Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

The effect of salinity stress on the morphophysiological characteristics of some pomegranate genotypes (*Punica granatum* L.)

Sareh Sabahi[1], Azam Jafari[2*], Ali Momenpour[3], Mostafa Shirmardi[4]

[1] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran, Email: sa.sabahi@ardakan.ac.ir
[2] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran, Email: ajafari@ardakan.ac.ir ; Orcid: 0000-0003-4355-6909
[3] National Saline Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran, Email: a.momenpour@areeo.ac.ir
[4] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran, Email: mshirmardi@ardakan.ac.ir

Article type:
Research article

Article history
Received: 29.12.2022
Revised: 04.06.2023
Accepted: 17.06.2023
Published:23.09.2023

Keywords
Chah Afzal genotype
Ion leakage
Physiological and morphological traits
Punica granatum
Rootstock

Abstract

Pomegranate is one of the most important horticultural products that cultivated in many tropical and subtropical parts of the world. Meanwhile, in some pomegranate orchards, salinity stress is one of the abiotic stresses that harm agricultural crops such as pomegranate production by reducing productivity. This research aims to compare growth characteristics between selected genotypes including 1- Chah Afzal 2- Vahshi Babolsar, 3- Narak Lasjerd Semnan 4- Poost Siahe Yazd, 5- Malase Yazdi, 6- Rababe Neyriz, under salinity stress, in a randomized complete block design with three replicaions at Chah Afzal research station of Ardakan city. During the whole experiment, the trees were irrigated with saline water with salinity of 9 ± 0.5 dS/m every 12 days. Based on the results of this research and considering the lowest amount of ion leakage, the highest content of relative humidity and potassium, the high amount of total chlorophyll, carotenoid and leaf surface ratio, the lowest sodium to potassium ratio and necrosis percentage Chah Afzal genotype showed very good resistance to salinity conditions, followed by Poost Siahe Yazd, Vahshi Babolsar, Narak Lasjerd, Malase Yazdi and finally Rababe Neyriz were highly sensitive to salinity. According to the results of cluster analysis, the highest similarity between genotypes based on the parameters mentioned above was between the Narak Lasjerd and Malase Yazdi. The highest difference between Chah Afzal genotype and other genotypes was registered. This shows a significant difference in the superiority of Chah Afzal genotype over other genotypes in total traits. Therefore, due to the compatibility and proper growth of these genotypes in saline conditions, it is suggested that they could be used as a rootstock and the cvs. Malase Yazdi and Rababe Neyriz, which also produced flowers and fruits in saline conditions, can be grafted on them.

Cite this article as: Sabahi, S., Jafari, A., Momenpour, A., Shirmardi, M. (2023). The effect of salinity stress on the morphophysiological characteristics of some pomegranate genotypes. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 18(3): 156-175.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/jper.2023.1976262.1836

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر تنش شوری بر مشخصه‌های مورفوفیزیولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های انار (*Punica granatum* L.)

ساره صباحی[۱]، اعظم جعفری[۲*]، علی مومن‌پور[۳]، مصطفی شیرمردی[٤]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران، رایانامه: sa.sabahi@ardakan.ac.ir
[۲] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران، رایانامه: ajafari@ardakan.ac.ir
[۳] مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، رایانامه: a.momenpour@areeo.ac.ir
[٤] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران، رایانامه: mshirmardi@ardakan.ac.ir

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۱۰/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۲/۰۳/۱٤
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۳/۲۷
تاریخ چاپ: ۱٤۰۲/۰۷/۰۱

واژه‌های کلیدی:
Punica granatum
پایه
ژنوتیپ چاه افضل
مشخصه‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک
نشت یونی

چکیده

انار یکی از مهم‌ترین محصولات باغی است که در بسیاری از نقاط گرمسیری و نیمه‌گرمسیری دنیا کشت می شود. در برخی باغات انار، تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی است که با کاهش بهره وری به تولید انار آسیب می‌رساند. این پژوهش با هدف مقایسه مشخصه‌های رشدی بین ژنوتیپ‌های انتخابی شامل (۱- ژنوتیپ چاه افضل، ۲- وحشی بابلسر، ۳- نرک لاسجرد سمنان ٤- پوست سیاه یزد، ٥- ملس یزدی، ٦- رباب نیریز) تحت تنش شوری، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه چاه افضل شهرستان اردکان انجام شد. در طول مدت این آزمایش درختان با آب شور ۹±۰/٥ دسی زیمنس بر متر هر ۱۲ روز یک بار به صورت غرقابی آبیاری شدند. براساس نتایج این پژوهش و با توجه به کمترین میزان نشت یونی، بالاترین محتوای رطوبت نسبی و پتاسیم، مقدار بالای کلروفیل کل، کاروتنوئید و نسبت سطح برگ، کمترین نسبت سدیم به پتاسیم و درصد نکروزگی ژنوتیپ چاه افضل بیشترین سازگاری را نسبت به شرایط شوری داشت و پس از آن ژنوتیپ و ارقام پوست سیاه، وحشی بابلسر، نرک لاسجرد، ملس یزدی و در نهایت رباب نیریز قرار داشتند. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای بیشترین شباهت بین ژنوتیپ‌ها براساس پارامترهای ذکر شده در بالا بین ژنوتیپ نرک لاسجرد و ملس یزدی بود. بالاترین تفاوت بین ژنوتیپ چاه افضل با سایر ژنوتیپ‌ها مشاهده شد که این امر تفاوت معنی‌دار برتری ژنوتیپ چاه افضل نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در بررسی مجموع صفات را نشان می‌دهد. در مجموع با توجه به سازگاری و رشد مناسب این ژنوتیپ‌ها در شرایط شور پیشنهاد می‌گردد به عنوان پایه مورد استفاده قرار گیرند و ارقام ملس یزدی و رباب نیریز که در شرایط شور نیز تولید گل و میوه داشتند روی آن‌ها پیوند زده شوند.

استناد: صباحی، ساره؛ جعفری، اعظم؛ مومن‌پور، علی؛ شیرمردی، مصطفی. (۱٤۰۲). تاثیر تنش شوری بر مشخصه¬های مورفوفیزیولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های انار (*Punica granatum* L). *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸ (۳)، ۱٥٦-۱۷٥.

Doi: 10.30495/jper.2023.1976262.1836

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. گیاهی مثمر از تیره انار (Punicacea) است که آن را بومی ایران و کشورهای همسایه می‌دانند (Mirjalili, 2016). ایران دارای غنی‌ترین ذخایر ژنتیکی انار در جهان می‌باشد که به‌طور عمده در مناطق کویری از جمله استان‌های یزد، مرکزی، سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و در منطقه غرب در استان کرمانشاه مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. ایران مرکز تنوع انار و به احتمال زیاد مرکز پیدایش انار نیز می‌باشد (Sarkhosh et al., 2006). امروزه انار در همه قاره‌ها به جز قطب جنوب پرورش می‌یابد. انار میوه‌ای قابل توجه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است، چرا که هزینه نگهداری پایین، عملکرد خوب و کیفیت بالا در نگهداری و توانایی بالایی برای رشد در رطوبت پایین را دارد (Stover and Mercure, 2007; Glozer and Ferguson, 2008).

در زمینه تاثیر تنش شوری بر درختان انار پژوهش‌هایی انجام شده است. تحقیقات نشان داده است که با افزایش میزان شوری، درصد بقای انار، تعداد گره، قطر ساقه، وزن تر و خشک کاهش می‌یابد (Khoshgoftarmanesh, 2006 El-Agamy et al., 2010). آستانه تحمل به شوری آب آبیاری و خاک برای درختان انار به ترتیب ۱/۸ و ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد به طوری که در شوری ٥/٤ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری و ۸/٤ دسی‌زیمنس بر متر محلول خاک به میزان ۵۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (Fipps, 2003). پژوهش‌های انجام شده نشان داده است که شاخص‌های مورفولوژیک انار و سایر درختان میوه از جمله رشد طولی شاخساره، قطر تنه، ضخامت برگ‌ها و حوزه گسترش ریشه‌ها با افزایش شوری، کاهش می‌یابند که علت این کاهش رشد و عملکرد را معمولاً مربوط به سمیت یونی و تنش خشکی ناشی از افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک دانسته‌اند (Naeini et al., 2005; Momenpour et al., 2018). مطالعات قبلی نشان داده است که تنش شوری در رشد و توسعه انار اختلال ایجاد می‌کند (Ibrahim, 2016). Naeini و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که آب شور (٤۰، ۸۰، یا ۱۲۰ مولار کلرید سدیم) در مقایسه با شاهد از طول ساقه، میانگره و تعداد برگ، و سطح برگ انار ملس ترش و آلک ترش کاسته است. همچنین در تعداد میوه انار موان فلواتی و ناب الگمال پس از آبیاری با آب شور، تعداد برگ، وزن خشک، گلدهی و عملکرد میوه کاهش یافت (El-Agamy et al., 2010). محتوای نسبی آب، هدایت الکتریکی، هدایت روزنه‌ای مقدار کلروفیل و میزان فتوسنتز خالص برگ‌های انار با افزایش سطح شوری خاک به طور قابل توجهی کاهش یافت (Sun et al., 2018). مطالعات با ارقام مختلف نشان داد که وقتی غلظت سدیم و کلر در بافت‌های انار با افزایش شوری افزایش می‌یابد، تغییر در کلسیم و پتاسیم در ارقام مختلف متفاوت است (Naeini et al., 2005; Hasanpour et al., 2015). بیشتر مطالعات فعلی در مورد تحمل شوری انار به طور متوسط روی رشد اندام هوایی، فتوسنتز، سمیت برگ و کلرید و غیره تمرکز داشته است. مطالعات قبلی نشان داده است که برخی ارقام انار تحمل شوری بیشتری نسبت به بقیه دارند (Naeini et al., 2006; Karimi and Hasanpour, 2014). قابل توجه است که آبیاری با آب شور می‌تواند کیفیت میوه‌های انار متحمل به نمک مانند اسیدیته، مقدار قند، آنتی‌اکسیدان و خواص دارویی را بهبود بخشد (Borochov-Neori et al., 2014). از این رو، شناسایی رقم‌های متحمل به شوری از اهمیت بالایی در تولید برخوردار است.

