	8.29	-1.61	18.9	9.07	7.45	-2.45	9.64	-0.25	9.20	-0.69	10.3	0.44	9.60	-0.29
I	85.3	9.15	98.1	21.9	62.3	-13.8	76.7	0.53	29.0	-47.1	85.7	9.60	75.4	-0.7
J	0.10	-0.04	0.19	0.06	0.12	-0.01	0.13	-0.01	0.36	0.22	0.11	-0.03	0.13	0.00

MCC: کلکسیون نخود مشهد، A: بقا (٪)، B: مرحله رشدی، C: ارتفاع بوته (سانتی متر)، D: تعداد شاخه فرعی، E: بقا برگ (٪)، F: شاخص پایداری غشاء (٪)، G: وزن خشک اندام هوایی (میلی‌گرم در بوته)، H: سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، I: پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، J: نسبت سدیم به پتاسیم، K: میانگین گروه، L: اختلاف از میانگین.

MCC: Mashhad Chickpea Collection, A: Survival (%), B: Growth Stage, C: Plant height (cm), D: Branch No, E: Leaf survival (%), F: MSI (%), G: Shoot dry weight (mg.plant^{-1}), H: Na (mg.gdw^{-1}), I: K (mg.gdw^{-1}), J: Na/K, K: Group mean, L: Deviation from mean.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تحمل به شوری تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. درصد بقاء همبستگی قوی و مثبتی با دو شاخص وزن خشک اندام هوایی و تعداد شاخه‌های فرعی نشان داد. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که می‌توان از ژنوتیپ‌های برتر گروه چهارم که از سازوکارهای تحمل به شوری بهتری برخوردار هستند به منظور اصلاح و به‌گزینی نخود کابلی استفاده کرد. بر این اساس، تمام ژنوتیپ‌های دارای ۱۰۰ درصد بقاء در مطالعه حاضر، نسبت به تنش شوری تحمل مناسبی داشتند که می‌توانند در این زمینه به‌کار گرفته شوند.

منابع

1. Ahmed, S., S. Ahmed, S.K. Roy, S.H. Woo, K.D. Sonawane and A.M. Shohael. 2019. Effect of salinity on the morphological, physiological and biochemical properties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Bangladesh. Open Agriculture, 4(1): 361-373. DOI: 10.1515/opag-2019-0033
2. Ali, M., M. Kamran, G.H. Abbasi, M.H. Saleem, S. Ahmad, A. Parveen and S. Fahad. 2021. Melatonin-induced salinity tolerance by ameliorating osmotic and oxidative stress in the seedlings of two tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. Journal of Plant Growth Regulation, 40(5): 2236-2248. DOI: 10.1007/s00344-020-10273-3
3. Alipoor Yamchi, H., M. Bihamta, S.A. Peyghambari, M. Naghavi and N. Majnoon Hoseini. 2013. Grouping of Kabuli chickpea genotypes using multivariate statistical methods. Iranian Journal Pulses Research, 4(2): 21-34.
4. Arif, A., N. Parveen, M.Q. Waheed, R.M. Atif, I. Waqar and T.M. Shah. 2021. A comparative study for assessing the drought-tolerance of chickpea under varying natural growth environments. Frontiers in plant science, 11: 2228. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607869
5. Bernstein, L. 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. Annual Review of Phytopathology, 13(1): 295-312. DOI: 10.1146/annurev.py.13.090175.001455
6. Buttar, H.K., R.K. Badyal, V. Kumar, R.P. Singh and G. Manchanda. 2021. Salt stress induced morphological, anatomical and ionic alterations in Chickpea. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52(6): 563-575. https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1862155

