دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

اثر سطوح تنش شوری بر ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer ariethinum* L.) در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط هیدروپونیک

محمدرضا علیزاده مؤمن[۱]، حمیدرضا خزاعی[۲] و جعفر نباتی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی دانشگاه فردوسی مشهد، (نویسنده مسوول: h.khazaie@um.ac.ir)
۳- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۷
صفحه: ۱۸ تا ۳۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش شوری یک چالش جهانی در تولید محصولات زراعی است. نخود در دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی رشد می‌کند و حساس به تنش شوری است. تنش شوری باعث ایجاد تنش‌های اسمزی، یونی و ثانویه می‌شود و فرآیندهای متابولیکی را در گیاهان مختل می‌کند و درنهایت باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود. استفاده از ارقام نخود متحمل به شوری به‌دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌تواند به افزایش تولید و بهره‌وری در زمین‌های شور کمک کند. هدف از این مطالعه بررسی اثر تنش شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاهچه‌های ۱۷ ژنوتیپ نخود بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های نخود آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد روی ۱۷ ژنوتیپ نخود کابلی به‌عنوان کرت فرعی و دو سطح شوری (۱۲ و ۱۶dS.m^{-1}) و شاهد (۰/۵dS.m^{-1}) به‌عنوان کرت اصلی اجرا گردید. دو هفته بعد از کشت، تنش شوری اعمال شد و چهار هفته پس از اعمال تنش، صفات نشت الکترولیت‌ها، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، فنل کل، کربوهیدرات‌های محلول، پرولین، پتانسیل اسمزی، درصد بقاء، میزان سدیم و پتاسیم اندام‌های هوایی و شاخص تحمل به شوری اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: در تمامی ژنوتیپ‌ها با افزایش سطح تنش شوری درصد بقاء کاهش و درصد نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. در سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC72، MCC108 و MCC112 به‌ترتیب با ۸۶/۵، ۸۲/۶ و ۱۰۰ درصد بیشترین درصد بقاء را داشتند. در تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ MCC108 با ۸۲ درصد کمترین درصد نشت الکترولیت‌ها را نشان داد و ژنوتیپ‌های MCC12، MCC58 و MCC27 کمترین افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها را نسبت به شاهد داشتند. ژنوتیپ‌ها واکنش متفاوتی نسبت به افزایش میزان شوری از نظر محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی نشان دادند. در ژنوتیپ‌های MCC92، MCC108، MCC112 و MCC296 با افزایش تنش شوری به ۱۶dS.m^{-1}، بر محتوای کلروفیل a آن‌ها افزوده شد. محتوای کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در تمامی ژنوتیپ‌ها با افزایش تنش شوری از شاهد به ۱۶dS.m^{-1} افزایش یافت و پتانسیل اسمزی منفی‌تر گردید.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی بین ژنوتیپ‌های نخود تنوع زیادی از نظر صفات فیزیولوژیک وجود داشت تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به پنج گروه تقسیم کرد که مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که درصد بقاء در ژنوتیپ‌های گروه چهارم شامل MCC108 و MCC112 نسبت به میانگین کل برتر بودند، بنابراین مطالعات تکمیلی در شرایط مزرعه روی این دو ژنوتیپ توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بقاء، پتانسیل اسمزی، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، نشت الکترولیت‌ها

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) گیاهی از خانواده بقولات است که در بسیاری از کشورها در آسیا، اروپا، استرالیا و شمال آمریکا کشت می‌شود (۳۵). بر اساس گزارش سازمان خوارو بار جهانی نخود در ۵۵ کشور جهان کشت می‌شود که ۹۰ درصد سطح زیر کشت آن در کشورهای درحال‌توسعه قرار دارد. ایران با وجود قرار داشتن در رتبه چهارم تولید نخود در دنیا، جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود که در این مناطق علاوه بر تنش خشکی، تنش شوری نیز از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش تولیدات کشاورزی است (۱۳).

شوری پس از خشکی به‌عنوان دومین تنش محیطی مهم و تأثیرگذار در کشاورزی بوده که روی حدود ۲۰ درصد از کل خشکی‌های زمین و نیمی از زمین‌های فاریاب تأثیرگذار است (۲ و ۳۸). شوری باعث ایجاد محدودیت‌های تغذیه‌ای از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم، افزایش غلظت یونی درون‌سلولی، تغییر مقدار کلروفیل، مقدار پرولین باعث تنش اسمزی می‌گردد که تغییرات موجب به هم خوردن توازن متابولیکی و در پی آن تنش اکسیداتیو می‌گردند و همچنین با تأثیر بر انتقال و تسهیم عناصر در اندام‌های مختلف گیاه سبب افت کیفیت در اندام‌های رویشی و زایشی می‌گردد (۲۲،۲۷).

گیاهان معمولاً با کاهش پتانسیل اسمزی خود از طریق تجمع یون‌ها و ترکیب‌های آلی در فرآیندی که به‌عنوان تنظیم اسمزی شناخته می‌شود، به شوری پاسخ می‌دهند. پژوهشگران نشان دادند که با افزایش تنش شوری، پتانسیل آب (برگ‌ها) و پتانسیل اسمزی (برگ‌ها و ریشه‌ها) منفی‌تر شده و گیاهان هرچه زمان بیشتری در معرض تنش شوری قرار گرفتند، پتانسیل اسمزی آن‌ها منفی‌تر می‌شود (۲۵). در شرایط تنش شوری، محتوای سدیم در اندام هوایی بیشتر از ریشه است. در برگ ژنوتیپ‌های حساس به شوری، عمدتاً تجمع سدیم در سلول‌های اپیدرمی بیشتر از سلول‌های مزوفیل است. تنش شوری روی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاهچه، رشد، تثبیت نیتروژن، گلدهی، رشد غلاف و پر شدن بذر نخود تأثیر می‌گذارد (۷).

برخی پژوهشگران دلیل کاهش فتوسنتز را تغییر در ساختار تیلاکوئیدها می‌دانند و همچنین بیان می‌کنند که تنش شوری بر غشاء کلروفیل اثر گذاشته و باعث از بین رفتن تجمع گرانا می‌شود (۸).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

افزایش کربوهیدرات‌های محلول برگ نخود تحت تنش شوری توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است (۲۲، ۲۵). تأثیر منفی سطوح مختلف شوری حاصل کلرید و سولفات بر محتوای نشاسته و پروتئین برگ در دو رقم نخود گزارش شده است درحالی‌که تجمع اسیدهای آمینه مخصوصاً پرولین با افزایش سطح شوری افزایش یافت (۳۶).

نخود به تنش شوری حساس است حتی پس از پژوهش‌های زیادی که برای بهبود تحمل به نمک در نخود انجام شده است، تا به امروز، ارقام محدودی متحمل به شوری زیرا تولید لاین‌های جدید با تحمل بالا به نمک ازلحاظ ژنتیکی دشوار است (۶).

بررسی اثر شوری روی شش ژنوتیپ گیاه نخود نشان داد که وزن خشک اندام هوایی تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و با افزایش شدت تنش، از وزن خشک بوته در همه ژنوتیپ‌ها کاسته شد با این وجود بین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به شوری تنوع مشاهده شد (۱۴).

با اینکه نخود دامنه تنوع ژنتیکی پایینی دارد، اما مطالعات روی گزینش ارقام مختلف نخود در شوری با موفقیت همراه بوده است و از آنجا که مؤثرترین روش مقابله با تنش‌های محیطی به‌ویژه شوری دست‌یابی به ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشد، لذا این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک جهت گزینش تحمل به شوری در نخود انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در شرایط هیدروپونیک در زمستان سال ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های‌کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایش شامل ۱۷ ژنوتیپ گیاه نخود تیپ کابلی به عنوان کرت فرعی و دو سطح شوری (۱۲ و $۱۶dS.m^{-1}$) و شاهد ($۰/۵dS.m^{-1}$) به عنوان کرت اصلی بودند. فهرست ژنوتیپ‌های مورد بررسی‌در این آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است. بذر ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده از بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد.

جدول ۱- لیست ژنوتیپ‌های نخود موردمطالعه

Table 1. Chickpea genotypes studied

شماره ردیف	کد بانک بذر	منشأ	شماره ردیف	کد بانک بذر	منشأ
1.	MCC12	Iran	10.	MCC108	ICARDA
2.	MCC23	Iran	11.	MCC112	ICARDA
3.	MCC27	Iran	12.	MCC134	ICARDA
4.	MCC28	Iran	13.	MCC161	ICARDA
5.	MCC52	ICARDA	14.	MCC208	ICARDA
6.	MCC58	ICARDA	15.	MCC296	ICARDA
7.	MCC71	ICARDA	16.	MCC415	Iran
8.	MCC72	ICARDA	17.	MCC578	Iran
9.	MCC92	ICARDA			

MCC: کلکسیون نخود مشهد.

ابتدا بذرها در آزمایشگاه جوانه‌دار و سپس به بستر کشت در گلخانه با طول دوره روشنایی و تاریکی مطابق طول روز طبیعی، دمای روز و شب به‌ترتیب ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد با دامنه تغییر ±۵ تنظیم و شرایط نور طبیعی منتقل شدند. کشت در محیط هیدروپونیک انجام شد. به‌عنوان بستر کشت از ماسه‌رودخانه‌ای عبور داده شده از الک دو میلی‌متری و کاملاً شسته شده، استفاده شد. گیاهچه‌ها در دو هفته ابتدایی با آب شرب آبیاری شدند. جهت تأمین مواد غذایی موردنیاز گیاه از محلول هوگلند (۱۸) استفاده شد. دو هفته بعد از انتقال بذرها به محیط کشت، تنش شوری اعمال شد. سیستم تغذیه در این مطالعه سیستم بسته بود و محلول غذایی در بستر به‌طور متناوب گردش می‌کرد و هر هفته با تعویض محلول هوگلند بر اساس سطح شوری مورد نظر، کلرید سدیم استفاده شد. با توجه به اینکه محلول هوگلند به‌واسطه دارا بودن عناصر غذایی حدود دو دسی زیمنس بر متر هدایت الکتریکی ایجاد می‌کند، مجموع هدایت الکتریکی محلول غذایی و تیمار شوری $۱۲dS.m^{-1}$ به $۱۴dS.m^{-1}$ و در شوری $۱۶dS.m^{-1}$ به $۱۸dS.m^{-1}$ رسید.

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، صفات نشت الکترولیت‌ها (۳۳)، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (۱۰)، فنل کل (۳۹)، کربوهیدرات‌های محلول (۱۲) و پرولین (۵) اندازه‌گیری شدند.

پتانسیل اسمزی برگ‌با استفاده از دستگاه اسمومتر مدل OM802.D شرکت Wogel بر اساس روش نقطه انجماد تعیین شد. برای این منظور نمونه‌های برگ در میکروتیوب‌های ۰/۵ میلی‌لیتری هموژنیزه و عصاره‌گیری شد. پتانسیل اسمزی عصاره به‌دست‌آمده توسط دستگاه اسمومتر که توسط محلول استاندار گلوکز کالیبره شده بود، تعیین کمیت شد. مقدار اسمولیت‌های موجود در برگ برحسب مول بر گرم ماده خشک بر اساس ترکیب رابطه وانت هوف و مقدار آب برگ محاسبه شد.

$$Os=(-Op/RT)\times(WC/(1-WC)) \quad \text{(معادله ۱)}$$

در این معادله، Os، مقدار اسمولیت برحسب میلی‌مول بر گرم ماده خشک؛ R، ثابت گاز معادل ۰/۰۸۳؛ T، درجه حرارت محیط برحسب کلوین؛ Op، پتانسیل اسمزی برگ بر حسب بار و WC، مقدار آب برگ می‌باشد.

برای محاسبه درصد بقاء پیش از اعمال تنش شوری تعداد بوته‌های سبز شده ثبت گردید و پیش از برداشت نیز تعداد بوته‌های زنده ثبت و درصد بقاء بر اساس معادله (۲) محاسبه گردید.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

معادله (۲)

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

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 بود با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم تعیین شد (۴۰).

