



دانشگاه گسترده ملی علوم و تحقیقات باغبانی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۹

۱۶۷-۱۸۶

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2020.16348.2485

ارزیابی برخی خصوصیات فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی سه ژنوتیپ انار زینتی (*Punica granatum L.*) تحت تنش شوری

فاطمه احمدی^۱، *مریم دهستانی اردکانی^۲، علی مومن‌پور^۳ و جلال غلام‌نژاد^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران،

^۲استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران،

^۳استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: انار (*Punica granatum L.*) از خانواده Punicaceae، یک میوه محبوب گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که بومی مناطقی از ایران تا هیمالیا در شمال هندوستان می‌باشد. انار به‌صورت گسترده در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران و همچنین مناطقی که تحت تأثیر شوری هستند، کشت و کار می‌شود. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی تحمل به شوری سه ژنوتیپ انار زینتی و معرفی متحمل‌ترین ژنوتیپ جهت توسعه در فضای سبز بود.

مواد و روش‌ها: یک آزمایش گلدانی در طول دوره نه‌ماهه جهت ارزیابی و مقایسه تحمل به شوری سه ژنوتیپ انار زینتی طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ صورت گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ۱- شوری آب آبیاری در پنج سطح ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و ۲- ژنوتیپ‌های زینتی انار در سه سطح ("گلنار سروستان"، "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه") و با چهار تکرار و مجموع ۶۰ گلدان انجام شد. در مدت آزمایش برخی از صفات رویشی مانند درصد برگ‌های ریزش یافته، درصد برگ‌های نکروزه و سبز اندازه‌گیری شدند. همچنین در پایان آزمایش نیز عملکرد رویشی، وزن تر و خشک برگ‌ها و اندام هوایی، نشت یونی، محتوای نسبی آب برگ و شاخص کلروفیل و محتوی سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌ها اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح شوری بر تغییرات صفات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی دارای اثر معنی‌داری بود. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده با افزایش سطح شوری، شاخص‌های رشد شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، تعداد برگ کل، درصد برگ‌های سبز، وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوی رطوبت نسبی، شاخص کلروفیل برگ‌ها کاهش و درصد برگ‌های نکروزه، درصد برگ‌های ریزش‌یافته و درصد نشت یونی افزایش یافتند. این در حالی بود که میزان کاهش و افزایش در صفات اندازه‌گیری شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت. ارزیابی غلظت عناصر غذایی در برگ نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، بیش‌ترین مقدار کلر و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. همچنین، در تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی کاهش ارتفاع و سطح برگ به‌ترتیب از

* مسئول مکاتبه: mdehestani@ardakan.ac.ir

شوری ۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌دار شروع به کاهش کرد. افزایش نکرزگی، کاهش درصد برگ سبز و کاهش محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ "گلنار سروستان" از شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. در ژنوتیپ‌های "گلنار سروستان" و "گلنار ساوه" در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ "گلنار شهداد" از شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر ریزش برگ‌ها افزایش یافت. در دو ژنوتیپ "گلنار سروستان" و "گلنار شهداد" نشت یونی در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ "گلنار ساوه" در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به شوری‌های سطوح پائین‌تر (۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر) افزایش یافت. در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) ژنوتیپ‌های "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" نسبت به "گلنار سروستان" به‌طور معنی‌داری جذب سدیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم کم‌تری را نشان دادند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بررسی حاضر در مجموع ژنوتیپ‌های "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" به‌ترتیب به‌عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش شوری انتخاب شدند. ژنوتیپ "گلنار شهداد" توانست از طریق افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم و در نتیجه حفظ خصوصیات رشدی خود، به خوبی شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات رشدی، سدیم، کلر، کلروفیل، گلنار شهداد

مقدمه

پایدار است که می‌تواند به حفظ عملکرد در چنین محیط‌هایی کمک نماید (۱۲).

گیاه در شرایط شوری دچار تغییرات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و زیست-شیمیایی می‌شود که از جمله این تغییرات می‌توان به کاهش رشد، بسته شدن روزنه‌ها، تنظیم اسمزی، جداسازی و خروج یون‌های مضر از سیتوستول و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اشاره نمود. در این شرایط اختلال در کارکرد دستگاه فتوسنتز، افزون بر محدودیت تثبیت کربن، منجر به تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن نیز می‌گردد که آسیب‌های اکسیداتیو را در پی دارد (۲۶) و (۳۵). گیاهان در معرض شوری از تنش اسمزی، سمیت یونی، کمبود مواد غذایی، تغییرات فیزیولوژیک و زیست-شیمیایی رنج می‌برند (۹ و ۱۴). هم‌چنین پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که تنش شوری می‌تواند از طریق تأثیر بر فرآیندهای مهم گیاهی مانند فتوسنتز، سنتز پروتئین، تعادل یونی و سوخت و ساز انرژی بر رشد و نمو گیاه اثرگذار باشد (۲۶ و ۵۳). تحمل شوری یک موضوع پیچیده است که به خصوصیات ژنتیکی و فیزیولوژیکی گیاه بستگی دارد

انار با نام علمی *Punica granatum* L. متعلق به خانواده Punicaceae است که یکی از قدیمی‌ترین درختان میوه شناخته شده در ایران و جهان به‌شمار می‌آید (۵۱). ایران از نظر تعداد و تنوع ارقام، سطح زیر کشت، تولید و صادرات انار در رتبه نخست جهانی قرار دارد (۳۶). درخت انار به‌دلیل توانایی بالا در سازش به انواع خاک‌ها و شرایط آب و هوایی مختلف، در بیش‌تر مناطق جهان به‌ویژه مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت و کار می‌شود (۵۱). انار جزء اندک درختان میوه‌ای است که قابل کشت در مناطقی است که با مشکل شوری آب و خاک مواجه هستند (۳۴). شوری مهم‌ترین مشکل بیش‌تر مناطق پرورش انار در نواحی مرکزی ایران است (۲۸). از طرفی شوری خاک و آب (هدایت الکتریکی) از عوامل اصلی محدودکننده رشد گیاهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (۳۴). اصلاح زمین‌های شور پرهزینه و زمان‌بر است، از این‌رو معرفی گیاهان متحمل به شوری گزینش شده، راهکاری کارآمد و در راستای اهداف کشاورزی

شرایط گلخانه انجام دادند. رقم 'Wonderful' نسبت به 'Manfalouty' تحمل بیشتری نسبت به شوری نشان داد. تجزیه شیمیایی برگ‌های بالغ دو رقم انار نشان داد که رقم 'Wonderful' نسبت به 'Manfalouty' دارای مقادیر بالاتری نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، آهن و روی بود. رقم 'Manfalouty' مقادیر بالاتری فسفر و منگنز نشان داد اما از نظر میزان کلسیم و بُر تفاوت معنی‌داری میان دو رقم مشاهده نشد (۱۳). طاووسی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که عملکرد و کارایی استفاده از آب تحت تنش‌های آبی و شوری قرار می‌گیرد. آن‌ها بیان کردند که درخت انار به از دست دادن آب حساس و مقاوم به تنش شوری می‌باشد. محاسبات آن‌ها نشان داد که تنش شوری می‌تواند کارایی استفاده از آب را کاهش دهد (۴۸). اخوتیان اردکانی و همکاران (۲۰۱۰) مقاومت به شوری ۱۰ رقم تجاری انار را بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بهترین شرایط رشد رویشی مربوط به ارقام "وشیک سروستان" و "تب و لرز" به‌ترتیب در شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. بیش‌ترین درصد زنده‌مانی قلمه‌ها، هم‌چنین کم‌ترین میزان کلروز برگ و نکروزگی در هر سه سطح شوری (۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در رقم "وشیک سروستان" مشاهده شد (۳۰).

در حال حاضر ۷۶۰ ژنوتیپ انار در کلکسیون در استان یزد قرار دارد. استان یزد در مرکز ایران قرار دارد که به‌علت اقلیم خاص خود یکی از مناطقی است که پتانسیل بالایی برای تولید انار دارد (۲۸). هر چند تاکنون مطالعاتی در زمینه تحمل به شوری ژنوتیپ‌های تجاری مختلف انار انجام شده است اما در هیچ‌یک از این مطالعات میزان تحمل به شوری ژنوتیپ‌های زبیتی انار بررسی نشده است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی میزان تحمل به شوری سه ژنوتیپ انار زبیتی و معرفی متحمل‌ترین ژنوتیپ جهت توسعه در فضای سبز انجام گردید.

