



## Effect of Salt Stress on Growth, Physiological Parameters in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes

Farzane Safdari<sup>1</sup> | Jafar Nabati<sup>2✉</sup> | Ahmad Nezami<sup>3</sup> | Mohammad Javad Ahmadi Lahijani<sup>4</sup>

1. Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Corresponding Author, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: [jafarnabati@um.ac.ir](mailto:jafarnabati@um.ac.ir)
3. Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: [nezami@um.ac.ir](mailto:nezami@um.ac.ir)
4. Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: [mjahmadi@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:mjahmadi@ferdowsi.um.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

Received: June 6, 2023  
Received in revised form:  
February 17, 2024  
Accepted: February 18, 2024  
Published online: September  
22, 2024

**Keywords:**

Na,  
photosynthetic pigments,  
salinity,  
soluble carbohydrates,  
survival rate .

### ABSTRACT

The pressure on water resources has led to a decrease in water quality, and salinity stress has become a significant challenge for agriculture. In order to investigate the effect of salinity stress on chickpea growth, a study was conducted in a greenhouse at Ferdowsi University of Mashhad in 2020. The study followed a split-plot design based on a randomized complete block design with three replications. Salinity was applied to the main plots at two levels (12 and 16 dSm<sup>-1</sup>) of sodium chloride, and control 0.5 dSm<sup>-1</sup> (tap water) was also used. Additionally, 70 chickpea genotypes were placed in the subplots. Four weeks after applying stress and before flowering in salinity levels of 12 and 16 dSm<sup>-1</sup>, 65 and 28 genotypes, respectively, had a survival rate of 76-100%. In the salinity level of 12 dSm<sup>-1</sup>, with a decrease in the survival rate, the average content of total photosynthetic pigments also decreased, and the highest average was related to the survival range of 100-76%. In salinity levels of 12 and 16 dSm<sup>-1</sup>, with a decrease in the survival rate, the soluble carbohydrates also decreased. With an increase in salinity from 12 to 16 dSm<sup>-1</sup>, shoot dry weight decreased by 15%, 11%, 36%, and 14% in the survival ranges of 0-25, 26-50, 51-75, and 76-100%, respectively. With an increase in salinity from 12 to 16 dSm<sup>-1</sup>, the sodium concentration increased by 3%, 10%, 30%, and 4% in the survival ranges of 0-25, 26-50, 51-75, and 76-100%, respectively. In the salinity level of 12 dSm<sup>-1</sup>, genotype MCC1484, and in the salinity level of 16 dSm<sup>-1</sup>, genotypes including MCC1467 and MCC1834 were superior to other genotypes in most of the studied traits, which can be used for further studies. On the other hand, cluster analysis results showed that the third group, with 28 genotypes, had the highest survival rate.

**Cite this article:** Safdari, F., Nabati, J., Nezami, A., & Ahmadi Lahijani, M.J. (2024). Effect of salt stress on growth, physiological parameters in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(3), 45-71. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.360346.655010.





انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

Homepage: <https://ijfcs.ut.ac.ir/>

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

## اثر تنش شوری بر رشد و صفات فیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

فرزانه صفدری<sup>۱</sup> | جعفر نباتی<sup>۲</sup> | احمد نظامی<sup>۳</sup> | محمد جواد احمدی لاهیجانی<sup>۴</sup>

۱. گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. نویسنده مسئول، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: [jafarnabati@um.ac.ir](mailto:jafarnabati@um.ac.ir)
۳. گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: [nezami@um.ac.ir](mailto:nezami@um.ac.ir)
۴. گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: [mjahmadi@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:mjahmadi@ferdowsi.um.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۲/۰۳/۱۶</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۲/۱۱/۲۸</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۲/۱۱/۲۹</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۳/۰۷/۰۱</p>	<p>فشار بر منابع آبی باعث کاهش کیفیت در آب شده و تنش شوری به چالش مهمی برای کشاورزی تبدیل شده است. به منظور بررسی اثر تنش شوری بر رشد نخود مطالعه‌ای به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۹ در گلخانه اجرا شد. شوری در دو سطح (۱۲ و <math>16\text{dSm}^{-1}</math>) کلرید سدیم و شاهد <math>0/5\text{dSm}^{-1}</math>، در کرت‌های اصلی و <math>70</math> ژنوتیپ نخود در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. چهار هفته پس از اعمال تنش و قبل از گلدهی در شوری ۱۲ و <math>16\text{dSm}^{-1}</math> به ترتیب ۶۵ و ۲۸ ژنوتیپ، از بقاء بین ۱۰۰-۷۶ درصد برخوردار بودند. در شوری <math>12\text{dSm}^{-1}</math> با کاهش بقاء گیاهچه میانگین محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی نیز کاهش یافت و بیشترین میانگین مربوط به دامنه بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد بود. در شوری ۱۲ و <math>16\text{dSm}^{-1}</math> با کاهش درصد بقاء میانگین محتوای کربوهیدرات‌های محلول نیز کاهش یافت. با افزایش شوری از ۱۲ به <math>16\text{dSm}^{-1}</math> میانگین وزن خشک بوته در دامنه‌های بقاء ۲۵-۰، ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به میزان ۱۱، ۳۶ و ۱۴ درصد کاهش یافت. با افزایش شوری از ۱۲ به <math>16\text{dSm}^{-1}</math> میانگین غلظت سدیم اندام هوایی در دامنه‌های بقاء ۲۵-۰، ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به میزان ۳، ۱۰، ۳۰ و ۴ درصد افزایش یافت. در شوری <math>12\text{dSm}^{-1}</math> ژنوتیپ MCC1484 و در شوری <math>16\text{dSm}^{-1}</math> ژنوتیپ‌های MCC1467 و MCC1834 در بیشتر صفات مورد مطالعه برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند که می‌توان برای مطالعات تکمیلی از آن‌ها استفاده کرد. از طرفی نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که گروه سوم با ۲۸ ژنوتیپ بیشترین میزان بقاء را دارا بودند.</p>
<p><b>کلیدواژه‌ها:</b></p> <p>رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، سدیم، شوری، کربوهیدرات‌های محلول، میزان بقاء.</p>	

**استناد:** صفدری، ف.، نباتی، ج.، نظامی، ا.، و احمدی لاهیجانی، م.ج. (۱۴۰۳). اثر تنش شوری بر رشد و صفات فیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.). *علوم گیاهان زراعی ایران*، (۳)۵۵، ۴۵-۷۱. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.360346.655010



© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

## ۱. مقدمه

به علت کمبود منابع آب، برای تولیدات کشاورزی از آب منابع زیرزمینی استفاده می‌شود که حاوی غلظت بالایی از نمک‌های محلول است. سرعت تبخیر و تعرق بالا، ظرفیت شستشوی پایین برخی از خاک‌ها، استفاده از مقادیر زیاد کود و یا نفوذ آب دریا به داخل سفره‌های آب زیرزمینی باعث افزایش شوری خاک زمین‌های کشاورزی می‌شود (Simon et al., 2020). خاک‌های شور در همه قاره‌ها با مساحت ۹۵۴/۸۳ میلیون هکتار در حدود ۱۰۰ کشور که حدود ۱۰ درصد از کل سطح زمین‌های خشک را پوشش می‌دهد، پراکنده شده است. شوری باعث کاهش عملکرد در کشاورزی، تخریب زمین‌های حاصلخیز کشاورزی، مشکلات بهداشتی، به خطر انداختن معیشت، افزایش هزینه‌های نگهداری زیرساخت‌ها و هزینه‌های فرآیندهای صنعتی و درنهایت تغییر یا تخریب اکوسیستم‌ها می‌شود (Dagar et al., 2019).

حبوبات از جمله نخود (*Cicer arietinum* L.) منبعی غنی از پروتئین، فیبر غذایی و ریزمغذی‌ها هستند (Kaur & Prasad, 2021). سطح زیر کشت جهانی نخود ۱۲/۶ میلیون هکتار و میزان تولید سالانه آن بیش از ۱۲ میلیون تن است (FAO, 2018). در این میان، ایران با سطح زیر کشت ۵۶۱ هزار هکتار پس از کشورهای هند، پاکستان و استرالیا رتبه چهارم را در سطح جهان دارا می‌باشد (FAO, 2018). نخود علاوه بر اینکه منبع غنی پروتئین، کربوهیدرات و فیبر غذایی است، ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری را نیز به رژیم غذایی اضافه می‌کند. این گیاه منبع غنی از آهن، روی، منیزیم و کلسیم است که به ترتیب به مقدار ۰/۵ میلی‌گرم، ۴/۱ میلی‌گرم، ۱۳۸ میلی‌گرم و ۱۶۰ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم دانه نخود خام موجود است (Kaur & Prasad, 2021). در خراسان بزرگ، حبوبات بخش قابل توجهی از اراضی دیم را به خود اختصاص داده‌اند. در بین تنش‌ها، تنش شوری یکی از مهم‌ترین موانع توسعه و گسترش تولیدات کشاورزی از جمله حبوبات در خراسان است. سدیم و کلرید یون‌های غالب در بیشتر مناطق شور هستند (Mohammadi Pourfard et al., 2017). تنش‌های مهم غیر زیستی شامل شوری، خشکی و دمای پایین و بالا در مراحل مختلف رشد، تولید نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اثرات منفی قابل توجهی بر بهره‌وری این گیاه به دلیل خشکسالی و تغییرات آب و هوایی گزارش شده است (Hussain et al., 2021). تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار شاخص پایداری غشاء، سطح سبز برگ، درصد ماده خشک ریشه و اندام هوایی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و وزن خشک اندام هوایی و ریشه در ژنوتیپ‌های نخود شد (Zare Mehrjardi et al., 2011). از نظر تحمل به شوری، تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های نخود مشاهده شد. بقای گیاه نخود در شرایط شور ارتباط مستقیمی با حفظ برگ‌های گیاه داشت که این امر وابسته به حفظ پایداری غشاء و کاهش ورود سدیم به داخل گیاه است (Nabati et al., 2021).

اثرات شوری بر گیاه شامل اثرات اسمزی و اثرات یونی است. رشد گیاه با تنش اسمزی در فاز اول (غلظت بالای نمک در خاک منجر به ایجاد منطقه‌ای با پتانسیل آبی کم می‌شود که جذب آب از طریق ریشه گیاه را با مشکل مواجه می‌کند) و تنش یونی در فاز دوم (انباشتگی غلظت‌های بالای نمک (یون‌های سمی) در گیاه که به عملکرد و ساختار سلولی آسیب می‌رساند) مختل می‌شود (Simon et al., 2020). وجود بیش از حد سدیم و کلر در خاک باعث کاهش جذب عناصر معدنی یا اختلال در جذب پتاسیم، کلسیم، نیترات یا فسفات می‌شود (Simon et al., 2020). شوری باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود که باعث تنش اکسیداتیو و در نتیجه کاهش ظرفیت فتوسنتزی و اکسیدشدن بیشتر پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و لیپیدها می‌شود (Chrysargyris et al., 2019). در اکثر گیاهان زراعی، سدیم و کلر اجزای سمی اصلی شوری هستند. این یون‌های سمی با فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی تداخل ایجاد می‌کنند که باعث آسیب غشاء، عدم تعادل در جذب مواد مغذی، تغییر سطوح تنظیم‌کننده‌های رشد، مهار آنزیمی و اختلال در فرآیندهای متابولیک از جمله فتوسنتز می‌شود که درنهایت منجر به مرگ گیاه می‌شود (Soni et al., 2021). تنش شوری رشد و عملکرد گیاه نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثرات منفی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی این گیاه دارد؛ بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌هایی که رشد مناسبی در شرایط شوری دارند علاوه بر افزایش در تولید محصول در شرایط تنش، می‌تواند در شناسایی مکانیسم‌های تحمل به تنش تأثیر زیادی داشته باشد (Nasiri et al., 2020)؛ بنابراین هدف از این مطالعه بررسی مکانیسم‌های تحمل به تنش شوری در ژنوتیپ‌های نخود کابلی بود.

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

### ۲-۱. مواد گیاهی، آزمایش گلخانه‌ای

این آزمایش در قالب طرح کرت‌های خردشده در بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. سطوح شوری در دو سطح و شاهد (۰/۰۵، ۱۲ و  $۱۶\text{dSm}^{-1}$ ) به‌عنوان کرت اصلی و ۷۰ ژنوتیپ نخود در کرت فرعی قرار گرفتند. تعداد ۷۰ ژنوتیپ نخود کابلی از بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. ابتدا بذرها در آزمایشگاه در پتری‌دیش جوانه‌دار شده و در انتهای آذرماه به گلخانه با شرایط محیطی کنترل‌شده با متوسط دمای  $25 \pm 5$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی  $60 \pm 10$  درصد و شرایط نوری طبیعی منتقل شدند. کشت در سه سطح تنش شوری در شرایط هیدروپونیک (کشت در ماسه) اجرا شد، به این منظور از ماسه رودخانه‌ای که از الک دو میلی‌متری عبور کرده و کاملاً شسته شده بود به‌عنوان بستر کشت استفاده شد. سیستم کشت هیدروپونیک در این پژوهش شامل ۱۰۸ جعبه  $40 \times 60$  سانتی‌متری بود و در هر جعبه شش ژنوتیپ کشت شد. در هر جعبه از ۶۰ بذر استفاده شد و از هر ژنوتیپ ۱۰ بذر جوانه‌دار شده به فاصله پنج سانتی‌متر کشت شد. گیاهچه‌ها دو هفته ابتدایی با آب معمولی ( $0/5\text{dSm}^{-1}$ ) آبیاری شدند. به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از محلول استاندارد هوگلند استفاده شد (Hoagland & Arnon, 1950). دو هفته بعد از انتقال بذرهای جوانه‌دار به محیط کشت، تنش شوری در سه سطح (۰/۵ (آب شرب)، ۱۲ و  $16\text{dSm}^{-1}$ ) کلرید سدیم 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 تنظیم می‌شد (Nabati et al., 2021).