شاخص تحمل به شوری (Sanility Resistance Index (SRI)) بر اساس معادله (۳) (۱۶) و بر اساس معیار زیست‌توده تعیین شد.

معادله (۳)

$$SRI = \left(\frac{Ys}{Yp}\right) \Big/ \frac{\overline{Ys}}{\overline{Yp}}$$

در معادله فوق Ys تولید ژنوتیپ در تیمار تنش، Yp تولید ژنوتیپ در تیمار شاهد، $\overline{Ys}$ میانگین تولید در تیمار تنش و $\overline{Yp}$ میانگین تولید در تیمار شاهد می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار Minitab 17 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای برآورد همبستگی و تجزیه خوشه‌ای (بر اساس روش ward و فاصله اقلیدسی از نرم‌افزار JMP4 استفاده شد.

نتایج و بحث

برهمکنش سطوح تنش شوری و ژنوتیپ‌ها بر درصد بقاء معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط بدون تنش در هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها، گیاهچه از بین رفته مشاهده نشد و همگی دارای ۱۰۰ درصد بقاء بودند. با افزایش سطح تنش شوری درصد بقاء کاهش یافت. ژنوتیپ‌های MCC28 و MCC296 بیشترین واکنش را در سطح تنش شوری ۱۲dS.m^{-1} نشان دادند و با ۳۱ درصد کاهش نسبت به شاهد، کمترین درصد بقاء را در بین ژنوتیپ‌ها داشتند. ژنوتیپ‌های MCC12، MCC108 و MCC72 نیز با ۹۵ درصد بقاء بیشترین درصد بقاء را در ۱۲dS.m^{-1} داشتند (جدول ۲). با افزایش میزان شوری به ۱۶dS.m^{-1}، درصد بقاء با شدت بیشتری کاهش یافت. درصد بقاء در ژنوتیپ‌های MCC108 و MCC72 در سطح شوری ۱۶dS.m^{-1} اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. همچنین ژنوتیپ MCC112 در سطح شوری ۱۶dS.m^{-1} با درصد بقاء ۱۰۰ درصد بیشترین مقدار این صفت را در بین تمامی ژنوتیپ‌ها ثبت کرد. به غیر از ژنوتیپ‌های ذکر شده، در سایر ژنوتیپ‌ها درصد بقاء به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. کمترین درصد بقاء مربوط به ژنوتیپ MCC208 بود که در شوری ۱۶dS.m^{-1} کلیه بوته‌های آن از بین رفتند. پس از آن ژنوتیپ‌های MCC28 و MCC415 به‌ترتیب با ۲/۸ و ۴ درصد، کمترین درصد بقاء را در بین تمامی ژنوتیپ‌ها داشتند (جدول ۲).

تنش شوری مانع رشد ریشه و ساقه شده و در غلظت کم شوری با کاهش رشد و عملکرد و در غلظت‌های بالا با قرار گرفتن در معرض شوری برای مدت طولانی منجر به مرگ گیاه می‌شود (۲۹). بررسی اثرات نمک کلرید سدیم روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نخود نشان داد که بیشترین زمان جوانه‌زنی و کمترین میزان رشد گیاهچه در شوری ۱۶dS.m^{-1} بود. به‌طوری‌که با افزایش غلظت نمک، جوانه‌زنی به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفت و در غلظت ۱۶dS.m^{-1} هیچ‌گیاهچه‌ای قادر به جوانه‌زنی و رشد نبود (۳۱) که با نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۲- اثر تنش شوری بر درصد بقاء و نشت الکترولیت‌ها در ژنوتیپ‌های نخود

Table 2. Effect of salinity stress on survival percentage and electrolyte leakage in chickpea genotypes

ژنوتیپ	بقاء (٪)			نشت الکترولیت‌ها (٪)		
	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}
MCC12	۱۰۰^{a}	۹۷/۴^{a}	۳۱/۱^{h}	۸۵/۳$^{h-o}$	۹۰/۱$^{a-f}$	۸۹/۲$^{a-g}$
MCC23	۱۰۰^{a}	۹۲/۷$^{a-c}$	۱۱/۴^{hi}	۸۴/۴$^{j-o}$	۹۱/۷^{ab}	۹۰/۶$^{a-e}$
MCC27	۱۰۰^{a}	۹۴/۴$^{a-c}$	۶۲/۹$^{d-f}$	۸۱/۵$^{o-q}$	۸۶/۸$^{e-l}$	۸۵/۸$^{g-n}$
MCC28	۱۰۰^{a}	۶۹/۰$^{c-f}$	۲/۷۸^{i}	۸۳/۶$^{k-o}$	۹۰/۶$^{a-d}$	۹۲/۶^{a}
MCC52	۱۰۰^{a}	۹۴/۴$^{a-c}$	۳۴/۵^{gh}	۸۳/۲$^{k-p}$	۹۱/۶^{ab}	۸۸/۴$^{b-i}$
MCC58	۱۰۰^{a}	۸۰/۰$^{a-f}$	۱۰/۸^{hi}	۸۵/۰$^{h-o}$	۹۱/۵$^{a-c}$	۸۹/۲$^{a-g}$
MCC71	۱۰۰^{a}	۸۱/۱$^{a-f}$	۶۰/۷^{ef}	۷۹/۵$^{p-r}$	۸۶/۷$^{f-l}$	۸۹/۲$^{a-g}$
MCC72	۱۰۰^{a}	۹۵/۸^{a}	۸۶/۵$^{a-d}$	۸۲/۷$^{m-p}$	۸۹/۳$^{a-g}$	۸۶/۹$^{d-k}$
MCC92	۱۰۰^{a}	۹۳/۳$^{a-c}$	۵۸/۶^{fg}	۸۲/۸$^{m-p}$	۹۰/۶$^{a-e}$	۹۱/۱$^{a-c}$
MCC108	۱۰۰^{a}	۹۵/۹^{a}	۸۲/۶$^{a-f}$	۷۶/۵^{r}	۸۶/۵$^{f-m}$	۸۴/۰$^{j-o}$
MCC112	۱۰۰^{a}	۹۴/۷^{ab}	۱۰۰^{a}	۸۱/۷$^{o-q}$	۹۱/۴$^{a-c}$	۸۷/۷$^{c-j}$
MCC134	۱۰۰^{a}	۸۹/۳$^{a-c}$	۱۴/۶^{hi}	۷۸/۳^{qr}	۸۸/۷$^{b-h}$	۸۹/۲$^{a-g}$
MCC161	۱۰۰^{a}	۷۷/۹$^{a-f}$	۲۴/۸^{hi}	۸۲/۷$^{n-p}$	۹۱/۳$^{a-c}$	۸۹/۹$^{a-f}$
MCC208	۱۰۰^{a}	۹۲/۷$^{a-c}$	۰/۰^{j}	۸۲/۸$^{m-p}$	۸۸/۹$^{b-g}$	۱۰۰^{a}
MCC296	۱۰۰^{a}	۶۹/۷$^{b-f}$	۱۰/۳^{hi}	۸۳/۱$^{l-p}$	۹۰/۷$^{a-d}$	۹۰/۱$^{a-f}$
MCC415	۱۰۰^{a}	۸۵/۶$^{a-e}$	۴/۱۸^{i}	۸۴/۷$^{i-o}$	۹۱/۶^{ab}	۹۱/۶^{ab}
MCC578	۱۰۰^{a}	۷۴/۷$^{a-f}$	۱۰/۷^{hi}	۸۴/۰$^{j-o}$	۹۱/۰$^{a-c}$	۹۱/۰$^{a-c}$
	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری
P value	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
CV%	۹/۶۶			۱/۲۴		

MCC: کلکسیون نخود مشهد. حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. CV: ضریب تغییرات.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

اثر آسیب وارد شده به غشاء سیتوپلاسمی در اثر تنش باعث می‌شود که محتویات سلول آن‌ها به بیرون تراوش کند، که مقدار این آسیب را می‌توان با اندازه‌گیری مقدار نشت یونی تعیین نمود (۲۰). نتایج نشان داد تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها در سطح شوری $12dS.m^{-1}$ شد (جدول ۲). در بررسی ژنوتیپ‌ها مشخص شد که در تمامی ژنوتیپ‌ها درصد نشت الکترولیت‌ها در شوری $12dS.m^{-1}$ نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها در شوری $12dS.m^{-1}$ مربوط به ژنوتیپ‌های MCC134، MCC108 و MCC112 به‌ترتیب با ۱۰/۳، ۱۰ و ۹/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد بود (جدول ۲). همچنین در شوری $12dS.m^{-1}$ ژنوتیپ MCC108 با ۸۶/۵ و ژنوتیپ‌های MCC12، MCC27 و MCC208 به‌ترتیب با ۴/۹، ۵/۳ و ۶ درصد کمترین میزان درصد نشت الکترولیت‌ها را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول ۲).

با افزایش غلظت شوری به $16dS.m^{-1}$ در تمامی ژنوتیپ‌ها درصد نشت الکترولیت‌ها افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد پیدا کرد، اما بین هر ژنوتیپ در دو سطح شوری ۱۲ و $dS.m^{-1}$ ۱۶ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). ژنوتیپ MCC28 با ۹۲/۵ درصد بیشترین نشت الکترولیت‌ها را در بین تمام ژنوتیپ‌ها در تنش شوری $16dS.m^{-1}$ ثبت کرد، در همین سطح از تنش ژنوتیپ‌های MCC208 و MCC134 با ۱۷/۲ و ۱۰/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بیشترین افزایش نشت الکترولیت‌ها را در بین تمامی ژنوتیپ‌ها نشان دادند. از طرفی در تنش شوری $16dS.m^{-1}$ ژنوتیپ MCC108 با ۸۲ درصد کمترین درصد نشت الکترولیت‌ها را نشان داد و ژنوتیپ‌های MCC12، MCC58 و MCC27 کمترین افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها را نسبت به شاهد داشتند (جدول ۲).

افزایش نشت یونی غشاء با افزایش سطح شوری در نتیجه خشکی فیزیولوژیک حاصل از آن در برخی آزمایش‌ها روی ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus*) گزارش شده است (۳۷). آبیاری نخود با آب شور باعث آسیب رسیدن به غشاء سلولی شد و باعث افزایش نشت الکترولیت‌ها شد (۲۵). گزارش شده است که، نشت الکترولیت‌ها در نخود با افزایش شوری به‌صورت خطی افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که بیشترین میزان نشت الکترولیت‌ها در بالاترین سطح شوری به دست آمد که با نتایج حاصل از آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد (۲۱). همچنین مطالعات نشان داد که شوری بر میزان تراوش یونی غشاء در برگ ذرت اثر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که نشت یونی با افزایش شوری افزایش پیدا کرد و شاخص پایداری غشاء نیز تحت تأثیر شوری قرار گرفت (۴). بررسی اثر شوری بر گندم (*Triticum aestivum* L.) نشان داد ارقامی که نشت یونی کمتری دارند، به شوری متحمل‌تر هستند (۲۰). در مطالعه حاضر بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که در تیمار شاهد، همبستگی بین درصد نشت و بقاء وجود ندارد ولی با افزایش سطح تنش شوری همبستگی منفی مشاهده شد با این وجود در سطح تنش $12dS.m^{-1}$، این همبستگی منفی معنی‌دار نشد؛ اما در سطح تنش $16dS.m^{-1}$ همبستگی منفی معنی‌داری (r^2=۰/۶۳**) مشاهده شد و همبستگی کل بین این دو ویژگی منفی و معنی‌دار (r^2=۰/۵۸**) بود (جدول ۹،۱۰).

مقدار کلروفیل و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند، چراکه به‌طور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده مؤثر هستند (۲۲). بررسی نتایج نشان داد که در ۹ ژنوتیپ با افزایش سطح تنش از شاهد به $12dS.m^{-1}$ محتوای کلروفیلa کاهش یافت (جدول ۳). از طرفی در ژنوتیپ‌های MCC52، MCC58، MCC71، MCC108، MCC112، MCC134، MCC208 و MCC296 افزایش سطح تنش از شاهد به $12dS.m^{-1}$ محتوای کلروفیلa افزایش یافت (جدول ۳). ژنوتیپ MCC296 در شوری $12dS.m^{-1}$ بیشترین محتوای کلروفیلa را در بین تمامی ژنوتیپ‌ها ثبت کرد که نسبت به شاهد ۵۳ درصد افزایش یافت (جدول ۳).