7. de Lacerda, C.F., J. Cambraia, M.A. Oliva, H.A. Ruiz and J.T. Prisco. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49(2): 107-120. https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00064-3.
8. Food and Agriculture Organization. 2018. FAO Statistics. Retrieved June 15, 2020 from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
9. Garg, N. and R. Singla. 2009. Variability in the response of chickpea cultivars to short-term salinity, in terms of water retention capacity, membrane permeability, and osmo-protection. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33(1): 57-63. DOI: 10.3906/tar-0712-41
10. Grattan, S.R. and C.M. Grieve. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments. Agriculture, Ecosystems and Environment, 38(4): 275-300. https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90151-Z
11. Hasegawa, P.M., R.A. Bressan, J.K. Zhu and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Biology, 51(1): 463-499. DOI: 10.1146/annurev.arplant.51.1.463
12. Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California agricultural experiment station, 347: 1-32.
13. Iran Agriculture Statistics. 2020. Ministry of Agriculture Jihad, Iran (In Persian).
14. Kakaei, M. and S.S. Moosavi. 2017. Assessing genetic diversity and selection of effective traits on yield of Chickpea lines using multivariate statistical methods. Environmental Sciences, 15 (2): 21-38.
15. Kao, C.H. 2014. Cadmium stress in rice plants: influence of essential elements. Crop, Environment and Bioinformatics, 11: 113-118. DOI: 10.6156/JTAR.201803-67(1).0001
16. Kapoor, N. and V. Pande. 2015. Effect of salt stress on growth parameters, moisture content, relative water content and photosynthetic pigments of fenugreek variety RMt-1. Journal of Plant Sciences, 10(6): 210-221. DOI: 10.3923/jps.2015.210.221
17. Khalili, M., M.R. Naghavi and S.J. Talebzade. 2020. Evaluation of changes in morphological, physiological and biochemical traits of some canola cultivars under salinity stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 51(2): 15-28 (In Persian).
18. Kumar, N., C. Bharadwaj, A. Soni, S.U. Sachdeva, M.C. Yadav, M.A.D.A.N. Pal and M.A. Rana. 2020. Physio-morphological and molecular analysis for salt tolerance in chickpea (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 90(4): 132-136.
19. Mahajan, S.G., V.S. Nandre, R.C. Salunkhe, Y.S. Shouche and M.V. Kulkarni. 2020. Chemotaxis and physiological adaptation of an indigenous abiotic stress tolerant plant growth promoting Pseudomonas stutzeri: Amelioration of salt stress to *Cicer arietinum*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 27: 101652. DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101652
20. Munns, R. and M. Gilliham. 2015. Salinity tolerance of crops–what is the cost? New Phytologist, 208 (3): 668-673. https://doi.org/10.1111/nph.13519
21. Nabati, J., M. Kafi, A. Ezami and E. Boroumand Rezazadeh. 2021. Evaluation and selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Deci types for salinity tolerance introduction. Iranian Journal Pulses Research, 12(1): 205-220 (In Persian).
22. Ouhibi, C., H. Attia, F. Rebah, N. Msilini, M. Chebbi, J. Aarrouf and M. Lachaal. 2014. Salt stress mitigation by seed priming with UV-C in lettuce plants: Growth, antioxidant activity and phenolic compounds. Plant Physiology and Biochemistry, 83: 126-133. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.07.019
23. Pouresmael, M., H. Kanouni, M. Hajihasani, H. Astraki, A. Mirakhorli, M. Nasrollahi and J. Mozaffari 2018. Stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces in national plant gene bank of Iran for drylands. Journal of Agricultural Science and Technology, 20(2): 387-400.
24. Premachandra, G.S., H. Saneoka, M. Kanay and S. Ogata. 1991. Cell membrane stability and leaf surface wax content as affected by increasing water deficits in maize. Journal of Experimental Botany, 42(2): 167-171. https://doi.org/10.1093/jxb/42.2.167
25. Sakuraba, Y., J. Jeong, M.Y. Kang, J. Kim, N.C. Paek and G. Choi. 2014. Phytochrome-interacting transcription factors PIF4 and PIF5 induce leaf senescence in Arabidopsis. Nature Communications, 5(1): 1-13. DOI: 10.1038/ncomms5636
26. Shalhevet, J., M.G. Huck and B.P. Schroeder. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. Agronomy Journal, 87(3): 512-516.
27. Shereen, A., S. Mumtaz, S. Raza, M.A. Kha and S. Solangi. 2005. Salinity effects on seedling growth and yield components of different inbred rice lines. Pakistan Journal of Botany, 37(1): 131-139.

