# ارزیابی اثر نیترات کلسیم بر ویژگی های رشد نهال ژنوتیپ‌های انتخابی انار در شرایط شور

علی مومن‌پور[۱]، ساره صباحی، اعظم جعفری و مصطفی شیرمردی

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران؛
**a.momenpour@areeo.ac.ir**

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران؛ **sa.sabahi@yahoo.com**

استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران؛ **jafari.azam@yahoo.com**

استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران؛ **Shirmardi.m@yahoo.com**

ص ۳۴۹ – ۳۶۷

دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۰ و پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۹

## چکیده

**به‌منظور ارزیابی کاربرد نیترات کلسیم بر برخی از ویژگی‌های رشد ژنوتیپ‌های انتخاب شده انار در شرایط شور، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با دو عامل ژنوتیپ و رقم در شش سطح (پوست سیاه اردکان، چاه افضل، نرک لاسجرد سمنان، وحشی بابلسر،ملس یزدی و رباب نیریز) و تیمار نیترات کلسیم در سه سطح شاهد(۰)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه بلوک و در هر بلوک با ۳ تکرار و در مجموع با ۱۶۲ درخت در شوری ثابت آب آبیاری ۰/۵±۹ دسی زیمنس برمتر در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در ایستگاه چاه افضل مرکز ملی تحقیقات شوری، انجام شد. نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح نیترات کلسیم بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی به طور معنی‌داری مؤثر است. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین و کمترین درصد نکروزه‌گی (۱۲٪ و ۲٪)، نسبت سطح برگ (۱۸۴۵ و ۸۷۹ میلی‌متر مربع برگرم وزن خشک)، محتوی رطوبت نسبی (۸۰/۸٪ و ۵۲/۴٪)، کلروفیل کل (۱۱/۴ و ۶/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، محتوی پتاسیم (۰/۳۷۸٪ و ۰/۳۲۲٪) و کمترین و بیشترین محتوی سدیم (۱/۸۸٪ و ۲/۷۵٪)، محتوی نشت یونی (۱۴/۸۵٪ و ۳۰/۰۲٪) و نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۱۱۸ و ۰/۱۹۷) به ترتیب در ژنوتیپ‌های چاه افضل و با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم و رقم رباب نیریز بدون کاربرد نیترات کلسیم مشاهده شد. ژنوتیپ چاه افضل از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، شرایط رشدی مناسبتری نسبت به سایر ژنوتیپ های مطالعه شده در این تحقیق از خود نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نیترات کلسیم در ابتدای فصل رشد به طور معنی-داری موجب بهبود خصوصیات رشدی و کاهش اثرات مخرب سدیم در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد. لذا توصیه می‌شود با توجه به میزان شوری آب و خاک باغات، از این ترکیب در ابتدای فصل رشد استفاده گردد.**

**واژه های کلیدی:** آب‌های شور، نسبت سدیم به پتاسیم، پایه انار، ژنوتیپ چاه افضل

---

[۱] نویسنده مسئول، آدرس: یزد، مرکز ملی تحقیقات شوری.

**مقدمه**

انار با نام علمی *Punica granatum* L گیاهی مثمر از تیره انار (*Punicacea*) می‌باشد که آن را بومی ایران و کشورهای همسایه می‌دانند. با توجه به خواص ارگانولپتیکی (*Organoleptic*) میوه انار و مزایای آن برای سلامتی انسان، مصرف انار در دهه‌های اخیر به طور قابل توجهی افزایش یافته است (رودریگز و همکاران، ۲۰۱٦). بر اساس آخرین داده‌های فائو و وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت انار در جهان بیش از ۳۰۰ هزار هکتار می‌باشد که کشور ایران با دارا بودن سطح زیرکشت حدود ۷۵ هزار هکتار و میزان تولید سالیانه یک میلیون و ۹۸ هزار تن، مقام اول تولید و صادرات آن را در جهان به خود اختصاص داده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). یکی از ضروریات توسعه کمی و کیفی محصول انار معرفی ارقام و ژنوتیپ‌های مناسب و سازگار آن با شرایط اقلیمی، آبی و خاکی هر منطقه می‌باشد و از آنجا که کشت و پرورش عمده درختان انار در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور صورت می‌پذیرد و در این مناطق مسأله خشکی به همراه شوری آب و خاک بسیار قابل توجه است (نائینی و همکاران، ۲۰۰٦؛ حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). موقعیت جغرافیایی، کمبود نزولات آسمانی، زیاد بودن میزان تبخیر از سطح خاک از دلایل اصلی پتانسیل بالای شوری در این مناطق از لحاظ عوامل طبیعی می‌باشد (ولی‌پور و همکاران، ۱۳۸۷).

در نتیجه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و آب و کمبود آب به‌عنوان عوامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان به شمار می‌روند. بنابراین استفاده از آب‌های شور به‌منظورتولید محصولات کشاورزی، غیرقابل اجتناب است. در کل 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 (اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از موثرترین راهکارها برای بهره برداری بهتر از منابع خاک و آب شور، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق شور است (مانس و تستر، ۲۰۰۸).

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 ۵/٤ دسی‌زیمنس بر متر آب آبیاری و ۸/٤ دسی‌زیمنس بر متر محلول خاک به میزان ۵۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ فیپس، ۲۰۰۳). بنابراین، در انار نیز همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل، راهبرد بسیار مناسبی به منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به‌ویژه در نواحی خشک کشور می‌باشد. در این راستا تحقیقی بر روی ۱۲ ژنوتیپ انتخابی انار (شیشه‌کپ فردوس، ملس یزدی، ملس ساوه، رباب نیریز، گلنار زینتی ساوه، گلنار زینتی سروستان، گلنار زینتی شهداد، نرک لاسجرد سمنان، وحشی بابلسر، پوست سیاه اردکان، چاه افضل و وشیک ترش سراوان) با میانگین شوری خاک در پنج سطح (۱/۵، ۳/۸، ٦/۲، ۹/۳ و ۱۲/٦ دسی‌زیمنس برمتر)، انجام شد.

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، بیشترین آستانه تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و رقم ملس یزدی، به‌ترتیب به میزان (٤/۹۰، ٤/۳۸ و ٤/۱۷ دسی‌زیمنس‌برمتر)، و کمترین مقدار شیب کاهش عملکرد (بر حسب عملکرد ماده خشک تولیدی) در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان به‌ترتیب به میزان (۲/۸۳، ۲/۸۸ و ۲/۸۹ درصد)، مشاهده شد. کاهش ۵۰ درصدی عملکرد در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان به ترتیب در شوری‌های ۲۲/۳۷، ۲۱/۷٤ و ۲۱/۱۰ دسی‌زیمنس برمتر، مشاهده شد. در پژوهش‌های قبلی گزارش شده بود که در شوری ۸/٤ دسی‌زیمنس‌برمتر تا میزان ۵۰ درصد از عملکرد (بیوماس) درختان انارکاسته می‌شود، در حالیکه نتایج این پژوهش نشان داد که در ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان و نرک لاسجرد سمنان در شوری ۸/٤ دسی‌زیمنس بر متر تنها به

ترتیب ۱۰/٤۷، ۱۱/۵۸ و ۱۳/۳۰ درصد از عملکرد کاسته شد (مومن پور و همکاران، ۱۳۹۹).

پژوهش‌های انجام یافته نشان می‌دهند که شاخص‌های مورفولوژیک انار و سایر درختان میوه از جمله رشد طولی شاخساره، قطر تنه، ضخامت برگ‌ها و حوزه گسترش ریشه‌ها با افزایش شوری، کاهش می‌یابند که علت این کاهش رشد و عملکرد را معمولاً مربوط به سمیت یونی و تنش خشکی ناشی از افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک دانسته‌اند (نایینی و همکاران، ۲۰۰۵؛ مومن پور و همکاران، a و b ۱۳۹٤؛ مومن پور و ایمانی، ۲۰۱۸؛ مومن پور و همکاران، ۲۰۱۸؛ مومن پور و همکاران، ۲۰۲۲).