آزمایشی به‌منظور درک پاسخ‌های فتوسنتزی گیاهان انار به شوری، با سه رقم انار والنسیا، مولاردو

الچه و واندرفول با هفت غلظت نمک (۰، ٤٠، ٦٠، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱٤٠ میلی‌مولار کلرید سدیم) آبیاری شده انجام گرفت که در پایان پارامترهای تبادل گاز، کلروفیل فلورسانس، روابط آب و غلظت قند و کلرید در برگ‌ها اندازه‌گیری شد. با افزایش غلظت کلرید سدیم، غلظت کلر در برگ‌ها افزایش یافته و میزان جذب CO_2، هدایت روزنه‌ای نسبت فلورسانس متغیر، عملکرد کوانتومی PSII و کل قندهای محلول کاهش یافته است. در والنسیا کاهش جذب خالص CO_2 می‌تواند به‌دلیل بسته شدن روزنه رخ دهد، در حالی که در مولار دی الچه این به دلیل آسیب ناشی از سمیت کلر بود. همچنین مطالعه کربوهیدرات‌ها، رفتار متفاوتی از کربن را در سه رقم نشان داد (Olmo et al., 2019). همچنین در گیاهان دیگر مانند پسته، نتایج نشان داده که شوری باعث کاهش معنی‌دار رشد اندام هوایی و ریشه، کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، همچنین کاهش کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین می‌شود (Mahdavian, 2021).

در یک پژوهش تحمل به شوری قلمه‌ها در برخی از ژنوتیپ‌های وحشی، ارقام محلی و تجاری انار در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد و نتایج آن بیانگر این بود که پاسخ ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به تنش شوری و صفات رشد متفاوت بود و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده رقم واندرفول به عنوان متحمل‌ترین رقم شناخته شد و توانست شوری ٦,٤ گرم در لیتر کلرید سدیم (۸ دسی زیمنس بر متر) را به‌خوبی تحمل کند و ارقام فرشته قرمز و ملس ساوه در مرتبه بعدی تحمل شوری بعد از رقم واندفول قرار داشتند (Ziatabar Ahmadi et al., 2023). براساس نتایج یک پژوهش، تنش شوری در برخی ارقام انار مشخص شد که ارتفاع و قطر انار در شوری کم (۰/۱ درصد) افزایش و در شوری بالا (۰/۵ درصد) به‌طور معنی‌داری مهار شد و این مطالعه نشان داد که انار «تونسی» یک رقم نسبتاً متحمل به شوری است (Liu et al., 2018).

Jadidi و همکاران (۲۰۲۰) نیز در آزمایشی با هدف شناسایی ارقام انار با تحمل بیشتر به تنش شوری انجام دادند. بررسی‌ها نشان داد که در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کمترین ارتفاع گیاه مربوط به رباب و ملس پیشوا و کمترین قطر گیاه مربوط به زاغ ترش یزد و گابری یزد مشاهده شد. بالاترین افزایش میزان پرولین در شوری نه دسی‌زیمنس بر متر برای زاغ ترش یزد و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر برای گابری ترش یزد مشاهده شد. فعالیت آنزیم سوپر اکسیداز در گابری یزد، ملس اصفهان و رباب بیشترین بود. بنابراین ارقام یزد از جمله گابری یزد، گابری ترش یزد، زاغ سفید یزد و زاغ ترش یزد، تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری داشتند.

تنش شوری در حال گسترش است و یک مشکل جدی بر سر راه تولید خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، از طرفی هر چند تلاش‌های زیادی در جهت مقابله با شوری انجام‌گرفته است که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به توسعه ارقام متحمل به شوری اشاره کرد، اما تحقیقات انجام شده در این زمینه در درختان انار در داخل و خارج از کشور بسیار محدود بوده است. بنابراین معرفی و توسعه کشت و کار پایه‌ها و ارقام متحمل به شوری و خشکی انار بسیار حائز اهمیت است و استفاده از این پایه‌ها و ارقام متحمل و توسعه آنها در باغات موجب افزایش عملکرد باغداران خواهد شد و با توجه به این که میوه این درخت به‌عنوان یکی از میوه‌های صادراتی در ایران مطرح می‌باشد،علاوه بر سودآوری برای باغداران، موجب ورود ارز به کشور نیز خواهد شد. بنابراین این پژوهش با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های

مقاوم به شوری در انار و معرفی آنها به باغداران صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا از گیاهان مادری که در کلکسیون ذخایر ژنتیکی انار (واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد) قرار دارند، قلمه‌های خشبی به طول ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر در اواسط بهمن ماه تهیه شد. سپس قلمه‌ها در داخل کیسه‌های پلاستیکی ریشه‌دار شده یکنواخت و یک اندازه از نظر طول و قطر انتخاب و در اوایل بهمن سال بعد به ایستگاه چاه افضل مرکز ملی تحقیقات شوری، انتقال داده شد.

پس از استقرار گیاهان و رشد مناسب آن‌ها، وضعیت گیاهان از نظر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، و عناصر غذایی مورد بررسی قرار گرفت. در تمامی مدت این آزمایش، تمامی درختان با آبی شور با شوری ۹±۰/۵ دسی زیمنس بر متر هر ۱۲روز یکبار به صورت غرقابی آبیاری شدند (جدول ۱). به‌منظور کنترل شوری در طول دوره آزمایش هر سه ماه یک مرتبه نمونه خاک تهیه و EC آن اندازه‌گیری شد. جدول ۲ مشخصه‌های خاک قبل از شروع آزمایش را نشان می‌دهد. این پژوهش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای این آزمایش شامل ژنوتیپ‌های انتخابی در ٦ سطح (۱- ژنوتیپ چاه افضل، ۲- وحشی بابلسر، ۳- نرک لاسجرد سمنان ٤- پوست سیاه یزد، ۵- ملس یزدی، ٦- رباب نیریز) بود.

جدول ۱: مشخصه‌های آب مورد استفاده

شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	منیزیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	سدیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر)	بی کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر)	کلر (میلی‌اکی والان بر لیتر)	سولفات (میلی‌اکی والان بر لیتر)
۹/٤۵	۷/۹۵	۱۷/۹٤	۱۷/۷۰	٦٦/۹۰	۰	٤/٦۰	٦٦/۳٦	٤۰/۲۷

جدول ۲: مشخصه‌های فیزیکی وشیمیایی خاک

ویژگی	نماد	مقدار	ویژگی	نماد	مقدار
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	EC	۱۰/۹۰	بی کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر)	HCO_3^-	۳/٦٤
واکنش خاک	pH	۷/٤۱	سولفات (میلی‌اکی والان بر لیتر)	SO_4^{2-}	٤۰/۱۹
سدیم(میلی‌اکی والان بر لیتر)	Na^+	٦۸/۹۸	شن (درصد)	Sand	۵٤/۵
منیزیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	Mg^{2+}	۱۷/۱۸	سیلت (درصد)	Silt	٤۵
کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)	Ca^{2+}	۲۳/۲٤	رس (درصد)	Clay	۰/۵
کلر(میلی‌اکی والان بر لیتر)	Cl^-	۵۹/۳۹	بافت	Texture	سیلتی لوم
کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر)	CO_3^{2-}	۰			

پارامترهای مورد اندازه‌گیری: به منظور اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی از شروع فصل زراعی در طول فصل هر ماه یادداشت برداری انجام شد و تا شروع خزان ادامه داشت. پس از اینکه درختان وارد مرحله زایشی شدند، تعداد جوانه‌های گل و تعداد میوه، در هر درخت اندازه‌گیری شد.

ارتفاع گیاه: طول شاخه اصلی در شروع فصل زراعی و در پایان فصل زراعی در هر سال با استفاده از متر اندازه‌گیری شد.

نکروزگی: به‌منظور اندازه‌گیری میزان نکروزه شدن برگ‌ها، تعداد برگ‌های نکروزه شده هر سه ماه یک مرتبه از شروع فصل، شمارش و درصد آن‌ها در هر نوبت محاسبه شد (Karakas et al., 2000).