### ۲-۲. ارزیابی بقا، محتوای بیوشیمیایی و سدیم و پتاسیم

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری قبل از گلدهی نمونه‌برداری انجام گرفت و پس از اندازه‌گیری درصد بقا گیاهان از طریق شمارش تعداد بوته زنده قبل از اعمال تنش شوری و چهار هفته پس از اعمال تنش شوری محاسبه شد. به‌منظور تعیین رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (Dere et al., 1998)، فنول کل (Singleton & Rosi, 1965)، کربوهیدرات‌های محلول، پرولین (Bates et al., 1973)، مهار رادیکال فعال DPPH (Abe et al., 1998) از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته نمونه‌گیری شد. با استفاده از ۲۵۰ میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب‌شده که به مدت ۲۴ ساعت در اسیدنیتریک غلیظ هضم و یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته بود، میزان سدیم و پتاسیم اندام‌های هوایی با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم تعیین شد (Tandon, 1995). چهار هفته پس از اعمال تنش شوری بوته برداشت و وزن خشک گیاهان ۴۸ ساعت پس از قرار گرفتن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

### ۲-۳. تجزیه و تحلیل داده‌ها

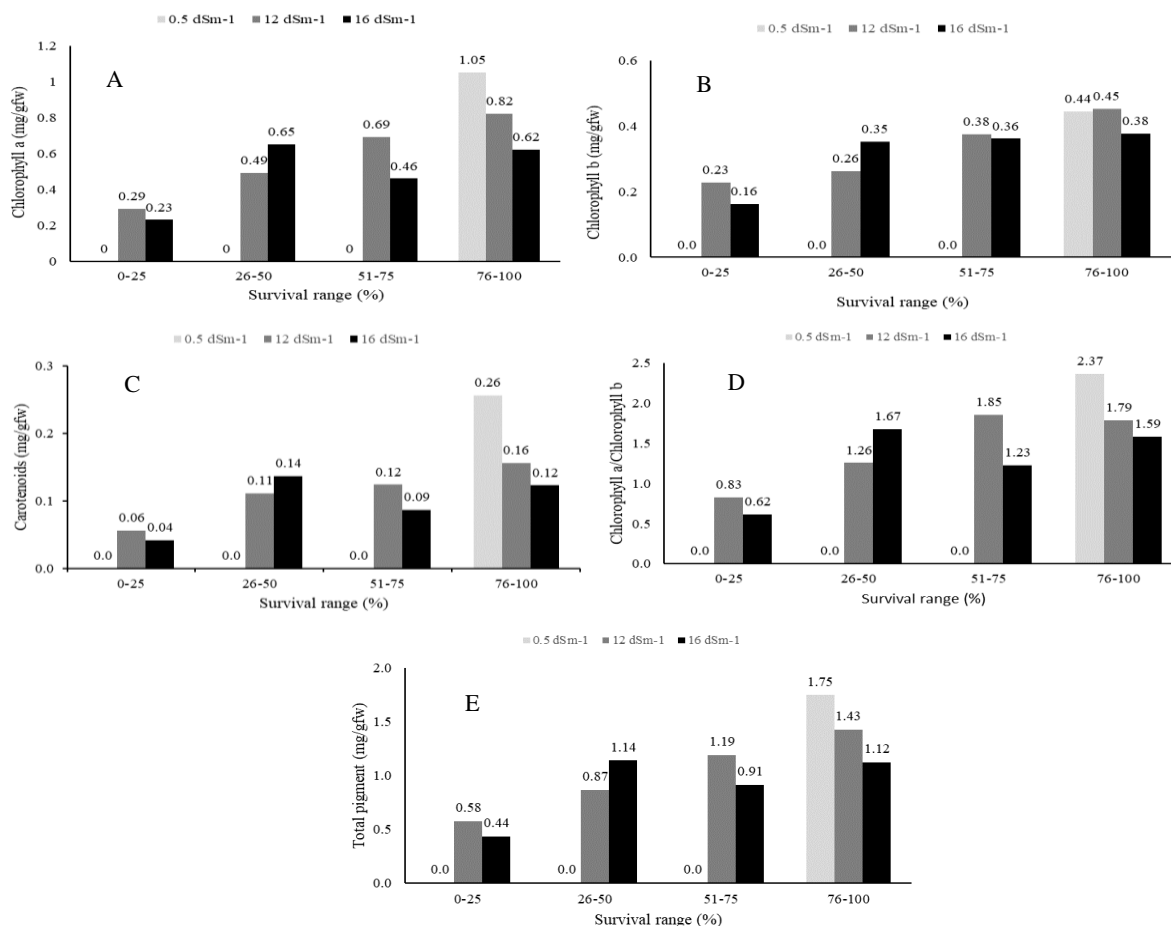
برای نرمال کردن داده‌ها از روش شاپیرو-ویلک و یکنواختی واریانس‌ها از نرم‌افزار Minitab16 و برای تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارهای دوعدی از نرم‌افزارهای SPSS27 و STATISTICA استفاده شد. برای تأیید صحت گروه‌بندی انجام‌شده، از تجزیه واریانس چندمتغیره و تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت گروه‌ها از لحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

## ۳. نتایج پژوهش و بحث

### ۳-۱. رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی

برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های نخود بیانگر تفاوت معنی‌دار از نظر محتوای کلروفیل a بود (جدول ۱). در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$ ، میانگین محتوای کلروفیل a نسبت به شاهد ۲۸ درصد کاهش یافت و با کاهش درصد بقا میانگین محتوای کلروفیل a نیز کاهش یافت. بیشترین میانگین محتوای کلروفیل a در دامنه بقا ۷۶-۱۰۰ درصد و کمترین میانگین محتوای کلروفیل a در دامنه بقا ۰-۲۵ درصد مشاهده شد (شکل ۱). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  میانگین محتوای

کلروفیل a در دامنه‌های بقاء ۰-۲۵، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به میزان ۲۶، ۵۰ و ۳۲ درصد کاهش یافت (شکل ۱). در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$ ، میانگین محتوای کلروفیل a در دامنه‌های بقاء ۲۶-۵۰ و ۷۶-۱۰۰ درصد تقریباً مشابه بود و کمترین میانگین محتوای کلروفیل a در دامنه بقاء ۰-۲۵ درصد مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱. متوسط محتوای کلروفیل a (A)، کلروفیل b (B)، کاروتنوئیدها (C)، نسبت کلروفیل a/b (D) و محتوای کل رنگ‌دانه‌های (E) در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقاء چهار هفته پس از اعمال تنش شوری.

در تیمار شاهد، بیشترین محتوای کلروفیل a متعلق به ژنوتیپ‌های MCC1529، MCC1613 و MCC1489 بود (جدول ۱). با افزایش تنش شوری به  $12\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میزان افزایش در محتوای کلروفیل a در ژنوتیپ MCC1484 با سه برابر افزایش مشاهده شد. در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  در میان ژنوتیپ‌های باقی‌مانده بیشترین محتوای کلروفیل a را ژنوتیپ MCC1467 دارا بود (جدول ۱).

از نظر محتوای کلروفیل b بین سطوح تنش شوری و ژنوتیپ‌های نخود تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). در تنش شوری ۱۲ و  $16\text{dSm}^{-1}$  با افزایش درصد بقاء میانگین محتوای کلروفیل b افزایش یافت (شکل ۱). در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میانگین محتوای کلروفیل b مربوط به دامنه بقاء ۷۶-۱۰۰ درصد بود (شکل ۱). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$ ، میانگین محتوای کلروفیل b در دامنه‌های بقاء ۰-۲۵، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به میزان ۴، ۴۱ و ۲۰ درصد کاهش یافت (شکل ۱). در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  نیز بیشترین میانگین محتوای کلروفیل b مربوط به دامنه بقاء ۷۶-۱۰۰ درصد مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ۱. اثر تنش شوری بر محتوای کلروفیل a در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	0.906	1.210	0.140	MCC1526	1.230	0.629	0.255	
MCC1311	1.410	0.686	0.624	MCC1529	1.750	0.612	0.289	
MCC1312	0.957	0.555	0.375	MCC1545	0.990	0.715	0.267	
MCC1314	1.050	0.512	0.637	MCC1551	1.200	0.508	0.773	
MCC1320	1.210	1.090	0.661	MCC1553	0.900	0.463	0.477	
MCC1348	0.952	0.938	0.292	MCC1557	1.000	0.910	0.445	
MCC1354	1.060	0.711	0.000	MCC1558	0.639	0.929	0.355	
MCC1356	1.120	0.741	0.460	MCC1567	0.874	0.733	0.802	
MCC1357	1.060	1.140	0.709	MCC1578	1.000	1.080	0.951	
MCC1358	1.420	0.941	0.370	MCC1580	1.170	0.823	0.131	
MCC1372	1.280	0.667	0.184	MCC1584	0.780	0.615	0.277	
MCC1381	0.760	0.653	0.059	MCC1585	0.763	1.240	0.638	
MCC1390	1.070	0.840	0.000	MCC1587	0.823	0.821	0.632	
MCC1394	0.964	0.342	0.072	MCC1606	0.603	1.260	0.858	
MCC1395	1.260	0.612	0.424	MCC1613	1.510	0.717	0.186	
MCC1431	1.250	1.020	0.683	MCC1625	1.000	0.822	0.225	
MCC1447	1.170	0.773	0.131	MCC1626	1.100	0.679	0.587	
MCC1449	1.360	0.521	0.202	MCC1631	1.080	0.936	0.567	
MCC1451	1.110	0.846	0.167	MCC1636	0.745	0.973	0.775	
MCC1452	0.999	1.030	0.390	MCC1639	1.040	0.690	0.367	
MCC1458	0.997	0.605	0.219	MCC1641	1.370	0.861	0.395	
MCC1465	1.440	0.352	0.366	MCC1646	0.867	0.879	0.848	
MCC1466	0.961	0.782	0.272	MCC1692	0.745	0.764	0.604	
MCC1467	1.320	0.804	0.953	MCC1730	0.771	0.588	0.577	
MCC1473	1.020	0.521	0.157	MCC1760	1.180	0.560	0.071	
MCC1478	1.160	0.839	0.897	MCC1782	1.070	0.924	0.739	
MCC1484	0.816	2.450	0.190	MCC1808	0.958	1.100	0.902	
MCC1489	1.490	0.553	0.183	MCC1828	0.834	0.798	0.770	
MCC1501	0.735	0.287	0.000	MCC1834	1.110	0.900	0.900	
MCC1512	1.040	0.776	0.343	MCC1865	0.727	0.988	0.175	
MCC1514	0.888	0.293	0.000	MCC1966	1.140	0.685	0.502	
MCC1515	1.160	0.697	0.475	MCC2122	0.755	0.769	0.319	
MCC1516	1.190	0.429	0.429	MCC2166	1.070	0.818	0.227	
MCC1518	0.792	0.701	0.372	MCC2168	0.972	0.966	0.790	
MCC1525	1.430	1.010	0.473	MCC2190	0.897	0.664	0.243	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
Df	2	2	4	69	138	414	48.460	2.968
Mean Squire	0.742**	20.6**	0.503	0.217**	0.212**	0.134	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، <sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

با افزایش تنش شوری به ۱۲dSm<sup>-1</sup> بیشترین میزان افزایش محتوای کلروفیل b در ژنوتیپ MCC1484 با سه برابر افزایش مشاهده شد (جدول ۲). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به ۱۶dSm<sup>-1</sup> محتوای کلروفیل b در هفت ژنوتیپ (MCC1465، MCC1359، MCC1587، MCC1626، MCC1692، MCC1730 و MCC1834) افزایش و در سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. همچنین، بیشترین میزان افزایش محتوای کلروفیل b در ژنوتیپ MCC1465 با ۴۴ درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۲). دو ژنوتیپ MCC1580 در

تنش شوری  $۱۲\text{dSm}^{-1}$  و  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  در تنش شوری  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  تغییرات بسیار کمی از نظر محتوای کلروفیل b نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۲. اثر تنش شوری بر محتوای کلروفیل b در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	0.443	0.564	0.167	MCC1526	0.500	0.321	0.218	
MCC1311	0.604	0.367	0.351	MCC1529	0.672	0.443	0.172	
MCC1312	0.406	0.384	0.349	MCC1545	0.362	0.403	0.256	
MCC1314	0.359	0.413	0.407	MCC1551	0.531	0.399	0.375	
MCC1320	0.406	0.435	0.401	MCC1553	0.434	0.334	0.292	
MCC1348	0.553	0.419	0.279	MCC1557	0.413	0.499	0.233	
MCC1354	0.468	0.382	0.000	MCC1558	0.321	0.552	0.260	
MCC1356	0.437	0.472	0.207	MCC1567	0.355	0.577	0.411	
MCC1357	0.496	0.568	0.345	MCC1578	0.451	0.548	0.425	
MCC1358	0.558	0.461	0.267	MCC1580	0.513	0.512	0.096	
MCC1372	0.818	0.451	0.103	MCC1584	0.371	0.336	0.269	
MCC1381	0.360	0.467	0.104	MCC1585	0.352	0.531	0.394	
MCC1390	0.460	0.426	0.000	MCC1587	0.466	0.415	0.444	
MCC1394	0.411	0.287	0.076	MCC1606	0.330	0.547	0.415	
MCC1395	0.388	0.332	0.383	MCC1613	0.535	0.390	0.122	
MCC1431	0.439	0.474	0.378	MCC1625	0.369	0.498	0.172	
MCC1447	0.485	0.395	0.210	MCC1626	0.419	0.350	0.424	
MCC1449	0.559	0.341	0.137	MCC1631	0.424	0.409	0.344	
MCC1451	0.448	0.440	0.124	MCC1636	0.284	0.459	0.455	
MCC1452	0.427	0.565	0.215	MCC1639	0.430	0.376	0.370	
MCC1458	0.407	0.405	0.111	MCC1641	0.661	0.411	0.271	
MCC1465	0.531	0.236	0.340	MCC1646	0.335	0.565	0.397	
MCC1466	0.382	0.485	0.167	MCC1692	0.335	0.368	0.387	
MCC1467	0.548	0.465	0.456	MCC1730	0.395	0.307	0.407	
MCC1473	0.448	0.408	0.098	MCC1760	0.498	0.366	0.086	
MCC1478	0.462	0.516	0.434	MCC1782	0.488	0.467	0.326	
MCC1484	0.327	1.130	0.234	MCC1808	0.396	0.710	0.469	
MCC1489	0.518	0.250	0.168	MCC1828	0.348	0.590	0.466	
MCC1501	0.416	0.236	0.000	MCC1834	0.487	0.503	0.511	
MCC1512	0.479	0.382	0.200	MCC1865	0.311	0.510	0.254	
MCC1514	0.373	0.221	0.000	MCC1966	0.489	0.347	0.290	
MCC1515	0.519	0.429	0.320	MCC2122	0.320	0.486	0.304	
MCC1516	0.474	0.276	0.244	MCC2166	0.387	0.411	0.165	
MCC1518	0.329	0.348	0.337	MCC2168	0.422	0.560	0.461	
MCC1525	0.542	0.425	0.245	MCC2190	0.408	0.441	0.122	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
Df	2	2	4	69	138	414	41.092	2.981
Mean Squire	0.210**	2.07**	0.115	0.041**	0.044**	0.025	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بدر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

برهمکنش سطوح تنش شوری و ژنوتیپ‌های نخود از نظر محتوای کاروتنوئیدها معنی‌دار بود (جدول ۳). در تنش شوری  $12 \text{ dSm}^{-1}$  میانگین محتوای کاروتنوئیدها نسبت به شاهد ۶۴ درصد کاهش یافت و با کاهش درصد بقاء میانگین محتوای کاروتنوئیدها نیز کاهش یافت و بیشترین میانگین مربوط به دامنه بقاء  $100-76$  درصد بود (شکل ۱).

