به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۱ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۸

صفحه‌های ۳۲۱-۳۰۳

پاسخ برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی انار (*Punica granatum*) به شوری آب آبیاری

فاطمه احمدی[۱]، علی مومن‌پور[۲*]، مریم دهستانی اردکانی[۳]، جلال غلام‌نژاد[۳]

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

۲. استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر برخی از ویژگی‌های رشدی ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده انار از مناطقی با آب و خاک شور، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو عامل ژنوتیپ در چهار سطح (’وحشی بابلسر‘، ’نرک لاسجرد سمنان‘، ’چاه افضل‘ و ’وشیک ترش سروان‘) و شوری آب آبیاری در پنج سطح (۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و با چهار تکرار در سال ۹۷-۱۳۹۶ در سایت مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطوح شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با افزایش سطح شوری، شاخص‌های مورد مطالعه شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، تعداد برگ کل، درصد برگ‌های سبز، وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوی رطوبت نسبی، شاخص کلروفیل، کلروفیل a، b و کل، کاهش و درصد برگ‌های نکروزه، درصد برگ‌های ریزش یافته، نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی، درصد نشت یونی، درصد سدیم، درصد کلر، نسبت سدیم به پتاسیم برگ‌ها، افزایش یافتند ولی میزان کاهش و افزایش در صفات اندازه‌گیری‌شده در بین ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، برگ‌های نکروزه (۳/۱۱ و ۲۳/۹۸ درصد)، برگ‌های ریزش یافته (۱/۰۵ و ۵/۷۰ درصد)، نشت یونی (۵/۸۷ و ۲۲/۱۰ درصد)، سدیم (۰/۳۱ و ۱/۲۹ درصد)، کلر (۰/۱۳ و ۱/۱۰ درصد)، پتاسیم (۰/۶۴ و ۰/۰۷- درصد)، و نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۰۹ و ۲/۲۸ واحد) به ترتیب در ژنوتیپ‌های ’چاه افضل‘ و ’وشیک ترش سراوان‘ افزایش یافتند. همچنین، برگ‌های سبز (۴/۱۶ و ۲۹/۷۸ درصد)، تعداد برگ کل (۲/۶۲ و ۲۲/۲۵ درصد)، رطوبت نسبی (۷/۵۰ و ۲۱/۷ درصد) و کلروفیل کل (۸/۹ و ۲۹/۸ درصد) به ترتیب در ژنوتیپ‌های ’چاه افضل‘ و ’وشیک ترش سراوان‘ کاهش نشان داد. در این پژوهش در مجموع، ژنوتیپ‌های ’چاه افضل‘ و ’وشیک ترش سراوان‘ به‌ترتیب به‌عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به شوری انتخاب شدند. ژنوتیپ چاه افضل از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم توانست به خوبی شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید.

کلیدواژه‌ها: آب‌های شور، ژنوتیپ ’چاه افضل‘، کسر آبشویی، نسبت سدیم به پتاسیم، ویژگی‌های رشدی.

Response of some Selected Pomegranate (Punica Granatum) Genotypes to the Salinity of Irrigation Water

Fatemeh Ahmadi[1], Ali Momenpour[2*], Maryam Dehestani Ardakani[3], Jalal Gholamnezhad[3]

1. M.Sc. Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
2. Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.

Received: March 14, 2019 Accepted: May 11, 2019

Abstract

The present study features a factorial experiment for evaluation of salinity stress effect on some growth characteristics of selected pomegranate (*Punica granatum*) genotypes from regions with saline water and soil. The experiment, itself, is based on completely randomized design (CRD), with two factors: four genotype levels (namely, ‘Vahshi Babolsar’, ‘Narak Lasjerd Semnan’, ‘Chah Afzal’, and ‘Voshik Torsh Saravan’) and five levels of irrigation water salinity (1, 3, 5, 7, and 9 dS/m) with 4 replications in National Salinity Research Center in 2018-2019. Results show that the type of genotype and salinity levels affect the morphological and physiological characteristics and concentration of leaves element nutrient. In all studied genotypes, increasing salinity concentration has reduced all characteristics under the study, including branch height, branch diameter, number of total leaves, green leaves percentage, aerial organs fresh and dry weight, relative humidity percentage, SPAD, and contents of a, b, and total chlorophylls. However, this practice has increased necrotic leaves percentage, downfall leaves percentage, root fresh weight to aerial organs fresh weight ratio, relative ionic percentage, Na^+ and Cl- percentage, and Na^+ to K^+ ratio. In case of ‘Chah Afzal’ and ‘Voshik Torsh Saravan’ genotypes, the salinity level of 7 dS/m has witnessed an increase in necrotic leaves (by 3.11% and 23.98%), downfall leaves (by 1.05% and 5.70%), relative ionic (by 5.87% and 22.10%), Na^+ (by 0.31% and 1.29%), Cl^- (by 0.13% and 1.10%), K^+ (by 0.64% and -0.07%), and Na^+ to K^+ ratio (by 0.09% and 2.28%), respectively. Also, there has been a decrease of green leaves (by 4.16% and 29.78%), number of total leaves (by 2.62% and 22.50%), relative humidity (by 7.50% and 21.70%), and total chlorophylls (by 8.9% and 29.78%) in case of ‘Chah Afzal’ and ‘Voshik Torsh Saravan’ genotypes, respectively. Overall, ‘Chah Afzal’ and ‘Voshik Torsh Saravan’ genotypes have been recognized as the most tolerant and sensitive genotypes to salinity stress, respectively, with the former (the ‘Chah Afzal’ genotype), capable of tolerating salinity up to 7 dS/m through maintaining its growth characteristics and increasing potassium uptake against sodium.

Keywords: Chah Afzal’ genotype, growth characteristics, leaching fraction, salinity waters, Na^+ to K^+ ratio.

* نویسنده مسئول

Email: a.momenpour@areeo.ac.ir

۱. مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی به‌شمار می‌رود، بنابراین استفاده از آب‌های شور برای تولید محصولات کشاورزی غیرقابل اجتناب است. عموماً با افزایش شوری آب آبیاری بر شوری خاک نیز اضافه می‌شود که آن نیز عوامل دیگری را در رابطه با آب و گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد (Szczerba *et al*., 2009). یکی از راه‌های اصلاح خاک‌های شور، آبشویی خاک‌ها و خارج‌کردن نمک از خاک می‌باشد که متأسفانه به‌علت کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، این روش عملی نیست (Szczerba *et al*., 2009). لذا مؤثرترین راهکار برای مدیریت شوری، توسعه پایه‌ها و ارقام مقاوم به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق با خاک شور است (Munns & Tester, 2008). تحقیقات نشان داده است، آستانه تحمل به شوری آب آبیاری و خاک برای درختان انار به‌ترتیب ۱/۸ و ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد به‌طوری‌که در شوری ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری و ۸/۴ دسی‌زیمنس بر متر محلول خاک به میزان ۵۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (Maas & Hoffman, 1977; Fipps, 2003). بنابراین، در انار نیز همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل، راهبرد بسیار مناسبی به‌منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به‌ویژه در نواحی خشک کشور می‌باشد.

پژوهش‌های انجام‌یافته، نشان می‌دهند که شاخص‌های مورفولوژیک انار و سایر درختان میوه از جمله رشد طولی، 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*., 2015 b; Ibrahim, 2016; Momenpour & Imani, 2018; Momenpour *et al*., 2018). میزان تحمل چند رقم انار به شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بررسی و گزارش شد که ارقام انار عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان می‌دهند. در این پژوهش رقم‌های 'ملس یزدی' و 'تب و لرز' تحمل نسبتاً خوبی از خود نشان داده‌اند به‌طوری‌که توانستند شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نمایند (Okhovatian-Ardakani *et al*., 2010). در پژوهش دیگری اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام[1] پیوندشده روی پایه GF_{677} بررسی و گزارش شد، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، شاخص‌های رشدی شامل ارتفاع شاخه، قطر شاخه، تعداد برگ کل، تعداد برگ‌های سبز، تراکم برگ روی شاخه اصلی، سطح برگ و نسبت سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، کاهش یافتند. در مجموع، نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که نوع ژنوتیپ پیوندی، در افزایش تحمل شوری بسیار مؤثر است. در این تحقیق، رقم شاهرود ۱۲ و سهند به‌ترتیب به‌عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ارقام نسبت به تنش شوری تشخیص داده شد (Momenpour *et al*., 2015a; Momenpour *et al*., 2015c). مقایسه تحمل به شوری ارقام و گونه‌های وحشی بادام نشان داده است که با افزایش سطوح شوری تا ۶۰ میلی‌مولار در لیتر، نشانه سوختگی در حاشیه برگ ارقام بادام به تدریج ظاهر و با حالت پیش‌رونده در طول زمان، باعث پژمردگی و در نهایت ریزش کامل برگ‌ها می‌شود، درحالی‌که گونه‌های بادام وحشی چنین علائمی را بروز ندادند (Rahmani *et al*., 2003). بروز سوختگی

1. *Prunus dulcis*

حاشیه‌ای در برگ‌های ارقام حساس به شوری به کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی و تجمع یون‌های سمی از قبیل کلر و سدیم نسبت داده شده است (Karakas *et al*., 2000). بررسی‌ها نشان داده که شوری علاوه بر تأثیر بر خصوصیات مورفولوژیکی، بر شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهان نیز تأثیرگذار است (Shibili *et al*., 2003; Massai *et al*., 2004; Momenpour *et al*., 2018; Liu *et al*., 2018).