نسبت سطح برگ: به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان، از برگ‌های میانی شاخه‌های اصلی انتخاب و سطح برگ آن‌ها در پایان آزمایش با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل (LI-Cor, Li 1300, USA) اندازه‌گیری شد. به‌منظور محاسبه نسبت سطح برگ، برگ‌هایی که سطح برگ آن‌ها محاسبه شده بودند، به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس وزن خشک برگ گیاهان محاسبه گردید. از تقسیم سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع بر وزن خشک بر حسب گرم، نسبت سطح برگ محاسبه شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

محتوای رطوبت نسبی: به‌منظور اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ (RWC)، چهار برگ کامل از وسط شاخه اصلی در پایان فصل زراعی از درختان جدا و پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، (بوسیله ترازوی حساس)، نمونه‌ها را به مدت ٢٤ ساعت داخل آب مقطر در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در تاریکی قرار گرفتند تا آماس نمایند. بعد از خارج کردن برگ‌ها از آب مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس آن‌ها (TW) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک (DW) آن‌ها اندازه‌گیری شود. در نهایت میزان نسبی آب برگ از طریق رابطه RWC=((FW-DW)/(TW-DW))*100 محاسبه شد (Farooqi et al., 2000).

نشت یونی: برای اندازه‌گیری نشت یونی نیم گرم برگ از هر رقم جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ٢٤ ساعت درون شیکر با دمای ٢٤ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و سپس میزان هدایت‌الکتریکی اولیه (LT)، آن‌ها به وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی مدل (Metrohm 644)، اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و مجدداً به مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO)، آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت درصد نشت یونی طبق رابطه ۱۰۰× (LT/LO) محاسبه شد (Lutts et al., 1995).

رنگیزه‌های فتوسنتزی: میزان کلروفیل‌های a، b، کل با استفاده از استون ۸۰ درصد اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ۰/۵ گرم بافت برگ تازه با کمک بیست میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در آسیاب برقی عصاره‌گیری شد. سپس محلول حاصل با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه در سانتریفیوژ قرار گرفتند، عصاره فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن‌های شیشه‌ای منتقل شدند. مقداری از نمونه داخل بالن در کووت اسپکتروفتومتر ریخته شد و در نهایت مقدار جذب در طول موج‌های ٦٦٣ نانومتر، ٦٤٥ نانومتر و ٤٧۰ نانومتر، توسط دستگاه اسپکترو فتومتر (Canada BT 600 Plus)، اندازه‌گیری شد و با استفاده از روابط (۱ تا ٤) کلروفیل‌های a، b و کل و کاروتنوئید براساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ تعیین شد (Lichtenthaler, 1987).

رابطه (۱)

Chorophyll a=(19/3*A663-0/86*A645)V/100W

رابطه (۲)

Chorophyll b=(19/3*A645-3/6*A663)V/100W

رابطه (۳)

Total Chlorophyll = 10.1 (A654) + 1.01 (A669)

رابطه (٤)

Carotenoids = 100(A470) - 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl.b)/227

عناصر معدنی برگ: بـه‌منظـور انـدازه‌گیـری عناصـر غذایی، پس از پایان فصل رشد نمونه‌های برگ تهیه و پس از شستشوی دقیق، به مدت ٤٨ ساعت در آون بـا دمای ۷۵ درجه سانتی‌گـراد قـرار داده شـدند. پـس از خشک شدن برگ‌ها، نمونـه‌هـا بـا اسـتفاده از آسـیاب برقی به پودر تبدیل شده و سپس با قرار دادن نمونه‌ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، خاکستر ایجاد شده با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلـی‌لیتـر عصـاره‌گیـری شد. در نهایت میزان پتاسیم، سدیم، کلسـیم، و منیـزیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد.

تجزیه داده‌ها

در پایـان، تجزیـه و تحلیـل داده‌هـای آمـاری، بـا استفاده از نرم‌افزار SAS، (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنـه‌ای دانکـن و نـرم‌افـزار MSTATC (ورژن ۲۰۱۰)، صـورت گرفـت و تجزیـه خوشه‌ای داده‌ها برای گروه‌بنـدی ژنوتیـپ‌هـای مـورد ارزیابی صورت گرفت.

نتایج

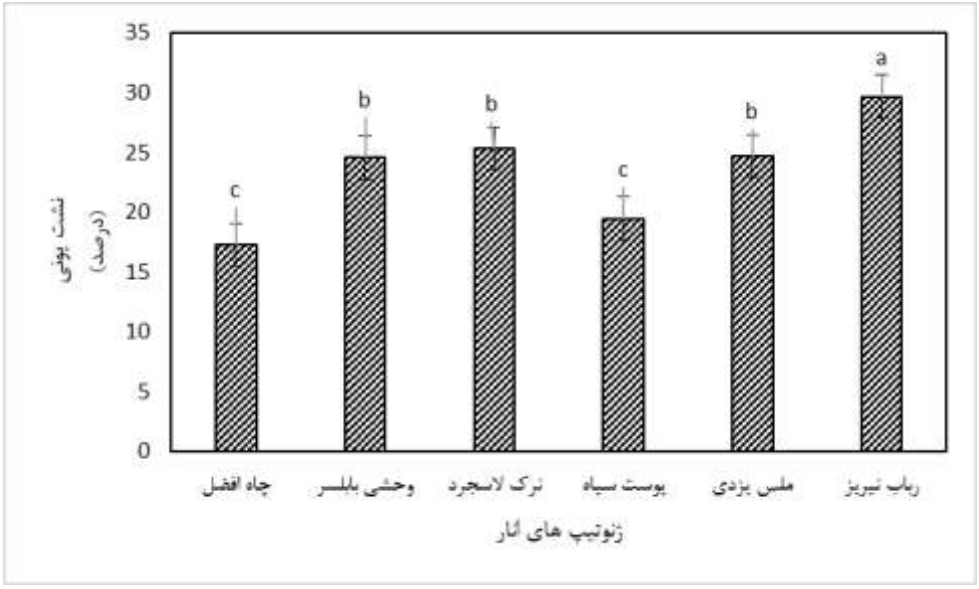
مشخصـه‌هـای نشـت یـونی، RWC و رنگیـزه‌هـای فتوسنتزی: براساس نتایج این پژوهش، بـین ژنوتیـپ-های مختلف انار که در این تحقیق مورد بررسی قـرار گرفته‌اند از نظر میزان نشت یـونی، محتـوای رطوبـت نسبی، کلروفیل a و b، کل و کاروتنوئید تفاوت معنی-داری وجود دارد (جدول ۳). در ارتباط با صفت نشت یونی بالاترین میزان با میانگین ۲۹/٦۵ درصـد مربـوط به ژنوتیپ رباب نیریـز بـود و کمتـرین میـزان نیـز بـا میانگین ۱۷/۲۵ درصد مربوط به ژنوتیـپ چـاه افضـل بود که البته اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ پوست سیاه نداشت (شکل ۱).

جدول ۳: نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نوع ژنوتیپ بر صفات نشت یونی،RWC، کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید در ژنوتیپ‌های انار

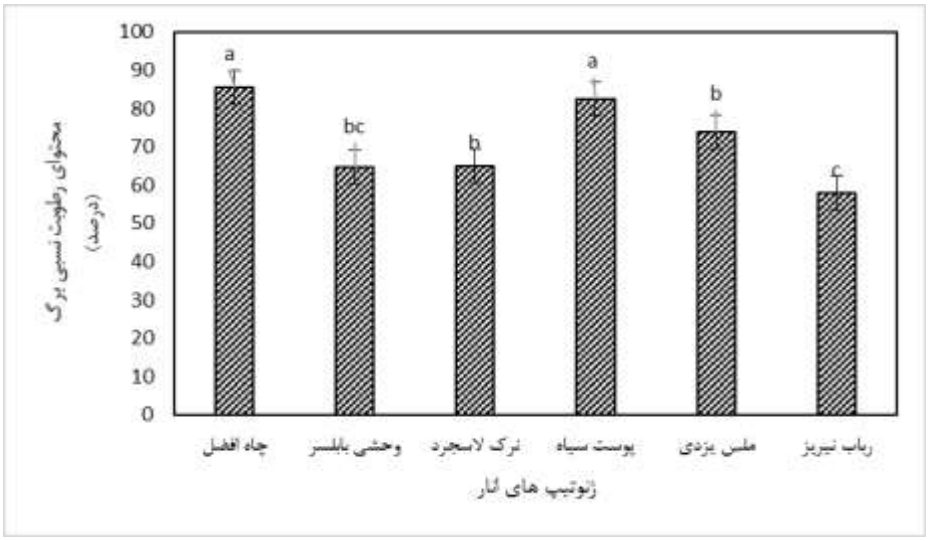
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		نشت یونی	RWC	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۲/۲۵^{ns}	۱٤۹/ ۵۳^{ns}	۰/۱٦^{ns}	۰/۰۵٤^{ns}	۰/۲۸^{ns}	۹۲۱۷/۱۰^{ns}
ژنوتیپ	۵	٤۸٤/٦۱**	۷۰۸/۷۷**	۱۸/۰۲**	۹/٦۹**	۳٦/۰۹**	۱٤۳۷۱۷/۳۳**
خطا	۱۰	۳۹/۳۹	۱٦/۳۸	۰/۵۵	۰/۵۰۰	۰/۹۷	۱۸۲۷۲/٤۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۹/۳۵	۵/۱۳	۱۳/۹۹	۱۱/۸۰	۸/۸۰	۷/۰۵

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

همچنین بالاترین محتوای رطوبت نسبی برگ با میانگین ۸۰/۵۳ درصد مربوط به ژنوتیپ چاه افضل و کمترین میزان نیز با میانگین ۵۷/۸٦ درصد مربوط به ژنوتیپ رباب نیزیز بود (شکل ۲).