جدول ۳. اثر تنش شوری بر محتوای کاروتنوئیدها در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	0.231	0.253	0.009	MCC1526	0.324	0.239	0.072	
MCC1311	0.303	0.114	0.132	MCC1529	0.441	0.117	0.054	
MCC1312	0.273	0.074	0.043	MCC1545	0.246	0.133	0.039	
MCC1314	0.296	0.085	0.127	MCC1551	0.251	0.150	0.157	
MCC1320	0.296	0.237	0.131	MCC1553	0.194	0.099	0.093	
MCC1348	0.216	0.187	0.073	MCC1557	0.230	0.174	0.087	
MCC1354	0.213	0.187	0.000	MCC1558	0.178	0.157	0.052	
MCC1356	0.245	0.123	0.098	MCC1567	0.215	0.090	0.162	
MCC1357	0.222	0.228	0.130	MCC1578	0.217	0.194	0.208	
MCC1358	0.359	0.173	0.051	MCC1580	0.264	0.136	0.017	
MCC1372	0.296	0.120	0.035	MCC1584	0.244	0.125	0.060	
MCC1381	0.187	0.091	0.037	MCC1585	0.178	0.265	0.100	
MCC1390	0.259	0.161	0.000	MCC1587	0.166	0.178	0.102	
MCC1394	0.245	0.040	0.007	MCC1606	0.163	0.231	0.163	
MCC1395	0.420	0.119	0.064	MCC1613	0.408	0.125	0.034	
MCC1431	0.318	0.211	0.184	MCC1625	0.277	0.125	0.037	
MCC1447	0.259	0.159	0.016	MCC1626	0.278	0.125	0.108	
MCC1449	0.304	0.116	0.040	MCC1631	0.264	0.220	0.114	
MCC1451	0.224	0.162	0.022	MCC1636	0.215	0.161	0.163	
MCC1452	0.238	0.181	0.079	MCC1639	0.244	0.124	0.056	
MCC1458	0.206	0.104	0.050	MCC1641	0.261	0.168	0.058	
MCC1465	0.346	0.060	0.056	MCC1646	0.258	0.169	0.176	
MCC1466	0.235	0.125	0.047	MCC1692	0.184	0.153	0.127	
MCC1467	0.305	0.160	0.183	MCC1730	0.258	0.109	0.122	
MCC1473	0.230	0.105	0.026	MCC1760	0.243	0.095	0.005	
MCC1478	0.321	0.161	0.189	MCC1782	0.210	0.178	0.159	
MCC1484	0.238	0.466	0.013	MCC1808	0.243	0.120	0.197	
MCC1489	0.383	0.129	0.028	MCC1828	0.233	0.125	0.146	
MCC1501	0.153	0.061	0.000	MCC1834	0.268	0.163	0.173	
MCC1512	0.237	0.163	0.066	MCC1865	0.204	0.209	0.049	
MCC1514	0.239	0.052	0.000	MCC1966	0.226	0.144	0.101	
MCC1515	0.251	0.135	0.097	MCC2122	0.193	0.128	0.040	
MCC1516	0.285	0.093	0.099	MCC2166	0.243	0.156	0.040	
MCC1518	0.216	0.131	0.054	MCC2168	0.258	0.194	0.154	
MCC1525	0.329	0.236	0.097	MCC2190	0.233	0.100	0.048	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
Df	2	2	4	69	138	414	51.334	2.965
Mean Square	0.034**	1.60**	0.025	0.011**	0.010**	0.007		

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، <sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16 \text{ dSm}^{-1}$  میانگین محتوای کاروتنوئیدها در دامنه‌های بقاء  $25-0$ ،  $75-51$  و  $100-76$  درصد به میزان ۳۳، ۴۳ و ۲۷ درصد کاهش یافت (شکل ۱). در تنش شوری  $16 \text{ dSm}^{-1}$  بیشترین میانگین محتوای کاروتنوئیدها مربوط به



دامنه بقاء ۲۶-۵۰ درصد بود (شکل ۱). در تنش شوری  $۱۲\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میزان افزایش در محتوای کاروتنوئیدها در ژنوتیپ MCC1484 با ۹۶ درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۳). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میزان افزایش در محتوای کاروتنوئیدها در ژنوتیپ MCC1808 با ۶۴ درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۳). با این وجود، بالاترین محتوای کاروتنوئیدها را در تنش شوری  $۱۲\text{dSm}^{-1}$  ژنوتیپ MCC1484 و در تنش شوری  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  ژنوتیپ MCC1578 دارا بودند (جدول ۳).

در تنش شوری  $۱۲\text{dSm}^{-1}$  میانگین نسبت کلروفیل a به کلروفیل b نسبت به شاهد ۲۸ درصد کاهش یافت و بیشترین میانگین مربوط به دامنه بقاء ۵۱-۷۵ درصد بود. در تنش شوری  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میانگین نسبت کلروفیل a به کلروفیل b مربوط به دامنه بقاء ۲۶-۵۰ درصد بود (شکل ۱). در تنش شوری  $۱۲\text{dSm}^{-1}$  بیشترین نسبت کلروفیل a به کلروفیل b مربوط به ژنوتیپ MCC1320 بود (جدول ۴) و در تنش شوری  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  بیشترین نسبت کلروفیل a به کلروفیل b را ژنوتیپ MCC1782 دارا بود (جدول ۴).

جدول ۴. اثر تنش شوری بر نسبت کلروفیل a به کلروفیل b در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	2.06	2.16	0.564	MCC1526	2.45	1.96	0.699	
MCC1311	2.29	1.87	1.77	MCC1529	2.53	1.39	0.558	
MCC1312	2.39	1.53	1.04	MCC1545	2.76	1.78	0.684	
MCC1314	3.00	1.21	1.55	MCC1551	2.13	1.29	2.09	
MCC1320	2.98	2.50	1.61	MCC1553	2.07	1.32	1.50	
MCC1348	1.79	2.22	0.928	MCC1557	2.48	1.79	1.27	
MCC1354	2.21	1.88	0.000	MCC1558	2.00	1.71	0.893	
MCC1356	2.58	1.55	1.48	MCC1567	2.45	1.31	1.97	
MCC1357	2.13	2.01	2.07	MCC1578	2.24	1.92	2.13	
MCC1358	2.58	2.01	0.926	MCC1580	2.28	1.60	0.454	
MCC1372	2.00	1.52	0.594	MCC1584	2.15	1.83	1.04	
MCC1381	2.03	1.40	0.190	MCC1585	2.15	2.28	1.60	
MCC1390	2.31	1.97	0.000	MCC1587	1.93	1.94	1.42	
MCC1394	2.38	1.25	0.315	MCC1606	1.83	2.30	2.04	
MCC1395	3.20	1.85	1.10	MCC1613	2.68	1.87	0.506	
MCC1431	2.89	2.15	1.77	MCC1625	2.69	1.63	0.436	
MCC1447	2.43	1.98	0.627	MCC1626	2.63	1.86	1.39	
MCC1449	2.43	1.50	0.491	MCC1631	2.36	2.28	0.900	
MCC1451	2.47	1.96	0.447	MCC1636	2.62	2.11	1.69	
MCC1452	2.33	1.82	1.21	MCC1639	2.37	1.85	0.967	
MCC1458	2.44	1.53	0.656	MCC1641	2.17	2.09	0.974	
MCC1465	2.63	1.46	1.01	MCC1646	2.60	1.59	2.14	
MCC1466	2.52	1.57	0.544	MCC1692	2.20	2.05	1.56	
MCC1467	2.31	1.69	1.95	MCC1730	1.95	1.93	1.43	
MCC1473	2.22	1.30	0.532	MCC1760	2.34	1.53	0.275	
MCC1478	2.42	1.62	2.07	MCC1782	2.13	1.97	2.27	
MCC1484	2.48	1.87	0.541	MCC1808	2.39	1.56	1.93	
MCC1489	2.87	1.47	0.363	MCC1828	2.38	1.33	1.64	
MCC1501	1.69	0.812	0.000	MCC1834	2.18	1.77	1.75	
MCC1512	2.11	2.02	1.14	MCC1865	2.31	1.94	0.693	
MCC1514	2.42	0.848	0.000	MCC1966	2.37	1.95	1.72	
MCC1515	2.23	1.70	1.44	MCC2122	2.39	1.55	1.05	
MCC1516	2.50	1.05	1.22	MCC2166	2.74	1.97	0.460	
MCC1518	2.33	2.03	1.08	MCC2168	2.32	1.74	1.71	
MCC1525	2.62	2.35	1.27	MCC2190	2.17	1.56	0.661	
S.O.V.	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
Df	2	2	4	69	138	414	27.120	3.099
Mean Square	4.78**	84.3**	2.92	0.692**	0.538**	0.222	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، \*، \*\* و \*\*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر معنی‌دار برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های نخود قرار گرفت (جدول ۵). در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  میانگین محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد ۲۳ درصد کاهش یافت و با کاهش درصد بقاء میانگین محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی نیز کاهش یافت و بیشترین میانگین مربوط به دامنه بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد بود (شکل ۱). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  میانگین کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در دامنه‌های بقاء ۲۵-، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به میزان ۳۲، ۳۱ و ۲۷ درصد کاهش یافت (شکل ۱). در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میانگین محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در دامنه بقاء ۵۰-۲۶ و ۱۰۰-۷۶ درصد تقریباً مشابه بود (شکل ۱).

در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در ۱۶ ژنوتیپ افزایش و در ۵۴ ژنوتیپ کاهش یافت و بیشترین میزان افزایش در دو ژنوتیپ MCC1484 و MCC1606 مشاهده شد (جدول ۵). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در هفت ژنوتیپ افزایش و در سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت و بیشترین میزان افزایش را دو ژنوتیپ MCC1467 و MCC1551 دارا بودند (جدول ۵).

تأثیر منفی تنش شوری بر محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در نخود در مطالعات پیشین گزارش شده است (Mudgal *et al.*, 2009). پژوهشگران دریافته‌اند که کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی با کاهش فعالیت فتوسنتزی و تولید زیست‌توده همراه است. تصور می‌شود تنش شوری با اختلال در تعادل یونی و تنش اکسیداتیو ناشی از آن مرتبط باشد (Dadasoglu *et al.*, 2022). گزارش شده است که در ارقام حساس نخود در تنش شوری رنگدانه‌های فتوسنتزی بیشتر از ارقام متحمل تخریب می‌شود (Arefian *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر نیز محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌هایی که در دامنه بقاء بالاتر قرار گرفتند کمتر تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت. در بررسی اثر تنش شوری بر ارقام حساس و متحمل لوبیا نیز محتوای کل رنگدانه‌های فتوسنتزی در رقم متحمل نسبت به رقم حساس کمتر تحت تأثیر قرار گرفت (Taïbi *et al.*, 2016). از طرفی کاهش محتوای کلروفیل در گیاهان تحت تنش شوری به‌عنوان یک پاسخ به تنش اکسیداتیو در نظر گرفته می‌شود و به مهار سنتز کلروفیل همراه با فعال شدن تخریب آن توسط آنزیم کلروفیل‌لاز نسبت داده شده است. کاروتنوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان، پتانسیل حذف اثرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن را دارند (Taïbi *et al.*, 2016). در مطالعه حاضر محتوای کاروتنوئیدها در دامنه‌های بالای بقاء نشان‌دهنده اثرات مثبت این رنگدانه در کاهش اثرات تنش شوری است.

## ۲-۳. متابولیت‌ها

در تنش شوری ۱۲ و  $16\text{dSm}^{-1}$  با افزایش درصد بقاء میانگین محتوای کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت. در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میانگین محتوای کربوهیدرات‌های محلول مربوط به دامنه بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد بود (شکل ۲). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  میانگین محتوای کربوهیدرات‌های محلول نیز در دامنه‌های بقاء ۲۵-، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به ترتیب به میزان ۵۱، ۵۲، ۵۹ و ۶۸ درصد افزایش یافت و بیشترین میانگین مربوط به دامنه بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد بود (شکل ۲).

در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ۳۰ ژنوتیپ افزایش و در ۴۰ ژنوتیپ کاهش یافت. بیشترین میزان افزایش در ژنوتیپ MCC1782 با چهار برابر افزایش مشاهده شد. بیشترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول را نیز ژنوتیپ MCC1782 دارا بود (جدول ۶). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ۳۹ ژنوتیپ افزایش و در ۳۱ ژنوتیپ کاهش یافت. بیشترین میزان افزایش در ژنوتیپ MCC1828 با چهار برابر افزایش مشاهده شد. بیشترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول نیز در ژنوتیپ MCC1828 مشاهده شد (جدول ۶).

در میان انواع ترکیبات سازگار آلی در شرایط تنش شوری، کربوهیدرات‌ها تا ۵۰ درصد از پتانسیل اسمزی کل در گیاهان غیر هالوفیت را تشکیل می‌دهند (Parvaiz & Satyawati, 2008). تجمع کربوهیدرات‌ها که تنظیم اسمزی را در مواجهه گیاهان با تنش شوری بهبود می‌بخشد در نخود گزارش شده است (Arefian *et al.*, 2014). کربوهیدرات‌های محلول به تنش‌های غیر زیستی بسیار حساس هستند و به‌عنوان جذب‌کننده‌های گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در حفظ و افزایش تثبیت غشاء کمک می‌کنند (Alabdallah & Alzahrani, 2020). میزان کربوهیدرات‌های محلول در گیاه گندم تحت تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش

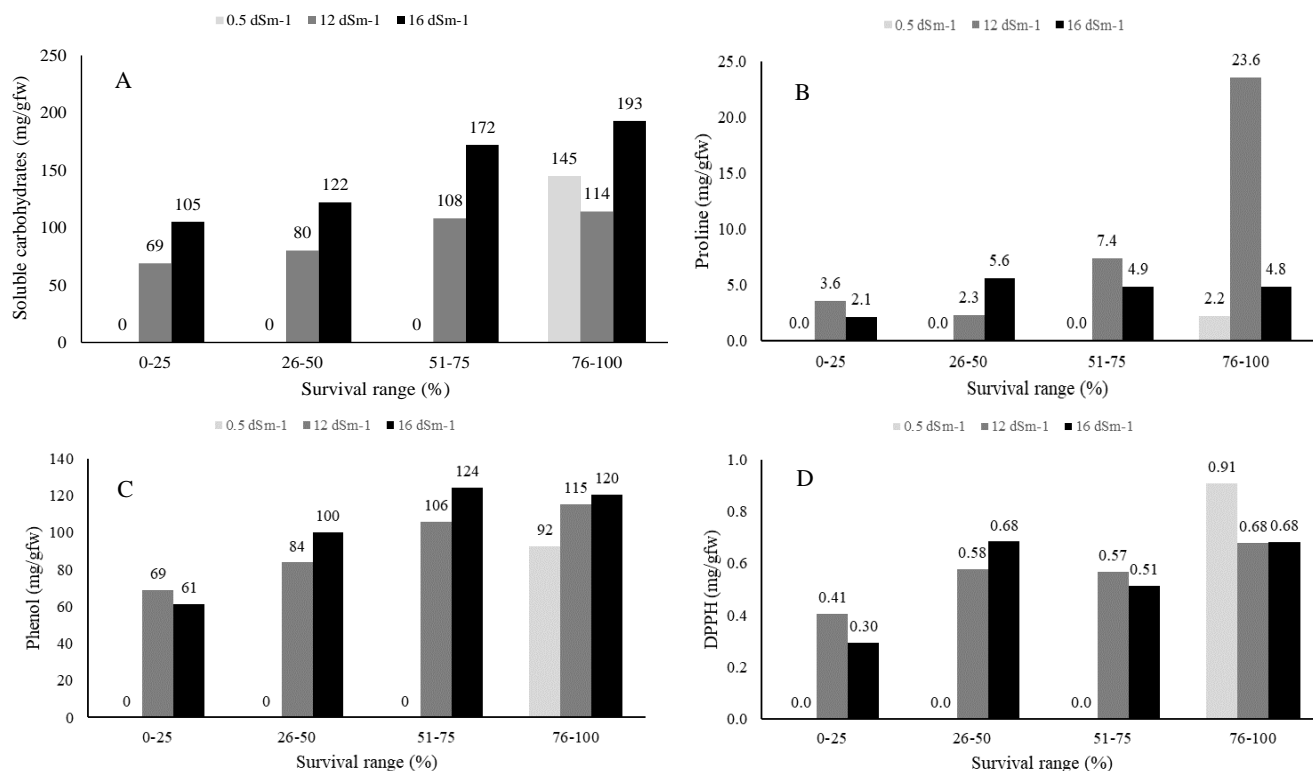
شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Mohamed *et al.*, 2017). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در آن مطالعه به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های متحمل به شوری با افزایش تولید کربوهیدرات‌های محلول تحمل خود را به تنش شوری افزایش می‌دهند.