(۵۳). لیو و همکاران (۲۰۱۸) اثرات تنش شوری بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک قلمه‌های انار رقم 'Tunisia' را بررسی کردند. قلمه‌ها تحت غلظت‌های مختلف NaCl (۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ w/w) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ارتفاع و قطر قلمه‌ها در شوری پائین (۰/۱ درصد) افزایش و در شوری بالا (بیش از ۰/۵ درصد) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش غلظت نمک میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل (a+b) کاهش یافت و نسبت کلروفیل a/b افزایش نشان داد (۱۷). سلطانی و همکاران (۲۰۱۷) اثر آب شور رقیق شده توسط پساب بر نهال یک‌ساله انار را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که با افزایش سطح شوری آب آبیاری، در شرایط آزمایش، ارتفاع، اندازه تاج نهال، سطح برگ، تعداد برگ و قند محلول به‌طور معنی‌داری کاهش یافت اما، کلروفیل، دمای برگ، نشت یونی و پرولین تحت‌تأثیر شوری افزایش یافت. با افزایش سطح شوری آب آبیاری تا ۴ دسی‌زیمنس بر متر سطح برگ کاهش معنی‌داری (۱۵/۳ درصد) نسبت به شاهد داشت اما در سطوح شوری بالاتر این کاهش کم‌تر بود (۸/۲ و ۵ درصد) (۴۴). ماستروگیانیدو و همکاران (۲۰۱۶) پاسخ انار رقم "واندرفول" را به شوری ایجاد شده توسط نمک‌های KCl، NaCl و Na₂SO₄ بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقادیر بالای نمک منجر به کاهش معنی‌دار مقدار کل نیتروژن و پتاسیم در گیاه شد. هم‌چنین همه نمک‌ها، غلظت کلسیم و منیزیم برگ‌ها را کاهش دادند. مقادیر بالای نمک موجب کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل و کربوهیدرات‌های برگ و ریشه شد (۱۹).

ابراهیم (۲۰۱۱) بیان نمود که رشد انار تحت‌تأثیر شوری (در محدوده ۷۰۰-۵۰۰ ppm) قرار نمی‌گیرد. ابراهیم و همکاران (۲۰۱۶) برای بررسی اثر شوری بر رشد و ترکیبات شیمیایی برگ دانهال‌های انار، آزمایشی در سیستم هیدروپونیک روی نهال‌های دو ساله دو رقم 'Wonderful' و 'Manfalouty' در

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ژنوتیپ در سه سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در سایت مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل "گلنار سروستان"، "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" و شوری آب آبیاری شامل ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، بودند. در پژوهش حاضر، شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که آستانه تحمل به شوری این گیاه ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد، بنابراین انتخاب آب با شوری کمتر از حد آستانه می‌تواند به‌عنوان شاهد باشد. به‌منظور انجام این پژوهش، ابتدا از گیاهان مادری واقع در کلکسیون ذخایر ژنتیکی انار در مرکز

تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، قلمه‌های خشبی به طول 27 ± 3 سانتی‌متر و قطر 10 ± 1 میلی‌متر در دهه سوم بهمن‌ماه ۱۳۹۶ تهیه شد. سپس قلمه‌ها به‌مدت ۵ ثانیه در محلول اسید ایندول بوتریک (IBA) با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار گرفتند و در کیسه‌های پلاستیکی حاوی ماسه کشت و در داخل گلخانه ریشه‌دار شدند. در ادامه قلمه‌های ریشه‌دار شده یکنواخت و یک اندازه از نظر طول و قطر انتخاب و در اوایل اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۷ در داخل گلدان‌های ۱۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لوم بازکشت شدند (جدول ۱). پس از رشد کافی گیاهان و از اوایل تیرماه (جدول ۲)، تیمار شوری آغاز شد و به‌مدت سه ماه (۱۳ هفته) ادامه یافت (۳۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده در آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of studied soil.

مقدار Value	نماد Symbol	واحد Unit	عنوان Title	مقدار Value	نماد Symbol	واحد Unit	عنوان Title
47	Sand	درصد (%)	شن (درصد) Sand (%)	38.05	S.P	درصد (%)	رطوبت اشباع Saturation Point
35	Silt	درصد (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	26.30	FC	درصد (%)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد) Field Capacity (%)
18	Clay	درصد (%)	رس (درصد) Clay (%)	13.50	PWP	درصد (%)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد) Permanent Wilting Point
لوم Loam	Texture	-	بافت Texture	6.48*	EC	دسی‌زیمنس بر متر (dSm ⁻¹)	شوری Salinity
227	K _{avt.}	بی‌بی‌ام ppm	پتاسیم Potassium	7.77	pH	-	واکنش خاک Soil pH
14.49	P _{avt.}	بی‌بی‌ام ppm	فسفر Phosphorus	0.10	N	درصد (%)	نیتروژن Nitrogen
				1.01	O.C	درصد (%)	کربن آلی Organic Carbon

* قبل از انتقال گیاهان به گلدان‌ها، خاک مورد استفاده با آب شهری (۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر) سه مرتبه آبشویی شد و هدایت الکتریکی اولیه خاک به کم‌تر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت.

* Before transition plants to the pots, the used soil washed three times with fresh water (0.6 dS.m⁻¹) then the first soil EC decreased to lower than 1 dS.m⁻¹.

جدول ۲- وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شروع اعمال تنش شوری.

Table 2. Growth status of studied genotypes at the beginning of the salinity treatment.

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع شاخه اصلی (سانتی‌متر) Main branch height (cm)	قطر شاخه اصلی (میلی‌متر) Main branch diameter (mm)	تعداد انشعابات Branches number	تعداد برگ Leaves number
"گلنار سروستان" 'Golnar Sarvestan'	22.93	1.95	2	47.7
"گلنار شهداد" 'Golnar Shahdad'	20.97	2.10	3.35	66.35
"گلنار ساوه" 'Golnar Saveh'	16.49	2.05	2.8	36.4

می‌شد، به طوری که در طی دوره آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر ۲۵ نوبت، تیمار شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر ۲۴ نوبت، تیمار شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر ۲۳ نوبت و تیمار شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر ۲۲ نوبت آبیاری شدند. تعداد دفعات کم‌تر آبیاری در سطوح ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آن‌ها از یک طرف و وجود نمک بیش‌تر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط باعث حفظ رطوبت به مدت بیش‌تری شده و فاصله زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و در نتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت‌های بالاتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. هم‌چنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبخوبی خاک گلدان‌ها، پس از هر نوبت آبیاری، هدایت الکتریکی و حجم زه‌آب خروجی ۳۳ درصد گلدان‌ها (یک تکرار از هر ژنوتیپ در هر تیمار) اندازه‌گیری می‌شد. هم‌چنین به منظور کنترل بیش‌تر رعایت آبخوبی، در پایان آزمایش نیز نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری تهیه و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شدند (جدول ۴). در مجموع در طول مدت این آزمایش، کسر آبخوبی به طور میانگین $3 \pm 21\%$ بود (۲۲).

به منظور اعمال تیمارهای شوری ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، از آب بسیار شور منطقه عقدا، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۳ ارائه شده است. هم‌چنین، برای اجتناب از ایجاد تنش ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمار ۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمارهای شوری با غلظت‌های ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، در مرتبه دوم گیاهان با تیمار ۷ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و در نهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه (FC)، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار مدل (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و نیاز آبخوبی، انجام شد. برای این منظور، ابتدا وزن خاک خشک گلدان‌ها، نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی تعیین شد (جدول ۱). سپس میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک مورد آزمایش به حد ظرفیت زراعی محاسبه شد. زمانی که ۵۰ درصد آب قابل‌استفاده گیاه مصرف شده بود، مجدداً آبیاری انجام می‌شد و در هر مرتبه آبیاری حدود $1 \pm 2/1$ لیتر آب به گلدان‌ها داده

جدول ۳- ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده پس از رقیق شدن به نسبت ۱ به ۲۰ با آب شهری.

Table 3. Qualitative characteristics of the used water after dilution by tap water by 1:20 ratio.

بیکربنات HCO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	منیزیم Mg (mg.L ⁻¹)	کلسیم Ca (mg.L ⁻¹)	کلر Cl (mg.L ⁻¹)	سدیم Na (mg.L ⁻¹)	واکنش آب pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical Conductivity (dS.m ⁻¹)
2.77	29.52	22.05	223.11	211.3	7.91	25.10

جدول ۴- مقادیر شوری و واکنش خاک مورد استفاده در گلدان‌ها پس از اعمال سطوح مختلف تنش شوری.

