نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۲۰۷-۲۲۱
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.16138.2459

اثر تنش‌های خشکی و شوری بر کیفیت گل، تغییرات زیست–شیمیایی و غلظت یون‌ها در گل نرگس شهلا (*Narcissus tazzeta* cv. 'Shahla')

علی ناصری‌مقدم[۱]، *حسن بیات[۲]، محمدحسین امینی‌فرد[۲] و فرید مرادی‌نژاد[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران،
[۲]استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران،
[۳]دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: نرگس شهلا گیاهی سوخ‌دار و چندساله است که از آن به‌عنوان گل شاخه‌بریده، باغچه‌ای و گلدانی استفاده می‌شود. با توجه به این‌که گل نرگس شهلا یکی از محصولات مهم اقتصادی و زیر کشت در ایران است و از طرف دیگر بحران خشکسالی و شوری آب و خاک از مشکلات جدی بخش تولید در کشاورزی است، آگاهی از میزان تحمل این گیاه به تنش‌های خشکی و شوری به‌منظور تولید بهینه محصول، امری ضروری است. این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر توأم تنش‌های خشکی و شوری بر برخی از خصوصیات زایشی، زیست–شیمیایی و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم گل نرگس انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول، تنش خشکی در چهار سطح ۹۰ (شاهد)، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و عامل دوم تنش شوری آب آبیاری ناشی از کلرید سدیم در چهار سطح صفر (شاهد)،۲۰، ٤۰ و ٦۰ میلی‌مولار بودند. اعمال تیمارهای خشکی و شوری حدود ٤ ماه به طول انجامید و سپس صفات موردنظر اندازه‌گیری شدند. صفات مورد بررسی شامل تعداد گل، قطر گل، کلروفیل کل، کاروتنوئید و فلاونوئید برگ، آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز برگ و مقادیر عناصر سدیم و پتاسیم برگ و سوخ بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر تنش‌های خشکی و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد گل معنی‌دار نبود؛ ولی این تنش‌ها سبب کاهش قطر گل شدند. بیش‌ترین و کم‌ترین قطر گل به‌ترتیب از تیمارهای شاهد و تنش خشکی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با شوری ٦۰ میلی‌مولار به‌دست آمد. اثر متقابل تنش‌های شوری و خشکی بر محتوای کلروفیل کل معنی‌دار و کاهشی بود. به‌طوری‌که تیمار ٦۰ میلی‌مولار کلرید سدیم همراه با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی باعث کاهش ۷۲ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد شد. تنش‌های شوری و خشکی سبب کاهش محتوای کاروتنوئید برگ شدند، به‌طوری‌که مقدار این صفت در شدیدترین سطوح شوری و خشکی، به‌ترتیب ۲٦ و ۲۵ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تنش شوری و خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین فعالیت آنزیمی از بالاترین سطوح (شوری ٦۰ میلی‌مولار و ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه) به‌دست آمد. در اثر متقابل دو تنش، بیش‌ترین میزان فعالیت

* مسئول مکاتبه: hassanbayat@birjand.ac.ir

آنزیم کاتالاز مربوط به تیمار ٦٠ میلی‌مولار همراه با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی با افزایش ٤/٥ برابری نسبت به شاهد به‌دست آمد. اثر تنش‌های خشکی و شوری بر محتوای پتاسیم برگ و سوخ معنی‌دار بود. با افزایش تنش شوری و خشکی میزان پتاسیم برگ و سوخ کاهش یافت، ولی سدیم برگ و سوخ، با افزایش تنش‌ها به‌ویژه تنش شوری، افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که همه سطوح تنش‌های خشکی و شوری موجب افزایش و بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز و گایاکول پراکسیداز) و غیرآنزیمی (فلاونوئید کل) گل نرگس شد؛ اما تحت شرایط تنش خشکی و شوری، قطر گل، میزان کاروتنوئید و کلروفیل کل کاهش یافتند. تحت شرایط تنش شوری و خشکی، میزان تجمع سدیم در برگ در مقایسه با سوخ، بیش‌تر بود. نتایج نشان داد حساسیت گیاه نرگس نسبت به تنش شوری بیش‌تر از خشکی بود که با کاربرد هم‌زمان دو تنش، اثرات منفی تشدید شد. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که کشت گل نرگس تا سطح رطوبتی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و شوری آب آبیاری حدود ۳ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر منفی قابل‌توجهی بر عملکرد و کیفیت گیاه نداشت و قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، قطر گل، کاتالاز، کلروفیل کل، گایاکول پراکسیداز

مقدمه

گل نرگس (*Narcissus* spp.) از خانواده نرگسیان (Amaryllidaceaee) و یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی و دارویی است که گونه‌های مختلف آن در سرتاسر دنیا به‌جز مناطق گرمسیری رشد می‌کنند. نرگس شهلا (*Narcissus tazetta* L. cv. 'Shahla') گیاهی سوخ‌دار و چندساله است که از آن به‌عنوان گل بریدنی، باغچه‌ای و گلدانی استفاده می‌شود (۲۹). این گونه بومی فرانسه، پرتغال، اسپانیا و نواحی مدیترانه‌ای بوده و در مناطق مختلف ایران به‌خصوص شمال، شمال‌شرق، فارس، بوشهر، بهبهان، کرمان و خراسان‌جنوبی رویش دارد و زمان گلدهی آن پاییز و زمستان است (۳۵). این گیاه زینتی به جهت دارا بودن خواص دارویی بسیار مورد توجه است (٤٥). به‌عنوان مثال گل‌ها و سوخ‌های آن در درمان تب دوره‌ای و اسهال خونی و ریشه‌های آن در درمان آبسه، جوش‌ها و بیماری‌های پوستی استفاده می‌شود (۲۸). لیکتین‌های جدا شده از این گیاه نیز فعالیت ضد HIV-1 از خود نشان می‌دهند (٤٥). از طرف دیگر عطر گل‌های نرگس ارزش بالایی در صنایع عطرسازی دارد (۵۱).