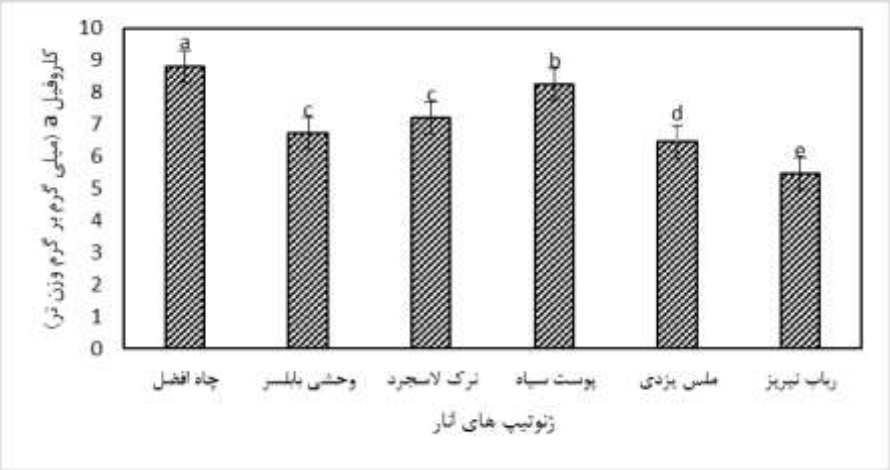


شکل ۱: اثر ژنوتیپ بر نشت یونی در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. ستون‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



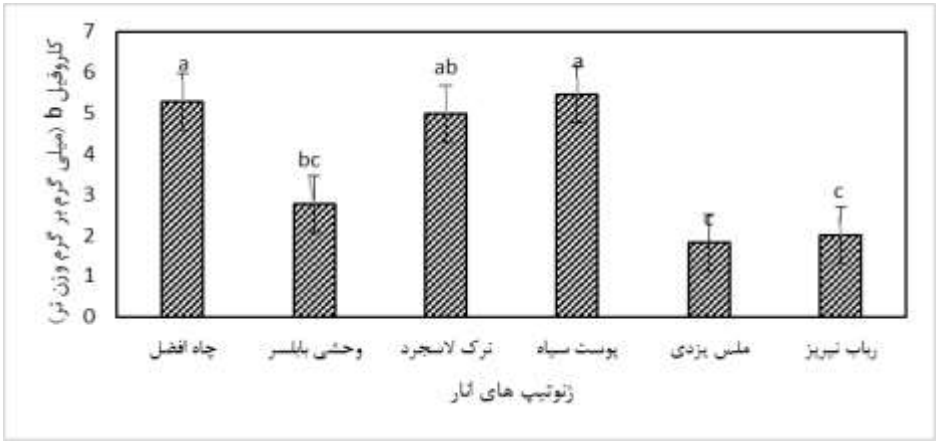
شکل ۲: اثر ژنوتیپ بر محتوای رطوبت نسبی برگ در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a در ژنوتیپ چاه افضل با میانگین ۸/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کم‌ترین مقدار کلروفیل a در ژنوتیپ‌های رباب نی‌ریز (۵/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۳).



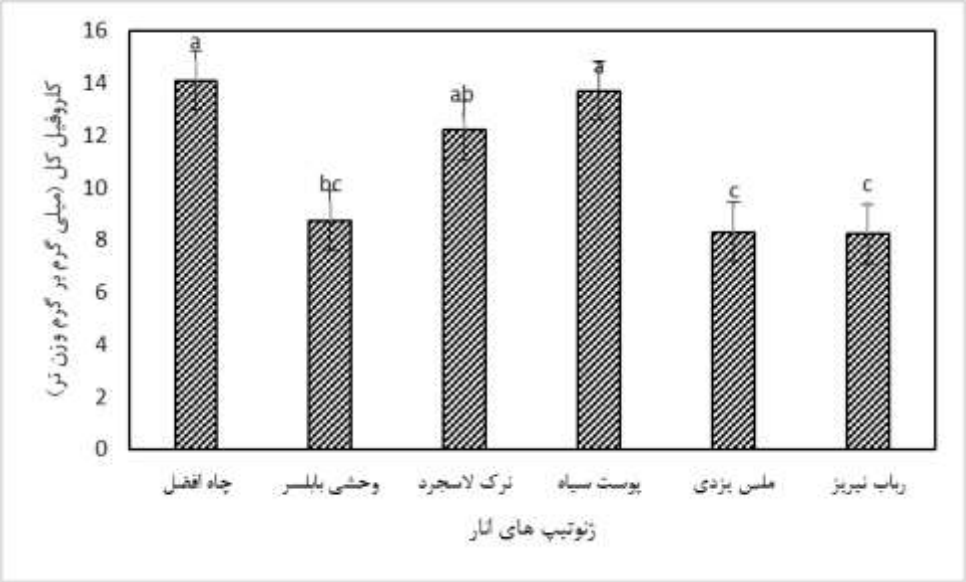
شکل ۳: اثر ژنوتیپ بر کلروفیل a در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بالاترین مقدار کلروفیل b در ژنوتیپ پوست سیاه (۵/٤٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ چاه افضل (۵/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و نرک لاسجرد (٤/۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود. در نقطهٔ مقابل، کم‌ترین مقدار کلروفیل b (۱/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم ملس یزدی و رباب نی‌ریز (۲/۰۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد که با ژنوتیپ وحشی بابلسر اختلاف معنی داری نداشت (شکل ٤).



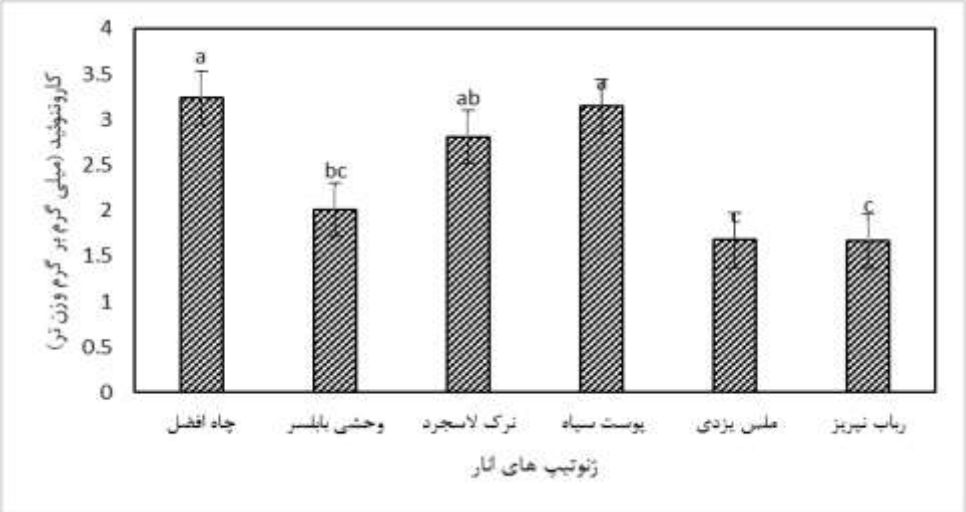
شکل ٤: اثر ژنوتیپ بر کلروفیل b در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل در ژنوتیب چاه افضل (۱٤/۰۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که با ژنوتیپ‌های پوست سیاه (۱۳/٦۰ میلی گرم بر گرم وزن تر)، نرک لاسجرد (۱۲/۱۰ میلی گرم بر گرم وزن تر) اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین کم‌ترین میزان کلروفیل کل در ژنوتیپ رباب نیریز (۸/۲۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ ملس یزدی (۸/۲۸ میلی گرم بر گرم وزن تر) بود (شکل ۵).



شکل ۵: اثر ژنوتیپ بر کلروفیل کل در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بیش‌ترین مقدار کاروتنوئید در ژنوتیپ چاه افضل (۳/۲٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های پوست سیاه و نرک لاسجرد به ترتیب با مقادیر ۳/۱٤ و ۲/۸۰ میلی گرم بر گرم وزن تر اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین کم‌ترین مقدار کاروتنوئید در ژنوتیپ ملس یزدی (۱/٦۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد که با ژنوتیپ رباب نیریز (۱/٦۷ میلی گرم بر گرم وزن تر)، و وحشی بابلسر (۲/۰۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) اختلاف معنی داری نداشتند. (شکل ٦).