Table 4. EC and pH of the used soil mixture in pots after applying different levels of salinity stress.

واکنش خاک Soil pH	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر) Soil Salinity (dS.m ⁻¹)	تیمارهای شوری آب (دسی‌زیمنس بر متر) Different levels of water salinity (dS.m ⁻¹)
7.57	1.51	1
7.56	3.77	3
7.60	6.15	5
7.69	9.29	7
7.77	12.59	9

ششم انتهای شاخه اصلی)، انتخاب و سطح برگ آن‌ها در پایان آزمایش با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (مدل LI-Cor, Li 1300, USA)، اندازه‌گیری شد.

شاخص کلروفیل با استفاده از کلروفیل‌متر (مدل Spad 502 Minolota) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، از هر گیاه ۴ برگ کامل از قسمت بالایی شاخه (واقع در گره‌های پنجم و ششم انتهای شاخه اصلی)، انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا آماس نمایند. بعد از خارج کردن برگ‌ها از آب مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس (TW) آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ 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 ۱ محاسبه شد (۵۰).

به‌منظور ثبت میزان افزایش قطر، ارتفاع، تعداد برگ سبز و تعداد انشعابات گیاهان موردنظر، قبل از شروع اعمال تیمار شوری، قطر و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری شد و تعداد برگ‌های سبز و تعداد انشعابات آن‌ها یادداشت گردید و مجدداً صفات موردنظر در پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند و مقادیر افزایش یافته محاسبه گردید (۲۲). به‌منظور اندازه‌گیری درصد برگ‌های نکروزه، در پایان آزمایش تعداد برگ‌های نکروزه شمارش و بر تعداد کل برگ‌ها تقسیم شدند. درصد برگ‌های سبز گیاهان از طریق تفاضل درصد کل برگ‌ها از (درصد برگ‌های ریزش یافته + درصد برگ‌های نکروزه) محاسبه شدند (۲۲).

به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک، برگ‌ها و اندام هوایی در پایان آزمایش از گیاهان جدا و وزن شدند و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (۲۴). به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان، ۸ برگ از قسمت بالایی شاخه، (واقع در گره‌های پنجم و

برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به صورت پودر در آورده شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد. در نهایت غلظت سدیم و پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل Jenway, PFP7, England) اندازه‌گیری شدند (۷).

به‌منظور اندازه‌گیری کلر، ۰/۱ گرم از برگ‌های خشک شده در آون با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و سپس به ارلن‌مایر ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شدند. به نمونه‌ها ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوش اضافه شد و سپس به مدت یک ساعت روی شیکر با ۱۲۰ دور در دقیقه قرار گرفتند و عصاره‌ها در چند مرحله کاملاً صاف شدند و با آب مقطر به حجم رسانده شدند. ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌ها برداشته شدند و ۴ قطره دی‌کرومات پتاسیم به آن‌ها اضافه شد و با محلول نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال تا ظهور رنگ قرمزآجری تیترا شدند. مقدار نیترات نقره مصرفی برای نمونه‌ها یادداشت و درصد کلر با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (۴۵).

$$\text{درصد کلر} = \frac{(\text{حجم کل} \times 35/5 \times 100 \times \text{نرمالیه نیترات نقره} \times \text{نیترات نقره مصرفی (mlit)})}{100 \times \text{حجم عصاره} \times \text{وزن نمونه}} \quad (۳)$$

نتایج و بحث

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر خصوصیات رشدی: با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر شوری، رقم و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر میزان ارتفاع معنی‌دار بود (جدول ۵). در همه ژنوتیپ‌های

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \times 100 \quad (۱)$$

برای اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵ گرم برگ از هر ژنوتیپ جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شدند و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و پس از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی اولیه (LT)، آن‌ها به وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً به مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی طبق رابطه ۲ محاسبه شد (۱۸).

$$\text{درصد نشت یونی} = (LT/LO) \times 100 \quad (۲)$$

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، پس از اتمام دوره آزمایش، برگ‌ها جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن

در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTATC (ورژن ۲/۱۰)، صورت گرفت.

(۲۰۱۰) و لیو همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که ژنوتیپ‌های مختلف پاسخ‌های مختلفی نسبت به شوری نشان دادند (۱۷ و ۳۱). وجود نمک‌های محلول زیاد در ناحیه ریشه برداشت آب از خاک اطراف ریشه را محدود کرده و به‌طور معنی‌داری در دسترس گیاه را کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که این مسأله موجب خشکی گیاه می‌گردد. بنابراین، کاهش رشد گیاه تحت تیمارهای کمبود آب می‌تواند به‌علت قرار گرفتن در معرض سطوح آسیب‌زنده خشکی باشد که موجب کاهش فشار تورژسانس شده و در نتیجه کاهش رشد و نمو سلول‌ها را به دنبال داشته باشد (۴۱).

تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طولیل شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طولیل شدن آن‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد (۲۶). زمانی که کاهش در رشد سلول‌ها وجود دارد، اندازه گیاه با کاهش در ارتفاع یا کوچک‌ترین اندازه برگ‌ها تعیین می‌شود. متعاقباً زمانی که اندازه برگ کوچک است، ظرفیت به دام انداختن نور نیز کاهش یافته و به دنبال آن فتوسنتز نیز در شرایط کمبود آب محدود می‌شود و در نهایت رشد گیاه کم می‌شود (۱۵).

با افزایش سطح شوری، میزان ارتفاع به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، کاهش یافت (جدول ۵). نتایج به‌دست آمده با کریمی و حسن‌پور (۲۰۱۴)، لیو و همکاران (۲۰۱۸) و پوریان و همکاران (۲۰۱۵) روی انار مطابقت داشت (۱۶، ۱۷ و ۳۷). در تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی ارتفاع از شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۶) در هر سه ژنوتیپ تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر تغییری در میزان ارتفاع مشاهده نشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین افزایش ارتفاع (۹/۹۵ سانتی‌متر) در طول دوره آزمایش مربوط به ژنوتیپ "گلنار سروستان" در شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۶). بر اساس جدول ۵ کم‌ترین افزایش ارتفاع مربوط به ژنوتیپ‌های "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. در ژنوتیپ "گلنار سروستان" با افزایش سطح شوری کاهش ارتفاع کم‌تر از دو ژنوتیپ دیگر بود به‌طوری‌که در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر میزان افزایش ارتفاع در این ژنوتیپ ۴/۷۰ سانتی‌متر بود، در حالی‌که در ژنوتیپ‌های "گلنار ساوه" و "گلنار شهداد" به‌ترتیب ۲/۱۷ و ۱/۸۶ سانتی‌متر افزایش ارتفاع مشاهده شد (جدول ۶) به‌عبارتی افزایش ارتفاع در ژنوتیپ "گلنار سروستان" ۱۱۶/۵۸ درصد نسبت به "گلنار ساوه" و ۱۵۲/۶۸ درصد نسبت به ژنوتیپ "گلنار شهداد" بیش‌تر بود. اخوتیان و همکاران

جدول ۵- تجزیه واریانس برخی خصوصیات رشدی سه ژنوتیپ انار زینتی.

Table 5. Varians analysis of some growth characteristics of three genotypes of ornamental pomegranate.

درصد برگ‌های ریزش‌یافته	درصد برگ‌های سبز	درصد برگ نکروزه	وزن خشک برگ	وزن تر برگ	میانگین سطح تک‌برگ	قطر شاخه اصلی	تعداد انشعابات نهایی	ارتفاع	درجه آزادی	منابع تغییرات
Downfall leaves Percentage	Green leaves Percentage	Necrosis leaf Percentage	Leaves dry weight	Leaves fresh weight	Single leaf average area	Main branch diameter	Final branches number	Height	df	Source of variance
4.99**	22.89**	13.23**	34.63**	142.06**	1.04**	0.04 ^{ns}	5.45 ^{ns}	30.47**	2	ژنوتیپ (a)
72.9**	866.98**	441.08**	14.67*	103.24**	1.80**	4.59**	9.93*	85.28**	4	شوری (b)
2.11**	9.26**	6.77**	9.8*	47.89*	0.42*	0.49*	6.69*	1.19**	8	ژنوتیپ × شوری (a × b)
0.43	2.44	2.15	4.12	19.99	0.16	0.21	2.91	0.32	45	خطا (Error)
19.99	1.66	20.79	14.36	14.41	15.72	15.45	18.91	8.53		ضریب تغییرات (درصد) (CV (%))

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ^{ns} عدم معنی داری.