در پژوهشی میزان تحمل چند رقم انار به شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ٤، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس برمتر بررسی و گزارش شد که ارقام انار عکس‌العمل متفاوتی به سطوح مختلف شوری نشان دادند. در این تحقیق انارهای 'ملس یزدی' و 'تب و لرز' تحمل نسبتاً خوبی از خود نشان دادند به‌طوری‌که توانستند شوری ۷ دسی‌زیمنس برمتر را تحمل نمایند (اخوتیان اردکانی و همکاران، ۲۰۱۰). جدیدی و همکاران (۲۰۲۰) در آزمایشی میزان تحمل به شوری قلمه‌های یکساله ریشه‌دار شده ارقام انار از جمله، ملس ساوه، ملس اصفهان، رباب قرمز شیراز (رباب) گابری یزد، گابری ترش یزد، زاغ سفید یزد، زاغ ترش یزد و ملس پیشوا را برسی و گزارش کردند، در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر کمترین ارتفاع گیاه مربوط به رباب و ملس پیشوا و کمترین کاهش رشد در قطر گیاه مربوط به زاغ ترش یزد و گابری یزد مشاهده شد. آن ها همچنین گزارش کردند، در سطوح شوری بالا، مقدار کلروفیل برگ در ارقام انار نسبت به شاهد کاهش یافت و ارقام یزد از جمله گابری یزد، گابری ترش یزد، زاغ سفید یزد و زاغ ترش یزد، تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری داشتند. در تحقیق دیگری جماعتی اردکانی و همکاران (۱٤۰۰) اثر تنش شوری بر روی ژنوتیپ‌های مختلف انار را بررسی و گزارش کردند، نوع ژنوتیپ و سطوح شوری بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده 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 آب نسبی، شاخص کلروفیل، کلروفیل a، b و کل، کاهش و درصد برگ‌های نکروزه کاهش یافت. درحالیکه درصد برگ‌های ریزش یافته، نسبت وزن تر ریشه به وزن تر اندام هوایی، درصد نشت یونی، درصد سدیم، درصد کلر، و نسبت سدیم به پتاسیم برگ‌ها افزایش یافتند.

علاوه بر نقش نوع پایه و رقم انتخابی در افزایش تحمل به شرایط نامناسب خاک و آب‌های نامتعارف و شور، کلسیم از جمله عناصری است که در بهبود و اصلاح اثرات مخرب سدیم بر رشد نقش به‌سزایی دارد (بایوئلو جیمنز و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است، جذب انتخابی یون‌هایی مانند پتاسیم، آهن و روی (Zn) توسط ریشه گیاهان، در صورت وجود میزان مناسبی از کلسیم بهبود یافته و به مقدار بیشتری جذب ریشه گیاه می‌شوند (بایوئلو جیمنز و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است که بسیاری از گیاهان حساس به شوری مانند گوجه‌فرنگی و لوبیا به مقدار زیادی کلسیم نیاز دارند و در صورت وجود غلظت مناسبی از کلسیم، مقاومت این گیاهان به شوری بیشتر شده و افزایش در عملکرد آن‌ها مشاهده می‌گردد. زیرا وجود کلسیم در خاک از تجمع سدیم در گیاه جلوگیری می‌کند (بایوئلو جیمنز و همکاران، ۲۰۰۳). برای حصول نتیجه، انتخاب مناسب نمک کلسیم حائز اهمیت می‌باشد. در بیشتر تحقیقات از کلرید، سولفات و نیترات کلسیم برای مقابله با شوری استفاده شده است. نمک‌های کلسیم از دو جنبه با هم تفاوت دارند: ۱- میزان حلالیت این نمک‌ها در آب که غلظت‌های متفاوتی از یون کلسیم را در محلول غذایی گیاه فراهم می‌کند. این ویژگی با pH و دما تغییر می‌کند. ۲- تفاوت در آنیون آن‌ها که با تأثیر کلسیم بر گیاه تحت تنش ارتباط دارد (بایوئلو جیمنز و همکاران، ۲۰۰۳).

با توجه به نتایج پژوهش‌های قبلی (مومن پور و همکاران، ۱۳۹۹)، ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان، نرک لاسجرد سمنان و وحشی بابلسر به عنوان پایه و ارقام ملس یزدی و رباب نیریز به عنوان شاهد جهت انجام آزمایشات و مطالعات تکمیلی و کاشت در ایستگاه چاه افضل با آب و خاک شور انتخاب شدند. لذا این پژوهش در ادامه تحقیقات قبلی و با هدف بررسی خصوصیات رشدی ٦ ژنوتیپ انتخابی انار در شرایط آب و خاک شور و ارزیابی کاربرد غلظت‌های مختلف نیترات کلسیم بر ویژگی‌های رشدی آن‌ها انجام پذیرفت.

## مواد و روش ها

### تهیه موادگیاهی و شرایط آزمایش

به‌منظور ارزیابی کاربرد نیترات کلسیم بر برخی از ویژگی‌های رشدی ژنوتیپ‌های انتخاب شده انار، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با دو عامل ژنوتیپ و رقم در شش سطح (’پوست سیاه اردکان‘، ’چاه افضل‘، ’نرک لاسجرد سمنان‘، ’وحشی بابلسر‘، ’ملس یزدی و ’رباب نیریز‘) و تیمار نیترات کلسیم در سه سطح ۰ (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب ۳۰ و ٦۰ گرم به ازای هر درخت)، در سه بلوک و در هر بلوک با ۳ تکرار و در مجموع با ۱٦۲ درخت در شوری ثابت آب آبیاری ۹±۰/۵ دسی زیمنس برمتر در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در ایستگاه چاه افضل مرکز ملی تحقیقات شوری، انجام شد. به‌منظور انجام این تحقیق، ابتدا از گیاهان مادری واقع در کلکسیون ذخایر ژنتیکی انار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، قلمه-های خشبی به طول ۳±۲۷ سانتی‌متر و قطر ۱±۱۰ میلی-متر در دهه سوم بهمن ماه ۱۳۹٦ تهیه شد (اخوتیان و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین به منظور تکثیر ژنوتیپ چاه افضل، قلمه‌گیری از یکی از درختان شناسایی شده در این منطقه که تحت شرایط آب و خاک شور رشد کرده بود و دارای وضعیت مطلوبی از نظر رشد رویشی و کمیت و کیفیت میوه داشت، هم‌زمان با سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده انجام شد. سپس قلمه‌ها به مدت پنج ثانیه در محلول ایندول بوتریک اسید با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار گرفتند و در کیسه‌های پلاستیکی حاوی ماسه کشت و پس از آن نهال‌های یک ساله ریشه‌دار شده کاملا یکنواخت و یک اندازه از نظر طول و قطر انتخاب و در اوایل بهمن ماه ۱۳۹۷به مزرعه انتقال داده شدند و با فاصله کشت ۲*۳ (۲ متر روی ردیف و ۳ متر بین ردیف ها) کشت شدند (اخوتیان و همکاران، ۲۰۱۰). از هر ژنوتیپ ۳٦ نهال در مزرعه کشت گردید که از بین آن ها ۲۷ نهال دو ساله برای هر ژنوتیپ که دارای وضعیت رشدی مناسبتری بودند، جهت اعمال تیمارها و یادداشت برداری انتخاب شدند. در تمامی طول دوره آزمایش، به طور منظم تمامی علف‌های هرز و پاجوش‌ها حذف می‌شدند.

### اعمال تیمار تنش شوری و نیترات کلسیم

در تمامی مدت این آزمایش، تمامی درختان با آب چاه با شوری ۹/۳±۰/۳ دسی زیمنس برمتر و به صورت غرقابی آبیاری شدند (جدول ۱). به منظور جلوگیری از تجمع نمک در طول آزمایش، کسر آبشویی ۳۰ درصد و دور آبیاری ثابت ۱۲ روز در نظر گرفته شد. در هر دور آبیاری هر کرت به مدت ۲±۲۳/۵ دقیقه آبیاری می‌شد. به منظور کنترل شوری در طول دوره آزمایش نمونه‌های خاک از عمق توسعه شامل (۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-٦۰) تهیه و هدایت الکتریکی آن اندازه گیری می‌شد (جدول ۲و ۳).

**جدول ۱- ویژگی‌های کیفی آب چاه مورد استفاده**

| شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | pH | کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر) | منیزیم (میلی‌اکی والان بر لیتر) | سدیم (میلی‌اکی والان بر لیتر) | کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر) | بی کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر) | کلر (میلی‌اکی والان بر لیتر) | سولفات (میلی‌اکی والان بر لیتر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۹/۴۵ | ۷/۹۵ | ۱۷/۹۴ | ۱۷/۷۰ | ۶۶/۹۰ | ۰ | ۴/۶۰ | ۶۶/۳۶ | ۴۰/۲۷ |

**جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از شروع آزمایش.**

| ویژگی | نماد | مقدار | ویژگی | نماد | مقدار |
|---|---|---|---|---|---|
| شوری (دسی‌زیمنس‌بر متر) | EC | ۱۰/۹۰ | بی کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر) | $HCO_3^-$ | ۳/۶۴ |
| واکنش خاک | pH | ۷/۴۱ | سولفات (میلی‌اکی والان بر لیتر) | $SO_4^{2-}$ | ۴۰/۱۹ |
| سدیم(میلی‌اکی والان بر لیتر) | $Na^+$ | ۶۸/۹۸ | شن (درصد) | Sand | ۵۴/۵ |
| منیزیم (میلی‌اکی والان بر لیتر) | $Mg^{2+}$ | ۱۷/۱۸ | سیلت (درصد) | Silt | ۴۵ |
| کلسیم (میلی‌اکی والان بر لیتر) | $Ca^{2+}$ | ۲۳/۲۴ | رس (درصد) | Clay | ۰/۵ |
| کلر(میلی‌اکی والان بر لیتر) | $Cl^-$ | ۵۹/۳۹ | بافت | Texture | سیلتی لوم |
| کربنات (میلی‌اکی والان بر لیتر) | $CO_3^{2-}$ | ۰ | | | |