در سطح تنش شوری $16dS.m^{-1}$ در میان ژنوتیپ‌های زنده مانده، ژنوتیپ MCC108، بیشترین و ژنوتیپ MCC71، کمترین محتوای کلروفیل a را در بین ژنوتیپ‌ها دارا بودند (جدول ۳). همچنین ژنوتیپ‌های MCC52، MCC58، MCC71 و MCC134 که تحت تنش شوری $12dS.m^{-1}$ بر محتوای کلروفیلa آن‌ها افزوده شده بود، با افزایش شدت شوری به $16dS.m^{-1}$ از میزان کلروفیل آن‌ها کاسته شد به‌طوری‌که تمام ژنوتیپ‌های ذکر شده در شوری $16dS.m^{-1}$ میزان کلروفیل کمتری نسبت به شاهد داشتند (جدول ۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

جدول ۳- اثر تنش شوری بر محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های نخود

Table 3. Effect of salinity stress on photosynthetic pigments in chickpea genotypes

ژنوتیپ	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)			کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)			نسبت کلروفیل a به b		
	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}
MCC12	۰/۷۰۰$^{c-k}$	۰/۵۷۳$^{g-m}$	۰/۶۰۷$^{f-m}$	۰/۳۷۶$^{m-q}$	۰/۳۸۸$^{l-q}$	۰/۴۸۰$^{g-q}$	۱/۸۷$^{b-h}$	۱/۴۷$^{c-k}$	۱/۳۰$^{f-l}$
MCC23	۰/۷۳۳$^{c-k}$	۰/۶۷۰$^{d-k}$	۰/۶۰۹$^{f-m}$	۰/۴۲۰$^{i-q}$	۰/۶۱۱$^{c-h}$	۰/۷۲۹^{cd}	۱/۷۵$^{b-i}$	۱/۲۶$^{f-l}$	۰/۸۲^{kl}
MCC27	۰/۸۶۲$^{b-g}$	۰/۵۹۰$^{f-m}$	۰/۶۸۱$^{d-k}$	۰/۴۵۲$^{h-q}$	۰/۴۷۳$^{h-q}$	۰/۵۵۶$^{d-m}$	۱/۹۲$^{b-f}$	۱/۲۷$^{f-l}$	۱/۲۲$^{f-l}$
MCC28	۰/۷۵۱$^{c-k}$	۰/۷۳۸$^{c-k}$	۰/۶۰۳$^{f-m}$	۰/۳۵۸$^{o-q}$	۰/۶۷۳$^{c-f}$	۰/۷۰۸$^{c-e}$	۲/۱۲$^{b-e}$	۱/۰۹$^{h-l}$	۰/۸۵^{kl}
MCC52	۰/۶۳۴$^{e-l}$	۰/۷۴۴$^{c-k}$	۰/۵۱۲$^{j-m}$	۰/۳۵۶$^{o-q}$	۰/۵۶۴$^{d-l}$	۰/۳۴۹$^{o-q}$	۱/۷۸$^{b-h}$	۱/۳۲$^{e-k}$	۱/۵۰$^{c-k}$
MCC58	۰/۵۳۱$^{i-m}$	۰/۷۷۶$^{c-j}$	۰/۴۷۰$^{k-m}$	۰/۳۷۶$^{m-q}$	۰/۵۹۲$^{d-i}$	۰/۳۵۹$^{o-q}$	۱/۴۰$^{d-k}$	۱/۳۲$^{e-k}$	۱/۳۱$^{e-l}$
MCC71	۰/۶۱۷$^{f-m}$	۰/۷۰۹$^{c-k}$	۰/۳۲۸^{m}	۰/۳۳۴^{pq}	۰/۴۱۶$^{i-q}$	۰/۳۸۸$^{l-q}$	۱/۸۵$^{b-h}$	۱/۷۹$^{b-h}$	۰/۸۵^{kl}
MCC72	۰/۶۳۹$^{e-l}$	۰/۵۵۶$^{h-m}$	۰/۵۴۰$^{i-m}$	۰/۳۸۷$^{l-q}$	۰/۴۰۱$^{j-q}$	۰/۴۱۸$^{i-q}$	۱/۶۷$^{b-j}$	۱/۳۸$^{d-k}$	۱/۲۹$^{f-l}$
MCC92	۰/۶۶۵$^{d-k}$	۰/۵۸۷$^{f-m}$	۰/۶۸۳$^{d-k}$	۰/۳۶۴$^{n-q}$	۰/۴۲۰$^{i-q}$	۱/۳۶^{a}	۱/۸۱$^{b-h}$	۱/۴۰$^{d-k}$	۰/۵۰^{l}
MCC108	۰/۸۵۲$^{c-h}$	۰/۹۹۹$^{a-c}$	۱/۱۶^{ab}	۰/۲۹۳^{q}	۰/۵۸۲$^{d-j}$	۰/۶۶$^{c-g}$	۲/۹۶^{a}	۱/۷۲$^{b-i}$	۱/۷۶$^{b-i}$
MCC112	۰/۶۰۹$^{f-m}$	۰/۸۲۷$^{c-i}$	۰/۷۵۹$^{c-k}$	۰/۳۹۳$^{k-q}$	۰/۶۴۰$^{c-h}$	۰/۵۳۷$^{e-o}$	۱/۵۴$^{c-k}$	۱/۳۰$^{f-l}$	۱/۴۲$^{d-k}$
MCC134	۰/۶۹۸$^{c-k}$	۰/۹۵۵$^{b-d}$	۰/۶۹۶$^{d-k}$	۰/۵۴۸$^{d-n}$	۰/۶۲۶$^{c-h}$	۰/۶۴۱$^{c-h}$	۱/۲۷$^{f-l}$	۱/۵۳$^{c-k}$	۱/۱۱$^{g-l}$
MCC161	۰/۶۱۰$^{f-m}$	۰/۴۸۹$^{j-m}$	۰/۳۵۰^{lm}	۰/۳۳۲^{pq}	۰/۴۲۰$^{i-q}$	۰/۳۳۲^{pq}	۱/۸۴$^{b-h}$	۱/۱۵$^{f-l}$	۱/۰۷$^{h-l}$
MCC208	۰/۷۸۵$^{c-j}$	۰/۹۷۵$^{a-c}$	۰/۰۰۰^{n}	۰/۴۳۵$^{i-q}$	۰/۷۳۲^{bc}	۰/۰۰۰^{r}	۱/۷۹$^{b-h}$	۱/۳۳$^{e-k}$	۰/۰۰۰^{m}
MCC296	۰/۸۱۷$^{c-i}$	۱/۲۷^{a}	۰/۹۲۹$^{b-e}$	۰/۳۶۰$^{n-q}$	۰/۶۰۰$^{c-i}$	۰/۴۸۶$^{f-p}$	۲/۲۸$^{a-c}$	۲/۱۵$^{a-d}$	۱/۹۱$^{b-g}$
MCC415	۰/۸۷۸$^{b-f}$	۰/۷۱۰$^{c-k}$	۰/۷۵۷$^{c-k}$	۰/۴۸۷$^{l-p}$	۰/۵۸۱$^{d-k}$	۰/۷۸۳^{bc}	۱/۸۰$^{b-h}$	۱/۲۳$^{f-l}$	۰/۹۷$^{i-l}$
MCC578	۰/۸۵۲$^{c-h}$	۰/۷۰۵$^{c-k}$	۰/۷۴۷$^{c-k}$	۰/۹۶۹^{b}	۰/۳۱۷^{pq}	۰/۳۰۵^{pq}	۰/۸۸۰$^{j-l}$	۲/۴۰^{ab}	۲/۴۵^{ab}
	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری
P value	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
CV%	۱۲/۳۰			۱۰/۷۲			۱۴/۷۹		

MCC: کلکسیون نخود مشهد. حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. CV: ضریب تغییرات.

نتایج نشان داد که به‌جز ژنوتیپ‌های MCC52، MCC58 و MCC578 که در سطح شوری ۱۶dS.m^{-1} نسبت به شاهد محتوای کلروفیل b کمتری داشتند، در سایر ژنوتیپ‌ها افزایش سطح تنش شوری باعث افزایش محتوای کلروفیل b نسبت به شاهد شد (جدول ۳). همچنین ژنوتیپ‌های MCC52، MCC58، MCC71، MCC112، MCC161 و MCC296 که محتوای کلروفیل b آن‌ها در شوری ۱۲dS.m^{-1} افزایش یافته بود در اثر افزایش شدت شوری به ۱۶dS.m^{-1} محتوای کلروفیل b آن‌ها کاهش یافت (جدول ۳). نتایج نشان داد بیشترین محتوای کلروفیل b مربوط به ژنوتیپ MCC92 در سطح تنش ۱۶dS.m^{-1} بود و کمترین تغییر نسبت به شاهد را ژنوتیپ MCC161 داشت. باوجوداینکه محتوای کلروفیل b در ژنوتیپ MCC161 در سطح تنش شوری ۱۲dS.m^{-1} افزایش ۲۰ درصدی نشان داد، ولی با افزایش سطح تنش شوری به ۱۶dS.m^{-1}، این ویژگی ۲۰ درصد کاهش یافت و محتوای کلروفیل b در شوری ۱۶dS.m^{-1} با شاهد برابر بود (جدول ۳).

در تمامی ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ MCC578 با افزایش سطح شوری از شاهد به ۱۲ و ۱۶dS.m^{-1} نسبت کلروفیل a به b کاهش یافت (جدول ۳). در ژنوتیپ MCC578 با افزایش سطح تنش شوری از شاهد به ۱۲ و ۱۶dS.m^{-1} نسبت کلروفیل a به b به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۲/۷۸ برابر افزایش یافت (جدول ۳). با افزایش سطح تنش شوری از ۱۲ به ۱۶dS.m^{-1} نسبت کلروفیل a به b در ژنوتیپ‌های MCC52، MCC108، MCC112 و MCC578 افزایش یافت، در سایر ژنوتیپ‌ها افزایش سطح شوری باعث کاهش این نسبت شد (جدول ۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

جدول ۴- اثر تنش شوری بر محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های نخود
Table 4. Effect of salinity stress on photosynthetic pigments in chickpea genotypes