* and ** significant at P<0.05 and 0.01 respectively and ^{ns} non-significant.

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر برخی صفات رشدی سه ژنوتیپ انار زینتی.

Table 6. Mean comparison of interaction of salinity and genotype on some growth characteristics of three genotypes of ornamental pomegranate.

وزن خشک برگ	وزن تر برگ	میانگین سطح تک‌برگ	قطر شاخه اصلی	تعداد انشعابات نهایی	ارتفاع	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	ژنوتیپ
Leaves dry weight (g)	Leaves fresh weight (g)	Single leaf average area (cm ²)	Main branch diameter (mm)	Final branches number	Height (cm)	Salinity (dSm ⁻¹)	Genotype
3.10 ^{ab}	7.20 ^{abc}	2.96 ^a	1.04 ^{ab}	7.50 ^a	9.95 ^{a*}	1	"گلنار"
3.18 ^{ab}	7.26 ^{abc}	2.90 ^a	1.17 ^{ab}	7.00 ^{ab}	9.95 ^a	3	"سروستان"
2.74 ^{ab}	6.10 ^{abc}	2.77 ^{abc}	1.06 ^{ab}	6.50 ^{ab}	8.77 ^{bc}	5	'Golnar Sarvestan'
2.45 ^{ab}	5.28 ^{bc}	2.53 ^{abcd}	0.92 ^{ab}	5.50 ^{ab}	7.25 ^d	7	
1.57 ^b	3.27 ^c	2.18 ^{cd}	0.82 ^{ab}	4.75 ^{ab}	4.70 ^f	9	
4.06 ^a	9.02 ^{ab}	2.90 ^a	1.19 ^{ab}	5.75 ^{ab}	8.90 ^{bc}	1	"گلنار"
4.06 ^a	9.02 ^{ab}	2.91 ^a	1.14 ^{ab}	6.00 ^{ab}	9.30 ^{ab}	3	"شهداد"
3.98 ^a	8.67 ^{ab}	2.80 ^{abc}	1.02 ^{ab}	5.00 ^{ab}	6.87 ^d	5	'Golnar Shahdad'
3.73 ^{ab}	5.76 ^{abc}	2.55 ^{abcd}	0.85 ^{ab}	5.00 ^{ab}	4.27 ^f	7	
2.82 ^{ab}	5.76 ^{abc}	2.23 ^{bcd}	0.50 ^b	4.75 ^{ab}	1.86 ^e	9	
4.48 ^a	10.43 ^a	2.72 ^{abc}	1.29 ^a	6.75 ^{ab}	8.30 ^e	1	"گلنار"
4.51 ^a	10.43 ^a	2.70 ^{abc}	1.22 ^{ab}	7.25 ^a	8.30 ^e	3	"ساوه"
3.97 ^a	8.82 ^{ab}	2.80 ^{abc}	1.02 ^{ab}	6.75 ^{ab}	6.02 ^e	5	'Golnar Saveh'
3.35 ^{ab}	7.13 ^{abc}	2.55 ^{abcd}	0.83 ^{ab}	5.75 ^{ab}	4.20 ^f	7	
2.53 ^{ab}	5.16 ^{bc}	1.43 ^c	0.54 ^{ab}	4.25 ^b	2.17 ^e	9	

* میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

* Means in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 1% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

متر معنی‌دار شد (جدول ۶). دو ژنوتیپ "گلنار سروستان" و "گلنار شهداد" در سطوح شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین سطح تک برگ را نشان دادند (جدول ۶). کم‌ترین سطح تک برگ ($1/43$) سانتی‌مترمربع) در ژنوتیپ "گلنار ساوه" در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۶). کاهش سرعت رشد برگ بعد از افزایش شوری عمدتاً به دلیل اثر اسمزی نمک در اطراف ریشه می‌باشد. افزایش ناگهانی شوری خاک باعث می‌شود که سلول‌های برگ به‌طور موقت آب خود را از دست بدهند و با گذشت زمان، سرعت تقسیم و طویل شدن سلول‌ها کاهش یافته و در نتیجه، این تغییرات منجر به کوچک‌تر شدن اندازه نهایی برگ‌ها خواهد شد (۲۵). از طرف دیگر، بر اساس پژوهش‌های انجام شده، کاهش سطح برگ می‌تواند به دلیل کاهش اندازه تک برگ‌ها، کاهش تولید برگ‌های جدید و نهایتاً ریزش برگ‌های پیر باشد. شوری آثار مخربی بر بافت پارانیشیم نردبانی و فضای بین سلولی برگ دارد که این خود سبب کاهش سطح برگ می‌گردد (۸).

اثر متقابل شوری و وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). وزن تر و خشک برگ نیز با افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). بیش‌ترین وزن تر برگ ($10/43$ گرم) در ژنوتیپ "گلنار ساوه" در شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۶). در حالی‌که بیش‌ترین وزن خشک برگ در دو ژنوتیپ گلنار ساوه" و "گلنار شهداد" در سه شوری ۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۶). کم‌ترین وزن تر ($3/27$ گرم) و خشک ($1/57$ گرم) برگ در ژنوتیپ "گلنار سروستان" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۶).

با افزایش سطح شوری، تعداد انشعابات نهایی شاخه کاهش یافت، اما این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۵). در پایان دوره آزمایش بیش‌ترین انشعابات نهایی ($7/50$ و $7/25$ عدد) به‌ترتیب در ژنوتیپ "گلنار سروستان" و "گلنار ساوه" در سطوح شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۵). کم‌ترین انشعابات شاخه نیز در ژنوتیپ "گلنار ساوه" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۵). نتایج به‌دست آمده با ماستروگیانیدو و همکاران (2016) روی انار و رنالت و همکاران (2001) روی زغال‌اخته مطابقت داشت (19 و 40). کاهش رشد عملکرد گیاه در اثر شوری می‌تواند در اثر تغییر در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به ریشه‌ها، کاهش ارتفاع و یا به دلیل بسته شدن جزئی یا کلی روزنه‌ها باشد (۱۰).

اثر شوری و اثر متقابل شوری و ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد بر میزان قطر شاخه اصلی معنی‌دار بود (جدول ۵). با افزایش سطح شوری، میزان قطر شاخه اصلی کاهش یافت (جدول ۶). بیش‌ترین قطر شاخه اصلی ($1/29$ میلی‌متر) در ژنوتیپ "گلنار ساوه" و در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۶). کم‌ترین قطر شاخه اصلی ($0/50$ میلی‌متر) در ژنوتیپ "گلنار شهداد" و در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۶).

اثر شوری و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد بر میزان سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۵). با افزایش سطح شوری آب در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه، سطح تک برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). کاهش سطح برگ در سطوح شوری ۱، ۳، ۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر در هر سه ژنوتیپ معنی‌دار نبود اما در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر

در ژنوتیپ "گلنار سروستان" از شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر افزایش نکرده‌اند و کاهش درصد برگ سبز مشاهده شد (جدول ۷). در ژنوتیپ "گلنار سروستان" و "گلنار ساوه" در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ "گلنار شهداد" از شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر ریزش برگ‌ها افزایش یافت (جدول ۷). بیش‌ترین میزان نکرده‌گی و کم‌ترین درصد برگ‌های سبز در هر سه ژنوتیپ در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۷) که افزایش بیش‌ترین میزان ریزش برگ همراه با افزایش جذب سدیم در آن‌ها بود (شکل ۱۵a). در پایان آزمایش بیش‌ترین میزان ریزش برگ (۷/۲۴ درصد) در ژنوتیپ "گلنار ساوه" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۷). لیو و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که تا شوری متوسط (۰/۴ درصد NaCl) صدمه‌ای به برگ‌های انار رقم "Tunisi" وارد نشد که این مسئله بیانگر سازگاری این ژنوتیپ با شوری محیطی است. الگوی کلی پاسخ به شوری توقف در رشد گیاه است که به غلظت و ترکیب نمک، مرحله فیزیولوژیک گیاه و گونه گیاهی دارد (۱۷). علائم سمیت در برگ‌های پیرتر، به‌خصوص در نوک و حاشیه برگ‌ها مشاهده شد، که نتایج حاصله با ماستروگیانیدو و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد (۱۹). به‌دلیل این‌که برگ‌های پیرتر وقت بیش‌تری برای تجمع نمک دارند، علائم در آن‌ها سریع‌تر و شدیدتر ظاهر می‌شود (۶).