**جدول ۳- میانگین EC و pH خاک محل مورد آزمایش در طول دوره آزمایش**

| ویژگی | نماد | مقدار |
|---|---|---|
| شوری عمق ۳۰-۰ سانتی متر (دسی‌زیمنس‌برمتر) | EC | ۸/۹۹±۰/۵۱ |
| شوری عمق ۶۰-۳۰ سانتی متر (دسی‌زیمنس‌برمتر) | EC | ۹/۴۱±۰/۵۵ |
| شوری عمق ۹۰-۶۰ سانتی متر (دسی‌زیمنس‌برمتر) | EC | ۱۰/۱۲±۰/۶۸ |
| واکنش خاک عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر | pH | ۷/۴۶±۰/۰۵ |
| واکنش خاک عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر | pH | ۷/۳۶±۰/۰۴ |
| واکنش خاک ۹۰-۶۰ سانتی‌متر | pH | ۷/۱۵±۰/۰۴ |

در تمامی مدت آزمایش سعی می‌شد با تنظیم و کنترل حجم آبیاری در هر دور آبیاری، علاوه بر اعمال کسر آبشویی، همواره Ec خاک در محدوده Ec آب آبیاری باشد و از تجمع نمک در خاک جلوگیری گردد. بدین منظور از دستگاه تعیین‌گر جبهه رطوبتی (WFD) استفاده شد. از دستگاه WFD برای برآورد میزان نفوذ عمقی و درصد وقوع کسر آبشوئی در مزرعه استفاده می‌شود. تعیین گر جبهه رطوبتی ابزاری کارآمد و در عین حال ساده است که برای کمک به آبیاری دقیق طراحی شده است. نحـوه نصـب این دستگاه به گونه ای است که در یک تـراز معـین در عمق خاک نصب می شود که قسمت ورودی قیف آن کاملاً افقی باشد، در این حالت حجم آب مازاد زهکش شده از ناحیـه فوقانی قیف مذکور در مخزن تحتانی دستگاه ذخیره می‌شـود (رحیمیان و همکاران، ۱٤۰۰). در شروع فصل رشد (اوایل اسفند ماه ۱۳۹۸) و در اولین دور آبیاری درختان، تیمار نیترات کلسیم به صورت کود آبیاری و در یک نوبت و با غلظت‌های۰ (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب ۳۰ و ٦۰ گرم به ازای هر درخت)، اعمال شد. در این کود، حداقل نیتروژن کل ۱۵/۵ درصد وحداقل میزان کلسیم محلول در آب به صورت کلسیم ۱۹ درصد، بود.

**اندازه‌گیری صفات**

به‌منظور اندازه‌گیری درصد برگ‌های نکروزه، در طول آزمایش تا پایان مدت آزمایش تعداد برگ‌های نکروزه شمارش و بر تعداد کل برگ‌ها تقسیم شدند (مومن پور و همکاران، a و b ۱۳۹۳). به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان، هشت برگ از قسمت میانی شاخه‌های اصلی انتخاب و سطح برگ آن‌ها در پایان آزمایش با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل (LI-Cor, Li 1300, USA)اندازه‌گیری شد (مومن پور و همکاران، ۲۰۱۸). به‌منظور محاسبه نسبت سطح برگ، برگ‌های که نسبت سطح برگ آن‌ها محاسبه شده بودند، به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس وزن خشک برگ گیاهان محاسبه گردید. از تقسیم سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع بر وزن خشک بر حسب گرم، نسبت سطح برگ محاسبه شد (مومن پور و همکاران، ۲۰۱۸).

به منظور 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 اندازه-گیری کلروفیل استفاده شد و میزان جذب نور برای کلروفیل a وb به ترتیب در طول موج‌های ٦٦۳ و ٦٤٥ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل DR2000)، اندازه‌گیری شد (آرنون، ۱۹٤۹).

به منظور اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC)، چهار برگ کامل و تازه از وسط شاخه اصلی در پایان فصل و قبل از خزان برگ‌ها انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به مدت ۲٤ ساعت در دمای چهار 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 آنها اندازه‌گیری شد (TW). سپس نمونه‌ها به مدت ۲٤ 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 زیر محاسبه شد (رابطه ۱)، (یاماساکی و دلینبرگ، ۱۹۹۹).

(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 به مدت ۲٤ ساعت درون شیکر با دمای ۲٤ درجه سانتی-گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و پس از ۲٤ 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 بن ماری 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 فرمول (LT/LO)×۱۰۰ محاسبه شد (لوتس و همکاران، ۱۹۹۹۵).

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، برگ‌ها از نهال‌ها در اوسط شهریور ماه جدا شدند و پس از شستشوی دقیق، به مدت ٤۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن برگ‌ها، نمونه‌ها با آسیاب برقی به صورت پودر شدند. پس از تهیه خاکستر از مواد گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی-گراد، عصاره‌گیری با استفاده از ۱۰ میلی لیتر 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) اندازه-گیری شدند. همچنین عناصر کلسیم و منیزیم نیز به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند (امامی، ۱۹۹٦).

**تجزیه آماری**

تجزیه و تحلیل 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.

## نتایج و بحث

### اثر برهمکنش نیترات کلسیم و ژنوتیپ بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده

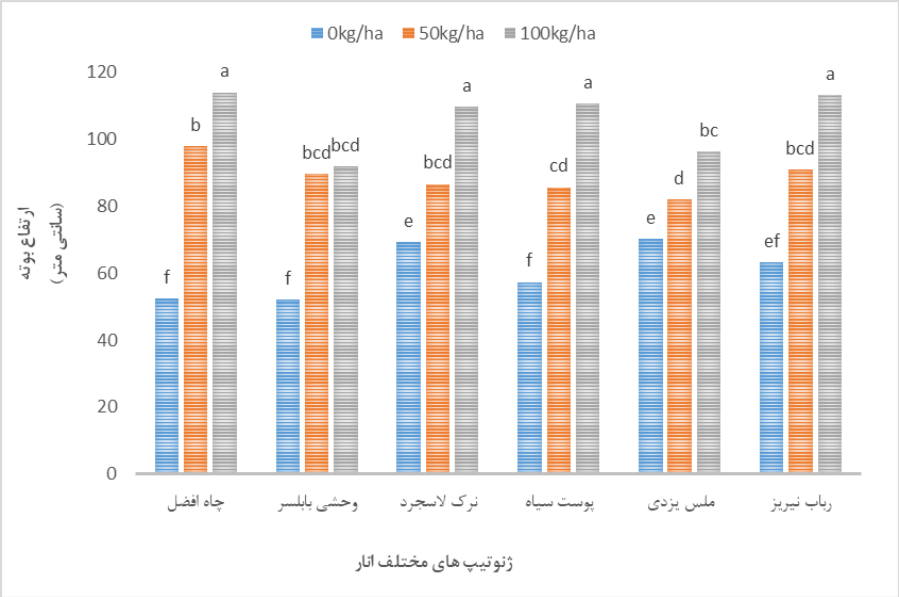
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر متقابل ژنوتیپ و کاربرد نیترات کلسیم بر ارتفاع ژنوتیپ‌های انار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ٤).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۱٤سانتی‌متر مربوط به ژنوتیپ چاه افضل و با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم بود که فاقد اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ‌های پوست سیاه، نرک لاسجرد و رباب نیریز در این تیمار بود. در نقطه مقابل، کمترین میزان ارتفاع در ژنوتیپ وحشی بابلسر، چاه افضل و پوست سیاه و بدون مصرف نیترات کلسیم مشاهده شد (شکل ۱).