Shibili *et al*. (2003) با بررسی اثر شوری بر روابط آبی و محتوای یونی بادام تلخ گزارش کردند که پتانسیل اسمزی شیره یاخته‌ای برگ از منفی ۰/۴ بار در شاهد تا منفی ۱۱/۱ بار در تیمار ۱۰۰ میلی‌مول بر لیتر نمک کلرید سدیم افزایش می‌یابد. Massai *et al*. (2004) با مطالعه اثر سطوح مختلف نمک کلرید سدیم بر هلوی رقم آرمکینگ پیوندشده روی پایه‌های میروبالان Mr.S2/5 و GF_{677} نشان دادند که با افزایش غلظت نمک، محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی در حالت آماس کامل در برگ‌های ترکیب پیوندی 'Arm' /'GF_{677}' کم‌تر از ترکیب پیوندی Arm/Mr.S2/5 کاهش می‌یابد. این محققان علت این امر را افزایش تدریجی یون‌های سدیم با افزایش سطح شوری حتی تا دو برابر نسبت به شاهد در تیمار ۱۲۰ میلی‌مول در لیتر در ترکیب پیوندی اخیر بیان نمودند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که شوری باعث تخریب ساختار کلروپلاست‌ها، کاهش میزان کلروفیل و عدم پایداری ترکیب‌های رنگیزه- پروتئین می‌شود (Heidari Sharif Abad, 2001). اثر شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک نهال‌های انار رقم 'Tunisia'، بررسی و گزارش شد با افزایش شوری محتوی کلروفیل a، b و (a+b) به‌طور معنی‌داری کاهش و نسبت کلروفیل a/b افزایش نشان داد (Liu *et al*., 2018).

مکانیسم‌های مختلفی در جهت تحمل شوری وجود دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به توزیع یکنواخت یون‌های نمکی سمی در داخل واکوئل‌های سلول، تجمع یون‌های متعادل‌کننده اسمزی در داخل سیتوپلاسم، قابلیت کاهش جذب کلر یا سدیم توسط ریشه‌ها و عدم انتقال کلر یا سدیم به قسمت‌های هوایی اشاره کرد (Mahajan & Tuteja, 2005; Szczerba *et al*., 2008; Szczerba *et al*., 2009). Mastrogiannidou *et al*. (2016) پاسخ انار رقم 'Wonderful' را به شوری ایجادشده توسط نمک‌های NaCl، KCl و Na_2So_4 بررسی و گزارش کردند، مقادیر بالای نمک منجر به کاهش معنی‌دار مقدار نیتروژن و پتاسیم در برگ گیاهان شد. Ibrahim (2016) به‌منظور 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 شرایط گلخانه انجام داد. در این آزمایش رقم 'Wonderful' نسبت به 'Manfalouty' تحمل بیش‌تری نسبت به شوری نشان داد. آنالیز شیمیایی برگ‌های بالغ دو رقم انار نشان داد که رقم 'Wonderful' نسبت به 'Manfalouty' دارای مقادیر بالاتری N، K، Mg، Fe و Zn بود. در آزمایش دیگری اثر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر غلظت و توزیع یون‌ها در قلمه‌های ریشه‌دار شده سه رقم تجاری انار به نام‌های 'آلک ترش'، 'ملس ترش' و 'ملس شیرین' مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد با افزایش غلظت کلرور سدیم، غلظت‌های سدیم، کلر و پتاسیم در بافت‌ها افزایش ولی غلظت کلسیم، منیزیم و نیتروژن کاهش یافت. بر اساس نتایج این آزمایش، قلمه‌های انار تا سطح ۴۰ میلی‌مولار، سدیم را در سلول‌های ریشه انباشته کرده و از انتقال آن به بخش‌های هوایی گیاه ممانعت کردند. با این وجود در شوری‌های بالاتر، به‌علت اشباع‌شدن ظرفیت سلول‌های ریشه از سدیم، انتقال این عنصر از ریشه به سمت اندام‌های هوایی

صورت گرفت (Naeini *et al*., 2005).

علی‌رغم ارایه وجود اطلاعاتی در زمینه تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و تغییرات غلظت عناصر غذایی انار، ارقام و ژنوتیپ‌های فراوانی وجود دارند که هنوز مورد بررسی قرار نگرفته‌اند، لذا لازم است که ارقام و ژنوتیپ‌های بیش‌تری در جهت تحمل به شوری مورد بررسی قرار گیرند تا در نهایت اطلاعات حاصل از مجموع پژوهش‌ها انجام‌شده منجر به معرفی متحمل‌ترین ارقام و ژنوتیپ‌ها به شوری شود. بنابرین این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی برخی از ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده انار از مناطقی با آب و خاک شور و انتخاب متحمل‌ترین ژنوتیپ(ها) به شوری برای استفاده به‌عنوان پایه در پژوهش‌ها آتی انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. تهیه موادگیاهی و شرایط آزمایش

این پژوهش در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور ژنوتیپ در چهار سطح و شوری آب آبیاری در پنج سطح و با چهار تکرار در سال ۹۷-۱۳۹۶ در سایت مرکز ملی تحقیقات شوری انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل 'وحشی بابلسر'، 'ترک لاسجرد سمنان'، 'چاه افضل' و ' وشیک ترش سروان ' و شوری آب آبیاری شامل ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، بودند. به‌منظور انجام این تحقیق، ابتدا از گیاهان مادری واقع در کلکسیون ذخایر ژنتیکی انار در مرکز پژوهش‌ها کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، قلمه‌های خشبی به طول ۳±۲۷ سانتی‌متر و قطر ۱±۱۰ میلی‌متر در دهه سوم بهمن‌ماه ۱۳۹۶ تهیه شد. قابل ذکر است که این گیاهان از مناطقی با آب و خاک شور جمع‌آوری شده بودند و در کلکسیون این مرکز کشت شده بودند. سپس قلمه‌ها به‌مدت پنج ثانیه در محلول ایندول بوتریک اسید با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار گرفتند و در کیسه‌های پلاستیکی حاوی ماسه کشت و در داخل گلخانه ریشه‌دار شدند. سپس قلمه‌های ریشه‌دارشده یکنواخت و یک‌اندازه 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 (Momenpour *et al*., 2015 d; Okhovatian-Ardakani *et al*., 2010).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

ویژگی	نماد	مقدار	ویژگی	نماد	مقدار
رطوبت اشباع (٪)	S.P	۳۸/۰۵	شن (٪)	Sand	۴۷
رطوبت ظرفیت زراعی (٪)	FC	۲۶/۳	سیلت (٪)	Silt	۳۵
رطوبت نقطه پژمردگی (٪)	PWP	۱۳/۵۰	رس (٪)	Clay	۱۸
شوری ($dS.m^{-1}$)	EC	*۶/۴۸	بافت	Texture	لوم
واکنش خاک	pH	۷/۷۷	پتاسیم قابل جذب (mg.kg خاک)	$K_{avr.}$	۲۲۷
نیتروژن (٪)	N	۰/۱۰	فسفر قابل جذب (mg.kg خاک)	$P_{avr.}$	۱۴/۴۹
کربن آلی (٪)	O.C	۱/۰۱			

*: 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 دسی-زیمنس بر متر، کاهش یافت.