جدول ۵. اثر تنش شوری بر محتوای کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	1.580	2.030	0.316	MCC1526	2.050	1.190	0.545	
MCC1311	2.320	1.170	1.110	MCC1529	2.870	1.170	0.515	
MCC1312	1.640	1.010	0.767	MCC1545	1.600	1.250	0.562	
MCC1314	1.710	1.010	1.170	MCC1551	1.980	1.060	1.300	
MCC1320	1.920	1.760	1.190	MCC1553	1.530	0.896	0.863	
MCC1348	1.720	1.540	0.644	MCC1557	1.650	1.580	0.765	
MCC1354	1.740	1.280	0.000	MCC1558	1.140	1.640	0.667	
MCC1356	1.800	1.340	0.765	MCC1567	1.440	1.400	1.380	
MCC1357	1.770	1.940	1.180	MCC1578	1.670	1.820	1.580	
MCC1358	2.330	1.580	0.688	MCC1580	1.950	1.470	0.244	
MCC1372	2.400	1.240	0.321	MCC1584	1.390	1.080	0.605	
MCC1381	1.310	1.210	0.200	MCC1585	1.290	2.030	1.130	
MCC1390	1.790	1.430	0.000	MCC1587	1.460	1.410	1.180	
MCC1394	1.620	0.669	0.155	MCC1606	1.100	2.040	1.440	
MCC1395	2.070	1.060	0.871	MCC1613	2.450	1.230	0.342	
MCC1431	2.010	1.710	1.240	MCC1625	1.650	1.450	0.433	
MCC1447	1.910	1.330	0.357	MCC1626	1.800	1.150	1.120	
MCC1449	2.220	0.977	0.379	MCC1631	1.770	1.570	1.030	
MCC1451	1.780	1.450	0.313	MCC1636	1.240	1.590	1.390	
MCC1452	1.660	1.770	0.685	MCC1639	1.720	1.190	0.794	
MCC1458	1.610	1.120	0.381	MCC1641	2.290	1.440	0.723	
MCC1465	2.320	0.648	0.763	MCC1646	1.460	1.610	1.420	
MCC1466	1.580	1.390	0.486	MCC1692	1.260	1.290	1.120	
MCC1467	2.170	1.430	1.590	MCC1730	1.420	1.000	1.110	
MCC1473	1.690	1.030	0.280	MCC1760	1.920	1.020	0.161	
MCC1478	1.950	1.520	1.520	MCC1782	1.770	1.570	1.220	
MCC1484	1.380	4.040	0.437	MCC1808	1.600	1.930	1.570	
MCC1489	2.390	0.933	0.379	MCC1828	1.410	1.510	1.380	
MCC1501	1.300	0.585	0.000	MCC1834	1.870	1.570	1.580	
MCC1512	1.750	1.320	0.610	MCC1865	1.240	1.710	0.478	
MCC1514	1.500	0.566	0.000	MCC1966	1.850	1.180	0.893	
MCC1515	1.930	1.260	0.892	MCC2122	1.270	1.380	0.663	
MCC1516	1.950	0.797	0.772	MCC2166	1.700	1.380	0.432	
MCC1518	1.340	1.180	0.764	MCC2168	1.650	1.720	1.400	
MCC1525	2.300	1.670	0.814	MCC2190	1.540	1.200	0.413	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
df	2	2	4	69	138	414	44.744	2.971
Mean Squire	2.19**	50.4**	1.34	0.556**	0.545**	0.34	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، \*، \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

در تنش شوری ۱۲dSm<sup>-1</sup> بیشترین میزان افزایش در محتوای پرولین مربوط به ژنوتیپ MCC2168 با ۹۰ برابر افزایش بود (جدول ۷). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به ۱۶dSm<sup>-1</sup> محتوای پرولین در سه ژنوتیپ MCC1320، MCC1518 و MCC1587 به میزان ۷۶، ۹۴ و ۲۷ درصد افزایش و در سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت (جدول ۷). پرولین طیف گسترده‌ای از نقش‌های محافظتی از جمله تثبیت ساختار سلولی و کاهش آسیب در دستگاه فتوسنتزی، حفظ pH سیتوپلاسمی و تثبیت ساختار پروتئین را در گیاه ایفا می‌کند. علاوه بر نقش محافظت‌کننده اسمزی به‌عنوان یک املاح برای کاهش پتانسیل آب برگ، به حداکثر رساندن جذب آب و یا کاهش تعرق برای حفظ فشار سلولی در شرایط مرتبط با شوری و تنش کمبود آب عمل می‌کند (Hmidi *et al.*, 2018). پژوهشگران محتوای پرولین بالایی را در نخود در شرایط شوری گزارش کردند، لاین‌های متحمل حاوی پرولین بیشتری نسبت به لاین‌های حساس بودند (Mann *et al.*, 2019). در مطالعه حاضر نیز ژنوتیپ‌هایی که پرولین بالاتری داشتند از میزان بقای بیشتری نیز برخوردار بودند.



شکل ۲. متوسط محتوای کربوهیدرات‌های محلول (A)، پرولین (B)، فنل کل (C) و مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH (D) در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقاء چهار هفته پس از اعمال تنش شوری.

در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  میانگین محتوای فنل کل نسبت به شاهد ۲۵ درصد افزایش یافت. همچنین با افزایش درصد بقاء این مقدار نیز افزایش یافت و بیشترین میانگین مربوط به دامنه بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد بود (شکل ۲). احتمالاً بخشی از این افزایش تحمل به شوری در گیاه نخود، می‌تواند به تغییر مسیر فنل‌ها به‌عنوان بخشی از سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه مربوط باشد. با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  از درصد بقاء ۲۶، میانگین محتوای فنل کل افزایش یافت. در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میانگین محتوای فنل کل مربوط به دامنه بقاء ۷۵-۵۱ درصد بود (شکل ۲).

در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میزان افزایش در محتوای فنل کل در ژنوتیپ MCC1484 با شش برابر افزایش مشاهده شد. در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میزان افزایش در محتوای فنل کل در ژنوتیپ MCC1578 با دو برابر افزایش مشاهده شد (جدول ۸). تنش‌های محیطی به کاهش یا افزایش مقدار ترکیب‌های فنلی که گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه هستند، منجر می‌شود. این ترکیب‌ها می‌توانند گونه‌های اکسیژن فعال را خنثی نموده، با فلزاتی که واکنش‌های اکسیژناسیون را کاتالیز می‌کنند ترکیب‌هایی را تشکیل دهند و از فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده جلوگیری کنند (Rajaiyan *et al.*, 2015). بررسی فیزیولوژی تحمل به شوری در چهار ژنوتیپ نخود در دوران جوانه‌زنی نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل به شوری از میزان فنل بالاتری برخوردار بودند (Singh, 2004). در این مطالعه در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  ژنوتیپ MCC1348 از بیشترین محتوای فنل کل برخوردار بود؛ از طرفی این ژنوتیپ دارای بقاء ۱۰۰ درصد نیز بود (جدول ۸) که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد.

مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH تحت تأثیر معنی‌دار برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های نخود کابلی قرار گرفت (جدول ۱۰). در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  میانگین مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH نسبت به شاهد ۳۴ درصد کاهش یافت و بیشترین میانگین در دامنه بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد مشاهده شد (شکل ۲). در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  میانگین مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در دامنه‌های بقاء ۵۰-۲۶ و ۱۰۰-۷۶ درصد تقریباً مشابه بود (شکل ۲).

جدول ۶. اثر تنش شوری بر محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	283	125	94.6	MCC1526	174	67.1	93.2	
MCC1311	2.5	44.0	108	MCC1529	460	232	393	
MCC1312	19.8	41.9	72.7	MCC1545	18.5	73.8	57.0	
MCC1314	49.1	29.4	166	MCC1551	236	71.9	85.0	
MCC1320	83.5	12.0	379	MCC1553	75.0	81.0	138	
MCC1348	37.8	68.3	95.9	MCC1557	448	107	464	
MCC1354	174	81.1	0.00	MCC1558	445	156	237	
MCC1356	182	66.5	28.8	MCC1567	134	149	166	
MCC1357	79.7	120	77.3	MCC1578	45.1	178	120	
MCC1358	279	69.5	533	MCC1580	110	270	6.6	
MCC1372	95.9	175	14.3	MCC1584	38.8	35.0	334	
MCC1381	152	121	64.2	MCC1585	217	137	140	
MCC1390	92.1	151	0.00	MCC1587	57.1	18.7	104	
MCC1394	106	77.8	45.7	MCC1606	253	90.9	169	
MCC1395	18.9	45.4	163	MCC1613	385	75.4	45.1	
MCC1431	145	141	266	MCC1625	67.3	199	99.4	
MCC1447	44.7	54.4	138	MCC1626	39.1	69.0	203	
MCC1449	69.6	62.3	6.0	MCC1631	261	72.7	95.5	
MCC1451	156	77.3	7.5	MCC1636	77.5	169	165	
MCC1452	67.7	36.1	53.6	MCC1639	2.9	108	144	
MCC1458	162	116	29.0	MCC1641	132	92.2	73.1	
MCC1465	29.5	49.1	185	MCC1646	55.9	182	133	
MCC1466	72.6	179	301	MCC1692	143	43.9	129	
MCC1467	429	108	374	MCC1730	23.6	34.6	87.8	
MCC1473	76.5	104	34.7	MCC1760	130	77.9	153	
MCC1478	479	141	150	MCC1782	118	521	94.5	
MCC1484	105	14.3	171	MCC1808	108	210	330	
MCC1489	107	75.6	22.7	MCC1828	99.4	268	1017	
MCC1501	118	112	0.00	MCC1834	368	156	150	
MCC1512	105	167	44.4	MCC1865	58.3	112	121	
MCC1514	101	26.9	0.00	MCC1966	71.7	62.1	96.3	
MCC1515	57.8	69.3	154	MCC2122	94.4	173	142	
MCC1516	155	85.2	20.8	MCC2166	90.5	66.7	165	
MCC1518	168	58.4	133	MCC2168	609	300	165	
MCC1525	139	102	36.7	MCC2190	68.8	180	50.2	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V.(%)	LSD <sub>0.05</sub>
df	2	2	4	69	138	414	105.284	29.9
Mean Squire	612*	756*	115	658**	381**	199	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

روش DPPH یکی از پرکاربردترین روش‌های مورد استفاده برای تخمین محتوای آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. DPPH یک رادیکال پایدار است که با ترکیب‌های دهنده اتم هیدروژن واکنش می‌دهد (Arashian *et al.*, 2014). نتایج این آزمایش نشان داد که قدرت مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در گیاهانی که درصد بقاء بیشتری داشتند، بیشتر بود. در تنش شوری ۱۲dSm<sup>-1</sup> مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در ۲۷ ژنوتیپ افزایش و در ۴۳ ژنوتیپ کاهش یافت. در این میان، بیشترین میزان افزایش در ژنوتیپ MCC1484 با پنج برابر افزایش مشاهده شد (جدول ۹). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به ۱۶dSm<sup>-1</sup> مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در ۱۶ ژنوتیپ افزایش و در سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. در این میان، بیشترین میزان افزایش در ژنوتیپ MCC1834 با سه برابر افزایش مشاهده شد (جدول ۹). ترکیب‌های فنلی زیاد موجود در گیاه باعث ایجاد خاصیت آنتی‌اکسیدانی و این خاصیت سبب مهار رادیکال‌های آزاد به‌وجودآمده در اثر آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش شوری می‌شود (Arashian *et al.*, 2014). بررسی اثر تنش شوری بر فرآیندهای رشد و بقای ژنوتیپ‌های نخود دسی در شرایط هیدروپونیک نشان داد که در ژنوتیپ‌هایی که بقای بالایی در

شرایط تنش شوری داشتند از مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH بالاتری نیز برخوردار بودند (Nabati et al., 2022). در این مطالعه در تنش شوری  $16\text{dSm}^{-1}$  ژنوتیپ MCC1834 از بیشترین مقدار مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH برخوردار بود (جدول ۹).