کاهش در وزن خشک برگ با افزایش شوری در انار (۱۹) و زیتون (۲۰) نیز گزارش شده است. مشاهده اثرات متوالی شوری بر رشد گیاه ممکن است آخرین نتیجه کاهش شدت فتوسنتز یا مجموع اثرات پیچیده اثرات اسمزی، سمیت یونی و اختلال در مواد معدنی گیاه باشد (۲۸). با افزایش شدت شوری، میزان رشد برگ در ابتدا به‌علت اثرات اسمزی تجمع نمک در اطراف ریشه کاهش می‌یابد (۲۶). در ادامه کاهش معنی‌دار محتوای آب در انارهای تیمار شده با نمک مشاهده شد (۱۹). مشخص شده است که دسترسی به آب برای گیاهان پرورش یافته در شرایط شوری به‌دلیل افزایش پتانسیل اسمزی در محیط اطراف ریشه بسیار پائین است. کاهش جذب آب منجر به کاهش فشار تورژانس برگ‌ها و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها شده که این امر موجب کاهش تعرق و فتوسنتز می‌گردد. کاهش پتانسیل آب به‌دلیل تنش شوری معمولاً با بسته شدن روزنه‌ها ارتباط دارد که منجر به نابسامانی‌های فیزیولوژیک متعدد می‌گردد (۱۹).

نتایج بررسی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری، درصد برگ‌های نکرده و ریزش یافته افزایش و درصد برگ‌های سبز کاهش یافت (جدول ۷). نتایج به‌دست آمده با مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) روی پایه GF677 مطابقت داشت (۲۱). در هر سه ژنوتیپ مورد بررسی در شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین درصد برگ‌های سبز (۱۰۰ درصد) و کم‌ترین میزان برگ‌های نکرده و ریزش‌یافته (صفر درصد) را نشان دادند (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر برخی آسیب‌های ظاهری و صفات فیزیولوژیک سه ژنوتیپ انار زیتنی.

Table 7. Mean comparison of interaction of salinity and genotype on some appearance injuries and physiological properties of three genotypes of ornamental pomegranate.

ژنوتیپ Genotype	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (dSm ⁻¹)	درصد برگ نکروزه Necrosis leaf percent	درصد برگ‌های سبز Green leaves percent	درصد برگ‌های ریزش‌یافته Downfall leaves percentage	نشت یونی Ion Leakage (%)	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	گنجایش نسبی کلروفیل chlorophyll index (SPAD)
"گلنار" سروستان 'Golnar Sarvestan'	1	0.00 ^c	100.00 ^a	0.00 ^c	17.15 ^g	91.30 ^a	0.85 ^{ab}
	3	0.00 ^c	100.00 ^a	0.00 ^c	17.65 ^{fg}	90.30 ^a	0.84 ^{ab}
	5	2.58 ^d	96.47 ^b	0.93 ^c	18.60 ^{fg}	84.89 ^b	0.80 ^{cd}
	7	10.30 ^b	86.97 ^d	2.72 ^d	27.95 ^c	72.72 ^{de}	0.74 ^e
	9	14.86 ^a	79.37 ^e	5.76 ^b	41.17 ^a	66.75 ^f	0.59 ^g
"گلنار" شهداد 'Golnar Shahdad'	1	0.00 ^c	100.00 ^a	0.00 ^c	18.62 ^{fg}	87.50 ^{ab}	0.87 ^a
	3	0.00 ^c	100.00 ^a	0.00 ^c	18.57 ^{fg}	87.68 ^{ab}	0.87 ^a
	5	0.93 ^{de}	98.70 ^{ab}	0.35 ^c	18.95 ^{fg}	84.07 ^b	0.85 ^{ab}
	7	5.47 ^c	93.99 ^c	0.53 ^c	24.17 ^d	77.25 ^{cd}	0.78 ^d
	9	14.81 ^a	80.65 ^e	4.52 ^c	28.02 ^c	70.57 ^{ef}	0.72 ^{ef}
"گلنار ساوه" 'Golnar Saveh'	1	0.00 ^c	100.00 ^a	0.00 ^c	19.10 ^f	88.19 ^{ab}	0.82 ^{bc}
	3	0.00 ^c	100.00 ^a	0.00 ^c	19.50 ^f	88.75 ^{ab}	0.80 ^{cd}
	5	2.13 ^d	97.50 ^{ab}	0.35 ^c	21.20 ^e	84.10 ^b	0.77 ^d
	7	5.47 ^c	92.21 ^c	2.41 ^d	28.05 ^c	78.42 ^c	0.70 ^f
	9	12.78 ^a	79.97 ^e	7.24 ^a	39.17 ^c	68.27 ^{ef}	0.59 ^g

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

Means in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 1% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

ژنوتیپ "گلنار سروستان" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۷). کم‌ترین میزان آن (۱۷/۱۵ درصد) هم در همین ژنوتیپ و در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۷). نتایج حاصله با مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) روی پایه GF677 مطابقت داشت (۲۱). مقدار آسیب به غشای سلول با ادامه تنش افزایش می‌یابد که ممکن است به آسانی با اندازه‌گیری نشت یونی سلول بررسی شود. افزایش نشت یونی مواد نشانه‌ای از آسیب غشاها و کاهش پایداری غشاها می‌باشد که احتمالاً نتیجه تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر شوری است (۴).

نشت یونی: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر نشت یونی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). نتایج بررسی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری، درصد نشت یونی به‌طور معنی‌داری در هر سه ژنوتیپ افزایش یافت (جدول ۷). در دو ژنوتیپ "گلنار سروستان" و "گلنار شهداد" نشت یونی در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ "گلنار ساوه" در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری‌های سطوح پائین‌تر معنی‌دار شد (جدول ۷). بیش‌ترین نشت یونی (۴۱/۱۷ درصد) در

جدول ۸- تجزیه واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیک و عناصر غذایی در سه ژنوتیپ انار زینتی.

Table 8. Varians analysis of some physiological characteristics and nutrient elements of three genotypes of ornamental pomegranate.

نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	کلر Cl	پتاسیم K	سدیم Na	گنجایش نسبی کلروفیل chlorophyll index	محتوای نسبی آب برگ RWC	نشت یونی Ion Leakage	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variance
0.63**	1.12**	0.16**	0.06**	25.98**	0.64 ^{ns}	75.99**	2	ژنوتیپ Genotype (a)
10.62**	3.47**	0.24**	0.21**	113.30**	948.6**	707.59**	4	شوری Salt (b)
0.42**	0.18**	0.008**	0.12**	5.15*	25.23*	39.96**	8	ژنوتیپ × شوری a × b
0.003	0.001	0.003	0.002	1.35	10.69	1.37	45	خطا Error
6.12	4.47	5.49	5.65	5.64	4.01	4.92		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ^{ns} عدم معنی داری.

* and ** significant at P<0.05 and 0.01 respectively and ns non-significant.

در گیاهان در معرض تنش شوری، پدیده تنظیم اسمزی رخ داده و در نتیجه میزان مواد محلول سلولها به دلیل انباشت بالای یونهای سدیم و کلر و همچنین مواد آلی محلول، افزایش یافته است. این افزایش مواد محلول در گیاهان متحمل تحت تنش شوری، باعث جذب بیش تر آب نسبت به برگ گیاهان حساس به شوری می شود، اگرچه تیمار شوری، محتوای نسبی آب پائین تری را نشان می دهد (۲۷). کاهش میزان جذب آب می تواند ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی محلول مجاور ریشه ها در اثر شوری باشد که باعث کاهش آماس و در نتیجه کاهش رشد سلولها گردد. این موضوع منجر به کاهش سرعت توسعه ریشه ها و برگها می شود. در اثر کاهش آماس سلولها در محیط شور هدایت روزنه ای نیز کاهش می یابد که به نوبه خود باعث کاهش میزان فتوسنتز

محتوای نسبی آب برگ: اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۸). نتایج بررسی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری، محتوای نسبی آب برگ به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۷). بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۹۱/۳۰ و ۹۰/۳۰ درصد) در ژنوتیپ "گلنار سروستان" و در شوری ۱ و ۳ دسی زیمنس بر متر و کمترین میزان (۶۶/۷۵ درصد) آن در همین ژنوتیپ در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۷). کاهش محتوای نسبی آب برگ محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ "گلنار سروستان" از شوری ۵ دسی زیمنس بر متر و در دو ژنوتیپ دیگر از شوری ۷ دسی زیمنس بر متر معنی دار شد (جدول ۷). این به معنی حفظ آب بیش تر برگ در دو ژنوتیپ "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" با افزایش سطح شوری می باشد.