تنش‌های غیرزنده، به‌ویژه خشکی و شوری جزء تنش‌های اصلی و مهم هستند که سبب کاهش تولیدات زراعی و باغی در سراسر جهان به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شوند (۱۲). مقدار آب مصرف شده توسط گیاهان زینتی بستگی به گونه‌ها و ارقام خاص، روش کشت و فصل رشد گیاه دارد. تخمین زده شده است که به‌طور متوسط میزان ۱۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم آب برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک گیاهی مورد نیاز است (۲۷). تنش شوری و خشکی باعث کاهش رشد گیاهان می‌شوند، زیرا شرایط تنش اسمزی، آب در دسترس ریشه‌ها را در خاک محدود می‌کند (٦). بیش از ٦/١ میلیارد هکتار معادل ٤٧/٢ درصد از سطح کره زمین را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند (۳۲) و کم‌تر از ۳ درصد ذخایر آبی در زمین برای تولید محصولات کشاورزی مناسب هستند (۲۰). از سوی دیگر بیش‌تر آب‌هایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک در کشاورزی استفاده می‌شوند، شور بوده و خاک‌های این مناطق نیز توسط این آب‌ها شور شده‌اند. زمانی که مقدار نمک محلول در خاک به میزانی افزایش یابد که در جذب آب توسط گیاه و رشد آن اختلال ایجاد

کند، آن خاک از لحاظ زراعی شور به‌حساب می‌آید (٤٧). تنش خشکی یکی از شایع‌ترین تنش‌های غیرزنده به‌شمار رفته و سبب کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود. یکی از دلایل این کاهش، عدم تعادل بین جذب و استفاده از نور در گیاه تحت تنش است (١٨). کاهش کارآیی سامانه نوری II در اثر تنش خشکی، منجر به عدم تعادل بین تولید و استفاده از الکترون‌ها و در نهایت تغییر عملکرد کوانتومی الکترون می‌گردد که نتیجه این امر، بروز اتلاف انرژی خورشیدی در سامانه نوری II می‌باشد (٣٨). در بررسی اثر تنش خشکی بر واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه کتان نتیجه‌گیری شده است که با افزایش تنش خشکی میزان پرولین، فلاونوئید و آنتوسیانین در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد؛ ولی میزان کاروتنوئید نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت (٢٢). یکی از شاخص‌های فیزیولوژیک متأثر از تنش خشکی محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ است. برخی از گیاهان در طول تنش خشکی کلروفیل خود را حفظ می‌کنند و برخی دیگر کلروفیل خود را از دست می‌دهند (٣٣). تنش خشکی باعث می‌شود سامانه نوری فتوسنتز گیاه صدمه ببیند در نتیجه موجب کاهش و تخریب کلروفیل در گیاه نسبت به شرایط عدم تنش می‌شود (١٩). به دنبال کاهش کلروفیل و به‌دلیل افزایش و قابل رؤیت شدن رنگیزه‌های محافظ مانند کاروتنوئیدها و آنتوسیانین، برگ‌های گیاه حالت رنگی پیدا می‌کنند (١٤). به‌طورکلی شوری باعث کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک و در نتیجه کاهش جذب آب، بروز مسمومیت در گیاه در اثر جذب بیش از حد یون‌های سدیم و کلر (٢١، ٢٤ و ٣٠) و اختلال در جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مثل K^+ وCa^{+2} می‌گردد (١٠).

راهبردهای شناخته‌شده تحمل به شوری در گیاهان شامل ممانعت از انتقال یون‌های جذب‌شده توسط ریشه‌ها به اندام‌های هوایی، دفع یون‌های جذب شده و یا متجمع نمودن آن‌ها در اندامک‌های داخل سلولی مانند واکوئل‌ها و تنظیم اسمزی است (٢٧). مقدار یون‌های K^+ و Na^+ و نسبت بین آن‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخص تحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد به‌طوری‌که ارقام متحمل به شوری میزان K^+ بالاتری در مقایسه با Na^+ در سلول‌های خود دارند (١٠). سایرام و همکاران (٢٠٠٢) در آزمایشی دریافتند که مقدار سدیم برگ گندم با افزایش شوری افزایش می‌یابد، اما این افزایش در ارقام متحمل، غیرمعنی‌دار ولی در ارقام حساس معنی‌دار بود (٤٠). هم‌چنین در آزمایشی روی برخی از ارقام گل نرگس که تحت تنش شوری با غلظت‌های صفر، ٢٥ و ٥٠ میلی‌مولار قرار گرفتند، مشخص شد که افزایش شوری سبب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی گردید (٥٣). یکی از مشخصه‌های تحمل به شوری در گیاهان، توانایی در حفظ نسبت ثابتی از K^+ و Na^+ درون‌سلولی است. از دیگر راهبردهای مقابله گیاهان در برابر تنش‌های خشکی و شوری، افزایش و بهبود فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی است که سبب افزایش تحمل در برابر این تنش‌ها می‌گردد (٣٧ و ٤٩). بررسی اثرات تنش‌های خشکی و شوری به کمک آنزیم‌ها، می‌تواند با سرعت بیش‌تری به شناسایی گیاهان مقاوم منجر شود، زیرا رابطه قوی بین تحمل به تنش‌های محیطی و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان وجود دارد (٤٦). این تنش‌ها سبب تولید ترکیب‌هایی با اکسیژن فعال[1] (ROS) می‌شوند که به پروتئین‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند. گیاهان برای پاکسازی و سمیت‌زدایی ترکیب‌های

1- Reactive oxygen species

ROS از سطح سلول، از سامانه‌های دفاعی آنزیمی (کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و غیره) و غیرآنزیمی (مانند ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدها) استفاده می‌کنند (٤٩).

در پژوهشی که اثر تنش شوری بر بعضی از رقم‌های نرگس (*Narcissus* sp.) بررسی شد، نتایج نشان داد که میزان پتاسیم و سدیم اندام هوایی تحت‌تأثیر شوری قرار گرفتند. هم‌چنین این آزمایش نشان داد که با افزایش شوری نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی نرگس کاهش یافت (۵۳). هم‌چنین بهادران و صالحی (۲۰۱۵) گزارش کردند که در اثر تنش توأم شوری و خشکی میزان سدیم برگ و ریشه گل مریم افزایش یافت (۵).