جدول ۷. اثر تنش شوری بر محتوای پرولین در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )		
MCC1303	1.31	55.1	4.22	MCC1526	1.25	3.89	2.72
MCC1311	1.32	6.82	2.41	MCC1529	1.34	48.5	0.737
MCC1312	1.30	3.52	2.01	MCC1545	2.50	4.66	3.29
MCC1314	1.03	11.2	6.48	MCC1551	1.45	3.91	2.48
MCC1320	3.11	4.92	8.68	MCC1553	1.94	4.71	1.83
MCC1348	1.63	4.64	1.83	MCC1557	1.16	90.7	6.96
MCC1354	0.752	7.06	0.00	MCC1558	1.67	24.8	3.40
MCC1356	4.24	8.15	2.13	MCC1567	2.90	81.0	8.23
MCC1357	10.2	7.38	4.45	MCC1578	1.69	20.2	6.00
MCC1358	1.19	43.0	9.27	MCC1580	14.1	5.88	0.787
MCC1372	0.746	4.66	0.649	MCC1584	1.19	3.10	1.75
MCC1381	2.45	3.69	3.06	MCC1585	0.985	28.1	7.31
MCC1390	2.88	67.0	0.00	MCC1587	1.13	1.82	2.32
MCC1394	1.03	6.95	1.14	MCC1606	1.53	38.0	6.74
MCC1395	1.38	4.51	3.95	MCC1613	1.93	58.5	1.80
MCC1431	2.16	13.6	9.92	MCC1625	0.823	10.8	2.60
MCC1447	1.45	5.77	3.79	MCC1626	1.32	4.43	3.04
MCC1449	1.98	5.17	0.456	MCC1631	0.959	55.9	6.84
MCC1451	1.05	6.39	0.782	MCC1636	1.72	22.8	6.04
MCC1452	9.04	9.54	1.13	MCC1639	1.89	7.36	3.06
MCC1458	8.68	7.81	0.949	MCC1641	1.24	62.1	5.42
MCC1465	1.93	6.99	3.60	MCC1646	1.82	36.5	8.69
MCC1466	2.21	60.5	0.638	MCC1692	1.15	4.30	3.06
MCC1467	0.974	44.0	5.25	MCC1730	1.42	4.06	2.64
MCC1473	1.89	5.21	0.877	MCC1760	1.72	4.18	1.11
MCC1478	2.36	59.0	8.60	MCC1782	9.67	5.39	2.73
MCC1484	1.38	3.39	3.03	MCC1808	1.73	44.8	2.21
MCC1489	1.57	1.46	0.823	MCC1828	1.65	70.7	7.30
MCC1501	0.879	2.69	0.00	MCC1834	1.37	70.0	9.96
MCC1512	0.664	4.36	1.80	MCC1865	1.23	40.3	7.56
MCC1514	2.00	4.42	0.00	MCC1966	2.31	4.40	2.19
MCC1515	1.44	4.08	3.11	MCC2122	1.37	15.0	3.02
MCC1516	2.64	3.09	2.54	MCC2166	2.70	4.59	1.32
MCC1518	1.27	3.39	6.55	MCC2168	1.13	102	8.51
MCC1525	0.851	3.81	1.38	MCC2190	1.60	69.1	0.544

S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
df	2	2	4	69	138	414	87.081	2.920
Mean Square	24.5 <sup>ns</sup>	26009 <sup>**</sup>	55.5	750 <sup>**</sup>	675 <sup>**</sup>	65.8	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، <sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

### ۳-۳. سدیم و پتاسیم

از عواملی که گیاهان در تحمل شوری تحت کنترل دارند، میزان یون‌های سدیم و پتاسیم است که به دلیل تبخیر و تعرق، از طریق جذب آب شور از بستر دریافت می‌کنند. در این آزمایش، غلظت سدیم اندام هوایی، تحت تأثیر معنی‌دار ژنوتیپ‌های نخود کابلی قرار گرفت (جدول ۱۰). بررسی غلظت یون سدیم در دامنه‌های بقاء در شرایط تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  نشان داد که میزان سدیم، تنها در دامنه بقاء  $25-0$  درصد افزایش قابل توجهی داشت و در سایر دامنه‌های بقاء، غلظت سدیم در اندام هوایی تقریباً مشابه بود (شکل ۳). با افزایش تنش شوری از  $12$  به  $16\text{dSm}^{-1}$  میانگین غلظت سدیم اندام هوایی در دامنه‌های بقاء  $25-0$ ،  $50-26$ ،  $51-75$

و ۱۰۰-۷۶ درصد به میزان سه، ۱۰، ۳۰ و چهار درصد افزایش یافت (شکل ۳). در تنش شوری  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  نیز بیشترین میانگین غلظت سدیم در دامنه بقاء ۲۵-۰ درصد مشاهده شد (شکل ۳).

بین ژنوتیپ‌ها از نظر مقدار پتاسیم اندام هوایی نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱۱). در تنش شوری  $۱۲\text{dSm}^{-1}$  بیشترین میانگین غلظت پتاسیم در دامنه بقاء ۷۵-۵۱ درصد مشاهده شد (شکل ۳). در تنش شوری  $۱۶\text{dSm}^{-1}$  بیشترین غلظت پتاسیم در دامنه بقاء ۲۵-۰ درصد مشاهده شد (شکل ۳). برهمکنش تنش شوری در ۱۷ ژنوتیپ نخود کابلی نشان داد که میزان سدیم به پتاسیم با اعمال تنش شوری افزایش معنی‌داری یافت (Nabati et al., 2022). با توجه به اینکه گیاه نخود حساس به تنش شوری است تجمع یون سدیم در شرایط تنش بالا می‌تواند بیانگر عدم وجود سازوکار کنترلی برای جلوگیری از ورود این عنصر به داخل سلول باشد.

جدول ۸. اثر تنش شوری بر محتوای فنل کل در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5			12			16		
	(dSm <sup>-1</sup> )			(dSm <sup>-1</sup> )			(dSm <sup>-1</sup> )		
MCC1303	177	111	67.9	MCC1526	90.0	87.4	89.2		
MCC1311	103	92.7	105	MCC1529	130	137	58.3		
MCC1312	106	71.1	82.7	MCC1545	116	116	128		
MCC1314	61.8	163	136	MCC1551	74.4	131	126		
MCC1320	65.1	136	124	MCC1553	68.4	107	68.3		
MCC1348	111	135	166	MCC1557	93.2	138	58.8		
MCC1354	59.1	76.8	0.000	MCC1558	133	125	75.7		
MCC1356	78.9	86.8	82.1	MCC1567	129	158	115		
MCC1357	52.1	102	113	MCC1578	111	71.5	139		
MCC1358	99.9	51.4	66.3	MCC1580	80.4	90.7	61.7		
MCC1372	48.1	100	53.8	MCC1584	96.1	162	113		
MCC1381	97.7	151	68.6	MCC1585	100	61.4	123		
MCC1390	125	94.7	0.000	MCC1587	100	129	125		
MCC1394	94.3	109	32.0	MCC1606	134	82.0	112		
MCC1395	89.9	116	153	MCC1613	130	79.7	18.8		
MCC1431	69.6	115	129	MCC1625	74.2	102	70.9		
MCC1447	292	107	104	MCC1626	88.5	117	132		
MCC1449	81.3	104	50.3	MCC1631	104	19.9	69.2		
MCC1451	81.1	102	50.6	MCC1636	75.5	111	108		
MCC1452	81.9	86.9	83.2	MCC1639	92.4	106	155		
MCC1458	69.4	87.2	46.5	MCC1641	87.7	67.2	69.6		
MCC1465	103	124	133	MCC1646	76.4	147	126		
MCC1466	62.8	96.4	35.0	MCC1692	77.5	132	118		
MCC1467	105	101	126	MCC1730	87.0	106	114		
MCC1473	59.2	165	47.6	MCC1760	75.6	93.4	57.9		
MCC1478	117	132	104	MCC1782	77.5	109	152		
MCC1484	88.4	510	129	MCC1808	81.5	109	122		
MCC1489	101	68.8	60.8	MCC1828	74.2	116	119		
MCC1501	56.4	62.2	0.000	MCC1834	135	64.7	122		
MCC1512	64.0	95.6	107	MCC1865	107	69.2	103		
MCC1514	111	75.5	0.000	MCC1966	95.0	95.8	104		
MCC1515	61.4	111	80.3	MCC2122	57.7	145	116		
MCC1516	66.8	98.9	102	MCC2166	53.9	104	45.4		
MCC1518	71.5	184	128	MCC2168	135	138	130		
MCC1525	44.2	145	114	MCC2190	73.2	114	32.4		
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>	
df	2	2	4	69	138	414	60.387	2.982	
Mean Squire	16942**	32250**	16554	7375**	5498**	3557	-	-	

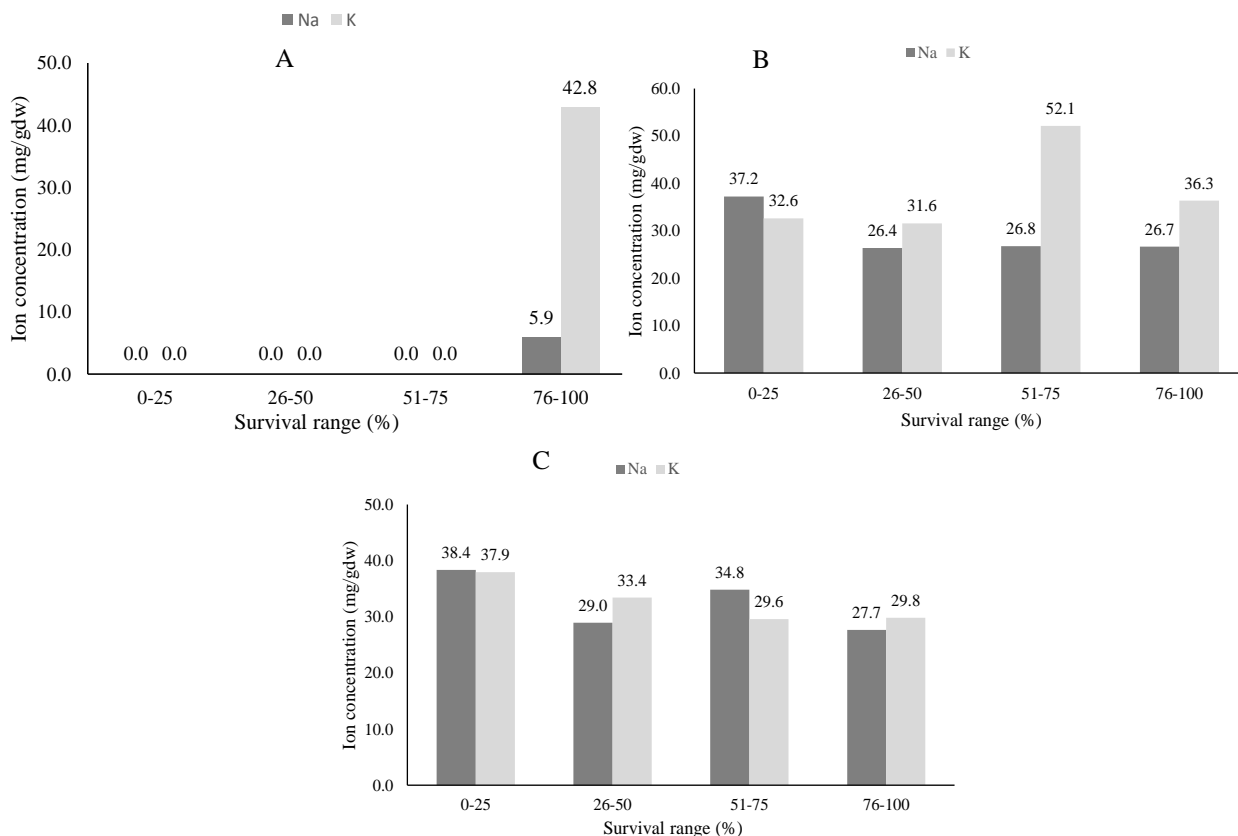
MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، \*، \*\* و \*\*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۹. اثر تنش شوری بر مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	2.40	0.536	0.255	MCC1526	0.701	0.794	0.349	
MCC1311	0.737	0.645	0.540	MCC1529	1.470	0.483	0.326	
MCC1312	0.654	0.478	0.459	MCC1545	0.684	0.615	0.345	
MCC1314	0.489	1.410	0.451	MCC1551	1.460	0.670	0.468	
MCC1320	0.490	1.090	0.468	MCC1553	1.070	0.713	0.432	
MCC1348	0.747	0.729	0.538	MCC1557	1.130	0.508	0.777	
MCC1354	1.220	0.573	0.000	MCC1558	1.270	0.557	0.578	
MCC1356	1.310	0.798	0.335	MCC1567	1.400	0.593	0.771	
MCC1357	0.172	0.690	0.456	MCC1578	0.492	0.491	1.070	
MCC1358	1.410	0.529	0.666	MCC1580	0.403	0.578	0.157	
MCC1372	0.967	0.782	0.164	MCC1584	0.613	0.668	0.437	
MCC1381	0.751	0.845	0.254	MCC1585	1.300	0.239	0.786	
MCC1390	0.651	0.569	0.000	MCC1587	0.544	0.601	0.579	
MCC1394	0.619	0.559	0.120	MCC1606	1.120	0.568	1.010	
MCC1395	0.844	0.519	0.542	MCC1613	1.970	0.441	0.299	
MCC1431	0.618	0.649	0.510	MCC1625	0.445	0.716	0.182	
MCC1447	1.250	0.575	0.488	MCC1626	0.686	1.050	0.588	
MCC1449	0.936	0.739	0.131	MCC1631	1.130	0.697	0.599	
MCC1451	0.954	0.401	0.160	MCC1636	0.270	0.549	0.988	
MCC1452	0.575	1.020	0.306	MCC1639	0.519	0.567	0.567	
MCC1458	0.334	0.601	0.177	MCC1641	1.450	0.554	0.548	
MCC1465	0.711	0.571	0.546	MCC1646	0.427	0.699	0.450	
MCC1466	0.366	0.656	0.712	MCC1692	0.417	0.872	0.433	
MCC1467	1.400	0.383	1.220	MCC1730	0.584	0.687	0.474	
MCC1473	0.957	0.726	0.169	MCC1760	1.170	0.691	0.148	
MCC1478	1.500	0.570	1.00	MCC1782	0.376	0.582	0.525	
MCC1484	0.476	2.550	0.340	MCC1808	0.365	0.451	1.340	
MCC1489	0.814	0.650	0.159	MCC1828	0.365	0.419	1.090	
MCC1501	0.977	0.204	0.000	MCC1834	1.350	0.500	1.430	
MCC1512	1.010	0.838	0.304	MCC1865	1.050	0.566	0.275	
MCC1514	0.579	0.608	0.000	MCC1966	1.630	0.714	0.469	
MCC1515	1.050	0.659	0.629	MCC2122	0.460	0.647	0.441	
MCC1516	1.720	0.505	0.333	MCC2166	1.210	0.730	0.217	
MCC1518	0.518	0.718	0.430	MCC2168	1.590	0.626	1.190	
MCC1525	1.910	0.907	0.327	MCC2190	0.351	0.580	0.350	
S.O.V.	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
df	2	2	4	69	138	414	52.712	2.969
Mean Squire	0.917**	9.54**	0.498	0.331**	0.451**	0.131	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.





شکل ۳. متوسط محتوای سدیم و پتاسیم در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقاء چهار هفته پس از اعمال تنش شوری در تیمار شاهد (A)،  $12\text{dSm}^{-1}$  (B) و  $36\text{dSm}^{-1}$  (C).

#### ۳-۴. وزن خشک

وزن خشک گیاه، برآیند تمام فعالیت‌های گیاه در طول دوره رشد است. بررسی میزان وزن خشک بوته در دامنه‌های بقاء تحت تأثیر تنش شوری نشان داد که در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$ ، میانگین وزن خشک بوته نسبت به شاهد ۴۷ درصد کاهش یافت و بیشترین میانگین در دامنه بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد مشاهده شد (شکل ۴). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  میانگین وزن خشک بوته در دامنه‌های بقاء ۲۵-۰، ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به میزان ۱۵، ۱۱، ۳۶ و ۱۴ درصد کاهش یافت. همچنین میانگین وزن خشک بوته در دامنه‌های بقاء ۵۰-۲۶ و ۱۰۰-۷۶ درصد تقریباً مشابه بود (شکل ۴).