شکل ٦: اثر ژنوتیپ بر کاروتنوئید در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

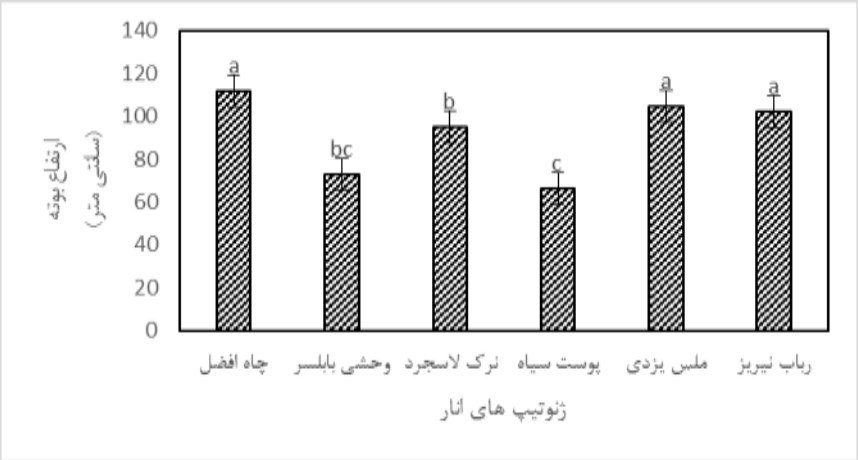
مشخصه‌های ارتفاع، تعداد گل، تعداد میوه، نسبت سطح برگ و نکروزگی: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤) ارتفاع بوته، تعداد گل، تعداد میوه، نسبت سطح برگ و نکروزگی در ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط شور متفاوت بود.

جدول ٤: نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نوع ژنوتیپ بر صفات ارتفاع، تعداد گل، تعداد میوه، نسبت سطح برگ و نکروزگی در ژنوتیپ‌های انار

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع	تعداد گل	تعداد میوه	نسبت سطح برگ	نکروزگی
تکرار	۲	۱٦٥/۲ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۸ns	۲٥۸۲/٥٦ns	۱/۰۷ns
ژنوتیپ	٥	۱۰۰٤/۱*	۹۳/۳**	۱/٥۰**	۳۱۹۹۱/٤۸**	۳۱/۸۱**
خطا	۱۰	۲۱۰/٤	۰/۱	۰/۰۱٤	۱۳۸۸/٦۹	۱/۷۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۱٥/۱۲	۷/۹٤	۹/۱۳	۱٤/۰۱	۱۲/۳۹

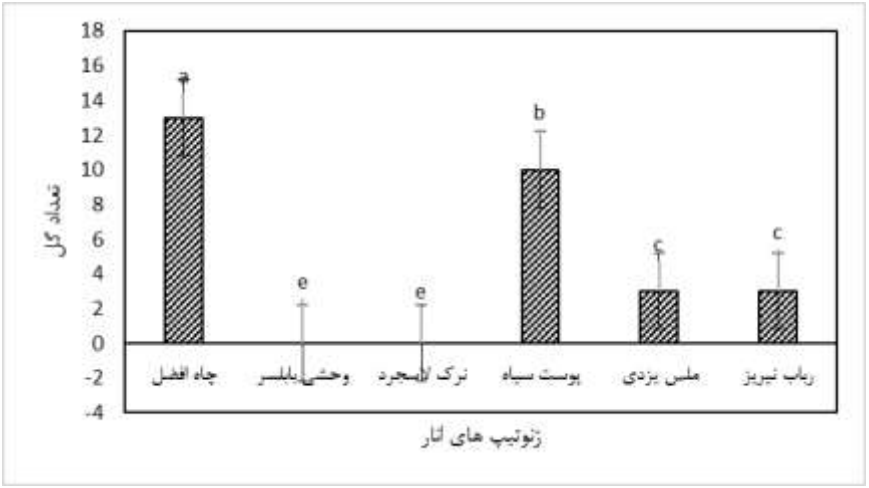
* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

بیش‌ترین ارتفاع گیاه در ژنوتیپ چاه افضل (۱۱۱/٦۷ سانتی‌متر) مشاهده شده که با ژنوتیپ‌های نرک لاسجرد سمنان (۹٥ سانتی‌متر)، ملس یزدی (۱۰٤/۳۳ سانتی‌متر) و رباب نی‌ریز (۱۰۲ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری نداشتند. در نقطهٔ مقابل، کم‌ترین ارتفاع، در ژنوتیپ پوست سیاه یزد (٦٦/۳۳ سانتی‌متر) حاصل شد که با ژنوتیپ وحشی بابلسر (۷۲/٦۷ سانتی‌متر) فاقد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین ژنوتیپ‌های وحشی بابلسر (۷۲/٦۷ سانتی‌متر) و نرک لاسجرد سمنان (۹٥ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۷).



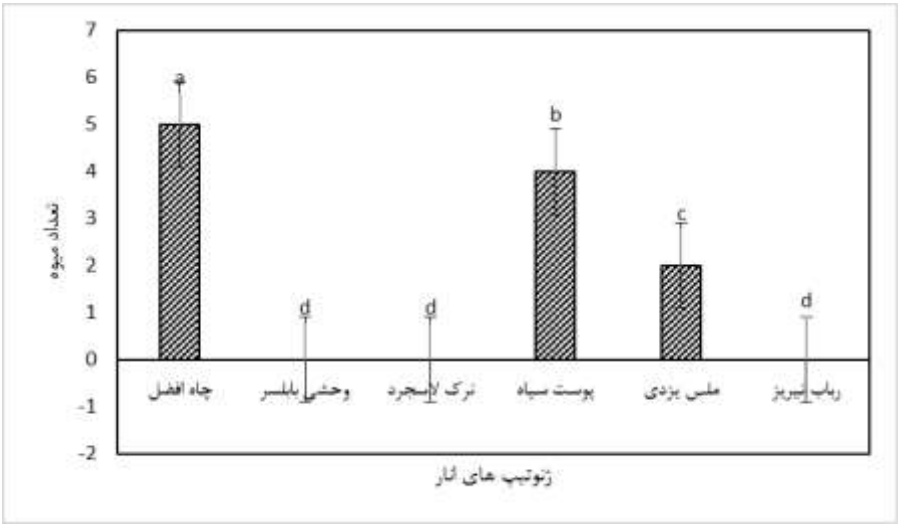
شکل ۷: اثر ژنوتیپ بر ارتفاع گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

براساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین تعداد گل به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های چاه افضل (۱۳ عدد)، پوست سیاه (۱۰ عدد)، مشاهده شد و در نقطهٔ مقابل، کم‌ترین تعداد گل در ژنوتیپ‌های رباب نیریز (۳ عدد) و ملس یزدی (۳ عدد) حاصل گشت و نرک لاسجرد و حشی بابلسر گلی تولید نکردند (شکل ۸).



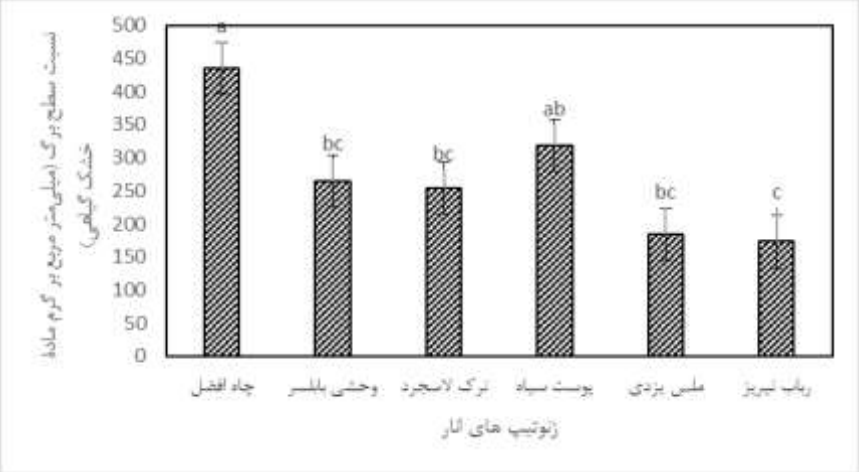
شکل ۸: اثر ژنوتیپ بر تعداد گل در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

همچنین بیش‌ترین تعداد میوه به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های چاه افضل (۵ عدد)، پوست سیاه (٤ عدد) و ملس یزدی (۲ عدد) مشاهده شد. در سایر ژنوتیپ-ها میوه مشاهده نشد (شکل ۹).