با توجه به این‌که گیاه نرگس یکی از محصولات مهم اقتصادی و زیر کشت در ایران است و از طرف دیگر بحران خشکسالی و شوری آب و خاک از مشکلات جدی بخش تولید در کشاورزی است، آگاهی از میزان تحمل این گیاه به تنش‌های خشکی و شوری به‌منظور تولید بهینه محصول، موضوعی لازم و ضروری است. بر اساس مطالعات و بررسی‌های انجام شده تاکنون پژوهش جامع و کاملی در زمینه تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر گیاه نرگس شهلا گزارش نشده است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر توأم تنش‌های خشکی و شوری بر برخی از خصوصیات زایشی، فیزیولوژیکی، زیست‌شیمیایی و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم گل نرگس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اوایل شهریور سال ۱۳۹٦ در پردیس دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در کیلومتر ۵ جاده بیرجند- کرمان با عرض جغرافیایی ۳۲ و´٥٦ شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ و´۱۳ شرقی و ارتفاع ۱٤۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. بعد از خریداری سوخ‌های نرگس شهلا (*Narcissus tazzeta* cv. 'Shahla') از شهرستان خوسف، جداسازی سوخ‌های هم‌اندازه با قطر حدود ۵ سانتی‌متر و وزن تقریبی ۲۵ گرم انجام شد و کشت سوخ‌ها در۲۰ شهریورماه انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول، تنش خشکی در چهار سطح ۹۰ (شاهد)، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (FC) و عامل دوم تنش شوری آب آبیاری ناشی از سدیم کلرید (NaCl) در چهار سطح شاهد (آب آبیاری مورد استفاده در منطقه)، ۲۰، ٤۰ و ٦۰ میلی‌مولار بود. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن انجام گردید. هم‌چنین مقدار pH و EC آب اندازه‌گیری شد (جدول ۱). گلدان‌های مورد استفاده برای اجرای آزمایش پلاستیکی بوده و قطر دهانه و ارتفاع آن به‌ترتیب ۲۳ و ۲۵ سانتی‌متر بودند. برای ضدعفونی و جلوگیری از شیوع بیماری‌های قارچی، ابتدا سوخ‌ها به‌مدت ۳۰ ثانیه در قارچ‌کش بنومیل با غلظت ۲ در هزار غوطه‌ور گردید و سپس در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک کشت و بلافاصله آبیاری شدند. گیاهان در طی دوره رشد اولیه و استقرار با آب شاهد و به تعداد دفعات دو بار در هفته آبیاری شدند. قبل از شروع اعمال تیمارهای خشکی و شوری، گلدان‌ها با کود NPK (۲۰-۲۰-۲۰) و با غلظت ۲ در هزار تغذیه شدند. تنش خشکی بر حسب ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها اعمال گردید. ظرفیت زراعی خاک آزمایش برابر ۲۰ درصد به‌دست آمد. وضعیت رطوبتی تمامی گلدان‌ها از طریق وزن کردن هر دو روز یک‌بار آن‌ها در ساعت ۹ صبح مشخص گردید (۳). نقصان رطوبتی گلدان‌های شاهد و خشکی (بدون تیمار شوری) با اضافه نمودن مقدار آب لازم (شاهد) و

رساندن به حد ظرفیت زراعی در تیمارهای موردنظر جبران شد. برای اعمال تنش خشکی و شوری سایر گلدان‌ها، متناسب با تیمار موردنظر، از آب شور جهت اعمال تنش‌های خشکی و شوری مربوطه استفاده شد. شروع اعمال تنش‌ها بعد از ٤ هفته پس از کشت صورت گرفت وتا پایان گلدهی تمامی تیمارها ادامه داشت. هدایت الکتریکی آب آبیاری حاوی سدیم‌کلرید با غلظت‌های ۰، ۲۰، ٤۰ و ٦۰ میلی‌مولار به‌ترتیب ۱/۱، ۳/۲۵، ۵/٤۰ و ۷/۹۸ دسی‌زیمنس بر متر بود.

جدول ۱- مشخصات فیزیک-شیمیایی خاک و آب استفاده شده در آزمایش.

Table 1. Physiochemical characteristics of soil and water used in the experiment.

Water				Soil								بافت
پتاسیم K meq/Lit	سدیم Na meq/Lit	pH	شوری EC ds/m	پتاسیم K meq/Lit	سدیم Na meq/Lit	شوری EC ds/m	pH	FC ٪	شن Sand ٪	رس Clay ٪	سیلت Silt ٪	texture
0.35	5.6	7.79	1.1	6.41	11	1.94	8.1	20	43	28	29	لوم شنی Sandy loam

جدول ۲- مقادیر هدایت الکتریکی خاک تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش.

Table 2. Electrical conductivity values of soil in different treatments at the end of the experiment period.

هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	تیمارها Treatments		هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	تیمارها Treatments	
EC of soil (dS/m)	شوری Salinity	خشکی Drought	EC of soil (dS/m)	شوری Salinity	خشکی Drought
19.00	40	90	4.90	0	90
22.33		70	7.20		70
27.03		50	8.90		50
34.52		30	10.30		30
22.10	60	90	11.10	20	90
29.71		70	13.30		70
35.95		50	17.61		50
40.08		30	21.22		30

صفات مورد بررسی: اعمال تیمارهای خشکی و شوری حدود ٤ ماه به طول انجامید و صفات مدنظر بعد از پایان دوره گلدهی اندازه‌گیری شدند. صفات مورد بررسی شامل تعداد گل روی ساقه گل‌دهنده، قطر گل، کلروفیل کل، کاروتنوئید، فلاونوئید، آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز برگ و مقادیر عناصر سدیم و پتاسیم برگ و سوخ بودند. قطر گل با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

کلروفیل کل و کارتنوئید به روش آرنون اندازه‌گیری شد (٤). مقدار نیم گرم از برگ تر گیاهی را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد کرده و به خوبی پودر شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت٦۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. میزان جذب در طول موج ٤۷۰، ٦٤٥، ٦٦۳ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل Model Unico 2100, China) انجام شد.

تعیین فلاونوئید کل برگ با استفاده از روش رنگ‌سنجی انجام شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از نمونه گیاهی در متانول به‌صورت جداگانه با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر از آلومینیوم کلرید ۲ درصد و ۰/۱ میلی‌لیتر از پتاسیم استات ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر از آب مقطر مخلوط شد و سپس محلول به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت و در نهایت جذب محلول‌ها در طول موج ٤١٥ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده شد. واحد اندازه‌گیری فلاونوئید کل میلی‌گرم در گرم وزن تازه بود (۱۳).