در تنش شوری  $12\text{dSm}^{-1}$  وزن خشک بوته در نه ژنوتیپ افزایش و در ۶۱ ژنوتیپ کاهش یافت. در این میان، بیشترین میزان افزایش در ژنوتیپ MCC1381 با ۵۸ درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۱۲). با افزایش تنش شوری از ۱۲ به  $16\text{dSm}^{-1}$  وزن خشک بوته در ۱۸ ژنوتیپ افزایش و در سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. در این میان، بیشترین میزان افزایش در ژنوتیپ MCC1782 با ۵۸ درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۱۲). زیست‌توده تولیدی ژنوتیپ‌های گیاه سویا تحت تنش شوری به‌طور قابل توجهی در ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl کاهش یافت (Hashem *et al.*, 2019). کاهش وزن خشک در گیاه نخود در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (Kumar *et al.*, 2020). در این مطالعه در برخی از ژنوتیپ‌ها افزایش زیست‌توده در سطوح بالاتر شوری مشاهده شده که بیانگر تنوع بالا و تحمل به تنش شوری در این ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

#### ۳-۵. تجزیه به عامل‌ها

در این مطالعه تجزیه به عامل‌ها بر اساس مولفه‌های اصلی (Abdi *et al.*, 2013) روی ۷۰ ژنوتیپ نخود در شرایط تنش شوری انجام شد. بردارها با عامل‌ها نسبت به واریانس توجیه‌شده، جمع کل واریانس توجیه‌شده و مقدار ویژه حاصل از تجزیه به عامل‌ها در جدول ۱۳ نشان داده شده است. برای تعیین تعداد عامل‌های مناسب، آن تعداد از عامل‌ها که دارای مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک

بودند انتخاب شده و برای ماتریس ضرایب عامل‌ها به کار رفتند. بر همین اساس در این پژوهش چهار عامل استخراج شد. درصد واریانس توجیه‌شده توسط این عامل‌ها به ترتیب ۴۶/۴، ۱۳/۵، ۸/۷ و ۷/۰ درصد بود. بزرگ‌ترین ضرایب عاملی از میان ضرایب هر عامل در حقیقت نشان‌دهنده صفت یا صفاتی است که بیشترین نقش را در آن عامل دارد، لذا بر طبق متغیر مربوط به آن ضرایب عاملی می‌توان عامل‌ها را نام‌گذاری کرد. عامل اول حدود ۴۶/۴ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل درصد بقاء، وزن خشک بوته، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مهار فعالیت رادیکال آزاد و فنل کل با بار منفی بود. عامل دوم حدود ۱۳/۵ درصد از تغییرات را توجیه کرد که شامل کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و سدیم با بار منفی بود. عامل سوم که حدود ۸/۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد شامل مالون‌دی‌آلدئید با بار مثبت بود. عامل چهارم حدود هفت درصد از تغییرات را توجیه کرد که پتاسیم با بار منفی بیشترین تأثیر را در این عامل داشت (جدول ۱۳). در سایر پژوهش‌ها نیز اثر مثبت افزایش ترکیبات سازگار بر افزایش بقا و تولید نخود گزارش شده است (Nasiri et al., 2021).

جدول ۱۰. اثر تنش شوری بر محتوای سدیم در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

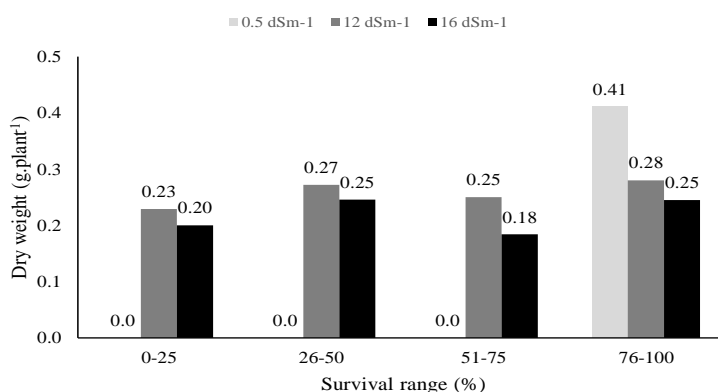
Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	2.99	44.9	33.0	MCC1526	2.84	25.9	45.1	
MCC1311	3.96	21.0	24.5	MCC1529	3.86	27.4	43.4	
MCC1312	3.37	26.2	38.7	MCC1545	5.05	25.3	51.3	
MCC1314	6.01	31.4	44.8	MCC1551	11.6	17.2	14.7	
MCC1320	12.4	25.2	38.6	MCC1553	4.20	17.3	32.8	
MCC1348	3.11	10.2	24.2	MCC1557	4.45	28.8	34.5	
MCC1354	4.43	32.0	46.2	MCC1558	2.78	41.0	24.0	
MCC1356	2.53	26.8	16.7	MCC1567	16.7	28.8	26.4	
MCC1357	7.64	33.2	22.4	MCC1578	5.46	14.0	18.9	
MCC1358	3.35	28.4	27.7	MCC1580	3.55	33.1	43.3	
MCC1372	8.52	30.1	30.3	MCC1584	4.02	6.82	27.3	
MCC1381	5.32	31.9	44.9	MCC1585	3.57	20.1	36.6	
MCC1390	6.61	40.0	43.4	MCC1587	10.4	12.0	33.0	
MCC1394	5.01	39.0	39.2	MCC1606	2.48	10.9	23.6	
MCC1395	4.68	30.5	47.0	MCC1613	4.59	36.7	48.5	
MCC1431	4.85	10.0	32.7	MCC1625	3.20	24.7	45.5	
MCC1447	2.99	16.7	32.4	MCC1626	3.71	25.1	35.2	
MCC1449	12.2	27.3	36.9	MCC1631	3.38	29.9	35.6	
MCC1451	6.45	16.6	44.0	MCC1636	6.22	29.0	21.5	
MCC1452	3.35	21.0	35.2	MCC1639	4.83	26.8	32.9	
MCC1458	3.06	31.7	36.3	MCC1641	4.52	29.4	51.8	
MCC1465	9.01	30.6	20.9	MCC1646	3.51	19.0	19.2	
MCC1466	3.33	40.2	26.7	MCC1692	3.51	16.2	26.9	
MCC1467	13.9	18.0	19.1	MCC1730	6.35	18.3	34.8	
MCC1473	6.62	28.4	38.5	MCC1760	3.09	24.6	37.4	
MCC1478	4.23	60.6	21.3	MCC1782	3.61	12.1	22.1	
MCC1484	2.78	24.4	32.7	MCC1808	24.6	71.9	26.5	
MCC1489	9.99	30.0	26.2	MCC1828	6.97	33.1	24.8	
MCC1501	9.74	34.9	49.7	MCC1834	4.02	38.0	28.5	
MCC1512	10.0	25.7	35.2	MCC1865	3.59	27.9	30.6	
MCC1514	4.31	39.6	50.4	MCC1966	11.5	9.78	28.7	
MCC1515	5.43	18.0	31.2	MCC2122	3.74	21.0	34.4	
MCC1516	12.2	22.8	36.9	MCC2166	4.10	25.3	49.9	
MCC1518	2.88	14.3	24.0	MCC2168	3.10	48.7	25.1	
MCC1525	7.07	20.8	24.4	MCC2190	3.75	28.7	43.2	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V (%)	LSD <sub>0.05</sub>
df	2	2	4	69	138	414	32.685	2.940
Mean Squire	266**	43414**	104	269**	214**	52	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، \*، \*\* و \*\*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۱۱. اثر تنش شوری بر محتوای پتاسیم در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12	16	Genotype	0.5	12	16	
	(dSm <sup>-1</sup> )				(dSm <sup>-1</sup> )			
MCC1303	60.1	33.6	33.2	MCC1526	32.1	28.8	21.2	
MCC1311	60.4	32.4	25.3	MCC1529	35.8	27.1	24.6	
MCC1312	33.7	42.6	30.5	MCC1545	43.1	31.8	24.4	
MCC1314	45.0	38.0	33.3	MCC1551	50.4	24.6	25.3	
MCC1320	34.6	39.6	36.7	MCC1553	48.2	38.6	30.4	
MCC1348	37.7	33.4	28.6	MCC1557	38.0	34.6	33.1	
MCC1354	34.5	39.4	28.6	MCC1558	33.3	35.2	30.7	
MCC1356	57.8	40.8	28.8	MCC1567	29.8	50.3	38.7	
MCC1357	49.7	32.7	24.1	MCC1578	36.4	32.7	28.1	
MCC1358	42.7	34.0	29.5	MCC1580	40.2	60.3	30.6	
MCC1372	45.3	43.6	30.9	MCC1584	44.8	40.6	38.9	
MCC1381	46.3	40.3	26.2	MCC1585	51.3	30.8	29.1	
MCC1390	35.3	34.9	25.8	MCC1587	30.2	32.1	36.4	
MCC1394	43.0	36.0	33.4	MCC1606	38.4	30.6	32.3	
MCC1395	49.2	33.4	33.0	MCC1613	42.2	35.6	34.4	
MCC1431	30.3	44.6	31.3	MCC1625	44.6	37.0	35.1	
MCC1447	36.5	49.7	32.2	MCC1626	47.8	39.4	34.0	
MCC1449	47.1	24.5	30.4	MCC1631	42.2	34.7	28.9	
MCC1451	39.2	37.6	31.6	MCC1636	39.8	34.1	31.1	
MCC1452	49.8	33.8	32.8	MCC1639	49.5	52.1	20.0	
MCC1458	35.9	36.1	32.7	MCC1641	42.8	35.0	29.3	
MCC1465	43.4	38.4	23.5	MCC1646	38.3	30.4	29.6	
MCC1466	35.9	32.0	27.6	MCC1692	47.5	39.0	28.9	
MCC1467	26.8	30.7	27.1	MCC1730	53.2	24.4	25.6	
MCC1473	44.8	44.5	33.3	MCC1760	33.1	49.8	28.7	
MCC1478	48.3	38.9	29.0	MCC1782	36.7	28.6	25.6	
MCC1484	48.4	50.9	17.7	MCC1808	30.8	31.1	30.2	
MCC1489	58.7	38.4	22.7	MCC1828	47.1	39.0	35.4	
MCC1501	44.5	31.8	33.3	MCC1834	42.4	38.9	25.0	
MCC1512	58.7	34.0	40.9	MCC1865	46.7	37.2	25.7	
MCC1514	50.3	33.4	23.4	MCC1966	41.1	41.4	27.0	
MCC1515	41.2	36.1	36.6	MCC2122	45.9	32.2	29.8	
MCC1516	42.3	24.8	29.4	MCC2166	50.1	41.1	22.4	
MCC1518	39.4	23.5	28.7	MCC2168	46.5	41.6	31.0	
MCC1525	33.8	34.1	32.9	MCC2190	43.0	30.1	29.9	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V.(%)	LSD <sub>0.05</sub>
df	2	2	4	69	138	414	22.979	2.921
Mean Square	174 <sup>ns</sup>	4356 <sup>**</sup>	66	1443 <sup>**</sup>	1461 <sup>**</sup>	75	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بذر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، <sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.



شکل ۴. متوسط وزن خشک بوته در ژنوتیپ‌های نخود در دامنه‌های بقا چهار هفته پس از اعمال تنش شوری.

از صفات دو عامل اول و دوم که بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند، شامل درصد بقاء، وزن خشک بوته، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مهار فعالیت رادیکال آزاد، فنل کل، کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و سدیم برای به‌دست‌آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد. ژنوتیپ‌های MCC1312، MCC1465، MCC2122، MCC1730، MCC1553، MCC1587، MCC1584، MCC1518.

عامل‌های اول و دوم به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر مشاهده شدند (شکل ۵).

جدول ۱۲. اثر تنش شوری بر وزن خشک بوته در ژنوتیپ‌های نخود کابلی.

Genotype	0.5	12 (dSm <sup>-1</sup> )	16	Genotype	0.5	12 (dSm <sup>-1</sup> )	16	
MCC1303	0.338	0.217	0.199	MCC1526	0.433	0.268	0.208	
MCC1311	0.417	0.316	0.193	MCC1529	0.350	0.311	0.221	
MCC1312	0.176	0.220	0.151	MCC1545	0.264	0.266	0.201	
MCC1314	0.352	0.217	0.217	MCC1551	0.406	0.413	0.253	
MCC1320	0.476	0.253	0.225	MCC1553	0.391	0.354	0.197	
MCC1348	0.366	0.342	0.231	MCC1557	0.301	0.331	0.335	
MCC1354	0.538	0.256	0.090	MCC1558	0.552	0.269	0.342	
MCC1356	0.320	0.180	0.261	MCC1567	0.543	0.232	0.192	
MCC1357	0.441	0.298	0.243	MCC1578	0.468	0.287	0.366	
MCC1358	0.487	0.305	0.238	MCC1580	0.524	0.185	0.212	
MCC1372	0.432	0.336	0.176	MCC1584	0.354	0.386	0.202	
MCC1381	0.206	0.326	0.236	MCC1585	0.395	0.471	0.244	
MCC1390	0.246	0.229	0.268	MCC1587	0.201	0.287	0.201	
MCC1394	0.511	0.208	0.110	MCC1606	0.388	0.313	0.300	
MCC1395	0.242	0.178	0.174	MCC1613	0.498	0.186	0.166	
MCC1431	0.350	0.323	0.191	MCC1625	0.362	0.304	0.240	
MCC1447	0.427	0.347	0.173	MCC1626	0.412	0.278	0.195	
MCC1449	0.397	0.185	0.125	MCC1631	0.554	0.221	0.257	
MCC1451	0.555	0.326	0.160	MCC1636	0.410	0.348	0.306	
MCC1452	0.466	0.258	0.179	MCC1639	0.307	0.250	0.254	
MCC1458	0.499	0.192	0.242	MCC1641	0.335	0.184	0.266	
MCC1465	0.401	0.235	0.219	MCC1646	0.352	0.315	0.272	
MCC1466	0.469	0.320	0.190	MCC1692	0.380	0.237	0.203	
MCC1467	0.650	0.388	0.420	MCC1730	0.420	0.386	0.274	
MCC1473	0.555	0.360	0.240	MCC1760	0.263	0.167	0.206	
MCC1478	0.302	0.212	0.286	MCC1782	0.355	0.165	0.259	
MCC1484	0.532	0.300	0.188	MCC1808	0.732	0.343	0.246	
MCC1489	0.346	0.302	0.136	MCC1828	0.494	0.276	0.296	
MCC1501	0.236	0.170	0.089	MCC1834	0.377	0.281	0.296	
MCC1512	0.447	0.241	0.156	MCC1865	0.475	0.198	0.244	
MCC1514	0.392	0.287	0.107	MCC1966	0.403	0.441	0.196	
MCC1515	0.652	0.319	0.292	MCC2122	0.332	0.249	0.239	
MCC1516	0.302	0.242	0.214	MCC2166	0.474	0.273	0.099	
MCC1518	0.403	0.287	0.091	MCC2168	0.463	0.269	0.288	
MCC1525	0.462	0.267	0.220	MCC2190	0.401	0.283	0.177	
S.O.V	Replication	Salinity	Error a	Genotype	Salinity×Genotype	Error	C.V(%)	LSD <sub>0.05</sub>
df	2	2	4	69	138	414	33.011	2.969
Mean Square	0.071**	2.01**	0.038	0.028**	0.017**	0.01	-	-