گیاهان رابطه منفی با شوری دارد. شوری ممکن است بر جذب بسیاری یونها مانند منیزیم و آهن که در ساختار کلروفیل نقش دارند، تأثیر بگذارد (۴۳) و در این پژوهش ممکن است غلظت منیزیم در گیاهان با افزایش شوری کاهش یافته باشد. به‌هرحال، تغییرات میزان کلروفیل در زمان شوری بسیار به گونه گیاهی، تیمار شوری و سن گیاه مربوط است (۱۹).

برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر

غذایی: اثر شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر میزان سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). با افزایش سطح شوری میزان جذب سدیم در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۴a). در هر سه ژنوتیپ کم‌ترین جذب سدیم در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۱a). بیش‌ترین میزان جذب سدیم (۲/۲۰ درصد) در ژنوتیپ "گلنار سروستان" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ۱a) که همین مسأله موجب افزایش نکرزگی برگ در این ژنوتیپ شد (جدول ۶). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) ژنوتیپ‌های "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" نسبت به "گلنار سروستان" به‌طور معنی‌داری سدیم کم‌تری جذب کردند (شکل ۱a). در پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، سبب عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود (۴۶ و ۴۷). نتایج حاصله با ماستروگیانیدو و همکاران (۲۰۱۶)، مومن‌پور و همکاران (۲۰۱۵)، مومن‌پور و ایمانی (۲۰۱۸)، نائینی و همکاران (۲۰۰۶)، اخوتیان و همکاران (۲۰۱۰) و زارعی و همکاران (۲۰۱۶) روی

می‌گردد (۱). دو ژنوتیپ "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" که آب بیش‌تری در برگ‌های خود حفظ کردند، سطح برگ و وزن تر و خشک برگ نیز در آن‌ها بیش‌تر بود. هم‌چنین غلظت سدیم و پتاسیم در برگ در دو ژنوتیپ مذکور نسبت به ژنوتیپ "گلنار سروستان" بیش‌تر بود.

گنجایش نسبی کلروفیل: اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر گنجایش نسبی کلروفیل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). بررسی برهمکنش شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری، گنجایش نسبی کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۷). بیش‌ترین گنجایش نسبی کلروفیل (۰/۸۷) در ژنوتیپ "گلنار شهداد" و در شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۷). کم‌ترین میزان آن هم در دو ژنوتیپ "گلنار سروستان" و "گلنار ساوه" در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۷). در ژنوتیپ‌های "گلنار سروستان" و "گلنار ساوه" در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ "گلنار شهداد" در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل مشاهده شد (جدول ۷).

مطابق با نتایج حاصل از بررسی حاضر، لیو و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که با افزایش سطح شوری میزان کلروفیل انار کاهش یافت (۱۷). به‌نظر می‌رسد که اثر شوری بسته به گونه و رقم و مرحله رشدی گیاه متفاوت باشد (۱۷). بسیاری از گونه‌های انار در پاسخ به تنش شوری کاهش محتوای کلروفیل نشان دادند (۱۹ و ۲۰). کاهش میزان کلروفیل به احتمال زیاد به‌علت افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز (۳۰) یا تغییرات ساختار پیچیده پروتئین کلروپلاست در سلول‌ها باشد (۳). به‌طورکلی، غلظت کلروفیل در

و کمترین میزان آن در هر سه ژنوتیپ در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۱b). بیشترین غلظت پتاسیم (۱/۲۲ درصد) در ژنوتیپ "گلنار شه‌اد" و در شوری ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱b). کمترین میزان آن نیز در ژنوتیپ‌های "گلنار سروستان" و "گلنار ساوه" (به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۶۸ درصد) در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ۱b). اثر منفی شوری بر غلظت پتاسیم در انار یا سایر گیاهان چوبی گزارش شده است (۱۹، ۲۲ و ۲۳). یک رابطه آنتاگونیستی میان سدیم و پتاسیم در انارهای تحت تنش شوری مشاهده شد (۱۹ و ۲۸). رابطه آنتاگونیستی ممکن است مربوط به رقابت مستقیم جذب پتاسیم و سدیم در ناحیه ریشه باشد. بر اساس نتایج حاصله با افزایش جذب سدیم، جذب پتاسیم تا شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش و سپس از شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش جذب سدیم، جذب پتاسیم کاهش یافت که با نتایج رنالت و همکاران (۲۰۰۱) و ماستروگیانیدو و همکاران (۲۰۱۶) روی انار مطابقت داشت (۱۹ و ۴۰). مقادیر بالای سدیم ممکن است با جذب سدیم رقابت کند که این امر موجب کمبود پتاسیم و توقف رشد گیاه می‌شود. کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد (۵). در مطالعه اثرات تنش خشکی و شوری بر گیاهان گزارش شده است که با کاهش محتوای آب خاک، تحرک پتاسیم کاهش و قابلیت دسترسی پتاسیم برای ریشه‌های گیاه نیز کاهش می‌یابد (۱۱). در این مطالعه کمبود آب در خاک محیط اطراف ریشه پتاسیم ریشه را در گیاهان

انار مطابقت داشت (۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۸، ۳۱ و ۵۲). افزایش سطح شوری سدیم به بخش هوایی منتقل و در برگ‌ها جمع و موجب بروز نشانه‌های سمیت می‌شود. گیاه به صورت انتخابی جذب پتاسیم را به سدیم ترجیح می‌دهد ولی در صورت بیش‌تر بودن غلظت یون سدیم در محلول خاک، کمبود K^+ در گیاه قطعی است (۱۵). به‌طور کلی افزایش سدیم و کلر در برگ‌های همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی رابطه مستقیم با افزایش سطح شوری دارد. غلظت‌های بالای سدیم و کلر در ارقام انار ممکن است تعادل میان آنیون‌ها و کاتیون‌ها را برهم زند (۲۸ و ۲۹). بنابراین رشد بیش‌تر و مقاومت به شوری ژنوتیپ‌های "گلنار شه‌اد" و "گلنار ساوه" در مقایسه با "گلنار سروستان" به احتمال زیاد مربوط به مقدار جذب و انتقال سدیم و کلر نیست، بلکه سطح بالای سمیت این یون‌ها در گیاه است. به هر حال می‌توان نتیجه گرفت که میزان جذب سدیم و پتاسیم توسط گیاه و تجمع آن‌ها در برگ‌ها تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت. ارقام می‌توانند پایداری متفاوتی در برابر تجمع این یون‌ها در بافت‌ها یا واکنش‌های دیگر نشان دهند (۳۱). به هر حال غلظت‌های بالای سدیم و کلر در برگ ممکن است به گیاه آسیب وارد کند، همان‌گونه که منجر به کاهش میزان کلروفیل و افزایش نشت یونی شد.