به‌منظور استخراج عصاره آنزیمی جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها، ابتدا نمونه گیاهی با ازت مایع خرد شد و سپس ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم با pH=٦ به آن اضافه و با دور ۱۳۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید (۳۱). برای اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ٦۰۰ میکرولیتر بافرفسفات سدیم (pH=۷)، ۰/۱۵ میکرولیتر EDTA، ٥٤٩/٨٥ میکرولیتر آب مقطر را در تیوپ ریخته و ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد و بلافاصله در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ٢٤٠ نانومتر میزان جذب آن ثبت گردید و پس از سپری شدن زمان یک دقیقه دوباره میزان جذب یادداشت گردید. تغییرات جذب به‌دست آمده در زمان یک دقیقه، به ضریب خاموشی این واکنش که برابر ٣٦ مول بر سانتی‌متر است تقسیم شد و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد جذب (Unit=U) در گرم وزن تر بیان شد (۷). برای سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۸۰۰ میکرولیتر بافر سدیم، ۰/۲ میکرولیتر EDTA، ۵۰ میکرولیتر گایاکول، ۷۹۹ میکرولیتر آب به کووت شیشه‌ای اضافه شد و ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه گردید و بلافاصله در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ٤٧٠ نانومتر میزان جذب آن فوراً قرائت گردید و پس از سپری شدن مدت یک دقیقه دوباره میزان جذب ثبت گردید. تغییرات جذب به‌دست آمده در زمان یک دقیقه، به ضریب خاموشی که برابر ٢٦/٦ میلی‌مول بر سانتی‌متر است تقسیم شد و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد جذب در گرم وزن تر بیان شد (۵۰).

به‌منظور سنجش میزان پتاسیم و سدیم برگ و سوخ، یک گرم از اندام خشک در کوره الکتریکی به خاکستر تبدیل شد. سپس به هر نمونه ۵ میلی‌لیتر از اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید و به‌مدت ۵ دقیقه روی هیتر برقی، نمونه‌ها جوشیده شد. سپس نمونه‌ها داخل بالن صاف و سپس با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای تعیین میزان پتاسیم و سدیم، ابتدا محلول‌های استاندارد هر کدام از این عناصر تهیه شد و غلظت عناصر توسط دستگاه فلیم‌فتومتر و با استفاده از روش ویلیام (۲۰۰۰) قرائت شد (٥٤).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد گل: نتایج نشان داد اثر تنش‌های خشکی و شوری و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر کاهش تعداد گل در ساقه گل‌دهنده نداشتند و این صفت عملکرد قابل‌قبولی در همه سطوح شوری و خشکی داشت (جدول ۳). نتایج پژوهش مشابهی نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل در ساقه گل‌دهنده ارقام گیاه نرگس (*Narcissus* sp.) نداشته است (۵۳).

قطر گل: نتایج نشان داد که با افزایش سطوح هر یک از تنش‌های شوری و خشکی از قطر گل کاسته شد.

کم‌ترین قطر گل در اثر متقابل تنش‌ها از تنش خشکی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی همراه با شوری ٦۰ میلی‌مولار با کاهش ٤٥ درصدی نسبت به شاهد به‌دست آمد (جدول ٤). بهادران و صالحی (۲۰۱۵) بیان نمودند که تنش‌های شوری و خشکی باعث کاهش قطر گل مریم شد (۵). تنش‌های شوری و خشکی باعث کاهش تقسیم و طویل شدن سلول‌ها می‌گردند که با کاهش کیفیت و عملکرد همراه است (۱۰ و ۳۰).

کلروفیل کل: اثر ساده تنش‌های شوری و خشکی و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و مقادیر این صفت تحت‌تأثیر هر دو تنش خشکی و شوری کاهش یافت (جدول ۳). کم‌ترین میزان کلروفیل کل متعلق به شدیدترین تیمار (٦۰ میلی‌مولار کلرید سدیم همراه با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) بود که باعث کاهش ۷۲ درصدی کلروفیل کل نسبت به شاهد شد (جدول ۵). کاهش محتوای کلروفیل برگ تحت تیمار با آب شور یا خشکی در گیاهان مختلف گزارش شده است (۵ و ۲۳). از صدمات اکسیداتیو مهمی که در شرایط تنش‌های خشکی و شوری ایجاد می شود، تخریب مولکول کلروفیل است. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت‌تأثیر خشکی و شوری ممکن است ناشی از کاهش ساخت کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیل، تخریب نوری کمپلکس پروتئینی رنگدانه‌های a و b که محافظت‌کننده دستگاه فتوسنتزی هستند و صدمه اکسیداتیو به لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها یا افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (۱۷).

کاروتنوئید: اثر ساده خشکی در سطح احتمال ۱ درصد و تنش شوری در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل دو تنش تأثیر معنی‌داری بر میزان کاروتنوئید نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده تنش‌های اعمال شده نشان داد که با افزایش سطوح هر یک از تنش‌های شوری و خشکی، میزان کاروتنوئید برگ گیاه کاهش یافت، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان کاروتنوئید از تنش شوری ٦۰ میلی‌مولار (۲٦ درصد کاهش نسبت به شاهد) و تنش خشکی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (۲۵ درصد کاهش نسبت به شاهد) به‌دست آمد. با این وجود، تنش شوری تا سطح ٤۰ میلی‌مولار و تنش خشکی تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش معنی‌دار کاروتنوئید نشد (جدول ۳). بررسی اثر تنش خشکی در گیاه دارویی کتان (*Linum usitatissimum* L.) نشان داد که در طی دوره تنش، میزان کاروتنوئید کاهش یافته و نتوانسته است نقش حفاظتی خود را ایفا کند (۲۲). در پژوهشی که روی گیاه پروانش (*Catharanthus roseus*) انجام گرفت مشاهده شد که کلروفیل و کاروتنوئید برگ تحت‌تأثیر تنش شوری کاهش یافت (۱). نقش اصلی کاروتنوئید جلوگیری از آسیب اکسیداتیو است. در واقع کاروتنوئیدها از طریق فروکش کردن سریع وضعیت برانگیخته کلروفیل، حفاظت نوری را انجام می‌دهند. کاهش محتوای کاروتنوئید به احتمال زیاد به‌دلیل اکسید شدن توسط ترکیبات ROS و تخریب ساختار آن‌ها است (۱۱).