**جدول ٤- نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نیترات کلسیم و نوع ژنوتیپ بر صفات سطح برگ، ارتفاع و نکروزه گی**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | نسبت سطح برگ | ارتفاع | نکروزه گی |
| تکرار | ۲ | ۵۱۵۴/۲۵$^{ns}$ | ۱۹/۸۵$^{ns}$ | ۱/۶۸$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۵ | ۳۱۱۹۸۳/۱۰$^{**}$ | ۱۷۱/۲۱$^{**}$ | ۴۱/۰۴$^{**}$ |
| $CaNO_3$ | ۲ | ۱۴۸۶۴۲۸/۴۴$^{**}$ | ۹۳۸۰/۵۷$^{**}$ | ۶۲/۹۰$^{**}$ |
| ژنوتیپ * $CaNO_3$ | ۱۰ | ۱۳۶۲۲۲/۱۴$^{**}$ | ۱۹۱/۷۵$^{**}$ | ۳/۵۰$^{**}$ |
| خطا | ۳۴ | ۸۳۳۱/۰۱ | ۴۱/۴۲ | ۰/۷۸ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۷/۱۴ | ۷/۵۵ | ۱۸/۱۷ |

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

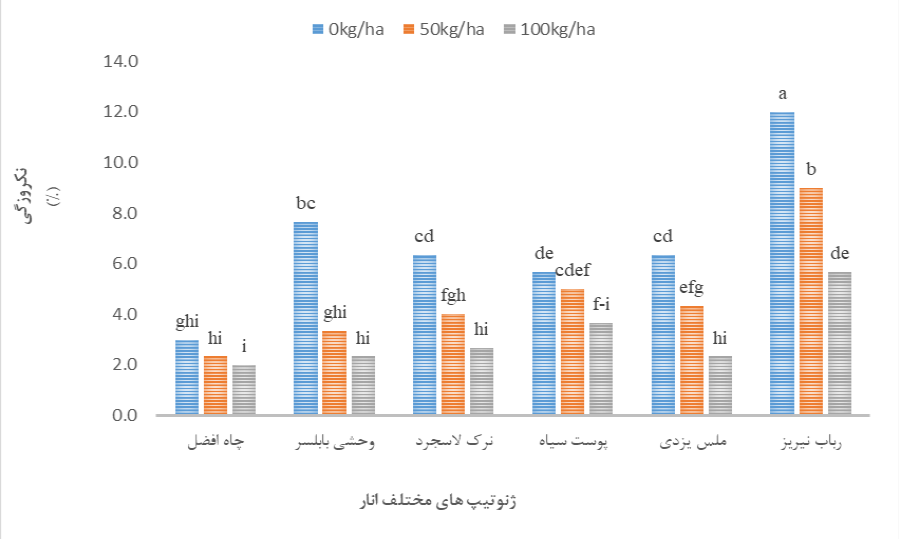



**شکل ۱- اثر متقابل ژنوتیپ و نیترات کلسیم بر ارتفاع ژنوتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**

**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند.**

از آن جا که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس در سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، ارتفاع گیاه کمتر افزایش می‌یابد (مانس و تستر، ۲۰۰۸). تنش اسمزی در مرحله اول تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها شده و طویل شدن آن‌ها را با مشکل روبه رو می‌کند و حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تأمین فشار اسمزی مجدد سلول‌ها، گسترش و طویل شدن آن‌ها به کندی صورت می‌گیرد (مانس و تستر، ۲۰۰۸). حفظ فراهمی کلسیم در محلول خاک شور یک فاکتور مهم در کنترل شدت سمیت یون ویژه است، به‌خصوص در محصولاتی که به آسیب سدیم و کلر حساس هستند (گراتن و گریو، ۱۹۹۹). کاربرد مناسب یون کلسیم، حساسیت گیاهان به شوری را پایین آورده و پارامترهای رشدی را به خوبی بهبود می‌بخشد. بنابراین کاربرد کلسیم در گیاهان زراعی و باغی می‌تواند به کاهش هزینه‌های اقتصادی در مقابل شوری کمک کند (مظفری و منوچهری، ۱۳۸۳).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین میزان نکروزه گی با میانگین ۱۲ درصد مربوط به رقم رباب نیریز و در شرایط عدم کاربرد نیترات کلسیم بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۲ درصد مربوط به ژنوتیپ چاه افضل و در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم بود (شکل ۲).

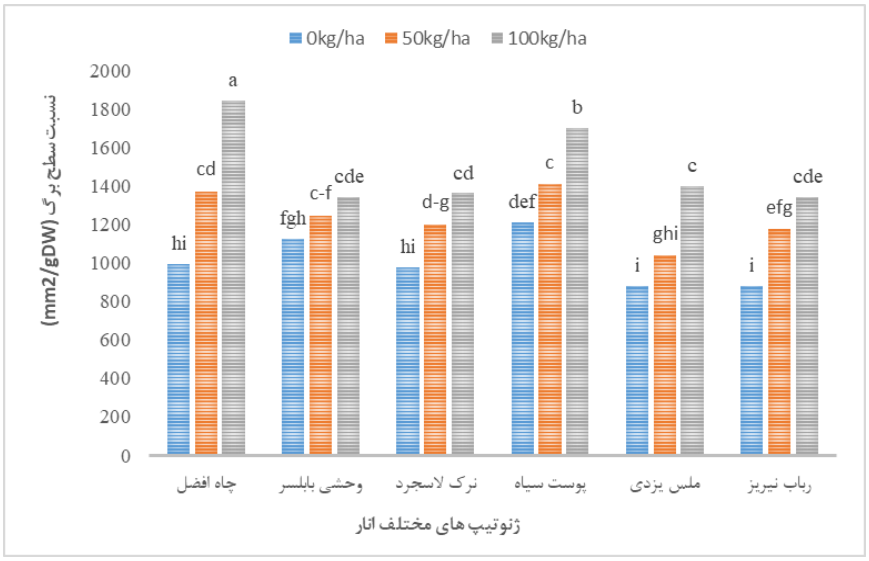



**شکل ۲- اثرمتقابل ژنوتیپ و نیترات کلسیم بر درصد نکروزه گی ژنوتیپ‌های انار مورد بررسی در شرایط شور.**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

با توجه به میزان آسیب‌های ظاهری، ژنوتیپ چاه افضل داری وضعیت مطلوبتری نسبت به سایر ژنوتیپ-های بررسی شده در این تحقیق بود. این نتایج با نتایج راحمی و همکاران (۲۰۰۸)، مومن پور و همکاران (۲۰۱۸) و مومن پور و همکاران (۲۰۲۲)، مطابقت داشت. صدمات اصلی سدیم در ارتباط با انباشت یون سدیم در بافت برگ می باشد و نتیجه‌اش نکروزه و پیر شدن برگ-ها در نوک و حاشیه آن‌ها است 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 (مانس، ۲۰۰۲).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین نسبت سطح برگ با میانگین ۱۸۴۵ میلی‌متر مربع برگرم وزن خشک مربوط به ژنوتیپ چاه افضل و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم بود. همچنین، کمترین میزان نیز با میانگین ۸۷۹ میلی‌متر مربع برگرم وزن خشک مربوط به ژنوتیپ‌های ملس یزدی و رباب نیریز بود که در تیمار عدم مصرف نیترات کلسیم مشاهده شد (شکل ۳).

همانطور که از جدول ۵ مشاهده می‌شود، اثر اصلی ژنوتیپ، نیترات کلسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر محتوی نشت یونی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود.



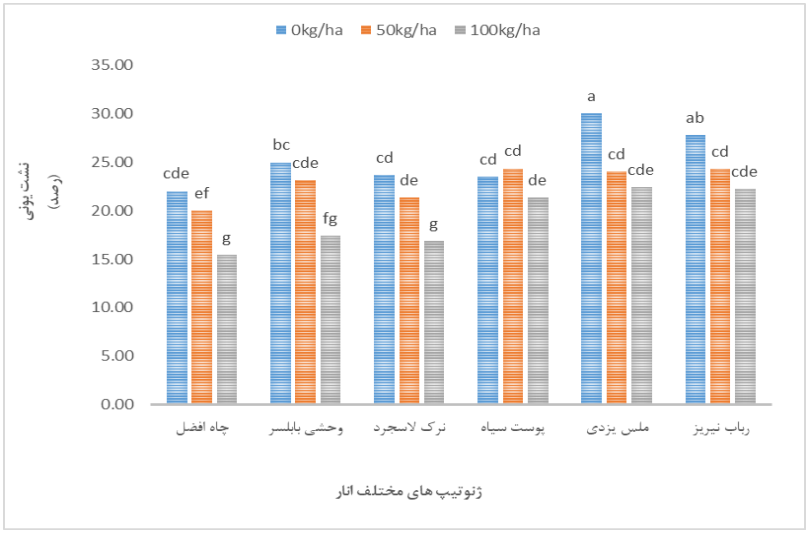

**شکل ۳- اثر متقابل ژنوتیپ و نیترات کلسیم بر نسبت سطح برگ در ژنوتیپ‌های انار مورد بررسی در شرایط شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

**جدول ۵- نتایج تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) تأثیر نیترات کلسیم و نوع ژنوتیپ بر صفات نشت یونی، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل کل**

| منابع تغییر | درجه آزادی | نشت یونی | میانگین مربعات محتوی رطوبت نسبی | کلروفیل کل |
|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۵۲/۰۵$^{ns}$ | ۹۶/۴۶$^{ns}$ | ۲/۲۷$^{ns}$ |
| ژنوتیپ | ۵ | ۴۷۳/۹۸$^{**}$ | ۱۱۶۲/۵۱$^{**}$ | ۳۵/۵۶$^{**}$ |
| $CaNO_3$ | ۲ | ۱۵۲۳/۹۴$^{**}$ | ۲۰۱۳/۳۶$^{**}$ | ۱۲۰/۴۹$^{**}$ |
| ژنوتیپ* $CaNO_3$ | ۱۰ | ۶۱/۵۶$^{*}$ | ۲۲/۱۸$^{ns}$ | ۰/۶۲$^{ns}$ |
| خطا | ۳۴ | ۲۷/۶۸ | ۵۲/۱۳ | ۰/۸۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | – | ۷/۷۲ | ۱۰/۵۰ | ۱۰/۵۲ |

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

نتایج نشان داد که در اثر مصرف نیترات کلسیم میزان نشت یونی در تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. به‌طوری‌که بالاترین میزان نشت یونی در رقم ملس یزدی و بدون مصرف نیترات کلسیم (۳۰/۰۲ درصد) مشاهده شد. در این رقم با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم، نشت یونی به ۲۲/٤۰ درصد کاهش یافت که نشان دهنده اثرات مثبت کلسیم در کاهش خسارات شوری به برگ‌ها می باشد. در مجموع کمترین میزان نشت یونی در برگ-های ژنوتیپ‌های چاه افضل، نرک لاسجرد و پوست سیاه تحت کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم مشاهده شد. (شکل ٤). این نتایج با نتایج به دست آمده از صفات مورفولوژیک نیز مطابقت داشت. ژنوتیپ‌های چاه افضل و نرک لاسجرد سمنان با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم دارای کمترین میزان نکروزه‌گی برگ بودند.