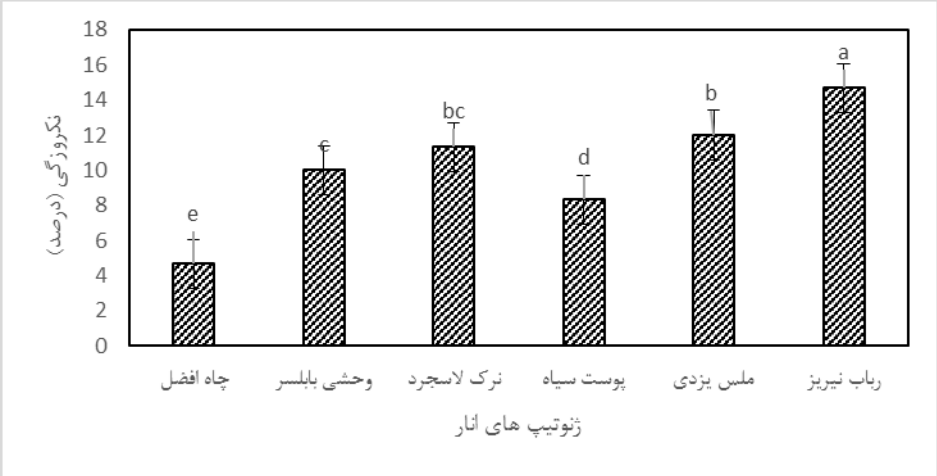
شکل ۹: اثر ژنوتیپ بر تعداد میوه در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بر اساس نتایج این تحقیق؛ بیش‌ترین نسبت سطح برگ در ژنوتیپ چاه افضل (٤۳۵/۳۳ میلی‌متر مربع بر گرم مادهٔ خشک گیاهی) مشاهده شد که با رقم پوست سیاه (۳۱۸ میلی‌متر مربع بر گرم مادهٔ خشک گیاهی) فاقد اختلاف معنی‌دار بود. کم‌ترین نسبت سطح برگ نیز در ژنوتیپ رباب نیریز (۱۷۲/۹۲ میلی‌متر مربع بر گرم مادهٔ خشک گیاهی) حاصل گشت که با ژنوتیپ‌های ملس یزدی (۱۸٤/۸ میلی‌متر مربع بر گرم مادهٔ خشک گیاهی)، نرک لاسجرد سمنان (۲٦٤/٤۲ میلی‌متر مربع بر گرم مادهٔ خشک گیاهی) و وحشی بابلسر (۲۵۳/٤٦ میلی‌متر مربع بر گرم مادهٔ خشک گیاهی) اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: اثر ژنوتیپ بر نسبت سطح برگ در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

با توجه به نتایج مقایسات میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن بیش‌ترین درصد نکروزگی در رقم رباب نی‌ریز (۱٤/٦۷ درصد) و کم‌ترین درصد به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های چاه افضل (٤/٦۷ درصد) و پوست سیاه (۸/۳۳ درصد) مشاهده شد. ژنوتیپ‌های نرک لاسجرد سمنان (۱۱/۳۳ درصد) و ملس یزدی (۱۲ درصد) مقادیر بیشتری داشتند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: اثر ژنوتیپ بر نکروزگی در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

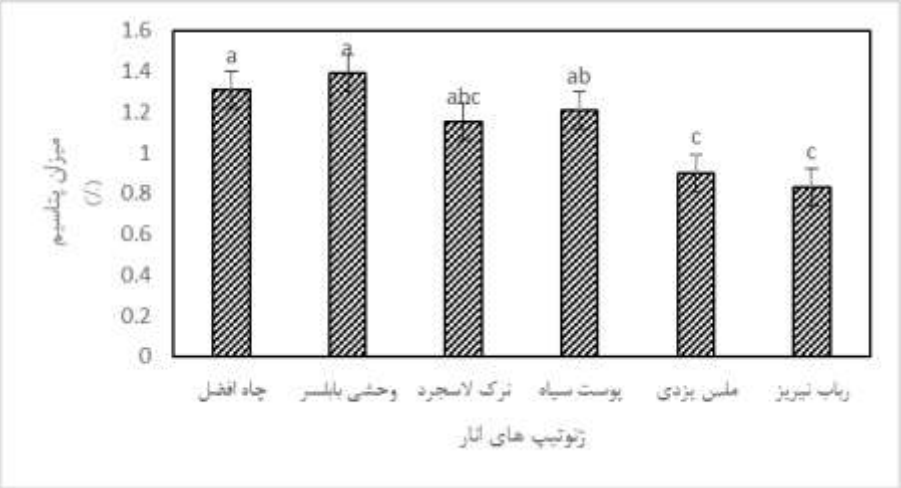
غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر غلظت پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی انار، به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵: نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نوع ژنوتیپ بر غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		سدیم	پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم
تکرار	۲	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns
ژنوتیپ	۵	۰/۰۰٤ ns	۰/۱۵*	۰/۰۱۵**
خطا	۱۰	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۳/٦۷	۱٦/۲۷	۱۹/٤۸

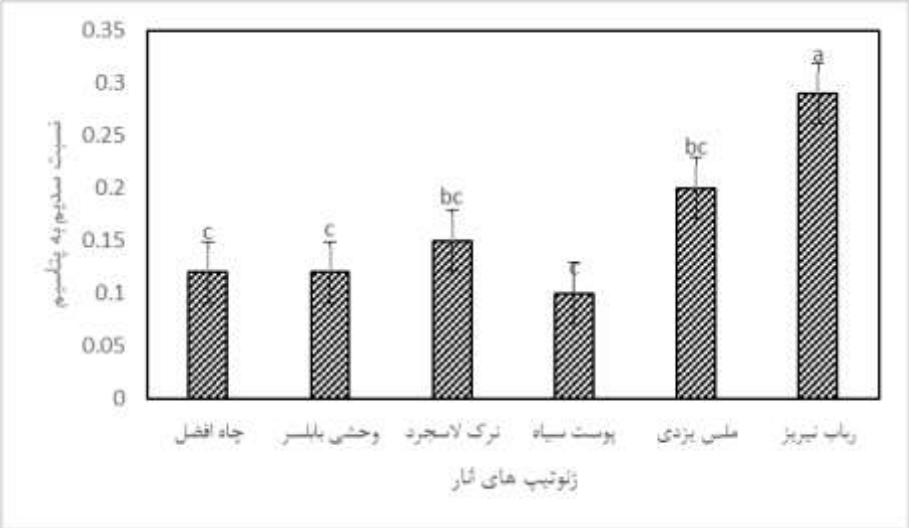
* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین غلظت پتاسیم در ژنوتیپ وحشی بابلسر (۱/۳۹ درصد) مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ‌های چاه افضل (۱/۳۱ درصد)، نرک لاسجرد سمنان (۱/۱۵ درصد) و پوست سیاه یزد (۱/۲۱ درصد) بود. همچنین کم‌ترین غلظت پتاسیم در رقم رباب نی‌ریز (۰/۸۳ درصد) حاصل گشت که با ژنوتیپ‌های ملس یزدی (۰/۹ درصد) و نرک لاسجرد سمنان (۱/۱۵ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: اثر ژنوتیپ بر غلظت پتاسیم در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

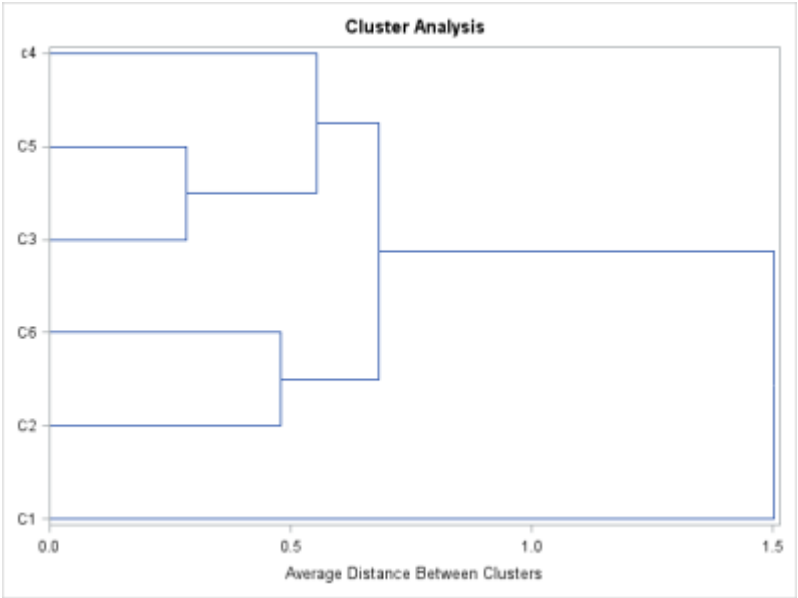
بیشترین نسبت سدیم به پتاسیم در رقم رباب نی‌ریز (۰/۲۹) مشاهده شد و کم‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم در ژنوتیپ پوست سیاه یزد (۰/۱)، چاه افضل (۰/۱۲)، وحشی بابلسر (۰/۱۲)، نرک لاسجرد سمنان (۰/۱۵) و ملس یزدی (۰/۲) مشاهده شد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: اثر ژنوتیپ بر نسبت سدیم به پتاسیم در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ٦: نتایج تجزیه کلاستر بین ژنوتیپ‌های مختلف انار

شماره خوشه	خوشه‌های پیوسته		فراوانی	فاصله اقلیدوسی
۵ (نرک لاسجرد و ملس یزدی)	C3	C5	۲	۰/۲۸٤
٤ (وحشی بابلسر و رباب نیریز)	C2	C6	۲	۰/٤۷۸
۳ (پوست سیاه و خوشه ۵)	CL5	C4	۳	۰/۵۵۲
۲ (خوشه ۳ و ٤)	CL4	CL3	۵	۰/٦۸۳
۱ (چاه افضل و خوشه ۲)	C1	CL2	٦	۱/۵۰



شکل ١٤: تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف انار تحت تنش شوری (در این شکل ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب از C1 تا C6 برابر است با چاه افضل، وحشی بابلسر، نرک لاسجرد، پوست سیاه، ملس یزدی و رباب نیریز)

تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها: براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای بیشترین شباهت بین ژنوتیپ‌ها براساس پارامترهای ذکر شده در بالا بین ژنوتیپ نرک لاسجرد و ملس یزدی بود که با کمترین فاصله اقلیدوسی (۰/۲۸٤) مشاهده شد در خوشه بعدی ژنوتیپ وحشی بابلسر و رباب نیریز بود که با فاصله اقلیدوسی ۰/٤۷۸ در رتبه دوم قرار داشت. در رتبه سوم ژنوتیپ پوست سیاه و خوشه ۵ قرار داشت که فاصله اقلیدوسی آن ۰/۵۵۲ بود که در این خوشه ۳ ژنوتیپ قرار دارند. در خوشه شماره ۲، ۵ ژنوتیپ قرار دارد که خوشه‌های ٤ و ۳ در آن قرار دارند و فاصله اقلیدوسی آن‌ها ۰/٦۸۳ می‌باشد و در نهایت بالاترین تفاوت از لحاظ برتری بین ژنوتیپ چاه افضل با سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد که بالاترین فاصله با میانگین ۱/۵۰ را دارا بود و جزء ژنوتیپ‌های برتر محسوب می‌شود (جدول ٦ و شکل ١٤).