فلاونوئید کل: هر یک از اثرات ساده تنش‌های خشکی و شوری به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد باعث افزایش فلاونوئید کل برگ شدند، ولی اثر متقابل شوری و خشکی معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان فلاونوئید در تنش شوری ٦۰ میلی‌مولار (۱۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان فلاونوئید از شدیدترین تنش خشکی به‌دست آمد که با افزایش ۲۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد همراه بود. هم‌چنین تا تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و شوری

٤٠ میلی‌مولار میزان فلاونوئید در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٤). زمانی که گیاه کلزا (*Brassica napus*) تحت تنش خشکی قرار گرفت مقدار فلاونوئید برگ افزایش یافت (٤١). در گیاه *Stellaria longipes* نیز گزارش شده است که مقادیر فلاونوئیدها به‌عنوان مواد آنتی‌اکسیدان در پاسخ به تنش خشکی افزایش یافت (٤٢). تنش‌های خشکی و شوری سبب تولید ترکیب‌های ROS در گیاه می‌شوند که به پروتئین‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند. گیاهان برای پاکسازی و سمیت‌زدایی این ترکیب‌ها از سطح سلول، از سیستم‌های دفاعی آنزیمی (کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و ...) و غیرآنزیمی (مانند فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها) استفاده می‌کنند (٤٩).

آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز: اثر تنش خشکی و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ٣). در اثر متقابل دو تنش، بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به شدیدترین سطح تنش‌ها (٦٠ میلی‌مولار همراه با ٣٠ درصد ظرفیت زراعی) با افزایش ٤/٥ برابری نسبت به شاهد به‌دست آمد (شکل ١). اثر ساده شوری و خشکی و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ١ درصد بر میزان فعالیت گایاکول پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ٣). با افزایش سطوح هر یک از تنش‌های شوری و خشکی، میزان فعالیت گایاکول پراکسیداز افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان در تنش شوری ٦٠ میلی‌مولار و تنش خشکی ٣٠ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب با افزایش ٨٦ و ٤١ درصدی نسبت به شاهد به‌دست آمد. در اثر متقابل این دو تنش، بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در سطح شوری ٦٠ میلی‌مولار همراه با خشکی ٣٠ درصد ظرفیت زراعی (حدود ٢/٥ برابر افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد (شکل ١). در گیاه *Cassia angustifolia* تحت تنش شوری افزایش فعالیت کاتالاز گزارش شده است (٢). در بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در گل آهار (*Zinnia elegans*) مشخص شد که با افزایش غلظت کلرید سدیم، فعالیت آنزیمی کاتالاز و پراکسیداز افزایش یافت که فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به پراکسیداز بیش‌تر بود (٤٨). هم‌چنین در بررسی تنش خشکی بر گیاه همیشه بهار مشخص شد که خشکی تا سطح ٤٠ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به شاهد باعث افزایش ٣٠ درصدی آنزیم کاتالاز شد (١٦). بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه سیاهدانه نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار گایاکول پراکسیداز شد (٢٦). کاتالاز از آنزیم‌های مهم برای حذف H_2O_2 موجود در پروکسیزوم‌ها به‌شمار می‌رود (٢٥). وجود H_2O_2 در گیاه از این نظر دارای اهمیت است که در غلظت‌های متوسط، به‌عنوان مولکول سیگنال عمل نموده و در تولید پیش‌ماده‌های پروتئین دیواره سلولی مشارکت دارد، ولی در تنش‌های محیطی مانند خشکی و شوری غلظت این ماده در گیاه افزایش می‌یابد که برای گیاه سمی بوده و آسیب‌های اکسیداتیو را به دنبال دارد (٣٦). پژوهش‌ها نشان داده است که برای کاهش اثرات سمی اکسیداتیو ناشی از تنش‌های خشکی و شوری، مکانیسم‌های متنوعی در گیاه فعال می‌شود (٩). پراکسیدازها و کاتالازها دو سامانه اصلی برای دفاع آنزیمی از آسیب‌های پراکسیداتیو غشاهای سلولی توسط ترکیبات ROS هستند که سبب حفظ یکپارچگی آن‌ها می‌شوند (٥٢).

محتوای پتاسیم و سدیم برگ و سوخ و نسبت آن‌ها: اثر ساده تنش‌های خشکی و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای پتاسیم برگ در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٣). در اثر متقابل دو تنش، کم‌ترین مقدار پتاسیم برگ از تنش خشکی ٣٠ درصد

ظرفیت زراعی همراه با شوری ٦٠ میلی‌مولار به‌میزان ٠/٦٤ درصد وزن خشک به‌دست آمد (جدول ٥). اثر ساده تنش‌های خشکی و شوری بر محتوای پتاسیم سوخ در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٣). بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای پتاسیم سوخ به‌ترتیب مربوط به شاهد و سطح ٦٠ میلی‌مولار به‌میزان ٢/٢٩ و ١/٠٧ درصد بر وزن خشک بود (جدول ٤). اثر تنش‌های خشکی و شوری بر میزان سدیم برگ در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٣). کم‌ترین و بیش‌ترین محتوای سدیم برگ به‌ترتیب مربوط به شاهد و تنش شوری ٦٠ میلی‌مولار به‌میزان ١/٦١ و ٣/٦٤ درصد بر وزن خشک بود. هم‌چنین تا سطح ٥٠ درصد ظرفیت زراعی و شوری ٢٠ میلی‌مولار، میزان سدیم برگ نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٤). اثر ساده تنش‌های خشکی و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای سدیم سوخ در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٣). بیش‌ترین مقدار سدیم سوخ از تنش خشکی ٣٠ درصد ظرفیت زراعی همراه با شوری ٦٠ میلی‌مولار با افزایش ٣/٥ برابری نسبت به شاهد به‌دست آمد (جدول ٥). اثر تنش‌های اعمال شده و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٣). کم‌ترین و بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ به‌ترتیب از تیمار ٣٠ درصد ظرفیت زراعی همراه با شوری ٦٠ میلی‌مولار و شاهد به‌دست آمد (جدول ٥). اثر ساده تنش‌ها بر نسبت پتاسیم به سدیم سوخ در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٣). بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم سوخ مربوط به شاهد و کم‌ترین مربوط به شوری ٦٠ میلی‌مولار بود (جدول ٤). اثر شوری بر انباشتگی عناصر معدنی گیاه *Puccinellia distans* نشان داد که غلظت یون سدیم در گیاهان شاهد ناچیز بود و تیمارهای شوری باعث افزایش تدریجی و معنی‌دار میزان سدیم در بخش هوایی و ریشه گیاه گردید. در این آزمایش، تیمارهای ١٠٠ و ٢٠٠ میلی‌مولار کلرید سدیم، میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم را هم در ریشه و هم در بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری کاهش دادند (٤٦). در آزمایشی دیگر، اثر تنش شوری بر بعضی از ارقام نرگس (*Narcissus* sp.) بررسی شد که نتایج نشان داد میزان پتاسیم و سدیم اندام هوایی تحت‌تأثیر شوری قرار گرفتند. پتاسیم اندام هوایی در شوری ٢٥ و ٥٠ میلی‌مولار نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت و با افزایش شوری میزان سدیم افزایش یافت که با پژوهش انجام‌شده همخوانی دارد. هم‌چنین این آزمایش نشان داد که با افزایش شوری نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی نرگس کاهش یافت (٥٣). در بررسی اثرات تنش خشکی روی گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، میزان پتاسیم در هر دو بخش ریشه و بخش هوایی کاهش یافت (٤٣). پتاسیم نقش مهمی در عملکرد سلولی دارد و در بسیاری از گیاهان برای تحمل به شوری و خشکی مهم است (٤٤). حفظ نسبت بالای پتاسیم به سدیم با تحمل شوری ارتباط دارد (١٥). پتاسیم از عناصر ضروری گیاهان عالی و فراوان‌ترین عنصر موجود در پیکره گیاه پس از نیتروژن است. این عنصر به‌عنوان اسمولیت معدنی عمده در تنظیم اسمزی و نگهداری فشار تورژسانس نقش دارد که در نتیجه باعث توسعه سلولی، عمل سلول‌های روزنه و حرکات برگ می‌شود. هم‌چنین این عنصر در فعال‌سازی تعداد زیادی از آنزیم‌ها در عمل فتوسنتز، ساختن پروتئین‌ها، سوحت و ساز اکسیداتیو و تعادل بار الکتریکی غشاهای سلولی نقش دارد (٣٩). بررسی غلظت یون پتاسیم در شرایط تنش شوری اهمیت زیادی دارد. سدیم در خاک و آب حضور دارد و به‌طور وسیع