**شکل ٤- اثر متقابل ژنوتیپ و کاربرد نیترات کلسیم بر نشت یونی در ژنوتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

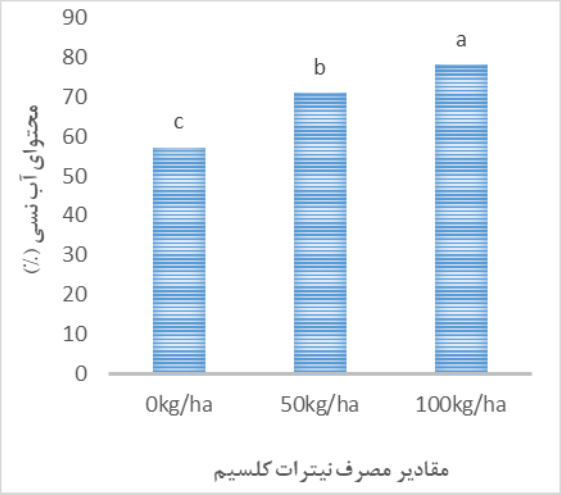
با توجه به اینکه این تحقیق در شرایط شور انجام شده است، ژنوتیپ‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی از خود نشان داده اند. نشت یونی یکی از شاخص‌هایی است که بیانگر میزان خسارت‌پذیری گیاه در شرایط تنش محیطی می‌باشد به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های حساس، نشت یونی بالاتر و ژنوتیپ‌های متحمل نشت یونی کمتری دارند. (الگامی و همکاران، ۲۰۱۰). نقش تغذیه‌ای کلسیم در بهبود اثرات مخرب کلرید سدیم بر رشد گیاهان به خوبی اثابت شده است. بسیاری از گیاهان حساس به شوری به میزان بالاتری کلسیم نیاز دارند تا بتوانند با ایجاد مقاومت، عملکرد خوبی در شرایط تنش شوری داشته باشند (الگامی و همکاران، ۲۰۱۰).

بر اساس نتایج به دست آمده، بالاترین محتوای آب نسبی برگ با میانگین ۸۰/۸۳ درصد در ژنوتیپ چاه افضل مشاهده شد و کمترین میزان نیز در رقم رباب نیریز (۵۲/٤۰ درصد) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ ملس یزدی نداشت (شکل ۵). ژنوتیپ‌هایی که تحمل بالاتری نسبت به شرایط شوری دارند نشت یونی کمتر و دارای محتوای آب نسبی بالاتری هستند. بطوریکه در این دو ژنوتیپ به ترتیب کمترین و بیشترین نکروزه-گی در شرایط عدم مصرف نیترات کلسیم نیز مشاهده شد.

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

شوری از طریق انباشت تدریجی یون‌های سدیم باعث کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل اسمزی شیره یاخته ای برگ در حالت آماس کامل می‌شود که با کاربرد کلسیم و جذب انتخابی آن توسط ریشه‌ها در رقابت با سدیم، از جذب سدیم ممانعت کرده و اثرات مخرب آن را کاهش می دهد (مانس و تستر، ۲۰۰۸). همچنین نتایج نشان داد کاربرد نیترات کلسیم موجب حفظ رطوبت نسبی برگ‌ها شد و استحکام دیواره سلولی برگ‌ها را در مقابل تنش شوری افزایش داد بطوریکه بالاترین محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها در تیمار نیترات کلسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۷۸/۰٦ درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۵۷/۲۹ درصد) مشاهده شد (شکل ٦). گزارش شده است، یکی از مهم‌ترین نقش‌های کلسیم در گیاهان، نقش استحکامی در دیواره سلولی و غشاءهای سلول است. کلسیم استحکام قوی را در سلول به‌وسیله تشکیل پیوند با پکتین ساکاریدها فراهم کرده و بدین ترتیب گیاه را در مقابل تنش‌های محیطی محافظت می‌کند (ساروات و همکاران، ۲۰۱۳).

همانطور که از شکل ۷ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان کلروفیل کل با میانگین ۱۱/٤ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر در ژنوتیپ چاه افضل و کمترین مقدار آن با میانگین ٦/٤ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر در رقم ملس یزدی مشاهده شد. مقدار کلروفیل کل در این رقم اختلاف معنی‌داری با رقم رباب نیریز نداشت.



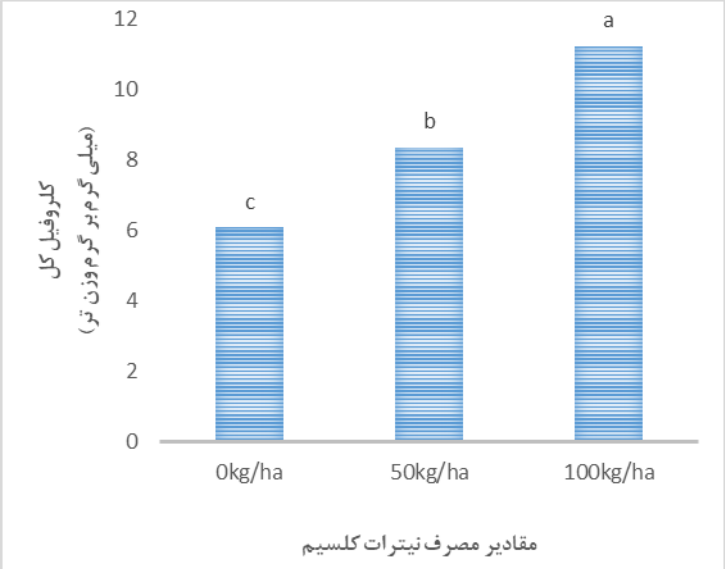

**شکل ٦- اثر نیترات کلسیم بر محتوای نسبی آب برگ در ژنتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

**شکل ۷- اثر ژنوتیپ بر محتوی کلروفیل کل در ژنوتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

همچنین نتایج نشان دادند، با کاربرد نیترات کلسیم میانگین کلروفیل کل در برگ‌های ژنوتیپ‌های مورد مطالعه افزایش یافت به‌طوریکه بیشترین محتوی کلروفیل کل در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیترات کلسیم (۱۱/۲٤ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر) و کمترین مقدار آن در برگ‌های گیاهان شاهد (٦/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر)، مشاهده شد.(شکل ۸). هموستازی یونی در محیط‌های تحت تنش شوری، به دلیل فزونی سدیم و کلر به عنوان 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 به طور کلی فتوسنتز را به کمبود یون پتاسیم در سلول‌های برگ فتوسنتز کننده نسبت داد (گوئو و تانگ، ۱۹۹۹). در اثر تنش شوری، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد که دلیل آن فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز گزارش شده است. برخی تنظیم کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن موجب تحریک این آنزیم می‌شوند و در اثر تنش غلظت این مواد افزایش می‌یابد (مانس و تستر، ۲۰۰۸؛ ماهاجان و توتجا، ۲۰۰۵).

**اثر برهمکنش نیترات کلسیم و ژنوتیپ بر غلظت عناصر در گیاهان انار بررسی شده**

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی تنها اثر اصلی ژنوتیپ بر محتوی سدیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ٦).