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

ارقام	ارتفاع شاخه اصلی (cm)	قطر شاخه اصلی (mm)	تعداد انشعابات	تعداد برگ
وشیک ترش سراوان	۲۷/۴۴	۲/۳۸	۳/۶	۵۹/۱۵
چاه افضل	۳۳/۸	۲/۸۵	۳/۲	۷۴/۲
نرک لاسجرد سمنان	۲۳/۷۸	۲/۸۷	۳/۳۵	۳۸
وحشی بابلسر	۱۷/۰۵	۲/۵۸	۲/۷	۸۹/۱

۲. ۲. اعمال تیمار تنش شوری

به‌منظور اعمال تیمارهای شوری ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس‌برمتر، از آب بسیار شور منطقه عقدا، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین، برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. به این منظور، ابتدا گیاهان با تیمارهای 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 دسی‌زیمنس‌برمتر تیمار شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه[2]، 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 آبشویی، انجام می‌شد. 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 (Munns & Tester, 2008). زمانی که ۵۰ درصد آب قابل استفاده گیاه مصرف شده بود، مجدداً آبیاری انجام می‌شد و در هر مرتبه آبیاری حدود ۲/۱±۰/۱ لیتر آب به گلدان‌ها داده می‌شد به‌طوری‌که 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 به‌دلیل 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 به‌مدت 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. به‌منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها، پس از هرنوبت آبیاری، هدایت الکتریکی و حجم زه آب خروجی ۳۳ درصد گلدان‌ها (یک تکرار از هر رقم در هر تیمار) اندازه‌گیری می‌شد. همچنین به‌منظور کنترل بیش‌تر رعایت آبشویی، 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 آبشویی به‌طور میانگین ۳±۲۱٪ بود.

1. Filed capacity

جدول ۳. ویژگی‌های کیفی آب بسیار شور منطقه عقدا پس از رقیق‌شدن به نسبت ۱ به ۲۰ با آب شهری

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	واکنش آب (pH)	سدیم (mg.l)	کلر (mg.l)	کلسیم (mg.l)	منیزیم (mg.l)	بی‌کربنات (mg.l)	کربنات (mg.l)	سولفات (mg.l)
۲۵/۱	۷/۹۱	۲۱۱/۳	۲۲۳/۱۱	۲۲/۰۵	۲۹/۵۲	۲/۷۷	۰	۱۹/۵

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

تیمارهای شوری آب ($dS.m^{-1}$)	شوری خاک ($dS.m^{-1}$)	واکنش خاک (pH)
۱	۱/۵۱	۷/۵۷
۳	۳/۷۷	۷/۵۶
۵	۶/۱۵	۷/۶۰
۷	۹/۲۹	۷/۶۹
۹	۱۲/۵۹	۷/۷۷

۲. ۳. اندازه‌گیری صفات

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 یاداشت گردید و مجدداً صفات مورد نظر در پایان آزمایش اندازه‌گیری شدند و مقادیر افزایش یافته محاسبه گردید (Momenpour *et al*., 2015 a; Momenpour *et al*., 2015 c). به‌منظور اندازه‌گیری درصد برگ‌های نکروزه، در پایان آزمایش تعداد برگ‌های نکروزه شمارش و بر تعداد کل برگ‌ها تقسیم شدند. همچنین به‌منظور اندازه‌گیری درصد برگ‌های ریزش‌یافته، در طول مدت آزمایش، تعداد برگ‌های ریزش‌یافته تا پایان آزمایش یادداشت و بر تعداد کل برگ‌ها تقسیم شدند. درصد برگ‌های سبز گیاهان از طریق تفاضل درصد کل برگ‌ها از (درصد برگ‌های ریزش‌یافته+ درصد برگ‌های نکروزه) محاسبه شدند (Momenpour *et al*., 2018).

به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ‌ها، شاخه اصلی و انشعابات شاخه اصلی، برگ‌ها، شاخه اصلی و انشعابات شاخه اصلی در پایان آزمایش از گیاهان جدا و وزن شدند و سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک ریشه، پس از خارج نمودن آن‌ها از داخل خاک، ریشه‌ها از محل اتصال آن‌ها به طوقه جدا و کاملاً با آب مقطر شست‌وشو داده شدند و بعد از حذف رطوبت اضافی، وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک ریشه‌ها محاسبه شد (Momenpour & Imani, 2018). به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان، هشت برگ از قسمت بالایی شاخه (واقع در گره‌های پنجم و 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 (Momenpour *et al*., 2018).

شاخص کلروفیل با استفاده از کلروفیل‌متر مدل (Spad 502 Minolota) اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل‌های a، b و کل، ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ‌های شاخه اصلی توزین و در هاون چینی توسط استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. از محلول فوقانی حاصل پس از عمل سانتریفیوژ برای اندازه‌گیری کلروفیل استفاده شد و میزان جذب نور برای کلروفیل a وb به‌ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل DR2000)، اندازه‌گیری شد (Arnon, 1949).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، از هر گیاه چهار برگ کامل از قسمت بالایی شاخه (واقع در گره‌های پنجم و ششم انتهای شاخه اصلی)، انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا آماس نمایند. بعد از خارج‌کردن برگ‌ها از آب مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد (TW). سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک (DW) آن‌ها اندازه‌گیری شوند. در نهایت میزان نسبی آب برگ از طریق رابطه (۱) محاسبه شد (Yamasaki & Dillenburg, 1999):

رابطه ۱) $RWC= [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100$

به‌منظور اندازه‌گیری نشت یونی نسبی، ۰/۵گرم برگ از هر رقم جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شدند و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت 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 به‌وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً به‌مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی طبق فرمول (LT/LO)×۱۰۰ محاسبه شد (Lutts *et al*., 1995).

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، پس از اتمام دوره آزمایش، برگ‌ها جدا شدند و پس از شست‌وشوی دقیق، به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به‌صورت پودر درآورده 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 (Jenway, PFP7, England) اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

به‌منظور اندازه‌گیری کلر، ۰/۱ گرم از برگ‌های خشک‌شده در آون با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و سپس به ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شدند. به نمونه‌ها ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر جوش اضافه‌شد و سپس به‌مدت 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 نیترات‌نقره ۰/۰۵ نرمال تا ظهور رنگ قرمزآجری تیتر شدند. مقدار نیترات نقره مصرفی برای نمونه‌ها یادداشت و درصد کلر با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Karimi & Hasanpour, 2014):

رابطه ۲) درصد کلر =

$$\frac{\text{حجم کل} \times ۱۰۰ \times ۳۵/۵ \times \text{نرمالیته نیترات نقره} \times \text{نیترات نقره مصرفی}}{\text{وزن نمونه} \times \text{حجم عصاره} \times ۱۰۰}$$

۲. ۴. تجزیه آماری

تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار MSTATC (ورژن ۱۰. ۲)، صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. اثر برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر صفات موفولوژیک اندازه‌گیری‌شده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر ارتفاع شاخه در سطح احتمال ۱ درصد و بر قطر شاخه، تعداد انشعابات و تعداد برگ در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۵).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۵)، میزان قطر نهایی شاخه و میزان افزایش آن در طی دوره اعمال تیمارها، با افزایش غلظت شوری آب آبیاری، در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت به‌طوری‌که کم‌ترین قطر شاخه در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. میزان کاهش قطر شاخه در ژنوتیپ‌های 'چاه افضل'، 'نرک لاسجرد سمنان' و ' وحشی بابلسر' معنی‌دار نبود و تنها کاهش قطر در ژنوتیپ وشیک ترش سروان که با تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شده بودند، معنی‌دار بود. در طی دوره اعمال تیمارها، در این ژنوتیپ و در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر قطر شاخه اصلی تنها ۰/۲۵ میلی‌متر افزایش یافته بود.

نتایج نشان داد میزان ارتفاع نهایی شاخه اصلی و میزان افزایش آن در طی دوره اعمال تیمارها، با افزایش شوری آب آبیاری در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. میزان کاهش ارتفاع در ژنوتیپ‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. کاهش ارتفاع شاخه اصلی در ژنوتیپ‌های 'وشیک ترش سراوان' و 'نرک لاسجرد سمنان' در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ‌های 'چاه افضل' و 'وحشی بابلسر' در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۵). هر چند در تمامی ژنوتیپ‌ها میزان کاهش ارتفاع شاخه اصلی در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود اما در طی دوره اعمال تنش شوری در ژنوتیپ 'چاه افضل' و در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع شاخه اصلی ۱۰/۸۱ سانتی‌متر افزایش یافته بود در حالی‌که میزان افزایش ارتفاع شاخه اصلی در این سطح از شوری در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' تنها ۲/۱۰ سانتی‌متر بود. ارتفاع بوته به‌شدت به محیط رشد وابسته است. ازآنجاکه پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (Munns & Tester, 2008). تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها شده و طویل‌شدن آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل‌شدن آن‌ها به کندی صورت می‌گیرد (Munns & Tester, 2008).

همان‌طورکه از جدول ۵ مشاهده می‌شود تعداد انشعابات تولیدی در گیاهان تحت تأثیر تیمار تنش شوری بود. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، تعداد انشعابات تولیدی در طی دوره اعمال تیمارها، با افزایش غلظت شوری آب آبیاری، کاهش یافت به‌طوری‌که کم‌ترین تعداد انشعابات افزایش یافته در طی دوره اعمال تنش شوری در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' و در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. تعداد انشعابات تولیدی در این سطح از شوری، در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' به‌طور میانگین ۱/۴ بود.