به‌وسیله گیاه جذب می‌شود، ولی به‌عنوان عنصر ضروری برای گیاه محسوب نمی‌شود. اگرچه ممکن است بتواند فشار تورژسانس را حفظ کند، اما قادر نخواهد بود جانشین کارکردهای ویژه کلسیم و پتاسیم شود. بخش زیادی از سدیم به‌صورت غیرفعال در گیاه جذب می‌شود که متأثر از جریان تعرق است (۳۹). محدودیت حاصل از یون سدیم در محیط شور ناشی از دو عامل سمی بودن و اختلال در جذب عناصر غذایی است (۳٤).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تنش‌های شوری و خشکی بر برخی از صفات کیفی گل، تغییرات زیست‌شیمیایی و مقادیر عناصر سدیم و پتاسیم گل نرگس.

Table 3. Analysis of variance of the effects of salinity and drought stresses on some flower quality traits, biochemical changes and sodium and potassium elements of *Narcissus tazetta* L.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد گل Flower number	قطر گل Flower diameter	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	فلاونوئید کل Total flavonoids	فعالیت کاتالاز CAT activity
خشکی Drought	3	0.13^{ns}	0.68^{**}	2.050^{**}	0.0011^{**}	0.20^{*}	0.01^{**}
شوری Salinity	3	0.24^{ns}	0.96^{**}	1.315^{**}	0.0007^{*}	0.22^{*}	0.40^{**}
شوری × خشکی Salinity × drought	9	0.12^{ns}	0.15^{**}	0.268^{**}	0.0002^{ns}	0.07^{ns}	0.005^{**}
خطا Error	30	0.18	0.16	0.034	0.0001	0.06	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		9.68	3.35	13.29	21.21	14.95	24.85

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	فعالیت گایاکول پراکسیداز GPX activity	پتاسیم برگ Leaf K^+	سدیم برگ Leaf Na^+	پتاسیم سوخ Bulb K^+	سدیم سوخ Bulb Na^+	پتاسیم/ سدیم برگ K^+/Na^+ of shoot	پتاسیم/ سدیم سوخ K^+/Na^+ of bulb
خشکی Drought	3	0.03^{**}	1.12^{**}	0.74^{**}	0.64^{**}	0.68^{**}	0.63^{**}	1.60^{**}
شوری Salinity	3	0.18^{**}	4.48^{**}	9.81^{**}	3.06^{**}	5.57^{**}	3.49^{**}	14.85^{**}
شوری×خشکی Salinity × drought	9	0.02^{**}	0.43^{**}	0.25^{ns}	0.15^{ns}	0.38^{**}	0.27^{**}	0.28^{ns}
خطا Error	30	0.0006	0.03	0.13	0.10	0.04	0.03	0.18
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		8.92	13.38	15.62	19.88	16.84	24.41	23.47

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

*, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; ns: non-significant.

جدول ٤- اثر ساده تنش‌های خشکی و شوری بر برخی از صفات بیوشیمیایی و مقادیر عناصر سدیم و پتاسیم گل نرگس.

Table 4. Simple effects of drought and salinity stresses on some biochemical traits and sodium and potassium elements of *Narcissus tazetta* L.

پتاسیم/سدیم سوخ K^+/Na^+ bulb	پتاسیم سوخ K^+ bulb % DW	سدیم برگ Na^+shoot % DW	فلاونوئید کل Total flavonoid ($mg.g^{-1}$ FW^{-1})	کاروتنوئید Carotenoid ($mg.g^{-1}$ FW^{-1})	تیمارها Treatments
					خشکی Drought (%FC)
2.22[a]	1.85[a]	2.03[b]	1.51[b]	0.06[a]	90
1.99[a]	1.71[ab]	2.46[a]	1.66[ab]	0.07[a]	70
1.63[b]	1.56[bc]	2.47[a]	1.69[ab]	0.05[b]	50
1.40[b]	1.31[c]	2.60[a]	1.85[a]	0.05[b]	30
					شوری Salinity (mM)
3.20[a]	2.29[a]	1.61[c]	1.55[b]	0.06[a]	0 (Control)
2.07[b]	1.57[b]	1.85[c]	1.62[b]	0.06[a]	20
1.39[c]	1.49[b]	2.45[b]	1.69[ab]	0.06[a]	40
0.57[d]	1.07[c]	3.64[a]	1.85[a]	0.05[b]	60

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level using Duncan test.