**شکل ۸- اثر نیترات کلسیم بر محتوی کلروفیل کل در ژنوتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

**جدول ٦- نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نیترات کلسیم و نوع ژنوتیپ بر غلظت سدیم، پتاسیم کلسیم، منیزیم و نسبت سدیم به پتاسیم**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | منیزیم | کلسیم | سدیم | پتاسیم | نسبت سدیم به پتاسیم |
| تکرار | ۲ | ۲/۱۰$^{ns}$ | ۰/۴۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۵$^{**}$ | ۰/۰۰۶$^{*}$ | ۰/۰۰۳$^{*}$ |
| ژنوتیپ | ۵ | ۱۶/۷۰$^{**}$ | ۳/۸۴$^{**}$ | ۰/۰۰۷$^{**}$ | ۰/۰۰۶$^{**}$ | ۰/۰۱۱$^{**}$ |
| $CaNo^3$ | ۲ | ۸۳/۵۰$^{**}$ | ۲۵/۵۶$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۰۳$^{*}$ |
| ژنوتیپ * $CaNo^3$ | ۱۰ | ۲/۶۶$^{*}$ | ۰/۶۶$^{*}$ | ۰/۰۰۰۰۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۵ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱ $^{ns}$ |
| خطا | ۳۴ | ۰/۹۴ | ۰/۲۹ | ۰/۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۶ |
| ضریب تغییرات (٪) | – | ۱۴/۴۱ | ۱۹/۷۷ | ۱۵/۸۷ | ۳/۴۸ | ۱۵/۳۵ |

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین غلظت سدیم در رقم ملس یزدی (۲/۹۰ درصد) و رباب نیریز (۲/۷۵ درصد) مشاهده شد. در نقطهٔ مقابل، کمترین غلظت سدیم در ژنوتیپ چاه افضل (۱/۸۸ درصد) مشاهده شد که با ژنوتیپ‌های وحشی بابلسر (۲/۲۲ درصد)، نرک لاسجرد سمنان (۲/۲٦ درصد)، پوست سیاه اردکان (۲/۰۹ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۹). این نتایج با یافته-های حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک گیاهان مطابقت داشت. ارقام انار ملس یزدی و رباب نیریز که بیشترین تجمع سدیم در برگ را داشتند، بیشترین درصد نکروزه شدگی را نیز دارا بودند. در تحقیقات انجام شده روی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری نشان داده شده است که سدیم، باعث عدم تعادل اسمزی، تخریب غشاهای سلولی، کاهش رشد، و جلوگیری از تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود (اسکیزربا و همکاران، ۲۰۰۸؛ اسکیزربا و همکاران، ۲۰۰۹).

**شکل ۹- اثر ژنوتیپ بر غلظت سدیم در ژنوتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**

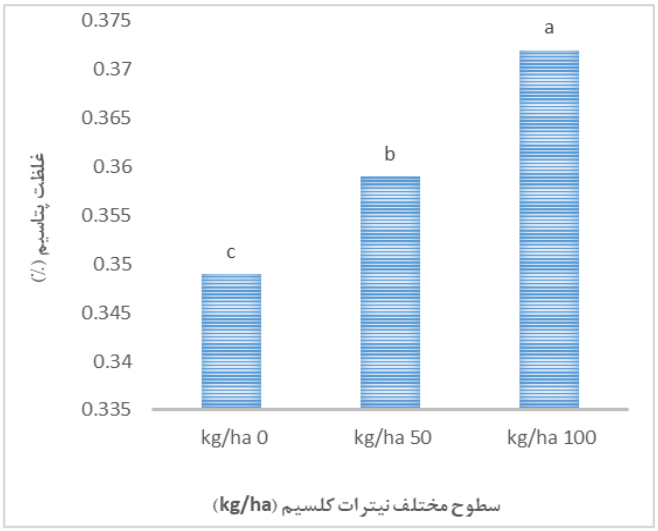
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

همانطور که از شکل ۱۰ مشاهده شود، بیش‌ترین غلظت پتاسیم در ژنوتیپ نرک لاسجرد سمنان (۰/۳۸٦ درصد) مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ چاه افضل (۰/۳۷۸ درصد) بود. همچنین کم‌ترین غلظت پتاسیم به‌ترتیب در ارقام رباب نی‌ریز (۰/۳۲۲ درصد) و ملس یزدی (۰/۳۳۷ درصد) مشاهده شد. غلظت پتاسیم در برگ‌های ژنوتیپ‌های وحشی بابلسر و پوست سیاه اردکان به ترتیب (۰/۳٦۹ و ۰/۳۷ درصد) بود. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های نرک لاسجرد سمنان و چاه افضل از طریق افزایش مقدار پتاسیم تحت شرایط تنش شوری می‌توانند با اثرات منفی و مخرب سدیم مقابله کنند. 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 نکروزه شدگی را نیز دارا بود. گزارش شده است که پتاسیم در حفظ تعادل اسمزی، و باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر می‌باشد و اثرات مخرب سدیم را کاهش می‌دهد (اسکیزربا و همکاران، ۲۰۰۸؛ اسکیزربا و همکاران، ۲۰۰۹). پتاسیم علاوه بر ایفای نقش اساسی در متابولیسم‌های حیاتی، در شرایط تنش شوری بسیار با اهمیت جلوه می‌کند به نحوی که مدیریت کارآمد پتاسیم در مقابل سدیم در گیاه در بقای آن در شرایط شوری اساسی است (کریمی و حسن‌پور، ۲۰۱٤). برخی گیاهان توانایی این را دارند که سیتوپلاسم سلول‌های خود را از کاهش شدید مقادیر پتاسیم محافظت کرده و از واکوئل‌ها به عنوان مخزنی برای بافر کردن 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 (کریمی و حسن‌پور، ۲۰۱٤).

**شکل ۱۰-اثر ژنوتیپ بر غلظت پتاسیم در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور.**

**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

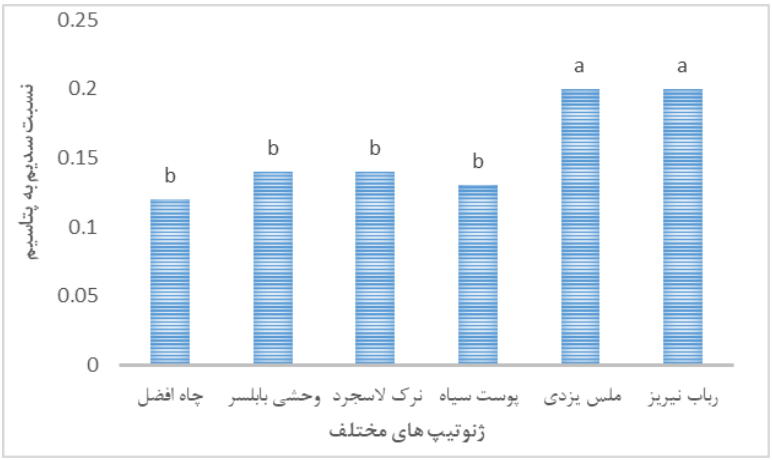
بر اساس نتایج به دست آمده (شکل ۱۱)، با کاربرد نیترات کلسیم محتوی پتاسیم در برگ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه افزایش یافت. بیش‌ترین و کمترین محتوی پتاسیم به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم و شاهد (۰/۳۷۲ و ۰/۳٤۹ درصد)، مشاهده شد. گزارش شده است، جذب انتخابی یون‌هایی مانند پتاسیم، آهن و روی (Zn) در ریشه گیاه تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات نشان می‌دهد که در صورت وجود میزان مناسبی از کلسیم در محیط رشد ریشه، جذب انتخابی این عناصر توسط ریشه بهبود یافته و در نتیجه عناصری مانند پتاسیم بهتر جذب ریشه گیاه می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۸).




**شکل ۱۱- اثر نیترات کلسیم بر غلظت پتاسیم در گیاهان انار مورد بررسی در شرایط شور.**

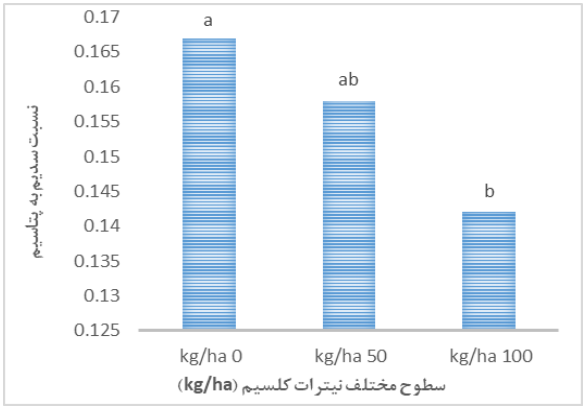
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

بر اساس نتایج یه دست آمده، بیش‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم در رقم ملس یزدی (۰/۲۰۲) مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با رقم رباب نی‌ریز (۰/۱۹۷) بود. در نقطهٔ مقابل، کم‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم در ژنوتیپ چاه افضل (۰/۱۱۸) حاصل شد که با ژنوتیپ‌های وحشی بابلسر (۰/۱٤۲)، نرک لاسجرد سمنان (۰/۱٤) و پوست سیاه اردکان (۰/۱۳٤) اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱۲).