جدول ۵. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیک

رقم	سطوح شوری ($dS.m^{-1}$)	ارتفاع نهایی (cm)	افزایش ارتفاع شاخه اصلی (cm)	تعداد انشعابات نهایی	تعداد انشعابات افزایش‌یافته	قطر نهایی شاخه اصلی (mm)	افزایش قطر شاخه اصلی (mm)
Pr > F	–	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۴۳۳>	۰/۰۴۶۸>	۰/۰۴۸۵>	۰/۰۲۸۴>
وشیک ترش سروان	۱	۴۳/۳۵cd	۱۳/۰۷ab	۶/۷۵a-c	۳/۵۰cd	۳/۴۱a	۱/۰۴a
وشیک ترش سروان	۳	۴۲/۳۷d	۱۲/۳۲bc	۷/۲۵a-c	۳/۰۰d	۳/۵۵a	۰/۹۱ab
وشیک ترش سروان	۵	۳۶/۳۲e	۹/۲۶e-g	۶/۲a-c	۲/۴۰d	۳/۱۸a	۰/۸۰ab
وشیک ترش سروان	۷	۳۱/۸۵f	۶/۴۵hi	۵/۷۵a-c	۲/۲d	۲/۹۵ab	۰/۶۷ab
وشیک ترش سروان	۹	۲۶/۵۰gh	۲/۱۰k	۴/۵۰d	۱/۴e	۲/۴۰b	۰/۲۵b
چاه افضل	۱	۴۸/۸۵a	۱۴/۹۰a	۷/۰۰a-c	۴/۰۰cd	۳/۹۵a	۱/۰۴a
چاه افضل	۳	۴۹/۹۵a	۱۴/۹۲a	۷/۲۵a-c	۴/۰۰cd	۳/۸۵a	۱/۰۴a
چاه افضل	۵	۴۷/۹۶ab	۱۴/۰۹ab	۷/۲۳a-c	۳/۷۰cd	۳/۹۰a	۱/۰۱ab
چاه افضل	۷	۴۵/۷۵bc	۱۲/۰۸b-d	۶/۷۵a-c	۳/۵۰cd	۳/۸۳a	۰/۹۹ab
چاه افضل	۹	۴۲/۲۸d	۱۰/۸۱c-e	۶/۲۵a-c	۳/۳۰d	۳/۶۵a	۰/۸۷ab
نرک لاسجرد سمنان	۱	۳۶/۱۲e	۱۰/۱۷d-f	۶/۷۵a-c	۴/۲۵b-d	۳/۸۱a	۰/۹۹ab
نرک لاسجرد سمنان	۳	۳۶/۴۵e	۱۰/۰۷d-f	۷/۵۰a-c	۳/۹۰cd	۳/۸۶a	۱/۰۵a
نرک لاسجرد سمنان	۵	۳۳/۱۲f	۹/۰۹e-g	۶/۵۰a-c	۳/۲d	۳/۹۰a	۰/۹۸ab
نرک لاسجرد سمنان	۷	۲۹/۰۲g	۷/۱۵gh	۵/۷bc	۲/۴۵d	۳/۶۳a	۰/۸۶ab
نرک لاسجرد سمنان	۹	۲۵/۶۵hi	۴/۹۸ij	۵/۵۰c	۲/۲۰d	۳/۲۴a	۰/۶۵ab
وحشی بابلسر	۱	۲۶/۱۰h	۸/۳۲f-h	۱۰/۰۰ab	۷/۵۵a	۳/۳۳a	۰/۷۳ab
وحشی بابلسر	۳	۲۶/۴۷gh	۸/۷۰e-g	۱۰/۲۵a	۷/۹۵a	۳/۳۷a	۰/۷۱ab
وحشی بابلسر	۵	۲۵/۳۰hi	۸/۰۵f-h	۹/۹۰ab	۷/۲۰a	۳/۳۵a	۰/۶۸ab
وحشی بابلسر	۷	۲۳/۲۰i	۶/۱i	۹/۷۰ab	۶/۷۵ab	۳/۰۷a	۰/۴۹ab
وحشی بابلسر	۹	۲۰/۰۱j	۴/۲۶j	۹/۰۵ab	۶/۲۰a-c	۲/۸۷ab	۰/۴۰ab

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر درصد برگ‌های نکروزه، ریزش‌یافته و سبز در سطح احتمال ۱ درصد و بر تعداد برگ گل، تعداد برگ افزایش‌یافته طی دوره اعمال تنش شوری و سطح برگ کل در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۶).

نتایج حاصل از بررسی تعداد برگ کل تحت اعمال تنش شوری نشان داد که تعداد برگ‌های گیاهان با افزایش غلظت شوری کاهش یافت ولی میزان کاهش در تعداد برگ‌ها در بین ژنوتیپ‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیش‌ترین میزان برگ در گیاهان شاهد ژنوتیپ 'وحشی بابلسر' (۲۹۰/۷۰ برگ)، و کم‌ترین مقدار آن در ژنوتیپ‌های 'وشیک ترش سراوان' تحت تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر (۱۰۵/۷۵ برگ) مشاهده شد. میزان کاهش در تعداد برگ کل در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' در سطوح ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و در

ژنوتیپ 'وحشی بابلسر' در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود درحالی‌که میزان کاهش در تعداد برگ ژنوتیپ‌های 'نرک لاسجرد سمنان' و 'چاه افضل' نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۶). هرچند کاهش در تعداد برگ کل در ژنوتیپ 'نرک لاسجرد سمنان' در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود، اما تعداد برگ‌های تولیدشده در این ژنوتیپ در طی دوره اعمال تنش شوری در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافته بود. پژوهش‌های انجام‌یافته، نشان می‌دهند که شاخص‌های مورفولوژیک انار و سایر درختان با افزایش شوری، کاهش می‌یابند. تنش شوری همانند خشکی به‌دلیل دخالت سازوکار اسمزی، سبب محدودیت دسترسی به آب شده و به سرعت باعث کاهش روند رشد گیاه همراه با تغییرات متابولیکی می‌شود که شبیه به تأثیرات تنش خشکی است (Naeini *et al*., 2005; Ibrahim, 2016; Tavousi *et al*., 2016; Momenpour & Imani, 2018; Momenpour *et al*., 2018).

نتایج حاصل از بررسی برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر درصد برگ‌های سبز، برگ‌های نکروزه و برگ‌های ریزش‌یافته نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، درصد برگ‌های سبز کاهش و درصد برگ‌های نکروزه و ریزش‌یافته، افزایش یافت (جدول ۶). درصد برگ‌های ریزش‌یافته و نکروزه‌شده در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۱۳/۸۷ و ۳۵/۴۷ درصد) بود به‌طوری‌که در پایان آزمایش تنها ۵۰/۶۶ درصد از برگ‌ها سبز بودند. در ژنوتیپ‌های 'وحشی بابلسر' و 'نرک لاسجرد سمنان' به‌ترتیب (۸۱/۴۱ و ۸۶/۱۹ درصد) از برگ‌ها سبز بودند. بیش‌ترین درصد برگ‌های سبز در سطوح شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به‌میزان (۹۵/۹۴ و ۹۳/۷۷ درصد) در ژنوتیپ 'چاه افضل' مشاهده شد. در این ژنوتیپ درصد برگ‌های سبز تنها در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافته بود (جدول۶). با توجه به میزان آسیب‌های ظاهری، ژنوتیپ 'چاه افضل' دارای وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های بررسی‌شده در این پژوهش بود به‌طوری‌که در این ژنوتیپ، میزان ریزش برگ در سطوح بالای شوری نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود. این نتایج با نتایج Rahemi *et al.* (2008) و Momenpour *et al.* (2018)، مطابقت داشت. صدمات اصلی سدیم در ارتباط با انباشت یون سدیم در بافت برگ می‌باشد و نتیجه‌اش نکروزه 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 به میزان انباشت این یون، آشکار می‌شود که علاوه بر صدمات اسمزی در گیاهان می‌باشد (Munns, 2002).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۷). وزن تر و خشک اندام هوایی در تمامی ژنوتیپ‌های موردمطالعه، با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن، کاهش یافت. میزان کاهش در وزن تر اندام هوایی در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' در سطوح ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ 'وحشی بابلسر' در سطح ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود. کاهش وزن اندام هوایی در ژنوتیپ‌های 'چاه افضل' و 'نرک لاسجرد سمنان' در سطوح شوری ۷ و ۹

دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۷). این نتایج حاکی از آن است که ژنوتیپ‌های ’چاه افضل‘ و ’نرک لاسجرد سمنان‘ در شرایط اعمال تنش شوری خصوصیات رشدی خود را بهتر حفظ کردند و تحمل آنها نسبت به تنش شوری از سایر ژنوتیپ‌های بررسی‌شده در این تحقیق، بیش‌تر بود. این نتایج با نتایج Okhovatian-Ardakani *et al.* (2010)، مطابقت داشت. در این مطالعه نیز به عکس‌العمل متفاوت ارقام مختلف انار نسبت به تنش شوری، اشاره شده است.

نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن در تمامی ژنوتیپ‌های بررسی‌شده، افزایش یافت. بیش‌ترین نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی در گیاهانی که با شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شده بودند، مشاهده شد. گزارش شده است، در شرایط تنش شوری، میزان فتوسنتز در گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش می یابد که منتج به کاهش در ماده‌سازی و میزان رشد اندام هوایی می‌شود. از طرفی تأثیر تنش شوری بر میزان کاهش در رشد ریشه معمولاً کمتر از رشد ساقه می باشد (Ruiz-Sanchez et al., 2010; Momenpour & Imani, 2018; Momenpour *et al*., 2018).

جدول ۶. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و آسیب‌های ظاهری

رقم	سطوح شوری ($dS.m^{-1}$)	تعداد برگ کل	تعداد برگ افزایش‌یافته شاخه اصلی	برگ‌های نکروزه (٪)	برگ‌های ریزش‌یافته (٪)	برگ‌های سبز (٪)	سطح برگ کل (cm^2)
Pr > F	–	۰/۰۲۵۱>	۰/۰۲۳۴>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۳۶۵>
وشیک ترش سروان	۱	۱۸۸/۲۵cd	۲۳/۰۰ab	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۵/۵۷b
وشیک ترش سروان	۳	۱۹۱/۲۰cd	۲۲/۵۰ab	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۵/۵۸b
وشیک ترش سروان	۵	۱۷۹/۲۵c-e	۱۸/۷۰ab	۷/۰۴ef	۱/۷۱e	۹۱/۲۵cd	۴/۸۶bc
وشیک ترش سروان	۷	۱۴۸/۵۰e	۸/۲۵cd	۲۳/۹۸b	۵/۷۰b	۷۰/۳۲g	۳/۰۵e
وشیک ترش سروان	۹	۱۰۵/۷۵f	۲/۷۵d	۳۵/۴۷a	۱۳/۸۷a	۵۰/۶۶h	۱/۴۳f
چاه افضل	۱	۲۱۹/۲۵a-c	۲۴/۵۰a	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۶/۹۷a
چاه افضل	۳	۲۲۱/۷۵a-c	۲۵/۳a	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۷/۰۶a
چاه افضل	۵	۲۱۸/۵۰a-c	۲۴/۴a	۲/۲۸hi	۰/۰۰f	۹۷/۷۲a	۷/۰۱a
چاه افضل	۷	۲۱۳/۵۰a-c	۲۰/۸ab	۳/۱۱gh	۱/۰۵ef	۹۵/۸۴ab	۶/۵۹a
چاه افضل	۹	۱۹۹/۲۵b-d	۱۵/۸bc	۵/۱۰fg	۱/۱۳ef	۹۳/۷۷bc	۶/۰۷ab
نرک لاسجرد سمنان	۱	۱۶۰/۷۰de	۲۲/۵۰ab	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۴/۳۰cd
نرک لاسجرد سمنان	۳	۱۶۳/۲۰c-e	۲۲/۴۰ab	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۴/۴۶cd
نرک لاسجرد سمنان	۵	۱۵۷/۰۰de	۲۱/۲۵ab	۲/۶۲h	۰/۰۰f	۹۷/۳۷a	۴/۲۹cd
نرک لاسجرد سمنان	۷	۱۵۱/۵۰de	۱۹/۰۰ab	۶/۴۲e-g	۱/۷۳e	۹۱/۸۵cd	۳/۸۴d
نرک لاسجرد سمنان	۹	۱۳۹/۴۰e	۱۱/۰۰c	۱۰/۷۴d	۳/۰۸cd	۸۶/۱۹e	۳/۲۲e
وحشی بابلسر	۱	۲۸۶/۷۵ab	۲۰/۷۵ab	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۴/۹۵bc
وحشی بابلسر	۳	۲۹۰/۷۰a	۲۱/۰۰ab	۰/۰۰i	۰/۰۰f	۱۰۰/۰۰a	۴/۹۸bc
وحشی بابلسر	۵	۲۸۵/۰۰ab	۱۹/۵۰ab	۱/۹۲hi	۰/۳۶f	۹۷/۷۲a	۴/۷۷bc
وحشی بابلسر	۷	۲۵۱/۷۰a-c	۱۴/۰۰bc	۸/۲۴e	۲/۰۴de	۸۹/۷۲d	۳/۵۴de
وحشی بابلسر	۹	۲۱۰/۳۰b-d	۷/۵۰cd	۱۵/۳۲c	۳/۲۷c	۸۱/۴۱f	۲/۳۰ef

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.

جدول ۷. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر تغییرات وزن اندام‌های هوایی و ریشه

رقم	سطوح شوری ($dS.m^{-1}$)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن خشک اندام هوایی (gr)	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی
Pr > F	–	۰/۰۳۳۹>	۰/۰۴۰۹>	۰/۰۴۵۶>	۰/۰۳۸۵>	۰/۰۳۰۵>
وشیک ترش سروان	۱	۵۸/۰۷a-c	۳۱/۷۴bc	۹/۹۷cd	۴/۷۳b	۰/۱۷cd
وشیک ترش سروان	۳	۵۸/۰۸a-c	۳۲/۰۰bc	۹/۷۲cd	۴/۶۴b	۰/۱۷cd
وشیک ترش سروان	۵	۵۲/۸۸b-e	۳۰/۴۷b-d	۹/۱۰d	۴/۳۸bc	۰/۱۸bc
وشیک ترش سروان	۷	۴۵/۷۱d-f	۲۷/۸۸c-e	۸/۷۴e	۴/۲۵bc	۰/۲۰bc
وشیک ترش سروان	۹	۳۹/۸۶ef	۲۵/۸۹de	۸/۵۲e	۴/۱۱c	۰/۲۲ab
چاه افضل	۱	۶۰/۴۱ab	۳۴/۲۳a	۱۳/۱۹a	۶/۶۶a	۰/۲۲ab
چاه افضل	۳	۶۰/۶۵a	۳۴/۳۶a	۱۳/۶۲a	۶/۸۱a	۰/۲۲ab
چاه افضل	۵	۵۹/۶۱ab	۳۴/۰۵a	۱۲/۸۱a	۶/۵۰a	۰/۲۲ab
چاه افضل	۷	۵۷/۴۲a-c	۳۳/۳۵ab	۱۲/۵۰ab	۶/۳۷a	۰/۲۳a
چاه افضل	۹	۵۵/۱۰a-d	۳۲/۱۲a-c	۱۲/۴۴ab	۶/۳۳a	۰/۲۳a
نرک لاسجرد سمنان	۱	۴۷/۰۸c-f	۲۵/۲۳de	۸/۵۴e	۴/۳۰bc	۰/۱۸bc
نرک لاسجرد سمنان	۳	۴۶/۹۰c-f	۲۵/۱۹de	۸/۶۰e	۴/۳۱bc	۰/۱۸bc
نرک لاسجرد سمنان	۵	۴۴/۹۹d-f	۲۴/۶۲de	۸/۳۱e	۴/۲۴bc	۰/۱۸bc
نرک لاسجرد سمنان	۷	۴۲/۶۱ef	۲۳/۹۲e	۸/۰۰ef	۴/۱۱c	۰/۱۹bc
نرک لاسجرد سمنان	۹	۳۹/۷۵f	۲۲/۹۷e	۷/۷۷ef	۴/۰۴c	۰/۲۰bc
وحشی بابلسر	۱	۵۱/۶۴b-e	۲۷/۹۳b-e	۸/۰۰ef	۳/۹۸cd	۰/۱۵c
وحشی بابلسر	۳	۵۱/۳۱b-e	۲۷/۸۴b-e	۷/۸۷ef	۳/۹۳cd	۰/۱۵c
وحشی بابلسر	۵	۴۸/۹۳c-f	۲۷/۰۵b-e	۷/۵۵f	۳/۸۰d	۰/۱۶c
وحشی بابلسر	۷	۴۳/۷۲ef	۲۵/۲۱de	۷/۲۲f	۳/۶۷d	۰/۱۷cd
وحشی بابلسر	۹	۳۷/۶۰f	۲۲/۶۴e	۶/۶۹g	۳/۵۹d	۰/۱۸bc

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.