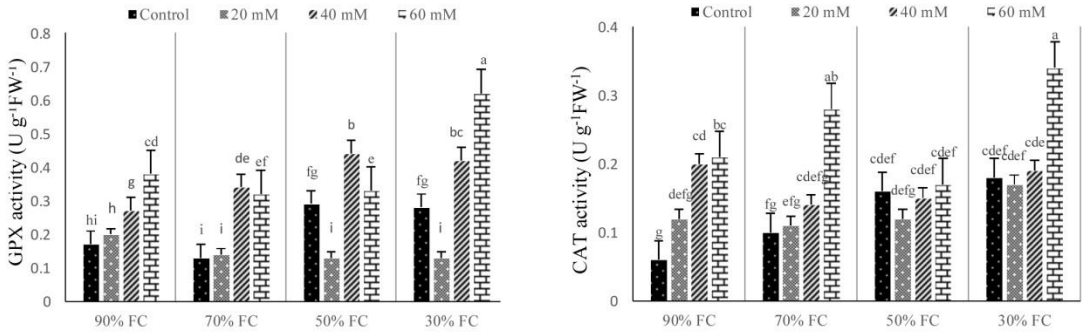
جدول ۵- اثر متقابل تیمارهای خشکی و شوری بر قطر گل، کلروفیل کل و مقادیر عناصر سدیم و پتاسیم گل نرگس.

Table 5. The interaction effect of drought × salinity stresses on flower diameter, total chlorophyll and sodium and potassium elements of *Narcissus tazetta* L.

پتاسیم/سدیم برگ K^+/Na^+ shoot	سدیم سوخ Na^+bulb (% DW)	پتاسیم برگ K^+shoot (% DW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll ($mg.\ g^{-1}$ FW^{-1})	قطر گل(سانتی متر) Flower diameter (cm)	تیمارها Treatments	
					خشکی Drought	شوری Salinity
2.38[a]	0.68[g]	3.29[a]	2.95[a]	3.32[a]	90	
1.66[b]	0.72[g]	2.70[b]	1.77[bcd]	2.39[c]	70	0 (شاهد)
1.09[c]	0.80f[g]	1.69[c]	1.55[cde]	2.34[c]	50	Control
0.87[cd]	0.71[g]	1.51[cd]	1.00[gh]	2.21[d]	30	
0.81[cd]	0.72[g]	1.43[cd]	1.91[b]	2.81[b]	90	
0.71[de]	0.77[fg]	1.31[de]	1.47[def]	2.35[c]	70	20
0.79[cd]	0.77[fg]	1.46[cd]	1.19[fg]	2.21[d]	50	
0.68[de]	0.81[fg]	1.36[cde]	1.22[efg]	2.02[ef]	30	
0.63[de]	0.99[efg]	1.48[cd]	1.87[bc]	2.09[de]	90	
0.59[de]	1.00[efg]	1.41[cd]	1.15[fgh]	2.08[de]	70	40
0.40[ef]	1.13[def]	1.02[ef]	1.14[fgh]	1.97[efg]	50	
0.39[ef]	1.29[de]	1.00[ef]	1.12[fgh]	1.91[fg]	30	
0.37[ef]	1.68[c]	0.94[fg]	1.23[efg]	2.02[ef]	90	
0.25[f]	1.40[cd]	1.01[ef]	1.02[gh]	2.00[efg]	70	60
0.21[f]	2.65[b]	0.84[fg]	1.01[gh]	1.98[efg]	50	
0.15[f]	3.02[a]	0.64[g]	0.81[h]	1.81[g]	30	

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level using Duncan test.



شکل ۱- اثر متقابل تنش‌های شوری و خشکی بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (GPX) گل نرگس.

Fig. 1. The interaction effects of drought and salinity stresses on the activity of CAT and GPX enzymes of *Narcissus tazzeta* L.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش‌های خشکی و شوری موجب افزایش و بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (کاتالاز و گایاکول پراکسیداز) و غیرآنزیمی (فلاونوئید) شد؛ اما با افزایش تنش خشکی و شوری از قطر گل، میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید کاسته شد. مقایسه مقادیر عنصر سدیم اندام هوایی و سوخ نرگس نشان داد که تحت شرایط تنش شوری و خشکی، اندام برگ نسبت به سوخ، سدیم بیش‌تری را تجمع داد اما میزان پتاسیم تحت‌تأثیر هر دو تنش کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. نتایج نشان داد حساسیت گیاه نرگس نسبت به تنش شوری بیش‌تر از خشکی بود که با کاربرد هم‌زمان دو تنش، اثرات منفی تشدید شد. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که کشت گل نرگس تا سطح رطوبتی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و شوری آب آبیاری حدود ۳ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر منفی قابل‌توجهی بر عملکرد و کیفیت گیاه نداشت و قابل‌توصیه است.

منابع

1. Abdolmohammadi, S. and Omidi, J. 2017. The effect of salicylic acid on some morphological and physiological traits under salinity stress (*Catharanthus roseus*). Agric. Res. 9: 3. 28-39. (In Persian)
2. Agarwal, S. and Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biol. Plant. 48: 4. 555-560.
3. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Rezvani Moghaddam, P. and Ehyaee, H.R. 2012. The effect of drought stress on morphological traits and yield of three medicinal plants (*Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Anethum graveolens*) in greenhouse condition. Iranian J. Field Crops Res. 10: 116-124. (In Persian)
4. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1. 1-15.
5. Bahadoran, M. and Salehi, H. 2015. Growth and flowering of two tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cultivars under deficit irrigation by saline water. J. Agr. Sci. Tech. 17: 415-426.
6. Bartels, D. and Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 24: 23-58.
7. Beers, G.R. and Sizer, I.V. 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. J. Biol. Chem. 195: 133-140.