MCC: کلکسیون نخود بانک بدر مشهد، LSD: حداقل تفاوت معنی‌دار، ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

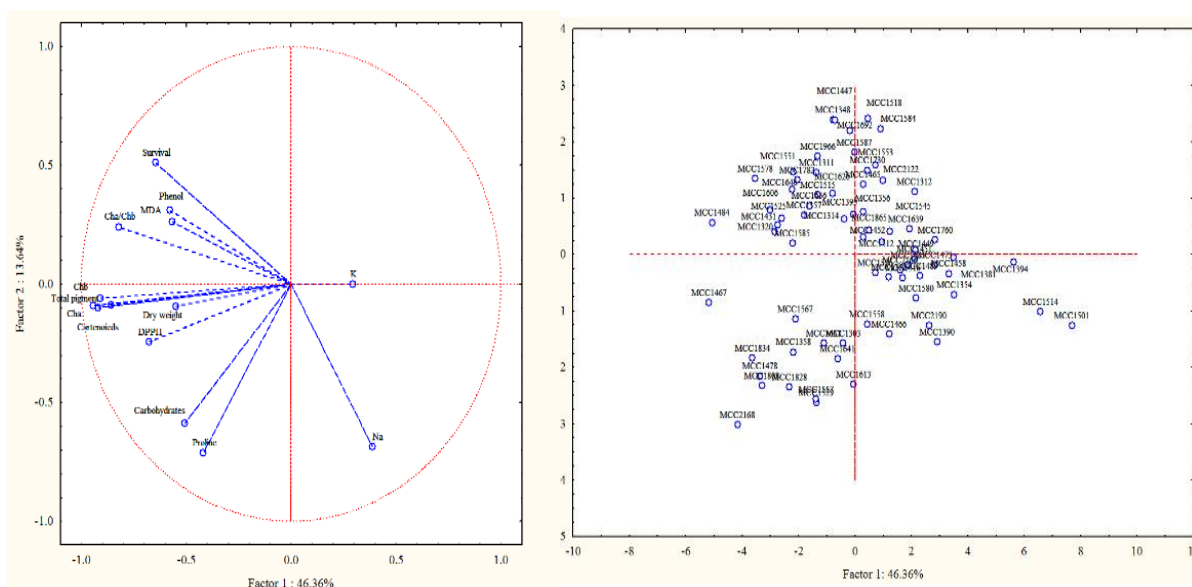
نتایج به‌دست‌آمده از ترسیم بای‌پلات نشان داد که مؤلفه اول تغییرات مربوط به کلروفیل b، کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، کلروفیل a، وزن خشک، کاروتنوئیدها، مهار فعالیت رادیکال آزاد، کربوهیدرات‌های محلول و پرولین را توضیح می‌دهد (شکل ۵)؛ بنابراین بعد اول نمودار را می‌توان بعد پتانسیل تولید و تحمل به تنش شوری نام نهاد. درحالی‌که مؤلفه دوم بقاء، فنل کل، مالون دی‌آلدئید و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b را توضیح می‌دهد؛ بنابراین بعد دوم نمودار را می‌توان بعد مقاومت به شوری معرفی کرد. وجود سدیم در بعد اول نمودار نشان‌دهنده این است که هرچه محتوای سدیم بیشتر باشد درصد بقاء گیاه کاهش پیدا می‌کند. پتاسیم نیز در هر دو بعد نمودار مشترک بود. همچنین بین کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، کلروفیل a و کاروتنوئیدها رابطه نزدیک مشاهده شد (شکل ۵).

### ۳-۶. تجزیه خوشه‌ای

به‌منظور تعیین میزان قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر مبنای صفات مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و با استفاده از فاصله اقلیدسی انجام شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ۷۰ ژنوتیپ مورد بررسی به چهار گروه تقسیم‌بندی شدند. این گروه‌ها به ترتیب شامل ۲۶، ۲، ۲۸ و ۱۴ ژنوتیپ بودند (شکل ۶).

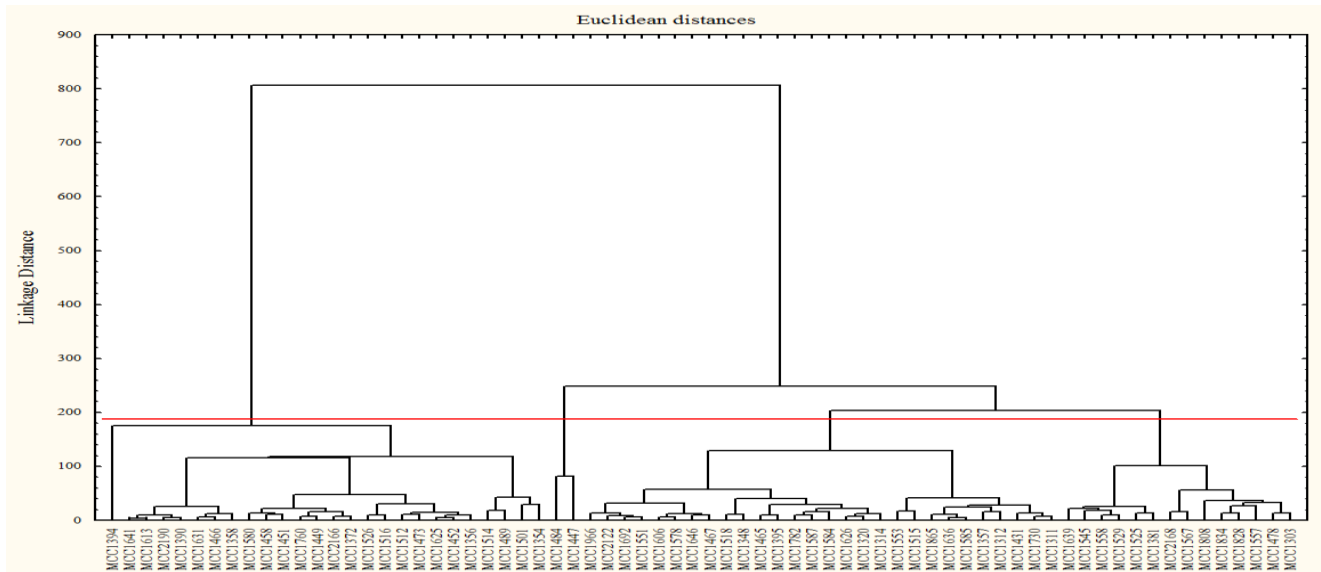
جدول ۱۳. تجزیه به عامل‌ها برای ژنوتیپ‌های نخود.

Traits	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Survival percentage	<u>-0.648</u>	0.512	0.220	0.156
Dry weight	<u>-0.549</u>	-0.095	0.241	0.242
Chlorophyll a	<u>-0.923</u>	-0.101	-0.314	-0.072
Chlorophyll b	<u>-0.911</u>	-0.061	-0.102	-0.084
Carotenoids	<u>-0.859</u>	-0.088	-0.381	-0.084
Chlorophyll a/Chlorophyll b	<u>-0.822</u>	0.241	-0.158	0.080
Total pigment	<u>-0.943</u>	-0.092	-0.277	-0.079
DPPH	<u>-0.678</u>	-0.243	0.196	-0.297
Phenol	<u>-0.579</u>	0.311	0.117	-0.433
Carbohydrate	-0.507	<u>-0.588</u>	0.326	0.186
MDA	-0.568	0.261	<u>0.637</u>	0.022
Proline	-0.419	<u>-0.712</u>	0.295	0.116
Na	0.387	<u>-0.687</u>	-0.144	-0.213
K	0.292	0.000	0.280	<u>-0.700</u>
Eigenvalue	6.490	1.909	1.212	0.974
Cumulative (%)	46.4	59.9	68.6	75.6



شکل ۵. پراکنش ژنوتیپ‌های نخود بر اساس دو عامل اول و دوم.

به منظور تأیید تفاوت بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر انجام شد؛ به طوری که گروه‌ها به عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به عنوان تکرار در نظر گرفته شدند که در آن، آماره ویلکس لامبدا (Wilks' Lambda) در هر سه متغیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۴). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت بین بردار میانگین‌ها در هر سه متغیر اختلاف معنی‌داری وجود داشته است. به این ترتیب، ژنوتیپ‌های قرار گرفته در این گروه‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه‌های متفاوت از نظر صفات مورد بررسی، شباهت بیشتری با هم داشته و گروه‌بندی، به طور صحیح انجام شده است (جدول ۱۴).



شکل ۶. دندروگرام مربوط به گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود با استفاده از صفات مورد مطالعه.

جدول ۱۴. تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل، آماره ویلکس لامبدا در ژنوتیپ‌های نخود.

Function	df	Wilks' Lambda	Chi-square	Probability level
1	39	0.019	238	0.0001
2	24	0.140	119	0.0001
3	11	0.511	40.6	0.0001

به‌منظور بررسی صحت گروه‌بندی‌های به‌دست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده شد. نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان داد که بجز گروه چهار که ۷/۱ درصد ژنوتیپ‌ها در گروه خود قرار نگرفته‌اند سایر ژنوتیپ‌ها، ۱۰۰ درصد در گروه خود قرار گرفته‌اند (جدول ۱۵).

جدول ۱۵. نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود.

Group	Group Membership				Total
	1	2	3	4	
Total	1	26	0	0	26
	2	0	2	0	2
	3	0	0	28	28
	4	1	0	0	13
Percent	1	100	0	0	100
	2	0	100	0	100
	3	0	0	100	100
	4	7.1	0	0	92.9

۹۸/۶ درصد از گروه بندی‌ها به‌صورت صحیح انجام شده است.

در تجزیه تابع تشخیص کانونیکی، دو متغیر اول کانونیک دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک بودند. همبستگی کانونیکی بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها با اولین متغیر کانونیک ( $R=0.93^{**}$ ) و دومین متغیر کانونیک ( $R=0.85^{**}$ ) نشان‌دهنده این است که این متغیرها تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را به‌خوبی توجیه می‌کنند (جدول ۱۶). ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیکی را محاسبه می‌کند. لذا ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی بیان‌کننده واریانس مشترکی هستند که متغیرهای اندازه‌گیری شده با متغیرهای کانونیک دارند و می‌توانند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر معادله

کانونیک مورد استفاده قرار گیرند (Cruz-Castillo *et al.*, 1994). برای توجیه توابع تشخیص از ضرایب تشخیص استاندارد شده استفاده می‌شود. این ضرایب تأثیر هر صفت را پس از حذف اثرات سایر صفات در توابع تشخیص به دست می‌دهد؛ بنابراین اثرات خالص هر صفت را در تابع تشخیص محاسبه می‌کند. ضرایب استاندارد شده کانونیک صفت بقاء، کلروفیل a، کاروتنوئیدها، کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و پتاسیم در معادله اول تشخیصی کانونیک قابل توجه است. ضرایب صفات کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و مهار فعالیت رادیکال آزاد در دومین معادله تشخیصی کانونیک نیز بالا بود (جدول ۱۶).

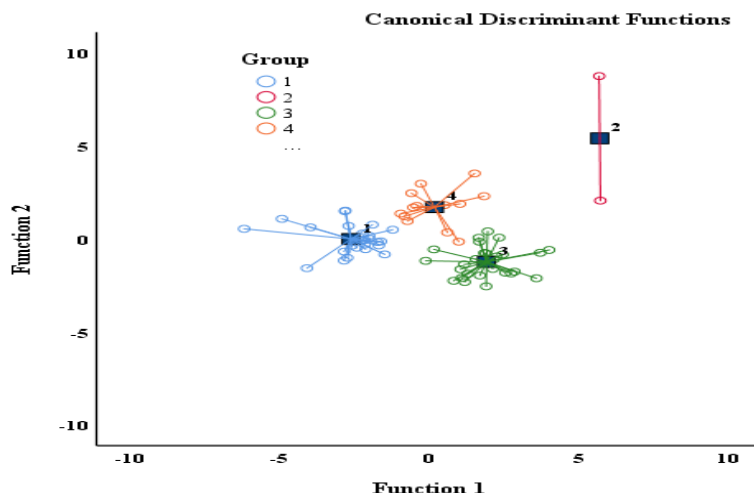
جدول ۱۶. ضرایب استاندارد کانونیک صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های نخود.

Treats	Canonical varieties		
	1	2	3
Survival percentage	0.911*	-0.583	-0.124
Dry weight	-0.062	0.099	-0.186*
Chlorophyll a	0.546*	0.614	-2.667
Chlorophyll b	-0.487	-0.004	1.459*
Carotenoids	0.331*	-0.867	-0.049
Chlorophyll a/Chlorophyll b	-0.533	-0.024	1.608*
Total pigment	-0.379	0.29*	0.384
DPPH	0.671	0.794*	-0.197
Phenol	-0.108	0.417	0.708*
Carbohydrate	0.43*	0.083	-0.245
MDA	-0.32	0.093	-0.042*
Proline	-0.142*	0.48	0.248
Na	-0.106	-0.06	-0.177*
K	0.911*	-0.583	-0.124
Eigen value	6.179	2.654	0.957
Cumulative%	63.1	90.2	100
Canonical Correlation	0.93**	0.85**	0.70**

\*: بالاترین همبستگی مشاهده شده بین هر صفت و متغیر کانونیک.

این نتایج نشان می‌دهد که این صفات بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها دارند. پاسخ گیاهان به شوری به دو مرحله یعنی تنش اسمزی و تنش یونی تقسیم می‌شود. با توجه به تنوع تحمل به شوری در نخود سازوکارهای مختلف فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در ایجاد تحمل به شوری مؤثر هستند (Mehrotra *et al.*, 2023). در مطالعه حاضر تعدادی از صفات مؤثر در تحمل به تنش شوری کلروفیل a، کاروتنوئیدها، کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و پتاسیم و مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH شناسایی شده‌اند. در ادامه از متغیرهای کانونیک معنی‌دار اول و دوم برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های نخود در چهار گروه تقسیم‌بندی شده و کمترین فاصله بین گروه‌های اول و چهارم و بیشترین فاصله بین گروه‌های اول و دوم مشاهده شد (شکل ۷).

به‌منظور بررسی دقیق‌تر گروه‌ها برای هر یک از صفات مورد مطالعه به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس در صفات بقاء، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، کل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مهار فعالیت رادیکال آزاد، فنل کل، کربوهیدرات‌های محلول، مالون‌دی‌آلدئید، پرولین و سدیم تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده شد (جدول ۱۷).



شکل ۷. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود بر اساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار.

جدول ۱۷. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) گروه‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه نخود.