ژنوتیپ	کاروتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)			کل رنگ‌دانه‌ها (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)		
	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}
MCC12	۰/۱۳۷$^{a-h}$	۰/۰۷۸$^{f-j}$	۰/۱۷۳$^{a-e}$	۱/۲۱$^{d-k}$	۱/۰۴$^{g-m}$	۱/۲۶$^{c-k}$
MCC23	۰/۱۵۲$^{a-f}$	۰/۱۸۸$^{a-c}$	۰/۰۰۰^{j}	۱/۳۰$^{c-k}$	۱/۴۷$^{c-i}$	۱/۳۴$^{c-k}$
MCC27	۰/۱۱۵$^{a-i}$	۰/۰۴۳^{ij}	۰/۰۸۱$^{f-j}$	۱/۴۳$^{c-j}$	۱/۱۱$^{e-m}$	۱/۳۲$^{c-k}$
MCC28	۰/۱۳۲$^{a-i}$	۰/۱۰۴$^{b-i}$	۰/۱۰۸$^{b-i}$	۱/۲۴$^{d-k}$	۱/۴۷$^{b-g}$	۱/۴۲$^{c-j}$
MCC52	۰/۱۵۰$^{a-f}$	۰/۱۰۰$^{c-i}$	۰/۰۶۸$^{f-j}$	۱/۱۴$^{e-m}$	۱/۴۱$^{c-j}$	۰/۹۳$^{k-m}$
MCC58	۰/۱۱۶$^{a-i}$	۰/۱۸۸$^{a-c}$	۰/۰۸۶$^{e-j}$	۱/۰۲$^{i-m}$	۱/۵۶$^{b-e}$	۰/۹۲$^{k-m}$
MCC71	۰/۰۹۹$^{c-i}$	۰/۰۶۹$^{f-j}$	۰/۰۰۰^{j}	۱/۰۵$^{g-m}$	۱/۱۹$^{d-l}$	۰/۷۲^{m}
MCC72	۰/۱۴۱$^{a-h}$	۰/۰۶۳$^{f-j}$	۰/۰۷۵$^{f-j}$	۱/۱۷$^{e-m}$	۱/۰۲$^{i-m}$	۱/۰۳$^{h-m}$
MCC92	۰/۱۳۲$^{a-i}$	۰/۰۵۱$^{h-j}$	۰/۰۶۶$^{h-m}$	۱/۱۶$^{e-m}$	۱/۰۶$^{g-m}$	۲/۱۱^{a}
MCC108	۰/۰۷۵$^{f-j}$	۰/۱۴۲$^{a-f}$	۰/۱۲۱$^{a-i}$	۱/۲۲$^{d-k}$	۱/۷۳$^{a-c}$	۱/۹۲^{ab}
MCC112	۰/۱۰۸$^{b-i}$	۰/۱۰۰$^{c-i}$	۰/۱۴۵$^{a-g}$	۱/۱۱$^{e-m}$	۱/۵۶$^{b-e}$	۱/۴۴$^{c-j}$
MCC134	۰/۲۰۱^{a}	۰/۰۶۴$^{f-j}$	۰/۰۹۰$^{d-j}$	۱/۴۴$^{c-j}$	۱/۶۴$^{a-d}$	۱/۴۲$^{c-j}$
MCC161	۰/۱۰۰$^{c-i}$	۰/۰۷۷$^{f-j}$	۰/۰۵۲$^{h-j}$	۱/۰۴$^{g-m}$	۰/۹۹$^{j-m}$	۰/۷۲^{lm}
MCC208	۰/۱۱۴$^{a-i}$	۰/۰۹۲$^{c-i}$	۰/۰۰۰^{j}	۱/۳۳$^{c-k}$	۱/۸۰$^{a-c}$	۰/۰۰۰^{n}
MCC296	۰/۱۴۴$^{a-g}$	۰/۱۹۲^{ab}	۰/۰۹۲$^{d-i}$	۱/۳۲$^{c-k}$	۲/۰۶^{a}	۱/۵۱$^{b-h}$
MCC415	۰/۱۷۹$^{a-d}$	۰/۰۸۲$^{f-j}$	۰/۱۲۳$^{a-i}$	۱/۵۴$^{b-f}$	۱/۳۷$^{c-k}$	۱/۶۷$^{a-d}$
MCC578	۰/۱۵۰$^{a-f}$	۰/۰۵۶$^{g-j}$	۰/۰۷۴$^{f-j}$	۱/۹۷^{ab}	۱/۰۸$^{f-m}$	۱/۱۳$^{e-m}$
	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری
P value	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
CV%	۱۹/۱۳			۷۷/۹		

MCC: کلکسیون نخود مشهد. حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. CV: ضریب تغییرات.

کاروتنوئیدها یکی از رنگ‌دانه‌های کلیدی و مهم سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان هستند، اما آن‌ها به تخریب اکسیداتیو بسیار حساس هستند. در مطالعه حاضر تنش شوری باعث کاهش معنی‌داری در محتوای کاروتنوئیدها در بیشتر ژنوتیپ‌ها شد ولی در ژنوتیپ‌های MCC23، MCC58، MCC108 و MCC296 با افزایش سطح تنش شوری از ۰/۵ به ۱۲dS.m^{-1} این ویژگی افزایش یافت. بررسی ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ MCC296 بیشترین و ژنوتیپ MCC27 کمترین محتوای کاروتنوئیدها را در شوری ۱۲dS.m^{-1} دارا بودند (جدول ۴).

بیشترین محتوای کاروتنوئیدها در تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} را ژنوتیپ MCC12 داشت (جدول ۴). در سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} به‌جز سه ژنوتیپ MCC23، MCC71 و MCC208 که محتوای کاروتنوئیدهای آن‌ها صفر گزارش شد، ژنوتیپ MCC161 کمترین محتوای کاروتنوئیدها را داشت (جدول ۴). نکته قابل تأمل افزایش محتوای کاروتنوئیدها در ژنوتیپ‌هایی بود که در اثر شوری ۱۲dS.m^{-1} نسبت به شاهد کاهش داشتند. ژنوتیپ‌های MCC12، MCC27، MCC28، MCC72، MCC92، MCC112، MCC134، MCC415 و MCC578 بااینکه در اثر شوری ۱۲dS.m^{-1} محتوای کاروتنوئیدهای کمتری نسبت به شاهد داشتند اما در سطح شوری ۱۶dS.m^{-1} محتوای کاروتنوئیدهای بیشتری نسبت به سطح تنش شوری dS.m^{-1} ۱۲ داشتند که احتمال می‌رود به‌علت نقش کاروتنوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و حفاظت از فرایندهای فتوشیمیایی کلروپلاست باشد (جدول ۴). بررسی مجموع همبستگی بین صفات نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۳۴**) بین درصد بقاء و همبستگی منفی معنی‌داری (r^2=-۰/۳۲**) بین درصد نشت الکترولیت‌ها و محتوای کاروتنوئیدها مشاهده شد (جدول ۱۰).

بررسی تأثیر تنش شوری بر محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی حاکی از افزایش این ویژگی در تمامی ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ‌های MCC12، MCC27، MCC72، MCC92، MCC161، MCC415 و MCC578 در شوری ۱۲dS.m^{-1} نسبت به شاهد بود (جدول ۴). بیشترین افزایش محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از تیمار شاهد به dS.m^{-1} ۱۲ در ژنوتیپ MCC71 و MCC269 به‌ترتیب با ۰/۷۷۰ و ۰/۷۶۰ میلی‌گرم در گرم ماده‌تر مشاهده شد (جدول ۴).

در سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC12، MCC23، MCC28، MCC92، MCC108، MCC112، MCC134، MCC296 و MCC415 محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی بیشتری نسبت به شاهد داشتند (جدول ۴). ژنوتیپ‌های MCC52، MCC58 و MCC71 باوجوداینکه در سطح تنش شوری ۱۲dS.m^{-1} محتوای رنگ‌دانه بیشتری نسبت به شاهد داشتند، اما در اثر تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} کمترین محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی را تولید کردند. در تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC92 و MCC108 به‌ترتیب با ۴۴ و ۳۷ درصد افزایش نسبت به شاهد بیشترین افزایش را در مقدار کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی را داشتند (جدول ۴). از طرفی ژنوتیپ MCC12 با یک درصد افزایش و ژنوتیپ MCC27 با ۱۰ درصد کاهش نسبت به شاهد کمترین تغییر را در اثر تنش شوری dS.m^{-1} ۱۶ نشان دادند (جدول ۴).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

اثرات تنش شوری بر کاهش محتوای رنگ‌دانه‌ها در نخود گزارش شده است (۲۸). از طرفی با افزایش مدت‌زمان تنش میزان کاهش کلروفیل بیشتر شد. پژوهشگران با بررسی تأثیر تنش شوری بر سیستم فتوسنتزی گیاه نخود بیان داشت که کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌تواند به دلیل تغییر بر ساختار تیلاکوئیدها باشد. همچنین آن‌ها عنوان کردند تنش شوری بر غشاء کلروفیل اثر گذاشته و باعث از بین رفتن تجمع گرانا می‌شود (۸). در مطالعه حاضر همبستگی منفی بین درصد نشت الکترولیت‌ها و محتوای کلروفیل a (r^2=-۰/۲۴**) و کاروتنوئیدها (r^2=۰/۳۲**) مشاهده شد (جدول ۱۰). از طرفی بررسی اثر شوری بر ۱۱ ژنوتیپ نخود نشان داد که افزایش کلرید سدیم موجب افزایش محتوای کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها می‌شود (۲۲). بررسی نتایج آزمایش حاضر نشان داد که ژنوتیپ‌ها واکنش متفاوتی نسبت به افزایش شوری بر محتوای کلروفیلa نشان می‌دهند. به‌طوری‌که در ژنوتیپ‌های MCC92، MCC108، MCC112 و MCC296 با افزایش تنش شوری به ۱۶dS.m^{-1} محتوای کلروفیلa آن‌ها افزوده شد که با نتایج به‌دست‌آمده توسط سایر پیژوهشگران مشابه است (۲۲) در سایر ژنوتیپ‌ها محتوای کلروفیلa نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳).

تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تنش شوری در بافت‌های گیاهی توسط فعالیت کاروتنوئیدها در هر دو سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد (۳۴). به‌طورکلی، افزایش محتوای کاروتنوئیدها در شرایط تنش شوری به گیاه توان مقابله با آسیب‌های ناشی از تنش را می‌دهد. به این دلیل که سبب اتلاف انرژی نوری مازاد و آسیب زننده به دستگاه فتوسنتزی و به دنبال آن حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن فعال می‌شود (۲۴). مطالعات حاکی از افزایش کاروتنوئیدها با افزایش سطح تنش شوری است (۲۲) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

کربوهیدرات‌ها به‌عنوان متابولیک در شرایط تنش عمل می‌کنند و نقش مهمی در محافظت از پتانسیل اسمزی، حفظ کربن، پایداری غشاء و کنترل رادیکال‌های آزاد دارند (۳۲). نتایج آزمایش نشان داد تنش شوری باعث افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول شد (جدول ۵).

ژنوتیپ‌های MCC28 و MCC112 به‌ترتیب با ۸۰ و ۸۳ درصد افزایش بیشترین افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول را در بین تمامی ژنوتیپ‌ها از با افزایش سطح تنش از شاهد به ۱۲dS.m^{-1} و همچنین ژنوتیپ MCC12 با ۱۰ درصد افزایش نسبت شاهد کمترین افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول را در بین تمامی ژنوتیپ‌ها داشتند (جدول ۵). به‌طورکلی در سطح تنش شوری ۱۲dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC134 و MCC23 به‌ترتیب بیشترین و کمترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول را دارا بودند (جدول ۵).

با وجود اینکه در اثر شوری ۱۶dS.m^{-1} تمامی ژنوتیپ‌ها نسبت به شاهد محتوای کربوهیدرات‌های محلول بیشتری تولید کردند، اما مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش بین دو سطح شوری نشان داد که پاسخ گیاهان در برابر افزایش شدت تنش شوری متفاوت است (جدول ۵). با افزایش سطح تنش شوری از شاهد به ۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC71 و MCC12 به‌ترتیب با ۸۲ و ۹ درصد افزایش بیشترین و کمترین تغییرات ازنظر کربوهیدرات‌های محلول را داشتند (جدول ۵). با افزایش سطح شوری از ۱۲ به ۱۶dS.m^{-1} در ژنوتیپ‌های MCC12، MCC27، MCC28، MCC52، MCC58، MCC112، MCC134، MCC161، MCC415 و MCC578 محتوای کربوهیدرات‌های محلول کاهش یافت (جدول ۵).