۳. ۲. اثر برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر شاخص کلروفیل، محتوی کروفیل a، b و کل، درصد نشت یونی نسبی و درصد رطوبت نسبی برگ در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۸).

محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها با اعمال تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها از ۹۰/۷۲ درصد در برگ‌های گیاهان شاهد ژنوتیپ 'چاه افضل' تا ۴۷/۰۷ درصد در برگ‌های ژنوتیپ 'وشیک ترش سروان' که با شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شده بودند، کاهش یافت. در مجموع، بیش‌ترین

میزان کاهش در محتوی رطوبت نسبی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های 'وشیک ترش سروان' ، 'وحشی بابلسر' و 'نرک لاسجرد سمنان' مشاهده شد. ژنوتیپ 'چاه افضل' کم‌ترین میزان کاهش در محتوی رطوبت نسبی برگ را نشان داد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج Shibili *et al.* (2003) و Massai *et al.* (2004) مطابقت داشت. شوری از طریق انباشت تدریجی یون‌های سدیم باعث کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی شیره یاخته‌ای برگ در حالت آماس کامل می‌شود.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت نمک، افزایش یافت. میزان افزایش درصد نشت یونی نسبی در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیش‌ترین درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های ژنوتیپ 'وشیک ترش سروان ' و تحت تیمار ۹ دسی‌زیمنس بر متر (۶۱/۲۰ درصد)، مشاهده شد. درصد نشت یونی نسبی در برگ‌های ژنوتیپ 'وشیک ترش سروان ' در سطوح شوری ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته بود درحالی‌که در سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده میزان افزایش در محتوی نشت یونی نسبی برگ‌ها در سطوح ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۸).

همان‌طورکه از جدول ۸ مشاهده می‌شود، محتوی کلروفیل a، b و کل و شاخص کلروفیل، در برگ‌های ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش سطوح شوری کاهش یافت. محتوی کلروفیل a، کلروفیل کل و شاخص کلروفیل در ژنوتیپ 'وشیک ترش سروان ' با افزایش سطح شوری به ۵ دسی‌زیمنس بر متر و بالاتر از آن به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت درحالی‌که کاهش در محتوی کلروفیل کل در ژنوتیپ 'وحشی بابلسر' در سطوح شوری ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر و محتوی کلروفیل a و شاخص کلروفیل در ژنوتیپ‌های 'نرک لاسجرد سمنان' و 'وحشی بابلسر' در سطوح شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود. در ژنوتیپ 'چاه افضل' محتوی کلروفیل a و کلروفیل کل تنها در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافته بود. نتایج حاصل از این بخش با نتایج Ebrahim (2016)، مطابقت داشت. هموستازی یونی در محیط‌های تحت تنش شوری، دلیل فزونی سدیم و کلر به‌عنوان یون‌های سمیت‌زا و حلالیت شدید آن‌ها در آب، جذب سریع و انتقال آن‌ها با جریان تعرق است که باعث بازدارندگی از رشد و فتوسنتز و سایر فرآیندهای گیاهی می‌شود. همچنین، می‌توان کاهش کلروفیل و به‌طورکلی فتوسنتز را به کمبود یون پتاسیم در سلو ل‌های برگ فتوسنتزکننده نسبت داد (Guo & Tang, 1999). در اثر تنش شوری، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد که دلیل آن فعالیت بیش‌تر آنزیم کلروفیلاز گزارش شده است. برخی تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن موجب تحریک این آنزیم می‌شوند و در اثر تنش غلظت این مواد افزایش می‌یابد (Mahajan & Tuteja, 2005; Munns & Tester, 2008).

۳. ۳. اثر برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر غلظت عناصر غذایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر درصد سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت سدیم به پتاسیم برگ در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۹). نتایج حاصل ار مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار سدیم برگ به‌طور معنی‌داری

افزایش یافت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بیش‌ترین غلظت سدیم در برگ‌های ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' و در تیمار شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده شد. غلظت سدیم در برگ‌های ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' در تیمارهای شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده بیش‌تر بود. مقدار سدیم در برگ‌های ژنوتیپ‌های 'وشیک ترش سراوان'، 'وحشی بابلسر'، 'نرک لاسجرد سمنان' و 'چاه افضل' در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۲/۷۲، ۲/۱۸، ۱/۳۵ و ۰/۹۰ درصد)، بود. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک گیاهان مطابقت داشت. ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' که بیش‌ترین تجمع سدیم در برگ را داشت، بیش‌ترین درصد نکروزه‌شدگی و ریزش برگ را نیز دارا بود به‌طوری‌که در پایان آزمایش در این ژنوتیپ تنها ۵۰/۶۶ درصد از برگ‌ها سبز بودند (جدول ۹). در پژوهش‌ها انجام‌شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود (Szczerba *et al*., 2008; Szczerba *et al*., 2009).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، پاسخ‌های متفاوتی در پاسخ به تنش شوری از خود نشان دادند. با افزایش شوری، غلظت پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ 'چاه افضل' تا سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش نشان داد درحالی‌که در برگ‌های ژنوتیپ 'نرک لاسجرد سمنان' تا سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و در برگ‌های ژنوتیپ 'وحشی بابلسر' تا سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش نشان داد و سپس با افزایش بیش‌تر شوری، مقدار پتاسیم در برگ‌های آن‌ها کاهش یافت. افزایش محتوی پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ 'چاه افضل' و پس از آن، ژنوتیپ 'نرک لاسجرد سمنان' از طریق افزایش مقدار پتاسیم در سطوح بالاتر شوری می‌توانند با اثرات منفی و مخرب سدیم مقابله کند (جدول۹). این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک نیز مطابقت داشت. ژنوتیپ 'چاه افضل' که بیش‌ترین تجمع پتاسیم در برگ را داشت، کم‌ترین درصد نکروزه‌شدگی و ریزش برگ را نیز دارا بود به‌طوری‌که در پایان آزمایش در این ژنوتیپ ۹۳/۷۷ درصد از برگ‌ها سبز بودند (جدول ۹). گزارش شده است که پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر می‌باشد و اثرات مخرب سدیم را کاهش می‌دهد (Szczerba *et al*., 2008; Szczerba *et al*., 2009). پتاسیم علاوه بر ایفای نقش اساسی در متابولیسم‌های حیاتی، در شرایط تنش شوری بسیار با اهمیت جلوه می‌کند به‌نحوی که مدیریت کارآمد پتاسیم در مقابل سدیم در گیاه در بقای آن در شرایط شوری اساسی است (Karimi & Hasanpour, 2014). برخی گیاهان توانایی این را دارند که سیتوپلاسم سلول‌های خود را از کاهش شدید مقادیر پتاسیم محافظت کرده و از واکوئل‌ها به‌عنوان مخزنی برای بافرکردن یون پتاسیم بهره ببرند. در همین رابطه گیاهان متحمل توانایی آن را دارند که مقادیر پتاسیم سیتوسولی خود را در حضور کلرید سدیم بهتر حفظ نمایند (Karimi & Hasanpour, 2014).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر نسبت سدیم به پتاسیم برگ معنی‌دار شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، نسبت سدیم به پتاسیم در برگ افزایش یافت ولی مقدار افزایش

آن در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده با یکدیگر اختلاف داشت. افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ 'چاه افضل' در هیچ یک از سطوح شوری نسبت به گیاهان شاهد، معنی‌دار نبود درحالی‌که در ژنوتیپ 'نرک لاسجرد سمنان' در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، در ژنوتیپ 'وحشی بابلسر' در سطوح شوری ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، و در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' در سطوح شوری ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنی‌دار بود. در مجموع، بیش‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' و در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر (۶/۹۷) مشاهده شد (جدول ۹).