بحث

ژنوتیپ‌های مختلف واکنش‌های متفاوت نسبت به شرایط شور از خود نشان می‌دهند و تنوع زیادی بین ارقام انار در ارتباط با تحمل تنش شوری وجود دارد (Dichala et al., 2022). نشت یونی یکی از شاخص‌هایی است که بیانگر میزان خسارت‌پذیری گیاه در شرایط تنش محیطی می‌باشد به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های حساس نشت یونی بالاتر و ژنوتیپ‌های مقاوم نشت یونی کمتری دارند (El-Agamy et al., 2010). در این پژوهش نیز در خصوص صفت نشت یونی در شش ژنوتیپ انتخابی انار مقادیر متفاوتی مشاهده شد به‌طوری‌که بالاترین میزان نشت یونی مربوط به رقم رباب نیریز و کمترین میزان نیز مربوط به ژنوتیپ چاه افضل بود. از اثرات تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو می‌باشد (Sudhakar et al., 2001). گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و تغییر در نفوذپذیری غشا و خسارت به سلول می‌گردند. بنابراین، اندازه‌گیری میزان نشت یونی شاخص خوبی برای اندازه‌گیری میزان آسیب اکسیداتیو وارد شده به غشا می‌باشد (Bandeoglu et al., 2004).

محتوای رطوبت نسبی در ژنوتیپ چاه افضل، پوست سیاه، نرک لاسجرد و حشی بابلسر بالاتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. تفاوت در محتوای رطوبت نسبی در بین ژنوتیپ‌های مختلف انار بیانگر میزان مقاومت این ژنوتیپ‌ها نسبت به پسابیدگی می‌باشد همان‌گونه که در خصوص پارامتر نشت یونی نیز مطرح شد ژنوتیپ‌هایی که مقاومت خوبی نسبت به شرایط شوری دارند نشت یونی کمتر و در ادامه محتوای رطوبت نسبی بالاتری را دارا بودند. زمانی که گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد به دلیل ایجاد فشار اسمزی ناشی از افزایش غلظت محلول اطراف ریزوسفر گیاه دچار خشکی فیزیولوژیک می‌گردد که قادر به جذب آب از خاک نخواهد بود بنابراین واکنشی مشابه به تنش خشکی در شرایط تنش شوری نیز رخ می‌دهد. نتایج به دست آمده با نتایج Shabala و Munns (۲۰۱۲) و Massai و همکاران (۲۰۰٤) مطابقت دارد.

در خصوص صفات رنگدانه‌های گیاهی مانند کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل، باید به این نکته اشاره نمود که هریک از ژنوتیپ‌ها با توجه به خصوصیات ژنتیکی میزان رنگدانه متفاوتی دارند همچنین در شرایط تنش شوری واکنش متفاوت‌تری نیز از خود بروز می‌دهند که در این تحقیق همان‌گونه که اشاره شد، ژنوتیپ‌های پوست سیاه بالاترین کلروفیل a را دارا بود در حالی‌که برای کلروفیل b ژنوتیپ چاه افضل، پوست سیاه و وحشی بابلسر مقادیر را دارا بودند. در خصوص رنگدانه کاروتنوئید تنها چاه افضل بود که بالاترین مقدار را با

اختلاف معنی‌دار از سایر صفات دارا بود. در تحقیقی که توسط Jamaati Ardakani (۲۰۱۹) به منظور بررسی محتوای کلروفیل a، b و کل و شاخص کلروفیل در برگ‌های ژنوتیپ‌های انار مورد مطالعه قرار گرفت گزارش شده است که محتوای کلروفیل a در رباب نیریز با افزایش سطح شوری به هفت دسی زیمنس بر متر و بالاتر از آن به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت در حالیکه کاهش در محتوای کلروفیل a در ژنوتیپ‌های پوست سیاه اردکان و چاه افضل تنها در سطح شوری نه دسی زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی دار بود، همچنین آنها گزارش نمودند که محتوای کلروفیل کل در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده در سطوح شوری هفت و نه دسی زیمنس بر متر نسبت به گیاه شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. در سطح شوری نه دسی زیمنس بر متر، محتوای کلروفیل کل در رباب نیریز، ژنوتیپ‌های پوست سیاه اردکان و چاه افضل به‌ترتیب ۳۰/۰۱، ۱۵/۳۰ و ۱۱/۹۰ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت. نتایج حاصل از این بخش با نتایج Ibrahim (۲۰۱۶) مطابقت دارد.

نتایج حاصل از بررسی ژنوتیپ‌ها در شرایط شوری نشان داد که با اعمال تنش شوری در تمامی ژنوتیپ-های مورد مطالعه درصد نکروزگی افزایش یافت. به طوری که بیش‌ترین درصد نکروزگی در رقم رباب نی‌ریز و کم‌ترین درصد به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های چاه افضل و پوست سیاه مشاهده شد. ژنوتیپ‌های نرک لاسجرد سمنان و ملس یزدی نکروزگی بیشتری داشتند. نکروزگی نیز صفت بسیار با اهمیتی است که مقاومت گیاه در برابر شوری و واکنش گیاه را نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Momenpour et al., 2018; Rahemi et al., 2008). صدمات اصلی سدیم در ارتباط با انباشت یون سدیم در بافت برگ می‌باشد و نتیجه آن نکروزگی و پیر شدن برگ‌ها در نوک و حاشیه آنهاست که پس از مدتی در تمامی سطح برگ ادامه می‌یابد و کاهش رشد محصول در مدت زمان کوتاهی اتفاق می‌افتد. وقتی گیاهان در مدت زمان بیشتری در معرض شوری باشند صدمات ویژه سدیم بسته با میزان انباشت این یون آشکار می‌شود که علاوه بر صدمات اسمزی در گیاهان می‌باشد (Munns, 2002).

در مورد صفات رویشی نظیر ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های چاه افضل، رباب نیریز، ملس یزدی اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع مشاهد نشد. چون ارتفاع بوته صفتی است که به ندرت تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد به‌خصوص در مورد درختان میوه که اساسا ارتفاع خاص هر ژنوتیپ در هر شرایطی حاصل می‌شود. تعداد گل و میوه یکی از صفات بارز در هر گیاه می‌باشد که ژنوتیپ‌های دارای تعداد گل و میوه بیشتر برتری نسبی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارد که در این تحقیق ژنوتیپ چاه افضل در رتبه اول، پوست سیاه در رتبه دوم سایر ژنوتیپ‌ها در رتبه بعدی قرار داشتند. نتایج با نتایج Jamaati Ardakani (۲۰۱۹) مطابقت دارد. در مطالعه آنها نیز به عکس العمل متفاوت ارقام مختلف انار نسبت به تنش شوری، اشاره شده است. همچنین با بررسی‌های انجام شده در این پژوهش مشخص شد که در تنش شوری، ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر پتاسیم بیشتر و نسبت سدیم به پتاسیم کمتری داشتند زیرا شوری به دلیل سمیت سدیم بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد و جذب عناصر غذایی ضروری مانند کلسیم و پتاسیم را کاهش می‌دهد (Salim and Raza, 2020). غلظت بالای نمک باعث ایجاد تنش اسمزی و یونی می‌شود که به دستگاه فتوسنتزی و فیزیولوژی آسیب می‌رساند، به‌عنوان مثال، روزنه‌ها را می‌بندد و سرعت توسعه برگ را کاهش می‌دهد (Zahra et al., 2018; Javaid et al., 2019). بنابراین به‌دلیل غلظت بالای سدیم در

خاک شور، تنش آبی ایجاد می‌شود که منجر به کاهش تولید محصول در سراسر جهان می‌شود (Yadav et al., 2020; Iqbal et al., 2019).