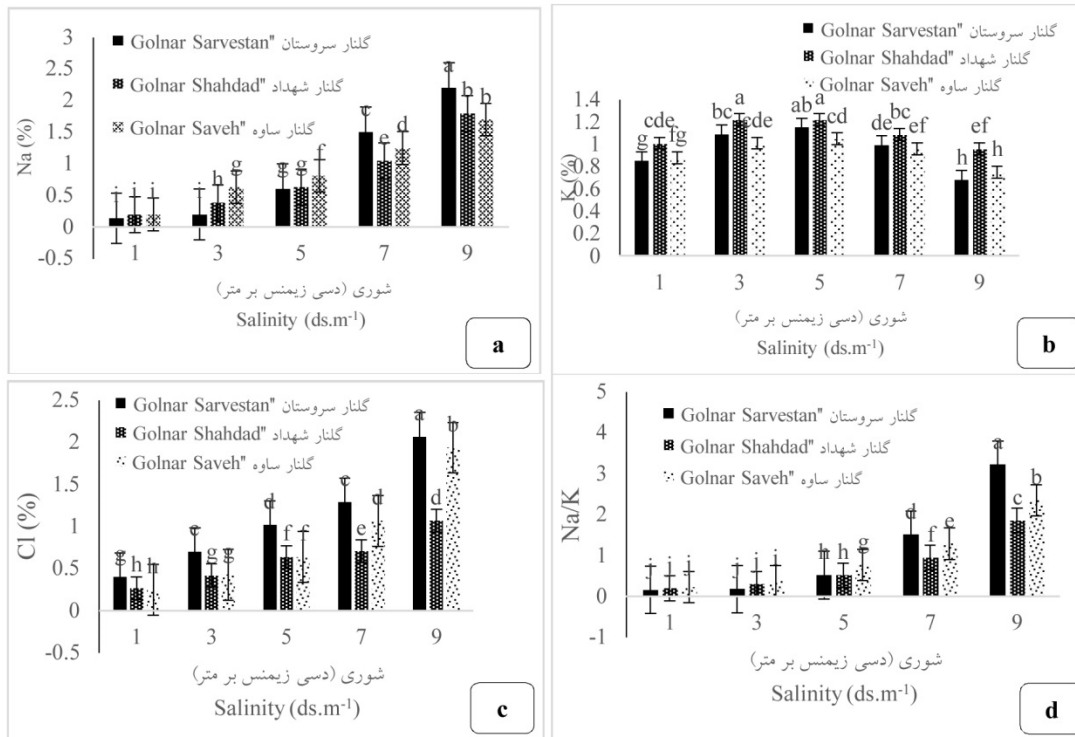
نتایج برهمکنش شوری و ژنوتیپ نشان داد که با افزایش سطح شوری تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر، میزان پتاسیم افزایش و پس از آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱b). با این‌که میزان پتاسیم در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر شروع به کاهش کرد، اما در هر سه ژنوتیپ مورد بررسی میزان آن در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر بیش از ۱ دسی‌زیمنس بر متر بود

(۱۹). نائینی و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که غلظت یون کلر در برگ انار با افزایش شوری در سه ژنوتیپ مورد بررسی افزایش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت (۲۸). این نشان می‌دهد که افزایش شوری، جذب کلر را افزایش می‌دهد که این تا حدودی به دلیل دسترسی کم‌تر به کلسیم و در نتیجه افزایش نفوذپذیری غشای سلول ریشه می‌باشد (۲۹).

با افزایش سطح شوری نسبت سدیم به پتاسیم در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۱d). در هر سه ژنوتیپ، کم‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم در دو سطح شوری ۱ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۱d). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) ژنوتیپ‌های "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" نسبت به "گلنار سروستان" به‌طور معنی‌داری نسبت سدیم به پتاسیم کم‌تری نشان دادند (شکل ۱b). افزایش نسبت یون سدیم به پتاسیم در پاسخ به تنش شوری در منابع متعددی گزارش شده است (۳۹ و ۴۲). انتخاب‌پذیری یون پتاسیم به سدیم در گیاهان به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تفکیک گونه‌های گیاهی متحمل از حساس گزارش شده است (۳۸). ارقام متحمل به شوری اغلب مقادیر کم‌تری از یون سدیم را به اندام هوایی خود انتقال داده و یا یون سدیم کم‌تری در اندام هوایی خود انباشته می‌کنند. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کم‌ترین میزان در ژنوتیپ‌های "گلنار شهداد" و "گلنار ساوه" به‌دست آمد.

شاهد نسبت به تیمار شده کاهش داد. علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش کم‌آبی، کاهش میزان حلالیت پتاسیم و متعاقباً کاهش جذب آن توسط ریشه‌های گیاه است (۳۳). از طرف دیگر کلوئیدهای خاک با قدرت بیش‌تری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (۳۳).

نتایج بررسی برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر میزان کلر نشان داد که با افزایش سطح شوری، در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه میزان کلر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۱c). بیش‌ترین غلظت کلر (۲/۰۷ درصد) در ژنوتیپ "گلنار سروستان" و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱c). کم‌ترین میزان آن نیز در ژنوتیپ‌های "گلنار ساوه" و "گلنار شهداد" (به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۲۷ درصد) در شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (شکل ۱c). در سطوح بالای شوری (۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) ژنوتیپ "گلنار شهداد" غلظت کلر کم‌تری نسبت به دو ژنوتیپ دیگر نشان داد (شکل ۱c)، نتایج ریزش برگ این ژنوتیپ هم نسبت به دو ژنوتیپ دیگر در این سطوح شوری کم‌تر بود. در همه سطوح شوری، ژنوتیپ "گلنار سروستان" نسبت به دو ژنوتیپ دیگر به‌طور معنی‌داری کلر بالاتری داشت (شکل ۱c). نتایج به‌دست آمده با ماستروگیانیدو و همکاران (۲۰۱۶) روی انار مطابقت داشت (۱۹). در درختان میوه، حساسیت به شوری رابطه نزدیکی با غلظت کلر در بافت‌های مختلف گیاه به‌خصوص برگ‌ها دارد. برگ‌ها مهم‌ترین محل تجمع کلر هستند چراکه غلظت آن در برگ‌ها بسیار بیش‌تر از ساقه و ریشه می‌باشد



شکل ۱- برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر میزان (a) سدیم، (b) پتاسیم، (c) کلر و (d) نسبت سدیم به پتاسیم برگ سه ژنوتیپ انار.

Fig. 1. The interaction of salinity and genotype on a) sodium, b) potassium, c) chlorine and d) ratio of sodium to potassium of three genotypes of pomegranate.

صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفتند و پاسخ ژنوتیپ‌های متفاوت بود. در بالاترین سطح شوری (۹ دسی‌زیمنس بر متر) بیش‌ترین سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، تعداد برگ سبز، محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل و پتاسیم و کم‌ترین میزان برگ نکروزه، برگ ریزش‌یافته، نشت یونی، غلظت سدیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم در ژنوتیپ "گلنار شهداد" حاصل شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی "گلنار سروستان" نسبت به دو ژنوتیپ دیگر مقاومت بیشتری به شوری داشته باشد. بنابراین جهت استفاده تولیدکنندگان و بهره‌برداران فضای سبز در مناطق با مشکلات شوری آب و خاک این ژنوتیپ توصیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که سطح شوری بر خصوصیات رشدی، ریخت‌شناسی و غلظت عناصر غذایی برگ به‌طور معنی‌داری اثر داشت. بررسی صفات ریخت‌شناسی و آسیب‌های ظاهری نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، میزان ارتفاع، قطر شاخه اصلی، تعداد انشعابات انتهایی، درصد برگ‌های سبز کاهش و درصد برگ‌های نکروزه و ریزش یافته افزایش یافتند. همچنین با افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ و شاخص کلروفیل کاهش و درصد نشت یونی افزایش یافت. بررسی عناصر غذایی نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، بیش‌ترین مقدار کلر، سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و کم‌ترین مقدار پتاسیم در تیمار شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد. بیش‌تر

منابع

1. Avabaev, A.M., Bezrukova, M.V., Kildibekova, A.R., Fathutdinova, R.A. and Shakinova, F.M. 2003. Wheat Germagglutinin restores cell division and growth of wheat seedling. Bulgarian J. Plant Physiol. Special Issue. Pp: 257-263.
2. Bajji, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Plant Growth Regul. 36: 1. 61-70.
3. Bejaoui, F., Salas, J.J., Nouairi, I., Smaoui, A., Abdelly, C., Martínez-Force, E. and Youssef, N.B. 2016. Changes in chloroplast lipid contents and chloroplast ultrastructure in *Sulla carnosa* and *Sulla coronaria* leaves under salt stress. J. Plant Physiol. 198: 32.
4. Besma, B.D. and Denden, M. 2012. Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. Am. J. Plant Physiol. 7: 174-183.
5. Chartzoulakis, K. 2005. Salinity and olive: growth salt tolerance photosynthesis and yield. Agric. Water Manag. 78: 108-121.
6. Chatzissavvidis, C., Papadakis, I. and Therios, I. 2008. Effect of calcium on the ion status and growth performance of a citrus rootstock grown under NaCl stress. Soil Sci. Plant Nutr. 54: 910-915.
7. Emami A. 1996. Methods of plant analysis. Journal of Agricultural research, education and extension organization. 1: 28-58. (In Persian)
8. Francois, L.E. and L. Bernstein. 1964. Salt tolerance of safflower. Agron. J. 56: 38-40.
9. Gomes, M.A.D.C., Suzuki, M.S., Cunha, M.D. and Tullii, C.F. 2011. Effect of salt stress on nutrient concentration, photosynthetic pigments, proline and foliar morphology of *Salvinia auriculata* Aubl. Acta Limnol. Brasil. 23: 2. 164-176.
10. Gorai, M., Ennajeh, M., Khemira, H. and Neffati, M. 2010. Combined effect of NaCl salinity and hypoxia on growth, photosynthesis, water relations and solute accumulation in *Phragmites australis* plants. Flora. 205: 7. 462-470.
11. Hu, Y.C. and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 541-549.
12. Ibrahim, H.I.M. 2011. Fruit trees production in desert regions. "Arabic edition" 1st Ed Dar El-Fajr-Cairo- Egypt.
13. Ibrahim, H.I.M. 2016. Tolerance of two pomegranates cultivars (*Punica granatum* L.) to salinity stress under hydroponic culture conditions. J. Basic. Appl. Sci. Res. Flora. 4: 38-46.
14. Jampeetong, A. and Brix, H. 2009. Effects of NaCl salinity on growth, morphology, photosynthesis and proline accumulation of *Salvinia natans*. Aquat. Bot. 91: 3. 181-186.
15. Kafi, M., Borzoe, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental stresses in plants. Jahad daneshgahi Mashhad. 502p. (In Persian)
16. Karimi, H. and Hasanpour, Z. 2014. Effects of salinity and water stress on growth and macro nutrients concentration of pomegranate (*Punica granatum* L.). J. Plant Nutr. 37: 12. 1937-1951.
17. Liu, C., Ming, Y., Xianbin, H. and Zhaohe, Y. 2018. Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) cuttings. Pak. J. Bot. 50: 2. 457-464.
18. 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. J. Exp. Bot. 46: 1843-1852.
19. Mastrogiannidou, E., Chatzissavvidis, C., Antonopoulou, C., Tsabardoukas, V., Giannakoula, A. and Therios, I. 2016. Response of pomegranate cv. wonderful plants to salinity. J. Soil Sci. Plant Nutr. 16: 3. 621-636.
20. Melgar, J.C., Syvertsen, J.P., Martínez, V. and García-Sánchez, F. 2008. Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. Biol. Plant. 52: 2. 385-390.