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

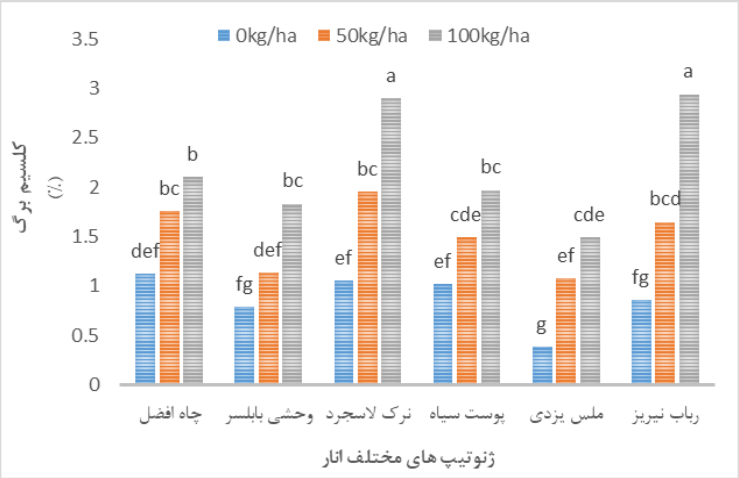
جذب پتاسیم در نتیجه افزایش سدیم، فرآیندی رقابتی است و ارتباطی به نوع نمک غالب در خاک ندارد. مقادیر زیاد سدیم در محیط ریشه علاوه بر اینکه در جذب پتاسیم مداخله می‌کند، بر عمل غشاء ریشه نیز مؤثر بوده و حساسیت گیاه را تغییر می‌دهد (مانس، ۲۰۰۲). حفظ سطح کافی پتاسیم و بقای گیاه در محیط‌های شور ضروری است. پتاسیم، برجسته‌ترین عنصر محلول برای پایین نگه‌داشتن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه و پیش نیاز 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 (مانس و تستر، ۲۰۰۸). 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 موجب گردید این نسبت در این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر کمتر باشد. همچنین با کاربرد نیترات کلسیم، نسبت سدیم به پتاسیم از (۰/۱٦۷) در تیمار شاهد به (۰/۱٤۲) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم کاهش یافت (شکل ۱۳).




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

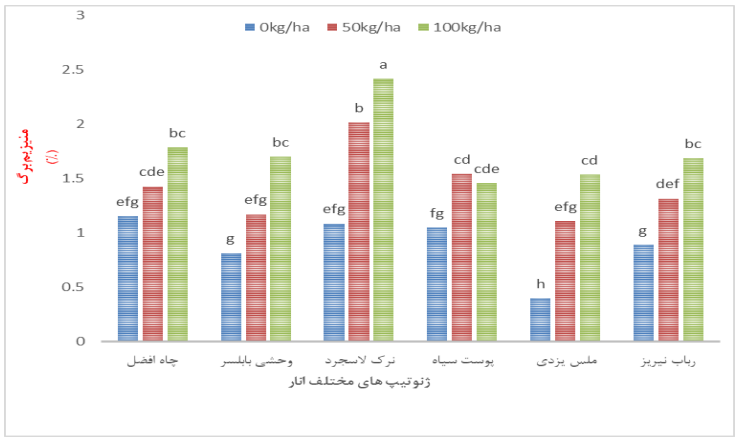
بر اساس نتایج به دست آمده (شکل ١٤)، بیشترین درصد کلسیم برگ با میانگین ۲/۹٤ درصد در رقم رباب نیریز و در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم مشاهده شد. پس از این رقم بیشترین درصد کلسیم

در برگ‌های ژنوتیپ نرک لاسجرد سمنان مشاهده شد که اختلاف معنی داری با درصد کلسیم موجود در برگ‌های رقم رباب نیریز نداشت. کمترین درصد کلسیم برگ نیز در رقم ملس یزدی و بدون مصرف نیترات کلسیم ( ۰/۳۸ درصد)، مشاهده شد که با مقدار کلسیم موجود در برگ-های رقم رباب نیریز و ژنوتیپ وحشی بابلسر تحت این تیمار اختلاف معنی‌داری نداشتند. با توجه به اینکه این رقم به همراه رقم رباب نیریز از سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق، دارای تحمل کمتری به شوری بودند، نشان می‌دهد که ریشه‌های این رقم قابلیت جذب کلسیم کمتری در شرایط شور نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده داشتند و به همین دلیل دارای کلسیم پایینتری در برگ‌های خود بودند. کلسیم یکی از عناصر پر مصرف است که برای رشد و توسعه طبیعی گیاه مورد نیاز است. کلسیم در تنظیم تعدادی از فرآیندهای بنیادی شامل جریان سیتوپلاسم، تقسیم سلولی، قطبیت سلول، استحکام غشاء و ساختار دیواره نقش داشته و به‌عنوان پیغام‌بر ثانویه در زمان تنش عمل می‌کند (شائو و همکاران، ۲۰۰۸).




**شکل ١٤- اثر متقابل ژنوتیپ و نیترات کلسیم بر کلسیم برگ ژنوتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

همانطور که از شکل ۱۵ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین درصد منیزیم در برگ‌های ژنوتیپ نرک لاسجرد و با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم (۲/٤۱ درصد)، و کمترین درصد منیزیم برگ نیز در رقم ملس یزدی و بدون مصرف نیترات کلسیم (۰/۳۹ درصد)، مشاهده شد.




**شکل ١٥- اثر متقابل ژنوتیپ و نیترات کلسیم بر محتوی منیزیم برگ ژنوتیپ های انار مورد بررسی در شرایط شور.**
**میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.**

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که نوع ژنوتیپ و سطح نیترات کلسیم بر تغییرات صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و غلظت عناصر غذایی مؤثر است. بررسی خصوصیات رشدی شش ژنوتیپ انتخابی انار مورد مطالعه در این تحقیق در سطح شوری ۹±۰/۵ دسی زیمنس بر متر، نشان داد، بیشترین و کمترین درصد نکروزه‌گی (۱۲ و ۲ درصد)، نسبت سطح برگ (۱۸٤٥ و ۸۷۹ میلی‌متر مربع برگرم وزن خشک)، محتوی رطوبت نسبی (۸۰/۸۳ و ۵۲/٤۰ درصد)، کلروفیل کل (۱۱/٤ و ٦/٤٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، محتوی پتاسیم (۰/۳۷۸ و ۰/۳۲۲ درصد) و کمترین و بیشترین محتوی سدیم (۱/۸۸ و ۲/۷٥ درصد)، محتوی نشت یونی (۱٤/۸٥ و ۳۰/۰۲ درصد) و نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۱۱۸ و ۰/۱۹۷) به ترتیب در ژنوتیپ های چاه افضل و با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات کلسیم و رقم رباب نیریز بدون کاربرد نیترات کلسیم مشاهده شد. ژنوتیپ چاه افضل از طریق حفظ خصوصیات رشدی خود و افزایش جذب پتاسیم در مقابل سدیم، شرایط رشدی مناسبتری نسبت به سایر ژنوتیپ های مطالعه شده در این تحقیق از خود نشان داد. پس از این ژنوتیپ، ژنوتیپ های نرک لاسجرد سمنان و وحشی بابلسر دارای وضیت رشدی مناسبتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بودند. همچنین نتایج نشان داد، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نیترات کلسیم در ابتدای فصل رشد به طور معنی‌داری موجب بهبود خصوصیات رشدی تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد و نشان داد که کاربرد کلسیم به صورت کودآبیاری در ابتدای فصل رشد به طور مؤثری موجب کاهش اثرات مخرب سدیم می‌شود. در ادامه این تحقیق و با توجه به نتایج به دست آمده ٤ ژنوتیپ چاه افضل، نرک لاسجرد سمنان، پوست سیاه اردکان و وحشی بابلسر به عنوان پایه انتخاب شدند تا ارقام تجاری ملس یزدی و رباب نیریز روی آن‌ها پیوند شوند و کیفیت و کمیت میوه هایشان در شرایط شور بررسی گردد.

## فهرست منابع:


۱. احمدی، ک.، ح. قلیزاده، ح. عبادزاده، ف. حاتمی، ر. حسینپور، ه. عبدشاه، م. رضایی و م. فضلی استبرق. ۱۳۹٦. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹٥. (جلد سوم: محصوالت باغبانی). انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۲. جماعتی اردکانی، ز.، م. دهستانی اردکانی، ع. مومن‌پور و م. شیرمردی.۱٤۰۰. مقایسه تحمل به شوری سه رقم انار تجاری (*Punica granatum L*). تولیدات گیاهی ٤٤ (۱): ۱٤۲-۱۳۱.

۳. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۷٦ صفحه.

٤. رحیمیان، م. ح.، ح. غلامی، غ. ح. رنجبر، ح. بیرامی، ب. مروج الاحکامی، م. کریمی و س. ع. چراغی. ۱٤۰۰. برهمکنش حجم آب مصرفی و شوری آب آبیاری بر عملکرد گندم در مناطق خشک (مطالعه موردی: یزد). آب و توسعه پایدر. ۸ (٤): ٤۳-٥۰.

٥. مظفری، ح. و خ. منوچهری کلانتری. ۱۳۸۳. نقش کلسیم در کاهش اثرات شوری در گیاه خاکشیر *Descurainia Sophia*. پژوهش و سازندگی، زراعت و باغبانی، ٦٥: ۹۹- ۱۰۳.

٦. مومن پور، ع.، د. بخشی، ع. ایمانی و ح. رضایی. a ۱۳۹۳. اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در رقم های بادام 'شکوفه'، 'سهند' و ژنوتیپ'۱۳-٤۰' پیوند شده روی پایه $GF_{677}$. مجله علوم باغبانی مشهد، ۲۹ (۲): ۲٦۸-۲٥٥.