تجزیه کلاستر: بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای بیشترین شباهت بین ژنوتیپ‌ها براساس پارامترهای ذکر شده در بالا بین ژنوتیپ نرک لاسجرد و ملس یزدی بود همانگونه که در نتایج بررسی صفات اندازه گیری شده مشاهده می‌شود تفاوت اندکی بین این دو ژنوتیپ در صفات مشاهده می‌شود که این امر بیانگر خصوصیات یکسان این دو ژنوتیپ می باشد. در خوشه بعدی ژنوتیپ وحشی بابلسر و رباب نیریز بود. در خصوص این دو ژنوتیپ نیز واکنش یکسانی نشان داده بودند که این یکسانی واکنش موجب شده که در یگ گروه قرار بگیرند. در رتبه سوم ژنوتیپ پوست سیاه و خوشه ۵ قرار داشت که فاصله اقلیدوسی آن اندکی بیشتر از خوشه‌های قبلی بود. در خوشه شماره ۲، ۵ ژنوتیپ قرار دارد که خوشه‌های ٤ و ۳ در آن قرار دارند و فاصله اقلیدوسی آن‌ها ۰/٦۸۳ می‌باشد و در نهایت بالاترین تفاوت بین ژنوتیپ چاه افضل با سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد که بالاترین فاصله با میانگین ۱/۵۰ را دارا بود که برتری ژنوتیپ چاه افضل به سایر ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی (چاه افضل، وحشی بابلسر، نرک لاسجرد، پوست سیاه، ملس یزدی و رباب نیریز) ژنوتیپ چاه افضل در رتبه اول مقاومت به تنش شوری قرار دارد که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، نشت یونی، نکروزگی، میزان سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم پایین‌تر و در مقابل محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، نسبت سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد گل و میوه، و غلظت پتاسیم بالاتری دارد.و همانگونه که در نتایج تجزیه کلاستر ارائه شد ژنوتیپ چاه افضل با اختلاف زیادی نسبت به سایر ارقام به عنوان ژنوتیپ برتر معرفی گردید.

References

Bandeoğlu, E., Eyidoğan, F., Yücel, M. and Öktem, H.A. (2004). Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. Plant Growth Regulation. 42(1): 69-77.

Borochov-Neori, H., Judeinstein, S., Tripler, E., Holland, D. and Lazarovitch, N. (2014). Salinity effects on colour and health traits in the pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peel. International Journal of Postharvest Technology and Innovation. 4(1): 54-68.

Dichala, O., Giannakoula, A.E. and Ioannis Therios, I. (2022). Effect of Salinity on Physiological and Biochemical Parameters of Leaves in Three Pomegranate (*Punica granatum* L.) Cultivars. Applied sciences.

El-Agamy, S.Z., Mostafa, R.A., Shaaban, M.M. and El-Mahdy, M.T. (2010). In vitro salt and drought tolerance of Manfalouty and Nab El-Gamal pomegranate cultivars. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 4(6): 1076- 1082.

Farooqi, A.H.A., Kumar, R., Fatima, S. and Sharma, S. (2000). Response of different genotypes of lemongrasses (*Cymbopogon flexuosus* and *C. pendulus*) to water stress. Journal of Plant Biology. 27: 277–282.

Fipps, G. (2003). Irrigation water quality standards and salinity management strategies. Texas FARMER Collection.

Glozer, K. and Ferguson, L. (2008). Pomegranate production in Afghanistan. UCDAVIS College of Agricultural & Environmental Sciences.

Hasanpour, Z., Karimi, H.R. and Mirdehghan, S.H. (2015). Effects of salinity and water stress on echophysiological parameters and micronutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). Journal of plant Nutrition. 38(5): 795-807.

Ibrahim, H.I. (2016). Tolerance of two pomegranates cultivars (*Punica granatum* L.) to salinity stress under hydroponic culture conditions. Journal of Basic and Applied Scientific Research. 6(4): 38-46.

Iqbal, S., Basra, S.M., Afzal, I., Wahid, A., Saddiq, M.S., Hafeez, M.B., Jacobsen, S.E. (2019). Yield potential and salt tolerance of quinoa on salt-degraded soils of Pakistan. Journal of Agronomy and Crop Science. 205: 13–21.

Jadidi, E., Tatari, M., Ghasemnezhad, M. and Salemi, H.R. (2020). Morphological and biochemical response of eight pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars under salinity stress. Journal of Horticulture and Postharvest Research. 3(Special Issue-Abiotic and Biotic Stresses): 139- 152.

Jamaati Ardakani, Z. (2019). Evaluation of salinity tolerance of some ornamental, wild and commercial varieties of pomegranate for development in green areas. MSc. Thesis, Ardakan University.

Javaid, T., Farooq, M.A., Akhtar, J., Saqib, Z.A., Anwar-ul-Haq, M. (2019). Silicon nutrition improves growth of salt-stressed wheat by modulating flows and partitioning of Na+, Cl and mineral ions. Plant Physiology and Biochemistry. 141: 291–299.

Karakas, B., Bianco, R.L. and Rieger, M. (2000). Association of marginal leaf scorch with sodium accumulation in salt-stressed peach. Hort Science. 35(1): 83- 84.

Karimi, H. R., and Hasanpour, Z. (2014). Effects of salinity and water stress on growth and macro nutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). Journal of Plant Nutrition, 37(12), 1937-1951.

Khoshgoftarmanesh, A.H. (2006). Partitioning of chlorine, sodium, and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. Journal of Plant Nutrition. 29(10): 1835-1843.

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148(11): 350-382.

Liu, C.Y., Yan, M., Huang, X.B., and Yuan, Z.H. (2018). Efects of salt stress on growth and physiological characteristics of pomegranate (Punica *granatum* L.) cuttings. Pakistan Journal of Botany. 50:457–464.

Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany. 46(12): 1843- 1852.

Mahdavian, K. (2021). The study of the effects of different concentrations of salicylic acid on improving physiological and biochemical properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) var. Akbari seedlings under salinity stress. Journal of Plant Environmental Physiology. 16(62): 139-150.

Massai, R., Remorni, D. and Tattini, M. (2004). Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of *Prunus* under various salinity concentrations. Journal of Plant and Soil Science. 259:153-162.

Mirjalili, S.A. (2016). Pomegranate: biodiversity and genetic resources, a review. Rostaniha. 17(1): 1- 18.

Munns, R., (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, cell and Environment. 25(2): 239-250.

Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. and Akbarpour, E. (2018). Evaluation of salinity tolerance of some selected almond genotypes budded on GF677 rootstock. International Journal of Fruit Science. 18(4): 410-435.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, cell and Environment. 25(2): 239-250.

Naeini, M. R. Khoshgoftarmanesh, A. H. and Fallahi, E. (2006). Partitioning of chlorine, sodium, and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. Journal of Plant Nutrition. 29 (10): 1835- 1843.

Naeini, M.R. Khoshgoftarmanesh, A.H. Lessani, H. and Fallahi, E. (2005). Effects of sodium chloride-induced salinity on mineral nutrients and soluble sugars in three commercial cultivars of pomegranate. Journal of Plant Nutrition. 27(8): 1319- 1326.

Nematzadeh, Gh.A., Talebie, R., Khodarahmpour, Z. and Kiani, Gh. (2003). Study of genetic and geographical variation in rice (*Oriza sativa* L.) using physiological and agronomical traits. Iran. Journal Crop Science. 5(3): 225-234.

Olmo, A., Garcia-Sanchez, F., Simon, I., Lidon, V., Alfosea-Simon, M., Camara-Zapata, J. M. and Simon-Grao, S. (2019). Characterization of the ecophysiological responses of three pomegranate cultivars to salinity. Photosynthetica. 57(4): 1015- 1024.

Rahemi, M., Nagafian, Sh. and Tavallaie, V. (2008). Growth and chemical composition of hybrid GF677 influenced by salinity levels of irrigation water. Plant Sciences. 7(3): 309-313.

Salim, N., Raza, A. (2020). Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: A review. Journal Plant Nutrition. 43: 297–315.

Sarkhosh, A., Zamani, Z., Fatahi, R. and Ebadi, A. (2006). RAPD markers reveal polymorphism among some Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) genotypes. Scientia Horticulturae. 111(1): 24- 29.

Shabala, S. and Munns, R. (2012). Salinity stress: physiological constraints and adaptive mechanisms. Plant Stress Physiology. 1(1): 59- 93.

Stover, E.D. and Mercure, E.W. (2007). The pomegranate: a new look at the fruit of paradise. HortScience. 42 (5): 1088- 1092.

Sudhakar, C., Lakshmi, A. and Giridarakumar, S. (2001). Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. Plant Science. 161(3): 613-619.

Sun, Y., Niu, G., Masabni, J.G. and Ganjegunte, G. (2018). Relative salt tolerance of 22 pomegranate (*Punica granatum*) cultivars. HortScience. 53(10): 1513-1519.

Yadav, T., Kumar, A., Yadav, R., Yadav, G., Kumar, R., Kushwaha, M. (2020). Salicylic acid and thiourea mitigate the salinity and drought stress on physiological traits governing yield in pearl millet-wheat. Saudi Journal of Biological Sciences. 27: 2010–2017.

Zahra, N., Mahmood, S., Raza, Z.A. (2018). Salinity stress on various physiological and biochemical attributes of two distinct maize (*Zea mays* L.) genotypes. Journal of Plant Nutrition. 41:1368–1380.

ZaynaliNejad, K., Mirlohi, A.F., Nematzadeh, G. and Rezai, A. (2004). Genetic Diversity in some of Iranian Rice (*Oriza sativa* L.) Germplasm Base on Morphological Traits. JWSS. 7(4): 199-214.

Ziatabar Ahmadi, S.R., Seifi, E., Varasteh, F., Akbarpour, V. (2023). Evaluation of Salinity Tolerance of Cuttings in some Wild Genotypes, Local and Commercial Cultivars of Pomegranate in Greenhouse Conditions. Plant Productions. (In Press)