جدول ۸. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر تغییرات برخی از صفات فیزیولوژیک

رقم	سطوح شوری ($dS.m^{-1}$)	شاخص کلروفیل	کلروفیل a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل ($mg.g^{-1}$)	محتوی رطوبت نسبی (٪)	محتوی نشت یونی (٪)
Pr > F	–	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>
وشیک ترش سروان	۱	۲۲/۰۷bc	۰/۷۸e	۰/۱۹c-e	۰/۹۷gh	۸۸/۵۲ab	۱۷/۳۷h
وشیک ترش سروان	۳	۲۰/۶۵cd	۰/۷۳ef	۰/۱۹c-e	۰/۹۲h	۸۸/۸۰ab	۱۸/۳۲h
وشیک ترش سروان	۵	۱۷/۱۲ef	۰/۶۷g	۰/۱۷de	۰/۸۴i	۷۹/۵۰cd	۲۴/۷۵de
وشیک ترش سروان	۷	۱۴/۷۵fg	۰/۵۶h	۰/۱۲g	۰/۶۸j	۶۶/۸۲e	۳۵/۴۲b
وشیک ترش سروان	۹	۹/۶۰h	۰/۴۲i	۰/۰۷h	۰/۴۹k	۴۷/۰۷f	۶۱/۲۰a
چاه افضل	۱	۲۵/۱۰a	۰/۹۳a	۰/۲۴a	۱/۱۷ab	۹۰/۷۲a	۱۷/۸۷h
چاه افضل	۳	۲۵/۸۲a	۰/۹۴a	۰/۲۵a	۱/۱۹a	۹۰/۵۶a	۱۷/۹۰h
چاه افضل	۵	۲۴/۳۸ab	۰/۹۲a	۰/۲۳ab	۱/۱۵a-c	۸۸/۱۲ab	۱۸/۱۰h
چاه افضل	۷	۲۱/۹۲bc	۰/۹۰ab	۰/۲۲ab	۱/۱۲b-d	۸۶/۰۴a-c	۲۱/۸۲fg
چاه افضل	۹	۱۹/۷۵c-e	۰/۸۵c	۰/۱۸c-e	۱/۰۳f	۸۲/۱۳cd	۲۵/۲۰d
نرک لاسجرد سمنان	۱	۲۵/۲۸a	۰/۹۲a	۰/۲۰cd	۱/۱۲b-d	۸۹/۷۰ab	۱۹/۳۷f-h
نرک لاسجرد سمنان	۳	۲۵/۰۵a	۰/۹۱a	۰/۲۰cd	۱/۱۱cd	۹۰/۰۰a	۱۹/۲۰gh
نرک لاسجرد سمنان	۵	۲۳/۸۸ab	۰/۹۰ab	۰/۱۹c-e	۱/۰۹de	۸۶/۱۲a-c	۲۱/۴۰fg
نرک لاسجرد سمنان	۷	۲۱/۹۵bc	۰/۸۶bc	۰/۱۶ef	۱/۰۲fg	۸۲/۵۰cd	۲۵/۲۵d
نرک لاسجرد سمنان	۹	۱۹/۰۸de	۰/۸۰de	۰/۱۴fg	۰/۹۴h	۷۸/۷۳d	۳۰/۲۷c
وحشی بابلسر	۱	۲۲/۱۸bc	۰/۸۵c	۰/۱۹c-e	۱/۰۴ef	۸۸/۲۵ab	۱۹/۶۰f-h
وحشی بابلسر	۳	۲۲/۱۰bc	۰/۸۴cd	۰/۱۹c-e	۱/۰۳f	۸۶/۳۴a-c	۱۹/۴۰f-h
وحشی بابلسر	۵	۲۱/۷۲bc	۰/۸۰cd	۰/۱۷de	۰/۹۷gh	۸۵/۰۰bc	۲۲/۲۰ef
وحشی بابلسر	۷	۱۷/۷۳e	۰/۷۰fg	۰/۱۳g	۰/۸۳i	۷۸/۷۸d	۲۹/۸۸c
وحشی بابلسر	۹	۱۳/۷۵g	۰/۵۶h	۰/۰۹h	۰/۶۵j	۷۳/۲۸de	۳۸/۰۰b

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.

جدول ۹. برهمکنش ژنوتیپ و تنش شوری بر تغییرات درصد سدیم، پتاسیم و کلر

رقم	سطوح شوری ($mg.g^{-1}$)	سدیم (٪)	پتاسیم (٪)	کلر (٪)	نسبت سدیم به پتاسیم
Pr > F	–	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>	۰/۰۰۰۱>
وشیک ترش سروان	۱	۰/۱۷k	۰/۶۲h-j	۰/۳۵d-h	۰/۲۷ef
وشیک ترش سروان	۳	۰/۲۶jk	۰/۶۷g-j	۰/۵۵d	۰/۳۸ef
وشیک ترش سروان	۵	۰/۶۳g	۰/۷۵f-i	۰/۸۵c	۰/۸۴d
وشیک ترش سروان	۷	۱/۴۶c	۰/۵۵jk	۱/۴۵b	۲/۶۵b
وشیک ترش سروان	۹	۲/۷۲a	۰/۳۹k	۱/۷۳a	۶/۹۷a
چاه افضل	۱	۰/۱۶k	۰/۶۰ij	۰/۲۷f-h	۰/۲۵ef
چاه افضل	۳	۰/۱۷k	۰/۷۱f-j	۰/۲۹e-h	۰/۲۴ef
چاه افضل	۵	۰/۲۷i-k	۱/۱۳bc	۰/۳۳e-h	۰/۲۶ef
چاه افضل	۷	۰/۴۷h	۱/۲۴ab	۰/۴۰d-f	۰/۳۵ef
چاه افضل	۹	۰/۹۰e	۱/۳۹a	۰/۴۸de	۰/۶۵de
نرک لاسجرد سمنان	۱	۰/۱۵k	۰/۸۲fg	۰/۱۵h	۰/۱۸f
نرک لاسجرد سمنان	۳	۰/۲۲jk	۱/۰۴c-e	۰/۱۸gh	۰/۲۲ef
نرک لاسجرد سمنان	۵	۰/۳۴i-k	۱/۲۷ab	۰/۲۴f-h	۰/۲۷ef
نرک لاسجرد سمنان	۷	۰/۷۲f	۱/۲۹ab	۰/۴۲d-f	۰/۵۵d-f
نرک لاسجرد سمنان	۹	۱/۳۵d	۱/۰۵cd	۰/۵۵d	۱/۲۸c
وحشی بابلسر	۱	۰/۲۱k	۰/۸۱f-h	۰/۱۷gh	۰/۲۶ef
وحشی بابلسر	۳	۰/۳۳i-k	۰/۸۹d-f	۰/۲۵f-h	۰/۳۷ef
وحشی بابلسر	۵	۰/۶۱g	۱/۲۸ab	۰/۳۷d-g	۰/۴۸d-f
وحشی بابلسر	۷	۱/۳۳d	۰/۸۶e-g	۰/۵۴d	۱/۵۴c
وحشی بابلسر	۹	۲/۱۸b	۰/۷۸f-i	۰/۸۷c	۲/۷۹b

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.

کاهش جذب پتاسیم در نتیجه افزایش سدیم، فرآیندی رقابتی است و ارتباطی به نوع نمک غالب در خاک ندارد. مقادیر زیاد سدیم در محیط ریشه علاوه بر این‌که در جذب پتاسیم مداخله می‌کند، بر عمل غشای ریشه نیز مؤثر بوده و حساسیت گیاه را تغییر می‌دهد (Munns, 2002). حفظ سطح کافی پتاسیم و بقای گیاه در محیط‌های شور ضروری است. پتاسیم، برجسته‌ترین عنصر حل‌شونده برای پایین نگه‌داشتن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه و پیش‌نیاز برای تورژسانس سلول‌هاست. تحت شرایط شور و قلیا، زیاد بودن غلظت سدیم نه تنها در جذب پتاسیم توسط ریشه اختلال ایجاد می‌کند، بلکه غشای سلول‌های ریشه و خاصیت انتخابی آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Munns & Tester, 2008). در این تحقیق، افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ 'چاه افضل' از طریق ممانعت در جذب سدیم توسط ریشه‌ها و انتقال آن به اندام‌های هوایی از یک سو و توانایی در افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه‌ها و انتقال آن به برگ‌ها در هیچ‌یک از سطوح شوری نسبت به گیاهان شاهد، معنی‌دار نبود (جدول ۹).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، با افزایش غلظت شوری، مقدار کلر، افزایش یافت ولی مقدار افزایش و تجمع کلر در برگ ژنوتیپ‌های موردمطالعه با یکدیگر اختلاف معنی داری داشت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بیش‌ترین غلظت کلر در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده، در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. مقدار کلر در برگ‌های ژنوتیپ‌های 'وشیک ترش سراوان'، 'وحشی بابلسر'، 'نرک لاسجرد سمنان' و 'چاه افضل' در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب (۱/۷۳، ۰/۸۷، ۰/۵۵ و ۰/۴۸ درصد)، بود. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژک و فیزیولوژیک مطابقت داشت. اختلال در رشد و فتوسنتز تا حد زیادی به تجمع کلر در برگ‌ها مربوط است. تحمل به شوری به میزان جذب و انتقال یون‌ها از ریشه به شاخه بستگی دارد. گیاهانی قابلیت بیش‌تری برای دفع کنندگی یون‌های سدیم و کلر دارند، این عناصر را بیش‌تر در بافت ریشه خود ذخیره می‌کنند (Momenpour *et al*., 2018).