افزایش کربوهیدرات‌های محلول در برگ نخود تحت تنش شوری توسط پژوهشگران به اثبات رسیده است (۲۲ و ۲۵). همچنین پژوهشگران ثابت کرده‌اند که تجمع قند و نشاسته، در شرایط تنش شوری و خشکی باعث تسهیل تنظیم اسمزی در گیاهان می‌شود (۲۶). در مطالعه حاضر با افزایش سطح تنش از تیمار شاهد به ۱۲dS.m^{-1} محتوای کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت اما افزایش بیشتر سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} در برخی از ژنوتیپ‌ها که تحمل کمتری به تنش شوری داشتند موجب کاهش یا توقف افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول شد. بررسی همبستگی بین صفات نیز هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری بین محتوای کربوهیدرات‌های محلول و درصد بقاء در هیچ‌یک از سطوح شوری نشان نداد (جدول ۱۰).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

جدول ۵- اثر تنش شوری بر محتوای کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و فنل کل در ژنوتیپ‌های نخود
Table 5. Effect of salinity stress on soluble carbohydrate, proline and total phenol content in chickpea genotypes

ژنوتیپ	کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم ماده تر)			پرولین (میلی‌گرم بر گرم ماده تر)			فنل کل (میلی‌گرم بر گرم ماده تر)		
	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}
MCC12	۴/۶۲$^{k-o}$	۵/۱۳$^{h-n}$	۵/۰۹$^{h-o}$	۰/۴۰۱^{p}	۳/۲۰$^{h-m}$	۴/۸۳$^{a-f}$	۶۴/۱$^{j-o}$	۴۹/۹^{no}	۶۸/۸$^{h-n}$
MCC23	۳/۸۰$^{n-s}$	۴/۵۶$^{l-p}$	۶/۷۱$^{d-g}$	۰/۳۰۲^{p}	۲/۴۲$^{l-n}$	۴/۳۷$^{c-h}$	۴۷/۸^{o}	۷۰/۲$^{h-m}$	۸۰/۴$^{e-j}$
MCC27	۱/۳۴^{u}	۴/۸۵$^{i-o}$	۴/۳۴$^{l-p}$	۰/۵۱۳^{p}	۳/۷۸$^{e-j}$	۳/۵۵$^{g-l}$	۶۸/۶$^{h-n}$	۶۶/۷$^{i-o}$	۵۵/۶$^{m-o}$
MCC28	۲/۰۰^{tu}	۱۱/۸^{b}	۸/۸۶^{c}	۰/۴۵۴^{p}	۴/۶۱$^{b-g}$	۵/۷۳^{ab}	۶۳/۷$^{j-o}$	۶۵/۷$^{j-o}$	۸۱/۵$^{d-j}$
MCC52	۲/۷۵$^{q-u}$	۶/۱۲$^{f-k}$	۵/۵۷$^{g-m}$	۰/۴۴۰^{p}	۲/۵۲$^{k-m}$	۴/۶۹$^{b-g}$	۶۹/۱$^{h-m}$	۷۱/۹$^{h-m}$	۷۸/۸$^{e-k}$
MCC58	۲/۴۶$^{s-u}$	۴/۷۵$^{i-o}$	۳/۹۲$^{n-s}$	۰/۴۴۹^{p}	۳/۰۷$^{i-m}$	۵/۷۲^{ab}	۱۰۰$^{b-d}$	۸۰/۸$^{e-j}$	۱۱۱^{b}
MCC71	۲/۶۷$^{r-u}$	۷/۶۶$^{c-e}$	۱۴/۸^{a}	۰/۹۱۰$^{o-q}$	۲/۹۶$^{j-m}$	۵/۹۵^{a}	۶۵/۹$^{j-o}$	۶۰/۱$^{k-o}$	۱۰۱^{bc}
MCC72	۴/۶۸$^{k-o}$	۷/۴۷$^{c-f}$	۸/۵۰^{c}	۰/۴۵۱^{p}	۳/۸۶$^{e-j}$	۴/۹۸$^{a-e}$	۷۱/۳$^{h-m}$	۷۱/۳$^{h-m}$	۷۸/۴$^{f-k}$
MCC92	۳/۶۰$^{o-s}$	۴/۷۱$^{j-o}$	۵/۲۹$^{g-n}$	۰/۵۷۳^{p}	۲/۴۰$^{l-n}$	۵/۵۵$^{a-c}$	۹۳/۳$^{b-g}$	۱۰۰/۳$^{b-d}$	۱۳۷^{a}
MCC108	۳/۰۸$^{p-t}$	۴/۷۸$^{i-o}$	۶/۲۵$^{e-i}$	۰/۵۵۸^{p}	۲/۹۶$^{j-m}$	۴/۲۱$^{d-i}$	۶۳/۴$^{j-o}$	۴۵/۶$^{l-o}$	۷۹/۴$^{e-j}$
MCC112	۲/۵۲$^{s-u}$	۱۳/۱۷^{b}	۴/۰۷$^{m-r}$	۰/۳۹۹^{p}	۲/۳۹$^{l-n}$	۲/۱۲$^{m-o}$	۵۷/۴$^{l-o}$	۵۵/۶$^{m-o}$	۷۳/۷$^{h-m}$
MCC134	۴/۱۹$^{m-q}$	۱۱/۹۷^{b}	۴/۷۷$^{i-o}$	۱/۲۶$^{n-p}$	۳/۸۴$^{e-j}$	۵/۲۴$^{a-d}$	۶۴/۲$^{j-o}$	۷۳/۵$^{h-m}$	۹۵/۴$^{b-e}$
MCC161	۳/۸۹$^{n-s}$	۷/۹۲^{cd}	۲/۸۰$^{q-u}$	۰/۵۸۸^{p}	۳/۸۷$^{e-j}$	۵/۹۵^{ab}	۷۳/۹$^{h-m}$	۸۶/۶$^{c-h}$	۱۰۰$^{b-d}$
MCC208	۴/۲۶$^{m-q}$	۶/۶۵$^{d-g}$	۰/۰۰۰^{v}	۰/۸۴۷^{op}	۳/۳۳$^{i-n}$	۰/۰۰۰^{r}	۸۱/۸$^{d-j}$	۶۰/۵$^{k-o}$	۰/۰۰۰^{p}
MCC296	۴/۴۰$^{l-p}$	۸/۳۶^{c}	۸/۸۴^{c}	۰/۶۳۱^{p}	۳/۰۶$^{i-m}$	۵/۲۹$^{a-d}$	۸۴/۹$^{c-i}$	۸۱/۳$^{d-j}$	۱۱۱^{b}
MCC415	۲/۶۶$^{r-u}$	۸/۶۶^{c}	۵/۷۲$^{g-l}$	۰/۵۹۴^{p}	۲/۷۵$^{j-m}$	۳/۶۹$^{f-k}$	۶۹/۷$^{h-m}$	۵۵/۷$^{m-o}$	۷۵/۹$^{g-l}$
MCC578	۵/۲۸$^{g-n}$	۶/۵۶$^{d-h}$	۶/۱۹$^{e-j}$	۰/۷۲۳^{p}	۳/۶۵$^{f-k}$	۵/۷۰^{ab}	۷۵/۹$^{g-l}$	۷۱/۲$^{h-m}$	۹۶/۶$^{b-f}$
	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری
P value	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
CV%	۶۵/۷			۴۴/۱۲			۱۷/۷		

MCC: کلکسیون نخود مشهد. حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. CV: ضریب تغییرات.

تنش شوری باعث افزایش محتوای پرولین در ژنوتیپ‌های نخود شد (جدول ۵). در سطح تنش شوری ۱۲dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC161 و MCC72 بیشترین و MCC112، MCC92 و MCC23 کمترین محتوای پرولین را داشتند (جدول ۵). با افزایش سطح تنش شوری از شاهد به dS.m^{-1} ۱۲ ژنوتیپ‌های MCC71 و MCC134 به‌ترتیب با ۶۹ و ۶۷ درصد کمترین و MCC28، MCC72 با ۹۰ و ۸۸ درصد بیشترین افزایش محتوای پرولین را نشان دادند (جدول ۵). با افزایش سطح تنش شوری از ۱۲ به ۱۶dS.m^{-1} محتوای پرولین در تمامی ژنوتیپ‌ها به‌جز MCC112 افزایش یافت (جدول ۵). در سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC71 و MCC161 بیشترین و MCC27 و MCC415 کمترین محتوای پرولین را دارا بودند (جدول ۵). با افزایش سطح تنش شوری از شاهد به ۱۶dS.m^{-1} محتوای پرولین در ژنوتیپ‌های MCC23، MCC28، MCC58، MCC12 و MCC72 بیش از ۹۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

پرولین یک اسمولیت خاص در گیاهان است که به‌سرعت در شرایط کمبود آب ناشی از تنش شوری افزایش می‌یابد و به گیاهان برای حفظ آماس سلولی کمک می‌کند Dashti et al., 2017 (۹،۷). افزایش سطح پرولین در اثر تنش به دلیل تجزیه پروتئین است (۱۹). مطالعه اثرات شوری بر گیاه نخود نشان داد که با افزایش سطح تنش شوری، میزان پرولین در برگ و ریشه افزایش می‌یابد (۲۵). همچنین بیان‌شده که گیاهان در شرایط تنش شوری با تحریک سنتز و تجمع اسمولیت‌های آلی نظیر پرولین در پیکره خود سطوح بالایی از هدایت روزنه‌ای را حفظ می‌کنند. به‌طوری‌که این اسمولیت‌ها قادرند با بالا نگه‌داشتن رطوبت نسبی برگ تحت تنش شوری، سبب ادامه تبادلات روزنه‌ای، ادامه فتوسنتز و درنهایت حفظ کارایی و رشد گیاه تحت شرایط تنش شوری می‌شوند (۱۱). از طرفی بیان‌شده که تجمع پرولین در ژنوتیپ‌های حساس به شوری در نخود بیشتر از ژنوتیپ‌های متحمل است (۲۲). لذا افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش شوری الزاماً به معنی افزایش تحمل تنش نیست، بلکه می‌تواند ناشی از کاهش مصرف پرولین برای سنتز پروتئین باشد.

بررسی همبستگی بین صفات در مطالعه حاضر نیز حاکی از رابطه منفی و معنی‌دار بین محتوای پرولین و درصد بقاء در ژنوتیپ‌های نخود موردمطالعه در سطوح تنش شوری بود (جدول ۹،۱۰).

پاسخ ژنوتیپ‌های نخود به تنش شوری ازنظر فنل کل متفاوت بود. به‌گونه‌ای که ژنوتیپ‌های MCC12، MCC27، MCC58، MCC71، MCC108، MCC112، MCC296 و MCC415 محتوای فنل کل کمتری در سطح تنش شوری ۱۲dS.m^{-1} نسبت به شاهد داشتند (جدول ۵). با افزایش سطح تنش شوری از شاهد به ۱۲dS.m^{-1}، ژنوتیپ‌های MCC72 و MCC23 به‌ترتیب بدون تغییر و با ۳۱ درصد افزایش، کمترین و بیشترین تغییر در محتوای فنل کل را دارا بودند (جدول ۵). تمامی ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ MCC27 در شوری ۱۶dS.m^{-1} فنل کل بیشتری نسبت به شاهد داشتند (جدول ۵). در شوری ۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ‌های MCC92، MCC58 و MCC296 بیشترین میزان فنل کل را در بین ژنوتیپ‌ها داشتند (جدول ۵). در سطح تنش شوری۱۶dS.m^{-1} ژنوتیپ MCC23 با ۶۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بیشترین افزایش محتوای فنل کل را نشان داد (جدول ۵).

تجمع فنل در ژنوتیپ‌های متحمل، می‌تواند یک مکانیسم سازگار سلولی برای تنظیم رادیکال‌های آزاد اکسیژن و جلوگیری از آسیب‌های درون‌سلولی در هنگام تنش باشد. ترکیب‌های فنلی آنتی‌اکسیدان‌های نیرومندی در بافت‌های گیاهی تحت تنش هستند و این ویژگی به علت ساختار اسکلتی و گروه فنلی این متابولیت‌ها است (۱۵). به‌طورکلی افزایش ترکیب‌های فنلی وابسته به افزایش فعالیت آنزیم‌های

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

درگیر در متابولیسم ترکیب‌های فنلی است. افزایش فنل‌های محلول برای دخالت در بیوسنتز لیگنین نیز منعکس کننده نوعی تغییر آناتومیکی القا شده توسط تنش مثل افزایش پایداری دیواره سلولی و ایجاد سد فیزیکی در برابر تنش شوری است (۱). درصورتی‌که گیاه زمان طولانی‌تری در معرض تنش شوری قرار گیرد، اثر تجمعی و سمیت نمک موجب افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌گردد نتایج این مطالعه نشان دهنده تولید فنل بیشتر در سطوح بالای تنش بود (جدول ۵).