۷. مومن پور، ع.، د. بخشی، ع. ایمانی و ح. رضایی. a ۱۳۹٤. اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در رقم‌های بادام 'شاهرود ۱۲'، 'تونو' و ژنوتیپ'۱٦-۱' پیوند شده روی پایه $GF_{677}$ . مجله به‌زراعی کشاورزی ابوریحان ۱۷ (۱): ۱۹۷-۲۱٦.

۸. مومن پور، ع.، د. بخشی، ع. ایمانی و ح. رضایی. ۱۳۹٤ b. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام پیوند شده روی پایه. مجله فنآوری تولیدات گیاهی. ۷ (۲): ۱۳۷-۱۵۲.

۹. مومن پور، ع.، ع. ایمانی، د. بخشی و ح. رضایی. ۱۳۹۳ b. ارزیابی تحمل به شوری در برخی از ژنوتیپ های بادام پیوند شده روی پایه $GF_{677}$ بر اساس صفات مورفولوژیک و فلورسانس کلروفیل. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۱۰): ۲۸-۹.

۱۰. مومن پور، ع.، و. سلطانی گرد فرامرزی، م. ه. راد، م. ر. وظیفه شناس، ا. آناقلی، ف. احمدی و ز. جماعتی اردکانی (۱۳۹۹). تعیین آستانه تحمل شوری ژنوتیپ های مختلف انار. پژوهش های آب در علوم کشاورزی ۳٤ (۱): ۱٤-۱.

۱۱. ولی‌پور، م.، م. کریمیان اقبال، م. ج. ملکوتی و ا. ح. خوشگفتارمنش. ۱۳۸۷. روند توسعه شوری و تخریب اراضی کشاورزی در منطقه شمس‌آباد استان قم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (٤٦): ٦۸۳-٦۹۱.

12. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24: 1- 15.
13. Bayuelo-Jiménez, J. S., D. G. Debouck and J. P. Lynch 2003. Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions. Field Crops Research. 80 (3): 207- 222.
14. El-Agamy, S. Z., R. A. Mostafa, M. M. Shaaban and M. T. El-Mahdy. 2010. In vitro salt and drought tolerance of Manfalouty and Nab El-Gamal pomegranate cultivars. Aust J Basic Appl Sci. 4 (6): 1076- 1082.
15. Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Institute. 130 Pp.
16. Fipps, G. 2003. Irrigation water quality standards and salinity management strategies. Texas Agricultural Extension Service. Pp 1-18.
17. Grattan, S. R. and C. M. Grieve, 1999. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crop. Science Horticulture. 78: 127- 157.
18. Guo, F.O., and 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. 41 (9): 217-220.
19. Jadidi, E. M. Tatari, M. Ghasemnezhad, and H. R. Salemi, 2020. Morphological and biochemical response of eight pomegranates (Punica granatum L.) cultivars under salinity stress. Journal of Horticulture and Postharvest Research, 3(Special Issue-Abiotic and Biotic Stresses): 139- 152.
20. Karimi, H.R., and Z. Hasanpour, 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.
21. Liu, C., Y. Ming, H. Xianbin, and Y. Zhaohe. 2018. Effects of salt stress on growth and physiological characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) cuttings. Pakistan Journal of Botany. 50 (2): 457-464.
22. Lutts, S., J.M. Kinet, and J. Bouharmont, 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.
23. Maas, E.V, and G.J, Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: Current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 103: 115- 134.
24. Mahajan, Sh., and N. Tuteja, 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444: 139-158.
25. Momenpour, A., and A. Imani, 2018. Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. Advances in Horticultural Science. 32 (2): 249-264.
26. Momenpour, A., M. Dehestani Ardakani, M. Shirmardi, J. Gholamnezhad, F. Ahmadi, and Z. Jamaati. 2022. Salinity tolerance evaluation of twelve selected pomegranate (*Punica*

*granatum*) genotypes to achieve tolerant cultivars and rootstocks. Journal of Horticultural and Postharvest Resarch. 5 (4): 363-378.
27. Momenpour, A., A. Imani, D. Bakhshi, and E. Akbarpour. 2018. Evaluation of salinity tolerance of some selected almond genotypes budded on $GF_{677}$ rootstock. International Journal of Fruit Science. 18 (4): 410-435.
28. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25: 239-250.
29. Munns, R., and M. Tester. 2008 Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651–681.
30. Naeini, M. R., A. H. Khoshgoftarmanesh, and E. Fallahi. 2006. Partitioning of chlorine, sodium, and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. *Journal of Plant Nutrition*, *29*(10), 1835-1843
31. Naeini, M. R., A.H. Khoshgoftarmanesh, H. Lessani, and E. Fallahi. 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.
32. Okhovatian-Ardakani, A.R., M. Mehrabanian, F. Dehghani, and A. Akbarzadeh. 2010. Salt tolerance evaluation and relative comparison in cuttings of different pomegranate cultivars. Plant, Soil and Environment. 56 (4): 176-185.
33. Rahemi, M., Sh. Nagafian, and V. Tavallaie. 2008. Growth and chemical composition of hybrid $GF_{677}$ influenced by salinity levels of irrigation water. Plant Sciences. 7 (3): 309-313.
34. Rodríguez, P., C. D. Mellisho, W. Conejero, Z. N. Cruz, M. F. Ortuno, A. Galindo, and A. Torrecillas, 2012. Plant water relations of leaves of pomegranate trees under different irrigation conditions. *Environmental and Experimental Botany*, *77*, 19-24.
35. Sarwat, M., P. Ahmad, G. Nabi, and X. Hu. 2013. "Ca2+ signals: The versatile decoders of environmental cues". Critical reviews in biotechnology, 33(1): 97-109.
36. Shao, H. B. W. Y. Song, and L. Y. Chu. 2008. Advances of calcium signals involved in plant anti-drought. Comptes rendus biologies. 331 (8): 587- 596.
37. Szczerba, M.W., DT. Britto, KD. Balkos, and H.J. Kronzucker. 2008. $NH4^+$ stimulated and -inhibited components of $K^+$ transport in rice (*Oryza sativa* L.). Experimental Botany. 59: 3415–3423.
38. Szczerba, M.W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2009. $K^+$ transport in plants: Physiology and molecular biology. Plant Physiology. 166: 447-466.
39. Tavousi, M., F. Kaveh, A. Alizadeh, H. Babazadeh, and A. Tehranifar. 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.
40. Yamasaki, S., and L.C. Dillenburg. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasilian Fisiologia Vegetal. 11: 69-75.

# Evaluation of the Effect of Calcium Nitrate on Growth Characteristics of Selected Pomegranate Genotypes in Saline Conditions

**A. Momenpour[1], S. Sabahi, A. Jafari, and M. Shirmardi**

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran; E-mail: a.momenpour@areeo.ac.ir
MSc student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran; E-mail: a.sabahi@yahoo.com
Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran; E-mail: jafari.azam@yahoo.com
Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran; E-mail: Shirmardi.m@yahoo.com

Received: December, 2022 , and Accepted: February, 2023

**Abstract**

To evaluate the effect of calcium nitrate on some growth characteristics of selected pomegranate (Punica granatum) genotypes, a factorial experiment was carried out based on randomized complete block design (BCRD) with 3 replications at Chahafzal Station of the National Salinity Research Center of Iran, in 2019-2020. Two factors were studied: genotypes at 6 levels (Post-Siyah Ardakan, Rabab Neyriz, Chah Afzal, Narak Lasjerd Semnad ,Vahshi Babolsar, and Malas Yazdi) and calcium nitrate at 3 levels (0 (control), 50 and 100 kg/ha), using irrigation water salinity of 9±0.5 dS/m. The results showed that type of genotype and levels of calcium nitrate affected morphological and physiological characteristics and concentration of nutrient elements in leaves. The highest and lowest necrotic leaves (12% and 2%), leaf surface ratio (1845 and 879 $mm^2$/g dry weight), relative water content (80.83% and 52.40%), total chlorophyll (11.4 and 6.45 mg/g fresh weight), potassium content (0.378% and 0.322%) and lowest and highest sodium content (1.88% and 2.75%), relative ions leakage (14.85% and 30.02%) and sodium to potassium ratio (0.118 and 0.197) was observed in Chah Afzal with 100 kg/ha of calcium nitrate and Rebab Niriz without calcium nitrate application, respectively. Overall, Chah-Afzal was recognized as the most tolerant genotypes to saline condition. This genotype showed more suitable growth than the other genotypes by maintaining its growth characteristics and increasing potassium uptake compared to sodium. Also, the results showed that application of 100 kg/ha of calcium nitrate at the beginning of the growing season significantly improved the growth characteristics and reduced the harmful effects of sodium in all studied genotypes.

**Keywords:** Saline waters, Calcium nitrate, $Na^+$ to $K^+$ ratio, Chah Afzal' genotype

[1]Corresponding author: National Salinity Research Center, Yazd, IRAN,