Traits	Between Groups	Within Groups	Probability
df	3	66	-
Survival percentage	4725**	79.6**	0.0001
Dry weight	0.004 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.274
Chlorophyll a	0.099**	0.021**	0.004
Chlorophyll b	0.034**	0.003**	0.0001
Carotenoids	0.004**	0.001**	0.014
Chlorophyll a/Chlorophyll b	0.663**	0.050**	0.0001
Total pigment	0.315**	0.050**	0.001
DPPH	0.208**	0.029**	0.0001
Phenol	14455**	200**	0.0001
Carbohydrate	4.97**	0.538**	0.0001
MDA	288**	24.7**	0.0001
Proline	479**	65.3**	0.0001
Na	273**	18.8**	0.0001
K	124 <sup>ns</sup>	162 <sup>ns</sup>	0.517

<sup>ns</sup> \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

مقایسه میانگین گروه‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای درصد بقاء نشان داد که گروه سوم و دوم بیشترین میانگین را دارا بودند. از نظر وزن خشک بوته گروه دوم دارای بیشترین میانگین بود. از نظر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مهار فعالیت رادیکال آزاد و فنل کل نیز گروه دوم دارای بیشترین میانگین بود. همچنین از نظر سدیم گروه دوم و سوم دارای کمترین میانگین بودند (جدول ۱۸).

بر اساس این نتایج ژنوتیپ‌های گروه دوم، از نظر صفات مؤثر شامل درصد بقاء، وزن خشک بوته، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مهار فعالیت رادیکال آزاد و فنل کل برتر هستند (جدول ۱۸). تنش‌های محیطی به کاهش یا افزایش مقدار ترکیبات فنلی منجر می‌شود. این ترکیبات می‌توانند گونه‌های اکسیژن فعال را خنثی نموده و از فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده جلوگیری نمایند (Rajaiyan *et al.*, 2015). در نتیجه ژنوتیپ‌هایی که قادر به تولید ترکیبات فنلی بیشتری در شرایط تنش شوری باشند در گروه ژنوتیپ‌های متحمل به شوری می‌باشند. بخش عمده کلروفیل را کلروفیل a تشکیل می‌دهد و تجزیه آن به وسیله آنزیم کلروفیلاز منجر به کاهش میزان کلروفیل در هنگام تنش شوری می‌شود. دو نقش اصلی کاروتنوئیدها در کلروپلاست، مربوط به فتوسنتز است: دریافت نور و محافظت در برابر اکسیداسیون نوری. عملکرد کاروتنوئیدها در گیاهان در شرایط تنش شوری تحت تأثیر قرار می‌گیرد



(Dichala *et al.*, 2020)؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی که از نظر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی دارای پایداری بیشتری باشند در شرایط تنش شوری مقاوم‌تر هستند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، ژنوتیپ‌های گروه دوم دارای صفاتی هستند که در تحمل به تنش شوری نقش مهمی ایفا می‌کنند.

جدول ۱۸. مقایسه میانگین صفات گروه‌ها در ژنوتیپ‌های نخود.

Traits	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Total
	Genotype Number				
	26	2	28	14	70
Survival (%)	64.4 <sup>c</sup> ±9.44	85.6 <sup>b</sup> ±20.4	96.6 <sup>a</sup> ±5.23	77.6 <sup>b</sup> ±11.1	80.5±16.8
Dry weight (g.plant <sup>-1</sup> )	0.286 <sup>a</sup> ±0.0	0.328 <sup>a</sup> ±0.0	0.312 <sup>a</sup> ±0.0	0.313 <sup>a</sup> ±0.05	0.303±0.0
Chlorophyll a (mg/gfw)	0.675 <sup>a</sup> ±0.1	0.921 <sup>b</sup> ±0.3	0.792 <sup>ab</sup> ±0.1	0.808 <sup>ab</sup> ±0.1	0.755±0.1
Chlorophyll b (mg/gfw)	0.338 <sup>a</sup> ±0.0	0.463 <sup>b</sup> ±0.1	0.404 <sup>b</sup> ±0.0	0.423 <sup>b</sup> ±0.06	0.385±0.0
Carotenoids (mg/gfw)	0.146 <sup>a</sup> ±0.0	0.192 <sup>b</sup> ±0.0	0.172 <sup>ab</sup> ±0.0	0.172 <sup>ab</sup> ±0.0	0.163±0.0
Chlorophyll	1.54 <sup>a</sup> ±0.24	1.66 <sup>ab</sup> ±0.03	1.92 <sup>b</sup> ±0.20	1.77 <sup>ab</sup> ±0.24	1.74±0.27
Total pigment (mg/gfw)	1.16 <sup>a</sup> ±0.21	1.58 <sup>b</sup> ±0.53	1.37 <sup>ab</sup> ±0.20	1.40 <sup>ab</sup> ±0.23	1.30±0.24
DPPH (mg/gfw)	0.607 <sup>a</sup> ±0.1	0.947 <sup>c</sup> ±0.2	0.667 <sup>ab</sup> ±0.1	0.837 <sup>bc</sup> ±0.2	0.687±0.1
Phenol (mg/gfw)	73.9 <sup>a</sup> ±12.2	205 <sup>c</sup> ±52.8	107 <sup>b</sup> ±13.5	113 <sup>b</sup> ±11.5	98.8±28.6
Carbohydrate (mg/gfw)	1.05 <sup>a</sup> ±0.50	0.879 <sup>a</sup> ±0.1	1.18 <sup>a</sup> ±0.58	2.25 <sup>b</sup> ±1.24	1.34±0.85
MDA (nm/gfw)	22.8 <sup>a</sup> ±4.65	34.1 <sup>b</sup> ±8.96	30.0 <sup>b</sup> ±5.04	28.7 <sup>b</sup> ±4.97	27.2±6.01
Proline (mg/gfw)	8.18 <sup>a</sup> ±8.45	3.13 <sup>a</sup> ±0.75	6.40 <sup>a</sup> ±4.82	18.1 <sup>b</sup> ±12.1	9.32±9.13
Na (mg/gdw)	24.8 <sup>a</sup> ±3.75	18.7 <sup>b</sup> ±1.82	18.1 <sup>b</sup> ±4.34	25.4 <sup>a</sup> ±5.40	22.1±5.47
K (mg/gdw)	40.6 <sup>a</sup> ±20.2	39.2 <sup>a</sup> ±0.33	35.6 <sup>a</sup> ±3.16	36.4 <sup>a</sup> ±4.06	37.7±12.7

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان گروه‌های مختلف است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج بیانگر وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف نخود کابلی تحت تنش شوری بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که گروه سوم با ۲۸ ژنوتیپ بیشترین میزان بقا را دارا بودند؛ با این وجود در تنش شوری ۱۲ و ۱۶dSm<sup>-1</sup> دو ژنوتیپ MCC1467 و MCC1834 در بیشتر صفات مورد مطالعه برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. در تنش شوری ۱۶dSm<sup>-1</sup> در میان ۷۰ ژنوتیپ نخود ۲۸ ژنوتیپ دارای بقاء ۱۰۰-۷۶ درصد بودند. در نهایت، ژنوتیپ‌های گروه دوم حاصل از تجزیه خوشه‌ای از برتری نسبی بالاتری برای تحمل به شوری برخوردار بودند. با توجه به اینکه این پژوهش در شرایط هیدروپونیک و کنترل شده انجام شد و از طرفی مهم‌ترین ویژگی در انتخاب ژنوتیپ‌ها برای معرفی ارقام متحمل شوری در مزرعه عملکرد دانه آن‌ها است، بررسی تحمل به شوری این ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه توصیه می‌شود.

#### ۵. سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد بابت حمایت مالی از این طرح پژوهشی نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

#### ۶. منابع

- Abdi, H., Williams, L.J., & Valentin, D. (2013). Multiple factor analysis: Principal component analysis for multitable and multiblock data sets. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 5(2), 149-179.
- Abe, N., Murata, T., & Hirota, A. (1998). Novel DPPH radical scavengers, bisorbicillinol and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62(4), 661-666.
- Alabdallah, N.M., & Alzahrani, H.S. (2020). The potential mitigation effect of ZnO nanoparticles on [*Abelmoschus esculentus* L. Moench] metabolism under salt stress conditions. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(11), 3132-3137.

- Alfosea-Simón, M., Zavala-Gonzalez, E.A., Camara-Zapata, J.M., Martínez-Nicolás, J.J., Simón, I., Simón-Grao, S., & García-Sánchez, F. (2020). Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. *Scientia Horticulturae*, 272, 109509.
- Arashian, H., Atai Salehi, A., & Goli Movahed, G. (2013). Investigating the amount of DPPH free radical inhibition in mountain tea plant using ultrasound technology, with the help of response surface method. The first national snack conference. (In Persian).
- Arefian, M., Vessal, S., & Bagheri, A. (2014). Biochemical changes in response to salinity in chickpea (*Cicer arietinum* L.) during early stages of seedling growth. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(6), 1849-1857.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207.
- Chrysargyris, A., Papakyriakou, E., Petropoulos, S.A., & Tzortzakis, N. (2019). The combined and single effect of salinity and copper stress on growth and quality of *Mentha spicata* plants. *Journal of Hazardous Materials*, 368, 584-593.
- Cruz-Castillo, J.G., Ganeshanandam, S., MacKay, B.R., Lawes, G.S., Lawoko, C.R.O., & Woolley, D.J. (1994). Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. *HortScience*, 29(10), 1115-1119.
- Dadasoglu, E., Turan, M., Ekinci, M., Argin, S., & Yildirim, E. (2022). Alleviation mechanism of melatonin in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under the salt stress conditions. *Horticulturae*, 8(11), 1066.
- Dagar, J.C., Yadav, R.K., & Sharma, P.C. (2019). *Research developments in saline agriculture*. Springer.
- Dere, S., Gines, T., & Sivaci, R. (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.
- Dichala, O., Therios, I., Papadopoulou, A., Chatzistathis, T., Chatzisavvidis, C., & Antonopoulou, C. (2021). Effects of varying concentrations of different salts on mineral composition of leaves and roots of three pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 275, 109718.
- FAO (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.Faostate.fao.org>.
- Hashem, A., Abd\_Allah, E.F., Alqarawi, A.A., Wirth, S., & Egamberdieva, D. (2019). Comparing symbiotic performance and physiological responses of two soybean cultivars to arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(1), 38-48.
- Hmidi, D., Abdelly, C., Athar, H.U.R., Ashraf, M., & Messedi, D. (2018). Effect of salinity on osmotic adjustment, proline accumulation and possible role of ornithine- $\delta$ -aminotransferase in proline biosynthesis in *Cakile maritima*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(6), 1017-1033.
- Hoagland, D.R., & Arnon, D.I. (1950). *The water-culture method for growing plants without soil*. Circular (2nd ed.). California Agricultural Experiment Station.
- Hussain, T., Akram, Z., Shabbir, G., Manaf, A., & Ahmed, M. (2021). Identification of drought tolerant chickpea genotypes through multi trait stability index. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 6818-6828.
- Kamran, M., Parveen, A., Ahmar, S., Malik, Z., Hussain, S., Chattha, M.S., Saleem, M.H., Adil, M., Heidari, P., & Chen, J.T. (2020). An overview of hazardous impacts of soil salinity in crops, tolerance mechanisms, and amelioration through selenium supplementation. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(1), 148.
- Kaur, R., & Prasad, K. (2021). Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 448-463.
- Kumar, N., Bharadwaj, C., Soni, A., Sachdeva, S.U.P.R.I.Y.A., Yadav, M.C., Pal, M.A.D.A.N., Soren, K.R., Meena, M.C., Roorkiwal, M.A.N.I.S.H., Varshney, R.K., & Rana, M.A.N.E.E.T. (2020). Physio-morphological and molecular analysis for salt tolerance in chickpea (*Cicer arietinum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 90(4), 132-136.
- Mann, A., Kaur, G., Kumar, A., Sanwal, S.K., Singh, J., & Sharma, P.C. (2019). Physiological response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) at early seedling stage under salt stress conditions. *Legume Research-An International Journal*, 42(5), 625-632.
- Mehrotra, S., Dimkpa, C.O., & Goyal, V. (2023). Survival mechanisms of chickpea (*Cicer arietinum*) under saline conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 108168.
- Mohamed, A.K.S., Qayyum, M.F., Abdel-Hadi, A.M., Rehman, R.A., Ali, S., & Rizwan, M. (2017). Interactive effect of salinity and silver nanoparticles on photosynthetic and biochemical parameters of wheat. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(12), 1736-1747.
- Mohammadipourfard, A., Nouri, M., & Dehestani, A. (2016). Elucidating the molecular mechanism of tolerance to salinity stress in the salt-loving plant *Aeluropus litoralis* by Alsos genes. *Biotechnology of Agricultural Plants*, 19, 15-24. (In Persian).
- Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., Mishra, S., Singh, A., & Singh, P.K. (2009). Changes in growth and metabolic profile of chickpea under salt stress. *Journal of Applied Biosciences*, 23, 1436-1446.
- Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., & Boroumand Rezazadeh, A. (2021). Evaluation of salinity tolerance of 140 desi chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. *Researches of Iran's Legumes*, 12(1), 220-205. (In Persian).

- Nabati, J., Nasiri, Z., Nezami, A., Kafi, M., & Goldani, M. (2022). Effects of salinity stress on growth processes and survival of desi-type chickpea genotypes in hydroponic conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(2), 29-44.
- Nasiri, Z., Nabati, J., Nezami, A., & Kafi, M. (2021). Selection of salinity tolerance of cable pea genotypes under field conditions. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 14(4), 1055-1068. (In Persian).
- Nasiri, Z., Nabati, J., Nezami, A., & Kafi, M. (2021). Screening of Kabuli-type chickpea genotypes for salinity tolerance under field condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(4), 1055-1068.
- Parvaiz, A., & Satyawati, S. (2008). Salt stress and phyto-biochemical responses of plants: A review. *Plant Soil Environ*, 54, 89-99.
- Rajaiyan, S., Ehsanpour, A., & Taghiani, M. (2014). Changes in phenolic compounds and the activity of phenylalanine ammonialyase and tyrosine ammonialyase enzymes by ethanolamine pretreatment in *Nicotiana rustica* plant under salt stress conditions grown in glass. *Plant Biology of Iran*, 7(26), 1-12. (In Persian).
- Singh, A.K. (2004). The physiology of salt tolerance in four genotypes of chickpea during germination. *Agric. Sci. Technol.*, 6, 87-93.
- Singleton, V.L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Soni, S., Kumar, A., Sehwat, N., Kumar, A., Kumar, N., Lata, C., & Mann, A. (2021). Effect of saline irrigation on plant water traits, photosynthesis and ionic balance in durum wheat genotypes. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2510-2517.
- Taïbi, K., Taïbi, F., Abderrahim, L.A., Ennajah, A., Belkhdja, M., & Mulet, J.M. (2016). Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* (L.). *South African Journal of Botany*, 105, 306-312.
- Tandon, H.L.S. (1995). *Methods of analysis of soils, plants, water and fertilizers*. FDCO, New Delhi.
- Zare Mehrjardi, M., Nabati, J., Masoumi, A., Bagheri, A., & Kafi, M. (2018). Investigating root and shoot salinity tolerance of eleven drought tolerant and sensitive chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Researches of Iran's Legumes*, 2(2), 83-96. (In Persian).