تنش شوری باعث کاهش (منفی‌تر شدن) پتانسیل اسمزی در تمامی ژنوتیپ‌ها شد (جدول ۶). کمترین و بیشترین پتانسیل اسمزی در سطح تنش شوری ۱۲dS.m^{-1} به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های MCC578 و MCC108 بود (جدول ۶). با افزایش سطح تنش شوری از شاهد به ۱۲dS.m^{-1} ژنوتیپ MCC578 بیشترین (۳/۴۴ برابر) و ژنوتیپ‌های MCC134 و MCC12 کمترین کاهش (۸۶ درصد) پتانسیل اسمزی دارا بودند (جدول ۶). در سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} کمترین و بیشترین میزان پتانسیل اسمزی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های MCC578 و MCC27 مشاهده شد (جدول ۶). در دو سطح تنش شوری ۱۲ و ۱۶dS.m^{-1} به‌جز دو ژنوتیپ MCC27 و MCC72 که در سطح شوری ۱۲dS.m^{-1} پتانسیل اسمزی کمتری نسبت به سطح شوری ۱۶dS.m^{-1} داشتند، در دیگر ژنوتیپ‌ها میزان پتانسیل اسمزی در شوری ۱۶dS.m^{-1} پایین‌تر از سطح شوری ۱۲dS.m^{-1} و شاهد بود لازم به ذکر است ژنوتیپ MCC208 در سطح تنش ۱۶dS.m^{-1} کامل از بین رفت و پتانسیل اسمزی آن صفر در نظر گرفته شد (جدول ۶).

گیاهان معمولاً با کاهش پتانسیل اسمزی خود از طریق تجمع یون‌ها و ترکیب‌های آلی در فرایندی که به‌عنوان تنظیم اسمزی شناخته می‌شود، به شوری پاسخ می‌دهند. باوجود روزنه‌هایی که در برگ‌ها وجود دارد برای ورود دی‌اکسید کربن برای فتوسنتز، آب در برگ‌ها تبخیر می‌شود و به‌واسطه مرتبط بودن بخش‌های گیاه به یکدیگر این کمبود آب برگ از ریشه و خاک کشیده می‌شود. وجود نمک در ناحیه ریشه پتانسیل آب موجود در برگ را برای خارج کردن آب از خاک کاهش می‌دهد (و بیشتر منفی می‌شود) و باعث کاهش میزان آب گیاه در روشی مشابه خشک شدن خاک می‌شود. با خشک شدن خاک، رشد برگ کاهش می‌یابد و به‌محض دستیابی به پتانسیل آب برگ آستانه ۰/۸- مگا پاسکال، روزنه‌ها شروع به بسته شدن می‌کنند و فتوسنتز کاهش می‌یابد. گیاهان ممکن است با کاهش پتانسیل اسمزی با تجمع نمک در برابر شوری مقاومت کنند که این امر باعث بزرگ شدن سلول‌ها و باز نگه‌داشتن روزنه‌ها برای جذب دی‌اکسیدکربن می‌شود (۳۰). در آزمایش حاضر پتانسیل اسمزی منفی‌تری در تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} مشاهده شد که این کاهش نشانگر تجمع املاح و ترکیب‌های آلی در اثر تنش شوری برای کاهش کمبود آب است.

جدول ۶- اثر تنش شوری بر پتانسیل اسمزی نسبت سدیم به پتاسیم در ژنوتیپ‌های نخود

Table 6. Effect of salinity stress on osmotic potential of sodium to potassium ratio in chickpea genotypes

ژنوتیپ	پتانسیل اسمزی (مگا پاسکال)			نسبت سدیم به پتاسیم		
	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	۰/۵dS.m^{-1}	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}
MCC12	−۱/۰۳^{q}	−۱/۹۲^{no}	−۳/۸۰$^{b-d}$	۰/۱۹۰^{n}	۱/۵۲^{lm}	۲/۹۸$^{d-g}$
MCC23	−۰/۹۹۱^{q}	−۲/۷۸$^{g-k}$	−۳/۹۷$^{a-c}$	۰/۲۰۱^{n}	۲/۴۵$^{e-j}$	۲/۶۹$^{d-h}$
MCC27	−۰/۹۷۰^{q}	−۲/۱۱$^{l-o}$	−۱/۸۵^{op}	۰/۲۵۹^{n}	۱/۶۹$^{i-l}$	۲/۰۳$^{h-l}$
MCC28	−۱/۲۱^{pq}	−۳/۵۳$^{c-f}$	−۴/۵۱^{a}	۰/۲۷۸^{n}	۲/۴۶$^{e-j}$	۶/۳۲^{a}
MCC52	−۰/۹۸۰^{q}	−۲/۳۸$^{j-o}$	−۳/۱۱$^{e-i}$	۰/۲۹۹^{n}	۲/۶۵$^{d-h}$	۲/۳۰$^{f-l}$
MCC58	−۱/۲۳^{pq}	−۳/۱۲$^{h-i}$	−۳/۵۱$^{c-f}$	۰/۵۱۳^{n}	۲/۳۶$^{e-l}$	۳/۲۲$^{c-e}$
MCC71	−۱/۱۴^{q}	−۲/۱۹$^{k-o}$	−۴/۳۲^{ab}	۰/۵۰۴^{n}	۲/۴۳$^{e-j}$	۴/۸۱^{b}
MCC72	−۱/۲۲^{pq}	−۲/۷۶$^{g-l}$	−۲/۵۲$^{i-n}$	۰/۸۱۰^{mn}	۳/۴۱$^{c-f}$	۳/۴۱^{cd}
MCC92	−۰/۹۱۲^{q}	−۲/۶۷$^{h-m}$	−۳/۳۱$^{d-h}$	۰/۱۰۳^{n}	۱/۶۸$^{i-m}$	۲/۶۶$^{d-h}$
MCC108	−۰/۹۲۱^{q}	−۱/۸۲^{op}	−۲/۶۷$^{h-m}$	۰/۱۴۷^{n}	۱/۵۲^{lm}	۱/۸۹$^{h-l}$
MCC112	−۰/۹۶۹^{q}	−۱/۹۴^{no}	−۲/۹۱$^{m-o}$	۰/۱۹۲^{n}	۱/۹۴$^{h-l}$	۱/۵۳$^{k-m}$
MCC134	−۱/۰۹^{q}	−۲/۰۳$^{m-o}$	−۳/۵۸$^{c-f}$	۰/۰۷۴^{n}	۱/۶۳$^{j-m}$	۲/۱۳$^{g-l}$
MCC161	−۱/۱۵^{q}	−۲/۹۹$^{t-j}$	−۴/۱۶$^{a-c}$	۰/۴۵۶^{n}	۲/۲۹$^{t-l}$	۲/۴۰$^{e-k}$
MCC208	−۱/۲۸^{pq}	−۲/۴۸$^{j-m}$	۰/۰۰۰^{r}	۰/۲۲۲^{n}	۱/۴۱^{lm}	۰/۰۰۰^{o}
MCC296	−۱/۱۱^{q}	−۲/۹۷$^{f-j}$	−۳/۳۲$^{d-g}$	۰/۴۱۶^{n}	۲/۵۸$^{d-h}$	۳/۸۷^{c}
MCC415	−۱/۱۰^{q}	−۲/۵۸$^{i-m}$	−۳/۷۰$^{b-e}$	۰/۱۹۱^{n}	۲/۱۶$^{t-l}$	۲/۴۹$^{e-j}$
MCC578	−۱/۰۶^{q}	−۳/۶۵$^{c-e}$	−۴/۶۱^{a}	۰/۵۵۰^{n}	۲/۲۶$^{t-l}$	۲/۵۵$^{d-i}$
	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری	شوری	ژنوتیپ	ژنوتیپ×شوری
P value	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
CV%	۲۳/۸			۲/۱۴		

MCC: کلکسیون نخود مشهد. حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با هم ندارند. **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. CV: ضریب تغییرات.

نسبت سدیم به پتاسیم در ژنوتیپ‌های نخود در اثر شوری افزایش یافت. به‌طوری‌که در تمامی ژنوتیپ‌ها به‌جز دو ژنوتیپ MCC52 و MCC112 بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم مربوط به سطح شوری ۱۶dS.m^{-1} بود (جدول ۶). در ژنوتیپ MCC72 نسبت سدیم به پتاسیم در دو سطح شوری ۱۲dS.m^{-1} و ۱۶dS.m^{-1} برابر بود (جدول ۶). بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم مربوط به ژنوتیپ MCC28 با نسبت ۶/۳۲ بود و پس از آن ژنوتیپ MCC71 با نسبت ۴/۸۱ بود (جدول ۶).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

در مقادیر زیاد سدیم، از جذب عناصر غذایی مانند پتاسیم در بافت‌های گیاهی ممانعت به عمل می‌آید که نتیجه آن افزایش نسبت سدیم به پتاسیم می‌باشد. پژوهشگران گزارش کردند که حفظ نسبت بالای پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی امری حیاتی در تحمل به شوری آن‌ها می‌باشد (۳). همچنین پژوهش‌ها نشان داده است در شرایط تنش شوری توان گزینشی گیاهان برای پتاسیم یکی از مکانیسم‌های اصلی تحمل گیاه به شوری می‌باشد و گیاهانی که در این شرایط از نسبت پتاسیم به سدیم بیشتری برخوردار باشند معمولاً شرایط تنش را بهتر تحمل می‌کنند (۲۲). بررسی اثر شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی شش ژنوتیپ نخود و رشد اولیه گیاهچه نشان داده است که افزایش تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر نسبت پتاسیم به سدیم دارد (۳۱).

بررسی شاخص تحمل به شوری بر اساس وزن خشک اندام هوایی نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی به چهار گروه تقسیم شدند. در گروه دوم که شامل پنج ژنوتیپ MCC27، MCC52، MCC72، MCC112 و MCC578 بود به‌جز ژنوتیپ‌های MCC578 و MCC52 سایر ژنوتیپ‌ها از درصد بقای بالای ۶۲ درصد در سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} برخوردار بودند. در گروه سوم تنها ژنوتیپ MCC108 قرار گرفت که این ژنوتیپ نیز دارای ۸۲ در بقاء در سطح تنش شوری ۱۶dS.m^{-1} بود (جدول ۷)؛ بنابراین می‌توان عنوان کرد که این دو گروه ازنظر شاخص تحمل به شوری بر اساس وزن خشک اندام هوایی از تحمل به شوری بالایی برخوردار هستند.

جدول ۷- شاخص تحمل به شوری ۱۷ ژنوتیپ نخود (بر اساس وزن خشک بوته) و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس گروه‌بندی Kmean
Table 7. Salinity tolerance index of 17 chickpea genotypes (based on plant dry weight) and their ranking according to Kmean grouping

ژنوتیپ	شاخص تحمل به شوری (SRI)		شماره گروه
	۱۲dS.m^{-1}	۱۶dS.m^{-1}	
MCC12	۰/۷۶۲	۱/۲۹۰	۱
MCC23	۰/۹۳۳	۱/۳۰۹	۱
MCC27	۱/۲۸۶	۱/۰۹۴	۲
MCC28	۰/۶۰۹	۱/۰۹۴	۱
MCC52	۱/۱۹۹	۰/۹۳۱	۲
MCC58	۰/۷۵۴	۰/۸۷۱	۱
MCC71	۰/۵۶۹	۰/۸۲۱	۱
MCC72	۱/۴۷۵	۰/۹۸۲	۲
MCC92	۱/۰۱۲	۰/۹۴۹	۱
MCC108	۱/۸۱۹	۳/۰۱۸	۳
MCC112	۱/۱۶۸	۰/۹۸۴	۲
MCC134	۰/۵۳۲	۰/۹۲۶	۱
MCC161	۰/۵۹۱	۰/۸۲۰	۱
MCC208	۰/۷۳۴	۰/۰۰۰	۴
MCC296	۰/۹۸۰	۰/۸۱۲	۱
MCC415	۰/۶۸۵	۰/۸۵۴	۱
MCC578	۱/۴۰۸	۰/۹۴۱	۲

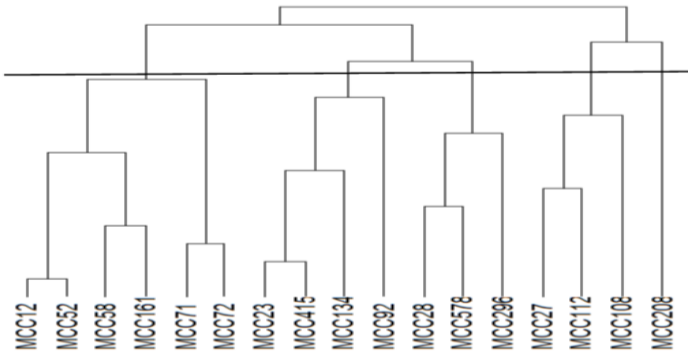
MCC: کلکسیون نخود مشهد. SRI: شاخص تحمل به شوری

نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود بر اساس تمامی صفات موردمطالعه، نشان‌دهنده قرارگیری آن‌ها در پنج گروه مجزا بود. به‌ترتیب ۶، ۴، ۳، ۲ و ۱ ژنوتیپ در گروه‌های اول تا پنجم قرار گرفتند (شکل ۱).

مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که درصد بقاء در ژنوتیپ‌های متعلق به گروه چهارم (MCC108 و MCC112) نسبت به میانگین کل با ۱۸/۱ درصد برتر بود همچنین در ژنوتیپ‌های گروه یک (MCC12، MCC52، MCC58، MCC71، MCC72 و MCC161) نیز ازنظر درصد بقاء میانگین گروه ۲/۱۶ درصد از میانگین کل بیشتر بود. در ژنوتیپ‌های گروه یک و چهار ازنظر درصد نشت الکترولیت‌ها میانگین گروه‌ها از میانگین کل کمتر بود اما این اختلاف در گروه چهارم ۲/۴ درصد کمتر از گروه یک بود. در ژنوتیپ‌های سایر گروه‌ها میانگین گروه از میانگین کل ازنظر درصد بقاء کمتر و ازنظر درصد نشت الکترولیت‌ها بیشتر بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم، سوم و چهارم برتری نسبی ازنظر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی نسبت به ژنوتیپ‌های سایر گروه‌ها داشتند (جدول ۸).

میانگین ژنوتیپ‌های گروه چهارم ازنظر کربوهیدرات‌های محلول، پرولین، فنل کل، پتانسیل اسمزی و نسبت سدیم به پتاسیم از میانگین کل کمتر بودند. کمتر بودن میانگین گروه نسبت به میانگین کل ازنظر نسبت سدیم به پتاسیم نشان دهنده ورود کمتر سدیم به اندام هوایی یا مقدار بیشتر پتاسیم در این ژنوتیپ‌ها می‌باشد. در میان گروه‌ها تنها ژنوتیپ‌های گروه چهارم میانگین کمتری ازنظر نسبت سدیم به پتاسیم در مقابل میانگین کل داشتند. این امر ممکن است نشان دهنده تأثیر کم صفات کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و فنل کل در تحمل به شوری این ژنوتیپ‌ها باشد. بررسی همبستگی بین صفات نیز نشان دهنده رابطه منفی بین کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و فنل کل با درصد بقا در سطوح تنش شوری بود (جدول ۸). به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده برتری نسبی ژنوتیپ‌های گروه چهارم ازنظر صفات مؤثر در تحمل به تنش شوری بود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]



شکل ۱- گروه‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود بر اساس صفات موردمطالعه تحت شرایط کنترل‌شده.
MCC: کلکسیون نخود مشهد

جدول ۸ – میانگین و انحراف از میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های نخود
Table 8. Mean and deviation from the mean of groups obtained from cluster analysis for studied traits in chickpea genotypes

ژنوتیپ	گروه									
	1		2		3		4		5	
صفات	MCC12, MCC52, MCC58, MCC71, MCC72, MCC161		MCC23, MCC92, MCC134, MCC415		MCC28, MCC296, MCC578		MCC108, MCC112		MCC208	
	μ	Δ	μ	Δ	μ	Δ	μ	Δ	μ	Δ
بقاء (٪)	۷۶/۴	۲/۱۶	۷۰/۸	−۳/۳۸	۵۹/۷	−۱۴/۵	۹۲/۳	۱۸/۱	۶۴/۲	−۹/۹۹
نشت الکترولیت‌ها (درصد)	۸۷/۱	−۰/۲۷۸	۸۷/۹	۰/۵۴۰	۸۸/۵	۱/۱۲	۸۴/۷	−۲/۷۳	۹۰/۶	۳/۱۸
کلروفیلa (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)	۰/۵۹۱	−۰/۱۰۶	۰/۷۲۰	۰/۰۲۳	۰/۸۲۴	۰/۱۲۷	۰/۸۱۶	۰/۱۱۹	۰/۵۸۷	−۰/۱۱۰
کلروفیلb (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)	۰/۴۱۵	−۰/۰۸۲	۰/۶۳۱	۰/۱۳۳	۰/۵۳۱	۰/۰۳۳	۰/۵۱۰	۰/۰۱۳	۰/۳۸۹	−۰/۱۰۸
نسبت کلروفیل a به b	۱/۴۶	−۰/۰۳۲	۱/۲۹	−۰/۲۰۲	۱/۷۹	۰/۳۰۳	۱/۶۸	۰/۱۹۰	۱/۰۴	−۰/۴۴۸
کاروتنوئیدها (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)	۰/۰۹۷	−۰/۰۰۷	۰/۱۱۱	۰/۰۰۷	۰/۱۱۷	۰/۰۱۳	۰/۱۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۶۹	−۰/۰۳۵
کل رنگ‌دانه‌ها (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)	۱/۱۰	−۰/۱۹۵	۱/۴۶	۰/۱۶۴	۱/۴۷	۰/۱۷۳	۱/۴۳	۰/۱۳۱	۱/۰۴	−۰/۲۵۴
کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)	۵/۶۴	۰/۰۴۵	۵/۵۵	−۰/۰۳۸	۶/۹۳	۱/۳۴	۴/۹۴	−۰/۶۵۶	۳/۶۴	−۱/۹۵
پرولین (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)	۲/۹۶۹	۰/۱۸۴	۲/۷۵	−۰/۰۳۶	۳/۳۲	۰/۵۳۲	۲/۲۸	−۰/۵۰۷	۱/۳۹	−۱/۳۹
فنل کل (میلی‌گرم بر گرم ماده‌تر)	۸۲/۰	۷/۱۵	۸۰/۵	۵/۵۹	۸۱/۱	۶/۲۵	۶۴/۳	−۱۰/۶	۴۷/۵	−۲۷/۴
پتانسیل اسمزی (مگا پاسکال)	−۲/۴۴	−۰/۱۴۳	−۲/۳۹	−۰/۰۹۲	−۲/۸۹	−۰/۵۸۷	−۱/۷۰	۰/۵۹۸	۱/۲۵	−۱/۰۵
نسبت سدیم به پتاسیم	۲/۱۲	۰/۳۸۱	۱/۵۴	−۰/۲۰۲	۲/۳۷	۰/۶۲۶	۱/۲۵	−۰/۴۹۵	۰/۵۴۴	−۱/۲۰

μ: میانگین گروه، Δ: اختلاف از میانگین

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی ژنوتیپ‌های نخود در شاهد ($0/5 dS.m^{-1}$) (قطر بالا) و $12 dS.m^{-1}$ (قطر پایین)
Table 9. Correlation coefficients between the studied traits of chickpea genotypes in the control (0.5 $dS.m^{-1}$) (above diameter) and 12 $dS.m^{-1}$ (below diameter)

	۱.	۲.	۳.	۴.	۵.	۶.	۷.	۸.	۹.	۱۰.	۱۱.	۱۲.
۱ بقاء	۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲ نشت الکترولیت‌ها	−۰/۲۰	۱	۰/۰۸	۰/۱۹	−۰/۲۶	۰/۳۰*	۰/۲۰	۰/۱۴	−۰/۳۲*	۰/۲۷*	۰/۱۹	۰/۲۸*
۳ کلروفیلa	−۰/۰۸	−۰/۱۲	۱	۰/۳۹**	۰/۳۹**	۰/۳۱*	۰/۸۰**	۰/۰۵	۰/۱۳	−۰/۰۴	−۰/۱۰	−۰/۰۷
۴ کلروفیلb	۰/۰۱	۰/۷۰	۰/۶۵**	۱	−۰/۶۱**	۰/۴۲**	۰/۸۵**	۰/۳۹**	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۱۷
۵ نسبت کلروفیل a به b	−۰/۰۹	−۰/۱۷	۰/۳۵**	−۰/۴۰**	۱	−۰/۳۱*	−۰/۲۰	−۰/۲۵	−۰/۰۸	−۰/۰۷	−۰/۱۵	−۰/۱۷
۶ کاروتنوئیدها	−۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۵۴**	۰/۵۶**	−۰/۰۴	۱	۰/۵۵**	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲
۷ کل رنگ‌دانه‌ها	−۰/۰۶	−۰/۰۱	۰/۹۳**	۰/۸۶**	۰/۰۵	۰/۶۹**	۱	۰/۲۸*	۰/۲۱	۰/۰۰	−۰/۰۴	۰/۰۶
۸ کربوهیدرات‌های محلول	−۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۲۶	−۰/۰۷	−۰/۱۵	۰/۲۰	۱	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۲۲
۹ پرولین	−۰/۲۹*	−۰/۰۸	−۰/۱۹	−۰/۱۷	۰/۰۲	−۰/۳۲*	−۰/۲۳	۰/۲۹*	۱	۰/۰۶	۰/۳۲*	−۰/۰۹
۱ فنل کل	−۰/۲۸*	۰/۲۱	−۰/۱۵	−۰/۲۲	۰/۰۰	۰/۰۱	−۰/۱۷	−۰/۱۵	۰/۰۲	۱	۰/۰۳	۰/۳۰*
۱ پتانسیل اسمزی	−۰/۵۶**	۰/۵۰**	−۰/۱۳	−۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۰۹	−۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۳۷**	۰/۴۰**	۱	۰/۳۱*
۱ نسبت سدیم به پتاسیم	−۰/۲۷*	۰/۲۷*	−۰/۰۷	−۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۲۵	−۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۲۰	۰/۴۱**	۱

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی ژنوتیپ‌های نخود شوری ۱۶dS.m^{-1} (قطر بالا) و کل سطوح تنش شوری (قطر پایین)

Table 10. Correlation coefficients between the studied traits o16dS.m^{-1} salinity chickpea genotypes (above diameter) and total salinity stress levels (belowe diameter)

		۱.	۲.	۳.	۴.	۵.	۶.	۷.	۸.	۹.	۱۰.	۱۱.	۱۲.
۱.	بقاء	۱	-۰/۶۳**	۰/۲۷*	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۱۹	-۰/۰۸	۰/۰۷	-۰/۲۷*	-۰/۱۱
۲.	نشت الکترولیت‌ها	-۰/۵۸**	۱	-۰/۵۸**	-۰/۲۱	-۰/۵۳**	-۰/۳۶**	-۰/۴۶**	-۰/۲۹*	-۰/۴۲**	-۰/۳۶**	-۰/۲۰	-۰/۱۱
۳.	کلروفیلa	۰/۲۹**	-۰/۲۴**	۱	۰/۵۰**	۰/۶۴**	۰/۵۷**	۰/۸۷**	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۳۹**	۰/۲۴	۰/۱۱
۴.	کلروفیلb	-۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۴۵**	۱	-۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۸۶**	۰/۱۷	۰/۳۰*	۰/۵۴**	۰/۲۹*	۰/۲۲
۵.	نسبت کلروفیل a به b	۰/۳۸**	-۰/۵۲**	۰/۵۰**	-۰/۳۸*	۱	۰/۴۱**	۰/۲۸*	۰/۱۹	۰/۳۹**	۰/۳۳**	۰/۳۴**	۰/۱۲
۶.	کاروتنوئیدها	۰/۳۴**	-۰/۳۲**	۰/۵۱**	۰/۲۰**	۰/۲۵**	۱	۰/۵۳**	-۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۷
۷.	کل رنگ‌دانه‌ها	۰/۱۸*	-۰/۰۹	۰/۸۷**	۰/۸۲**	۰/۱۱	۰/۵۳**	۱	۰/۱۸	۰/۳۱*	۰/۵۲**	۰/۳۰*	۰/۱۹
۸.	کربوهیدرات‌های محلول	-۰/۱۲	۰/۳۶**	۰/۱۶	۰/۲۹**	-۰/۱۴	-۰/۲۴**	۰/۲۱**	۱	۰/۵۶**	۰/۴۲**	۰/۵۴**	۰/۷۵**
۹.	پرولین	-۰/۶۳**	۰/۵۳**	-۰/۰۸	۰/۳۰**	-۰/۲۸**	-۰/۳۷**	۰/۰۷	۰/۵۶**	۱	۰/۸۲**	۰/۸۴**	۰/۶۹**
۱۰.	فنل کل	-۰/۲۳**	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۳۳**	۰/۰۳	-۰/۰۴	۰/۲۲**	۰/۱۸*	۰/۴۷**	۱	۰/۷۰**	۰/۴۸**
۱۱.	پتانسیل اسمزی	-۰/۶۵**	۰/۵۷**	-۰/۰۵	۰/۲۹**	-۰/۲۲**	-۰/۲۷**	۰/۰۹	۰/۵۲**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۱	۰/۶۷**
۱۲.	نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۵۷**	۰/۵۸**	-۰/۰۸	۰/۲۸**	-۰/۳۱**	-۰/۲۶**	۰/۰۷	۰/۶۳**	۰/۸۴**	۰/۳۹**	۰/۸۵**	۱