۴. نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. در تمامی ژنوتیپ‌های موردمطالعه، میزان تغییرات در صفات اندازه‌گیری‌شده در سطح شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد (۱ دسی‌زیمنس بر متر) معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه توانسته‌اند این سطح از شوری را به‌خوبی تحمل نمایند. با افزایش بیش‌تر شوری و در سطح ۵ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کاهش رشد در ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار بود که نشان می‌دهد این ژنوتیپ توانایی تحمل این سطح از شوری را نداشته است اما سایر ژنوتیپ‌ها توانستند این مقدار از شوری را تحمل نمایند. در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، بیش‌ترین و کم‌ترین درصد برگ‌های سبز (۹۵/۸۴ و ۷۰/۳۲)، تعداد برگ کل (۲۱۳/۵۰ و ۱۴۸/۵۰)، درصد رطوبت نسبی (۸۴/۰۴ و ۶۶/۸۲)، کلروفیل کل (۱/۱۵ و ۰/۶۸)، درصد پتاسیم (۱/۲۴ و ۰/۵۵)، و کم‌ترین و بیش‌ترین درصد برگ‌های نکروزه (۳/۱۱ و ۲۳/۹۸)، درصد برگ‌های ریزش‌یافته (۱/۰۵ و ۵/۷۰)، درصد نشت یونی (۲۱/۸۲ و ۳۵/۴۲)، درصد سدیم (۰/۴۷ و ۱/۴۶)، درصد کلر (۰/۴ و ۱/۴۵) و نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۳۵ و ۲/۶۵) به ترتیب در ژنوتیپ‌های ژنوتیپ‌های 'چاه افضل' و 'وشیک ترش سراوان' مشاهده شدند. در این پژوهش در مجموع، ژنوتیپ 'چاه افضل' به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری انتخاب شد. این ژنوتیپ توانست از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، به‌خوبی شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل نماید. پس از این ژنوتیپ، ژنوتیپ 'نرک لاسجرد سمنان' تحمل خوبی به شوری از خود نشان داد. در نقطه مقابل، ژنوتیپ 'وشیک ترش سراوان' به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ به شوری شناسایی شد. در مجموع و با توجه به نتایج این تحقیق، ژنوتیپ‌های 'چاه افضل' و 'نرک لاسجرد سمنان' جهت انجام آزمایش‌ها و مطالعات تکمیلی و کاشت به‌عنوان پایه در ایستگاه 'چاه افضل' مرکز ملی پژوهش‌ها شوری انتخاب شدند.

۵. منابع

Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, *24*, 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1.

Emami, A. (1996). *Methods of plant analysis*. Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Institute. 130 Pp. (In Persian)

Fipps, G. (2003). *Irrigation water quality standards and salinity management strategies*. Texas Agricultural Extension Service, Pp 1-18.

Guo, F. O. & Tang, Z. C. (1999). Reduced Na^+ and K^+ permeability of K^+ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat. *Chinese Academy of Sciences*, *44*(9), 816-821.

Heiydari Sharif Abad, H. (2001). *Plant and salinity*. Research Institute of Forests and Rangelands. 71 Pp. (In Persian).

Ibrahim, H. I. M. (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.

Karakas. B., Bianco, R.L. & Rieger, M. (2000). Association of marginal leaf scorches with sodium accumulation in salt-stressed peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *35*(1), 83-84. DOI: https:// DOI.org/10.21273/HORTSCI.35.1.83.

Liu, C., Ming, Y., Xianbin, H. & Zhaohe, Y. (2018). Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) cuttings. *Pakistan Journal of Botany*, *50*(2), 457-464.

Lutts, S., Kinet, J.M. & 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*, 1843-1852. https:// doi.org/10.1093/jxb/46.12.1843.

Karimi, H.R. & 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, 1937-1951. https://idosi.org/jhsop/3(3)11/7.

Maas, E. V. & Hoffman, G. J. (1977) Crop salt tolerance: current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *103*(2), 115- 134.

Mahajan, Sh. & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *444*(2), 139-158. DOI: 10.1016/j.abb.2005.10.018.

Massai, R., Remorni, D. & 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*(1-2), 153-162.

Mastrogiannidou, E., Chatzissavvidis, C., Antonopoulou, C., Tsabardoukas, V., Giannakoula, A. & Therios, I. (2016). Response of pomegranate cv. wonderful plants to salinity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *16*(3),621-636. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000032.

Momenpour, A. & Imani, A. (2018). Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. *Advances in Horticultural Science*, *32*(2), 249-264. DOI: http://dx.doi.org/10.13128/ahs-22261.

Momenpour, A., Bakhshi, D., Imani, A. & Rezaie, H. (2015 a). Effect of salinity stress on growth characteristics and concentrations of nutrition elements in Almond (*Prunus dulcis*) 'Shahrood 12', 'Touno' cultivars and '1-16' genotype budded on GF677 rootstock. *Journal of Agricultural Crops Production*, *17*(1), 112-133. (In Persian). DOI: 10.22059/jci.2015.54798.

Momenpour, A., Bakhshi, D., Imani, A. & Rezaie, H. (2015b). Effect of salinity stress on the morphological and physiological characteristic in some selected almond (*Prunus dulcis*) genotypes budded on GF_{677} rootstock. *Plant Production Technology*, *7*(2), 137-152. (In Persian)

Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. & Akbarpour, E. (2018). Evaluation of salinity tolerance of some selected almond genotypes budded on GF_{677} rootstock. *International Journal of Fruit Science*, 18(4), 410-435. DOI /abs/10.1080/15538362.2018.1468850.

Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. & Rezaie, H. (2015 c). Effect of salinity stress on concentrations of nutrition elements in almond (*Prunus dulcis*) 'Shokofeh', 'Sahand' cultivars and '13-40' genotype budded on GF_{677} rootstock. *Iranian Journal of horticulture science*, *29*(2), 255-268. (In Persian). DOI: 10.22059/ijhs.2015.55862.

Momenpour, A., Imani, A., Bakhshi, D. & Rezaie, H. (2015 d). Evaluation of salinity tolerance in some almond genotypes grafted on GF677 rootstock base on morphological characteristic and chlorophyll fluorescence. *Journal of Plant Process and function*, *3* (10), 9-28. (In Persian) http://jispp.iut.ac.ir/article-1-232-en.html.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25(2), 239-250. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x

Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, *59*, 651-681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.

Ruiz-Sanchez, M., Domingo, R. & Castel, G. (2010). Review deficit irrigation in fruit trees

and vines in Spain. Spanish *Journal of Agricultural Research*, 8(2), 5-20. https://doi.org/10.5424/sjar/201008s2-1343.

Naeini, M. R., Khoshgoftarmanesh, A.H., Lessani, H. & 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. https://doi.org/10.1081/PLN-200025832.

Okhovatian-Ardakani, A.R., Mehrabanian, M., Dehghani, F. & Akbarzadeh, A. (2010). Salt tolerance evaluation and relative comparison in cuttings of different pomegranate cultivars. *Plant, Soil and Environment, 56*(4), 176-185. https://doi.org/10.17221/158/2009-PSE.

Rahemi, M., Nagafian, Sh. & Tavallaie, V. (2008). Growth and chemical composition of hybrid GF_{677} influenced by salinity levels of irrigation water. *Journal of Plant Sciences, 7*(3), 309-313. DOI: 10.3923/ajps.2008.309.313.

Rahmani, A., Daneshvar, H. A. & Sardabi, H. (2003). Effect of salinity on growth of two wild almond species and two genotypes of the cultivated almond species (*P. dulcis*). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 11*(1), 202-208. (In Persian). DOI: 10.22092/ijfpr.2003.109298.

Shibili, R.A., Shatnawi, M.A. & Swaidat, I.Q. (2003). Growth, osmotic adjustment and nutrient acquisition of bitter almond under induced sodium chloride salinity in vitro. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 34*, 1969-1979. DOI /abs/10.1081/CSS-120023231

Szczerba, M.W., Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2009). K+ transport in plants: physiology and molecular biology. *Journal of Plant Physiology, 166*(5), 447-466. DOI: 10.1016/j.jplph.2008.12.009.

Szczerba, M. W., Britto, D. T., Balkos, K. D. & Kronzucker, H. J. (2008). NH_4^+ stimulated and -inhibited components of K^+ transport in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany, 59*(12): 3415–3423. DOI: 10.1093/jxb/ern190.

Tavousi, M., Kaveh, F., Alizadeh, A., Babazadeh, H. & Tehranifar, A. (2016). Effect of salinity and deficit irrigation on quantity and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 4*(10), 499-507. (In Persian).

Yamasaki, S. & Dillenburg, L.C. (1999). Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasilian Fisiologia Vegetal, 11*(2), 69-75.