21. Momenpour, A., Imani, A. and Rezaie, H. 2015. Evaluation of growth characteristics and nutrient concentration in four almond (*Prunus dulcis*) genotypes budded on GF677 rootstock under salinity stress, Iranian J. Hort. Sci. 46: 3. 409-427. (In Persian)
22. Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. and Akbarpour, E. 2018. Evaluation of Salinity Tolerance of Some Selected Almond Genotypes Budded on GF₆₇₇ Rootstock. Int. J. Fruit Sci. 18: 4. 410-435.
23. Momenpour, A. and Imani, A. 2018. Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. Adv. Hort. Sci. 32: 2. 249-264.
24. Mousavi, S.A., Tatari, M., Mehnatkesh, A. and Haghghati, B. 2009. 'Vegetative Growth Response of Young Seedlings of Five Almond Cultivars to Water Deficit', Seed. Plant Improv. J. 25: 4. 551-567. (In Persian)
25. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell Environ. 25: 239-250.
26. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Ann. Rev. Plant Biol. 59: 651-681.
27. Munns, R., James, R.A. and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57: 1025-1043.
28. 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. J. Plant Nutr. 29: 1835-1843.
29. Naeini, M.R., Khoshgoftarmanesh, A.H., Lessani, H. and Fallahi, E. 2004. Effects of sodium chloride induced salinity on mineral nutrients and soluble sugars in three commercial cultivars of pomegranate. J. Plant Nutr. 27: 1319-1326.
30. Noreen, Z. and Ashraf, M. 2009. Changes in antioxidant enzymes and some key metabolites in some genetically diverse cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.). Environ. Exp. Bot. 67: 2. 395-402.
31. Okhovatian-Ardakani, A.R., Mehrabian, M., Dehghani, F. and Akbarzadeh, A. 2010. Salt tolerance evaluation and relative comparison in cuttings of different pomegranate cultivars. Plant Soil Environ. 56: 4. 176-185.
32. Opara, U.L., Atukuri, J. and Fawole, O. A. 2015. Application of physical and chemical postharvest treatments to enhance storage and shelf life of pomegranate fruit-A review. Sci. Hort. 197: 41-49.
33. Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O. and Osuagwu, A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves of *Ocimum gratissimum* L. Rec. Res. Sci. Technol. 2: 27-33.
34. Pal, M., Singh, D.K., Rao, L.S. and Singh, K.P. 2004. Photosynthetic characteristics and activity of antioxidant enzymes in salinity tolerant and sensitive rice cultivars. Indian J. Plant Physiol. 9: 407-412.
35. Pang, C.H. and Wang, B.S. 2008. Progress in botany. Oxidative stress and salt tolerance in plants (pp. 231-245). New York: Springer Berlin Heidelberg.
36. Parvizi, H., Sepaskhah, A.R. and Ahmadi, S.H. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (*Punica granatum* (L.) cv. Rabab) under partial root zonedrying and deficit irrigation regimes. Agric. Water Manage. 163: 146-158.
37. Poorian, A.M., Davarinejad, G. and Selahvarzi, Y. 2015. Effects of 'Effective Microorganisms' on morpho-physiological traits in commercial cultivar of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. shishe-kap) under salinity'. Iranian J. Hort. Sci. 45: 4. 441-447. (In Persian)
38. Poustini, K. and Siosemardeh, A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Res. 85: 125-133.
39. Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., Ahmadi, A. and Alizadeh, H. 2011. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. J. Agron. Crop Sci. 197: 21-30.

40. Renault, S., Croser, C., Franklin, J.A. and Zwiazek, J.J. 2001. Effects of NaCl and Na₂SO₄ on red-osier dogwood (*Cornus stolonifera* Michx) seedlings. *Plant Soil*. 233: 261-268.
41. Scalia, R., Oddo, E., Saiano, F. and Grisafi, F. 2009. Effect of salinity on *Puccinellia distans* (L.) Parl. treated with NaCl and foliarly applied glycine betaine. *Plant Stress*. 3: 49-54.
42. Shelden, M.C., Roessner, U., Sharp, R.E., Tester, M. and Bacic, A. 2013. Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. *Func. Plant Biol.* 40: 5. 516-530.
43. Sivstev, M.V., Ponamareva, S.V. and Kuzmetsova, E.A. 1973. Effect of salinization and herbicide on chlorophyllase activity in tomato leaves. *Fiziol. Biokhim. Kul'turnykh Rastenii*. 20: 62-65.
44. Soltani, V., Jafari, A., Kamali, K. and Vazifeshenas, M.R. 2017. Effect of diluted saline water on some vegetative and physiological traits of pomegranate rooted cutting cv. Malas-e Yazdi. *J. Plant Prod. Res.* 24: 3. 1-11. (In Persian)
45. Staples, R.C. and Toenniessen, G.H. 1984. Salinity tolerance in plants. John Wiley and Sons. 443p.
46. Szczerba, M.W., Britto, D.T. and Kronzucker, H.J. 2009. K⁺ transport in plants: physiology and molecular biology. *Plant Physiol.* 166: 447-466.
47. Szczerba, M.W., Britto, D.T., Balkos, K.D. and Kronzucker, H.J. 2008. NH₄⁺ stimulated and -inhibited components of K⁺ transport in rice (*Oryza sativa* L.). *Environ. Exp. Bot.* 59: 3415-3423.
48. Tavousi, M., Kaveh, F., Alizadeh, A., Babazadeh, H. and Tehranifar, A. 2015. Effects of drought and salinity on yield and water use efficiency in pomegranate tree. *J. Mater. Environ. Sci.* 6: 1975-1980.
49. Valero, D., Mirdehghan, S.H., Sayyari, M. and Serrano, M. 2015. Vapor treatments, chilling, storage and antioxidants in pomegranates. *Processing and Impact on Active Components in Food*, ed. by Preedy V. Academic Press, San Diego, CA. Pp: 189-196.
50. Yamasaki, S. and Dillenburg, L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Braz. J. Plant Physiol.* 11: 69-75.
51. Yuan, Z.H. 2016. Research progress of molecular biology on *Punica granatum* L. *Deciduous Fruit Trees*. 48: 5. 1-8.
52. Zarei, M., Azizi, M., Rahemi, M. and Tehranifar, A. 2016. Assessment of salinity tolerance of three fig cultivars based on growth and physiological factors and ions distribution. *Iranian. J. Hort. Sci. Technol.* 17: 2. 247-260. (In Persian)
53. Zhang, H., Han, B., Wang, T., Chen, S., Li, H., Zhang, Y. and Dai, S. 2013. Mechanisms of plant salt response: insights from proteomics. *J. Proteome Res.* 11: 1. 49-67.