8.Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M. and Ben Abdallah, F. 2009. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. Environ. Exp. Bot. 67: 2. 345-352.
9.Blokhina, O., Virolanen, E. and Fagestedt, K.V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress. Ann. Bot. 91: 179-194.
10.Boursier, P. and Läuchli, A. 1990. Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. Crop Sci. 30: 1226-1233.
11.Bruce, W.B., Edmeades, G.O. and Barker, T.C. 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. J. Exp. Bot. 53: 13-25.
12.Bybordi, A. 2010. Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Not. Sci. Biol. 2: 1. 81-83.
13.Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. 2003. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug. Anal. 10: 3. 178-182.
14.Chalker-Scott, L. 2002. Do anthocyanins function as osmoregulators in leaf tissues? Adv. Bot. Res. 37: 103-106.
15.Chinnusamy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J.K. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Sci. 45: 437-448.
16.Ebrahimi, M., Zamani, G. and Alizadeh, Z. 2017. A study on the effects of water deficit on physiological and yield-related traits of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Iran J. Med. Aromat. Plants. 33: 3. 492-508. (In Persian)
17.Egert, M. and Tevini, M. 2002. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environ. Exp. Bot. 48: 43-49.
18.Foyer, C.H. and Noctor, G. 2000. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signaling. New Phytol. 146: 359-388.
19.Fu, J. and Huang, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool season grasses to localized drought stress. Environ. Exp. Bot. 45: 105-114.
20.Ghassemi, F., Jakeman, J. and Nix, H. 1995. Salinization of land and water resources. University of New South Wales Press ltd, Canberra, Australia.
21.Greenway, H. and Munss, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 31: 141-190.
22.Ghorbanli, M., Bakhshi Khaniki, Gh. and Zakeri, A. 2012. Investigation on the effects of water stress on antioxidant compounds of *Linum usitatissimum* L. Iran J. Med. Aromat. Plants. 27: 4. 647-658. (In Persian)
23.Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaibi, W. and Zarrouk, M. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Sci. Hort. 119: 257-263.
24.Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. Plant Biol. 51: 463-499.
25.Hirt, H. and Shinozaki, K. 2004. Plant Responses to Abiotic Stress. Springer, Vienna, Austria.
26.Kabiri, R., Nasibi, F. and Farah Bakhsh, H. 2013. Study of some oxidative parameters induced by drought stress in *Nigella sativa* under hydroponic culture. J. Plant Proc. Fun. 2: 3. 11-19.
27.Kingsbury, R.W., Epestin, E. and Pearcy, R.W. 1983. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. J. Plant Physiol. 74: 417-423.
28.Kinghorn, A.D. 1987. Biologically active compounds from plants with reputed medicinal and sweetening properties. J. Nat. Prod. 50: 6. 1009-1024.
29.Li, X.F., Shao, X.H., Deng, X.J., Wang, Y., Zhang, X.P., Jia, L.Y. and Xu, L. 2012. Necessity of high temperature for the dormancy release of *Narcissus tazetta* var. chinensis. J. Plant Physil. 169: 14. 1340-1347.

30.Liu, T. and Staden, J. 2001. Growth rate, water relation and ion accumulation of soybean callus lines differing in salinity tolerance under salinity stress and its subsequent relief. Plant Growth Reg. 34: 227-285.
31.Macadam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp, R.E. 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue: I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. Plant Physiol. 99: 3. 872-878.
32.Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. J. Arch. Bioch. Biophys. 444: 2. 139-158.
33.Muller, T., Luttchwager, D. and Lentzsch, P. 2010. Recovery from drought stress at the shooting stage in oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agron. Crop Sci. 196: 81-89.
34.Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soils: some damages and hypothesis. Plant Cell Env. 16: 15-24.
35.Nakhaei, F., Khalighi, A., Naseri, M. and Abroumand, P. 2008. The investigation of chemical components in essential oil of *Narcissus tazetta* L. flowers under farm and natural conditions in south khorasan. Hortic. Sci. 22: 123-131. (In Persian)
36.Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S.D., Driscoll, S., Novitskaya, L. and Foyer, C.H. 2002. Drought and oxidative load in wheat leaves. A predominant role for photorespiration. Ann. Bot. 89: 841-850.
37.Parida, A. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60: 324-349.
38.Peltzer, D., Dreyer, E. and Polle, A. 2002. Temperature dependencies of antioxidative enzymes in two contrasting species. J. Plant Biochem. Physiol. 40: 141-50.
39.Rostami, M., Mohammad Parast, B. and Golpham, R. 2013. Effect of different levels of salinity stress on leaf concentrations of saffron leaves (*Crocus sativus* L.). National Conference on Agricultural Science and Technology, Malayer, Malayer University. (In Persian)
40.Sairam, R.K., Veerabharda, K. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotype to long term salinity stress in relation to oxidative stress. Antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163: 1037-1046.
41.Sangtarash, M.H., Qaderi, M.M., Chinnappa, C.C. and Reid, D.M. 2009. Carotenoid differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. Environ. Exp. Bot. 66: 2. 212-219.
42.Seyoum, A., Asres, K. and El-Fiky, F.K. 2006. Structure radical scavenging activity relationships of flavonoid. Phyto Chem. 67: 18. 2058-2070.
43.Setayesh-Mehr, Z. and Ganjeali, A. 2013. Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). Hort. Sci. 27: 1. 27-35. (In Persian)
44.Shirazi, M.U., Ashraf, M.Y., Khan, M.A. and Naqvi, M.H. 2005. Potassium induced salinity tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Int. J. Environ. Sci. Tech. 2: 233-236.
45.Soleimani, S., Bernard, F., Amini, M. and Khavari-nezhad, R. 2007. Alkaloids from *Narcissus tazetta* L. J. Med. Physoil. 4: 24. 58-63. (In Persian)
46.Soleimannejad, Z., Abdolzadeh, A. and Sadeghi Pour, H. 2014. Effects of salinity on growth, antioxidant enzymes activity and ions accumulation in *Puccinellia distans*. Iranian J. Ran. Des. Res. 21: 1. 83-94. (In Persian)
47.Szabolcs, I. 1992. Salinization of soils and water and its relation to desertification. Desertif. Con. Bull. 21: 32-37.
48.Talebi, S., Mortazavi, S. and Sharafi, Y. 2015. Short communication: Effect of salinity on some morphophysiological traits of *Zinnia elegans*. Environ. Stress Crop Sci. 7: 2. 277-279. (In Persian)
49.Tester, M. and Davenport, R. 2003. Na^+ tolerance Na^+ transport in higher plants. Ann. Bot. 91: 503-527.
50.Urbanek, H., Kuzniak-Gebarowska, E. and Herka, K. 1991. Elicitation of defense responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polyglacturonase. Acta. Physiol. Plant. 13: 43-50.

51.van Dort, H.M., Jagers, P.P., ter Heide, R. and van der Weerdt, A.J. 1993. *Narcissus trevithian* and *Narcissus geranium*: analysis and synthesis of compounds. J. Agric. Food Chem. 41: 11. 2063-2075.
52.Venkatesan, A. and Sridevi, S. 2009. Response of antioxidant metabolism to NaCl stress in the halophyte *Salicornia brachiata roxb*. J. Phytol. 4: 242-248.
53.Veatch-Blohm, M.E., Chen, D. and Hassett, M. 2013. *Narcissus* cultivar differences in response to saline irrigation when application began either pre- or postemergence. Hort. Sci. 48: 3. 322-329.
54.William, H. 2000. Official methods of analysis of AOAC international. 17nd ed. USA: AOAC International. 100p.