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی بین ژنوتیپ‌های نخود، تنوع زیادی از نظر صفات فیزیولوژیک وجود داشت. در این پژوهش، با بررسی اثرات دو سطح تنش شوری بر ژنوتیپ‌های نخود مشخص شد که شوری تأثیر منفی بر صفات مورد بررسی داشت، ولی بعضی ژنوتیپ‌ها کمتر تحت تأثیر اثرات شوری قرار گرفتند و مکانیسم‌های مقاومتی بهتری از خود نشان دادند و تحمل به تنش شوری داشتند. تجزیه خوشه‌ای و مقایسه میانگین گروه‌ها با میانگین کل نشان داد که درصد بقاء در ژنوتیپ‌های MCC108 و MCC112 نسبت به میانگین کل برتر بودند، بنابراین مطالعات تکمیلی در شرایط مزرعه روی این دو ژنوتیپ توصیه می‌گردد.

منابع

1. Adil, H.I., H.I. Cetin, M.E. Yener and A. Bayindirh. 2007. Subcritical (carbon dioxide + ethanol) extraction of polyphenols from apple and peach pomaces, and determination of the antioxidant activities of the extracts. The Journal of Supercritical Fluids, 43: 55-63.
2. Ahammed, G.J., Y. Li, X. Li, W.Y. Han and S. Chen. 2018. Epigallocatechin-3-gallate alleviates salinity-retarded seed germination and oxidative stress in tomato. Journal of Plant Growth Regulation, 37(4): 1349-1356.
3. Ashraf, M. and T. McNeilly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Reviews in Plant Sciences, 23(2): 157-174.
4. Askary, M., A.A. Maghsoudi Moud and V.R. Saffari. 2013. Investigation of some physiological characteristics and grain yield of Corn (*Zea mays* L.) hybrids under salinity stress. Journal of Crop Production and Processing, 9(3): 93-103 (In Persian).
5. Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free prolinee for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
6. Berger, E., O. Fror and R.B. Schafer. 2019. Salinity impacts on river ecosystem processes: a critical mini-review. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 374(1764): 20180010.
7. Bulseco, A.N., A.E. Giblin, J. Tucker, A.E. Murphy, J. Sanderman, K. Hiller-Bittrolff and J.L. Bowen. 2019. Nitrate addition stimulates microbial decomposition of organic matter in salt marsh sediments. Global Change Biology, 25(10): 3224-3241.
8. Chaudhary, D. and S.S. Sindhu. 2017. Amelioration of salt stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) by coinculation of ACC deaminase-containing rhizospheric bacteria with Mesorhizobium strains. Legume Research-An International Journal, 40(1): 80-86.
9. Dashti, H., W.M. Westler, M. Tonelli, J.R. Wedell, J.L., Markley and H.R. Eghbalnia. 2017. Spin system modeling of nuclear magnetic resonance spectra for applications in metabolomics and small molecule screening. Analytical chemistry, 89(22): 12201-12208.
10. Dere, S., T. Gines and R. Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll - a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Turkish Journal of Botany, 22: 13-17.
11. Dhingra, H.R. 2014. Effect of salinity stress on morpho-physiological, biochemical and yield characters of cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. Indian Journal of Plant Physiology, 19(4): 393-398.
12. Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1951. A colorimetric method for the determination of sugars. Nature. 168:167.
13. FAOSTAT. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. https://www.fao.org/home/en
14. Fatiha, K., H. Abdelkrim and B. Abdelkader. 2019. Effect of salinity on morpho-physiological parameters and nitrogen content in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agricultural Science and Technology, 11(2): 154-160.
15. Firuzeh, R., N.R.A. Khavarinejad, F. Najaf and S. Saadatmand. 2016. Effect of gibberellin on the activity of antioxidant enzymes in savory plant (*Satureja hortensis* L.) under salt stress. Journal of Plant Process and Function, 5 (16): 45-56.
16. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-907.
17. Havaux, M. 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends Plant Sciences, 3: 147-151.
18. Hoagland, D.R. and D.L. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular. 347.
19. Ibrahim, M.H., H.Z.E. Jaafar, A. Rahmat and Z.A. Rahman. 2012. Involvement of nitrogen in flavonoids, glutathione, anthocyanin, ascorbic acid and antioxidant activities of Malaysian medicinal plant Labisia pumila Blume (*Kacip fatimah*). International Journal of Molecular Sciences, 13: 393-408.
20. Jabari, F., A. Ahmadi and K. Poustini. 2006. Relationships between anti-oxidant enzymes activates and chlorophyll content of different wheat cultivars. Journal of Agricultural Science, 37(1): 307-316.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

21. Jomea-Bidokhti, A. 2013. The study of growth characteristics, yield and grain yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under the effect salinity. M.Sc. Thesis. University of Birjand Iran. (In Persian).
22. Kafi, M., A. Bagheri, J. Nabati, M. Zare Mehrjerdi and A. Masomi. 2011. Effect of salinity on some physiological variables of 11chickpea genotypes under hydroponic conditions. Science Technology Greenhouse Culture-Isfahan University Technology, 1: 55-70. (In Persian).
23. Katerji, N., J.W. van Hoorn, A. Hamdy and M. Mastrorilli. 2003. Salinity effect on crop development and yield analysis of salt tolerance according to several classification methods. Agriculture Water Management, 62: 37-66.
24. Kovac, D., B. Vesela, K. Klem, K. Vecerova, Z.M. Kmecova, J. Penuelas and O. Urban. 2020. Correction of PRI for carotenoid pigment pools improves photosynthesis estimation across different irradiance and temperature conditions. Remote Sensing of Environment, 244: 111834.
25. Kumar, N. 2018. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under saline irrigation. PhD Thesis, Chaudhary Charan Singh Haryana Agricultural University.83 pp.
26. Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
27. Muchate, N.S., G.C. Nikalje, N.S. Rajurkar, P. Suprasanna and T.D. Nikam. 2016. Plant salt stress: adaptive responses, tolerance mechanism and bioengineering for salt tolerance. The Botanical Review, 82(4): 371-406.
28. Mudgal, V., N. Madaan, A. Mudgal and S. Mishra. 2009. Changes in growth and metabolic profile of chickpea under salt stress. Applied of Biosciences, 23: 1436-1446.
29. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist, 167(3): 645-663.
30. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
31. Ozaktan, H., C.Y. Ciftci, M.D. Kaya, S. Uzun, O. Uzun and G. Akdogan. 2018. Chloride salts inhibit emergence and seedling growth of chickpea rather than germination. Legume Research-An International Journal, 41(1): 60-66.
32. Parvaiz, A. and S. Satyawati. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants-a review. Plant Soil Environmental, 54: 89-99.
33. Premachandra, G.S., H. Saneoka, M. Kanaya 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: 167-171.
34. Prochazkova, D., R. Sairam, G. Srivastava and D. Singh. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Science, 161: 765-771.
35. Roy, F., J. Boye and B. Simpson. 2010. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. Food Research International, 43: 432-42.
36. Sharma, H.C., C.P. Srivastava, C. Durairaj and C.L.L. Gowda. 2010. Pest management in grain legumes and climate change. In: Yadav, S.S., D.L. McNeil, R. Redden, and S.A. Patil, (eds), Climate change and management of cool season grain legume crops. 115-140 pp., Springer, Dordrecht.
37. Shi, D. and Y. Sheng. 2004. Effect of various salts alkaline mixed stress conditions on sunflower seedling and analysis of their stress factors. Environmental and Experimental Botany, 54: 8-21.
38. Silva, P. and H.Geros. 2009. Regulation by salt of vacuolar H^+-ATPase and H^+-pyrophosphatase activities and Na^+/H^+ exchange. Plant Signaling and Behavior, 4: 718-726.
39. Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 16 (3): 144-158.
40. Tandon, H.L.S. 1995. Methods of analysis of soils, plants, water andfertilizers. FDCO, New Delhi.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]

Effect of Salinity Stress on Chickpea (*Cicer ariethinum* L.) Genotypes in Seedling Stage under Hydroponic Conditions

Mohammadreza Alizadeh Momen[1], Hamidreza Khazaei[2] and Jafar Nabati[3]

1- M.Sc. Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Assistant Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad,
(Corresponding author: h.khazaie@um.ac.ir)
Received: 5 February, 2022 Accepted: 17 May, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Salinity is a global challenge to crop production. Chickpea grow under a wide range of climatic conditions and is highly sensitive to salt stress. Salt stress causes osmotic, ionic and secondary stresses, impairing various metabolic processes in plants and eventually decreases plant yield. Using salinity tolerant chickpea cultivars could be effective in increasing production and productivity of saline fields due to their ability in biological nitrogen fixation. The aim of the present study was to evaluate the effect of salinity on physiological responses of 17 chickpea genotypes in seedling stage.

Material and Methods: To determine the most tolerant genotype to salinity stress, a split plot experiment was conducted based on randomized complete block design (RCBD) with three replications in Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 17 Kabuli chickpea genotypes as sub plot, two salinity levels (12 and 16 $dS.m^{-1}$ NaCl) and a control (0.5 $dS.m^{-1}$) as main plot were evaluated. Salinity stress was applied two weeks after sowing. Four weeks after salinity stress was imposed, traits including electrolyte leakage, photosynthetic pigments, total phenol, soluble carbohydrates, proline content, osmotic potential, survival percentage, sodium and potassium content of shoots and salinity tolerance index were measured.

Results: In all genotypes, with increasing salinity stress level, survival percentage decreased and electrolyte leakage percentage increased. In the 16$dS.m^{-1}$ NaCl treatment, MCC72, MCC108 and MCC112 genotypes had the highest survival percentage of 86.5, 82.6 and 100%, respectively. In salinity level of 16$dS.m^{-1}$, MCC108 genotype showed the lowest percentage of electrolyte leakage (82%) and MCC12, MCC58 and MCC27 genotypes showed the lowest increase in the percentage of electrolyte leakage compared to the control. The chickpea genotypes showed different responses by increased salinity in terms of photosynthetic pigment content. In MCC92, MCC108, MCC112 and MCC296 genotypes, content of chlorophyll a increased as salinity level increased to 16$dS.m^{-1}$. Soluble carbohydrates and proline content in all genotypes increased and osmotic potential became more negative as salinity levels increased from 0.5 (control) to 16 $dS.m^{-1}$.

Conclusion: In general, there was a wide variety among chickpea genotypes based on physiological traits. The analysis of clusters of genotypes was divided into five groups. Cluster analysis and mean comparison showed that the survival percentage in MCC108 and MCC112 genotypes were higher than total mean, so supplementary field studies on these two genotypes are recommended.

Keywords: Electrolyte leakage, Osmotic potential, Proline, Soluble carbohydrates, Survival

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.18]