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

28. Tandon, H.L.S. 1995. Methods of analysis of soils, plants, water and fertilizers. FDCO, New Delhi.
29. Wallender, W.W. and K.K. Tanji. 2011. Agricultural salinity assessment and management 2 edn. American Society of Civil Engineers (ASCE).
30. Yang, Y. and Y. Guo. 2018. Unraveling salt stress signaling in plants. Journal of Integrative Plant Biology, 60(9): 796-804. DOI: 10.1111/jipb.12689
31. Yousef, F., F. Shafique, Q. Ali and A. Malik. 2020. Effects of salt stress on the growth traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) seedlings. Biological and Clinical Sciences Research Journal, (1): 1-6. DOI: 10.54112/bcsrj.v2020i1.29
32. Zawude, S. and D. Shanko. 2017. Effects of salinity stress on chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces during early growth stage. International Journal of Scientific Reports, 3(7): 214-219. DOI: 10.18203/issn.2454-2156.IntJSciRep20173093

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]

Screening for Salinity Tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes in Seedling Stage

Jafar Nabati[1], Rezvan Ramezannejad[2] and Mohammad Zare Mehrjerdi[3]

1- Assistant Professor, Department of Legume, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, (Corresponding author: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)
2- PhD in Plant Physiology, Academic Center for Education, Culture and Research: ACECR, Khorasan Razavi Province, Mashhad, Iran
3- Agriculture faculty of Shirvan, University of Bojnord, Iran
Recived: 18 Jun, 2022 Accepted: 1 November, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Chickpea is known as a plant with high nutritional and economic value; however, it is sensitive to salinity stress. Nowadays, a lot of research has been done to identify cultivars tolerant to salinity stress in chickpeas to increase their yield in saline soils. In general, due to the economic value of chickpeas, including chickpea as an important and useful food for humans, the need to grow chickpeas in areas that are less stable and obtained for resources, soil and cultivars of salt-resistant chickpeas selection of salt-resistant cultivars is needed. Results: In the present study, 72 cable-type chickpea genotypes were selected and studied in terms of tolerance to salinity stress.

Material and Methods: In this study, seeds of 72 chickpea genotypes were prepared from the seed bank of the Plant Science Research Institute of Ferdowsi University of Mashhad and cultivated in a greenhouse under hydroponic conditions. The study was conducted in a completely randomized design with three replications at salinity stress of 12dSm^{-1}sodium chloride (NaCl) one week after grow. Four weeks after stress, different characteristics were examined.

Results: The results showed that 53 genotypes (equivalent to 74%) were in the range of survival of more than 76% and most of them had 100% survival. Also, none of the genotypes survived less than 25%. Most genotypes were in the vegetative stage at harvest time and only MCC1299, MCC1254, MCC1134, MCC1058 and MCC1037 genotypes were in the flowering stage and had a survival range of more than 75%. As the survival percentage increased, the number of lateral branches increased. Leaf survival percentage in the survival range of 75-51% showed the highest value of this index (76.78%). The highest amount of sodium (11.09 mg. g^{-1}. DW^{-1}) was observed in the survival range of 75-51%. But the amount of potassium showed an insignificant decrease with increasing survival percentage. With an increasing survival percentage, the amount of dry weight increased significantly and increased from 50-26 to 75-51 and 100-76% by 1.6 and 1.8 times, respectively. The results of cluster analysis showed the relative superiority of the forth group genotypes including MCC1058, MCC1291 and MCC1296 in most of the studied traits.

Conclusion: In general, the results indicate that the genotypes belonging to the fourth group are more suitable to use their superior traits in tolerance to salinity stress.

Keywords: Cluster analysis, Hydroponics, Potassium, Sodium, Survival

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.205]