Archive of SID

مقاله پژوهشی

تأثیر سطوح مختلف سدیم نیتروپروساید بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور در شرایط تنش خشکی

بهرام عابدی[۱]، مهدی آران[۲]*، علی تهرانی‌فر[۱]، مهدی پارسا[۳]، سهراب داورپناه[۱]، ایوب مزارعی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۲- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۰)

چکیده

در این مطالعه، به منظور بررسی اثر سدیم نیتروپروساید بر کاهش صدمات ناشی از تنش خشکی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور بیدانه سفید، یاقوتی و عسکری، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در چهار سطح شامل آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش آبی متوسط (۶۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش آبی شدید (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار آبیاری مجدد پس از تیمار تنش شدید و محلول‌پاشی سدیم‌نیتروپروساید در سه سطح شامل غلظت‌های صفر، ۰/۵ و یک میلی‌مولار بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع، قطر ساقه، میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشاء شد و در مقابل میزان قندهای محلول کل، کاروتنوئید، پرولین، فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز تحت شرایط خشکی افزایش یافتند. رقم یاقوتی در بیشتر صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی وضعیت بهتری داشت و به نظر می‌رسد که این رقم نسبت به دو رقم دیگر به خشکی مقاوم‌تر باشد. کاربرد سدیم نیتروپروساید اثرات مضر حاصل از تنش خشکی را در ارقام انگور کاهش داده و سبب افزایش ارتفاع، قطر ساقه، محتوای نسبی آب برگ، محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، پایداری غشاء، میزان قندهای محلول کل، کاروتنوئید، پرولین، فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز شد. در مجموع می‌توان اظهار نمود که مصرف سدیم نیتروپروساید (خصوصاً در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) می‌تواند باعث کاهش اثرات سوء تنش و بهبود رشد در ارقام انگور شود.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محلول‌پاشی

۱- به ترتیب استادیار، استاد و دانشجوی سابق دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل.
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
۴- دانشجوی دکتری گروه گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل.
* پست الکترونیک: mehdiaran@uoz.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گیاهان در طی دوره رشد خود با تنش‌های محیطی متعدد مواجه می‌شوند، که هریک از آن‌ها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشدی گیاه اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد داشته باشند. کمبود آب از مهمترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی و باغی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۱). تنش خشکی موجب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیویوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاهان می‌گردد و واکنش گیاهان به تنش خشکی، به شدت و میزان تنش وابسته است. تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف‌گیاهان اعم از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی (جیانگ و هوانگ،[1] ۲۰۰۰)، کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها (لون[2]، ۱۹۸۱)، ۱۹۸۱)، کاهش فتوسنتز، تخریب آنزیم‌ها و پروتئین‌ها (اولیویرا نتو[3] و همکاران، ۲۰۰۹)، تغییر در سنتز پروتئین (جیانگ و هوانگ، ۲۰۰۲)، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش کلروفیل (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱) می‌شود.

عکس‌العمل ارقام انگور نسبت به تنش خشکی متفاوت می‌باشد. در مطالعه‌ای که قادری[4] و همکاران (۲۰۰۶) بر روی دو رقم انگور خوشناو و رشه انجام دادند، بیان کردند که با افزایش تنش خشکی سرعت فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و میزان کلروفیل در هر دو رقم مورد آزمایش کاهش یافت و میزان کاهش کلروفیل در رقم خوشناو بیشتر از رشه بوده است. همچنین در بررسی دیگری روی سه رقم انگور، در اثر خشکی شاخص‌های رشدی، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل کاهش و مقدار قند و پرولین افزایش نشان داد (جلیلی‌مرندی و همکاران، ۱۳۹۰). برخی از نتایج بدست آمده از پژوهش‌های انجام شده در رابطه با پاسخ انگور به کمبود آب شامل کاهش در هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، محتوای نسبی آب برگ و نشت الکترولیت (قادری و همکاران، ۲۰۱۱)، کاهش گسترش برگ‌ها، کوتاه شدن میانگره‌ها و کاهش عملکرد (لوویسلو[5] و همکاران، ۲۰۱۰) می‌باشد.

گیاهان در مواجهه با کمبود آب ساز و کارهای مختلفی را به‌کار می‌برند. تنظیم اسمزی و افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از مهمترین ساز و کارها به شمار می‌رود. تنظیم اسمزی با هدف حفظ تورژسانس سلولی، تداوم جذب از محیط ریشه و پایداری غشاها انجام می‌گیرد. پرولین یکی از اسید آمینه‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی می‌باشد که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش به سزایی دارد (ما[6] و همکاران، ۲۰۰۶). در گیاه تحت تنش خشکی، گونه‌های واکنشگر اکسیژن (ROS) تجمع می‌یابند. گونه‌های واکنشگر اکسیژن از طریق پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب پروتئین‌ها ایجاد تنش ثانویه اکسیداتیو می‌کنند که منجر به خسارات جدی به ساختارهای سلولی می‌شود (شارما و دوبی[7] ، ۲۰۰۵). سلول‌های گیاهی برای مقابله با اثرات منفی ناشی از انواع اکسیژن فعال به مکانسیم‌های دفاعی ویژه‌ای متشکل از آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی (آسکوربات، گلوتاتیون، آنتوسیانین، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و ...) و آنتی اکسیدان‌های آنزیمی (کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و غیره) مجهز هستند (یحیوبیان[8] و همکاران، ۲۰۰۹).

یکی از راهکارهای افزایش پایداری گیاه در مقابل شرایط نامساعد استفاده از موادی می‌باشد که اثرات تنش را کاهش دهند. یکی از این مواد سدیم‌نیتروپروساید (یک ترکیب رهاکننده نیتریک اکسید (NO) می‌باشد که نقش آن در گیاهان موضوع پژوهش‌های مختلفی بوده است (حسینی و رضایی‌نژاد، ۱۳۹۵؛ نیک‌روش و همکاران، ۱۳۹۵؛ گرگینی شبانکاره و خراسانی‌نژاد، ۱۳۹۶). نیتریک اکسید، خود یک گونه فعال نیتروژن است که می‌تواند به عنوان یک مولکول پیام‌رسان در پاسخ‌های سازشی به تنش‌های زیستی و غیرزیستی در گیاهان میانجی‌گری کرده و به

1. Jiang and Huang
2. Loon
3. Oliviera-Neto
4. Ghaderi
5. Lovisolo
6. Ma
7. Sharma and Dubey
8. Yahubyan

www.SID.ir

Archive of SID

عنوان یک عامل آنتی‌اکسیدان، ROSها را جمع‌آوری و از بین ببرد (هیات[1] و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسدی‌صنم[2] و همکاران، ۱۳۹۳).

محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش خشکی روی دو پایه سیب باعث کاهش نشت الکترولیت‌ها و تجمع مالون دی‌آلدهید و حفظ پتانسیل آب برگ، حفظ محتوای نسبی آب برگ و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در برگ‌ها شد (ژانگ[3] و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی امیری و همکاران (۱۳۹۳) دو رقم انگور قره‌شانی و تامپسون سیدلس را تحت تیمارهای تنش شوری و نیتریک اکسید مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد کاربرد سدیم نیتروپروساید به‌ویژه در غلظت یک میلی‌مولار در سطوح شوری تأثیر مثبتی بر بیشتر ویژگی‌های رویشی داشت، به‌طوری که این تأثیر مثبت، در هر دو رقم انگور مشاهده شد. محلول‌پاشی نیتریک اکسید از تأثیر منفی شوری بر مقدار کاهش کلروفیل در مقایسه با شاهد به مقدار زیادی کاست. همچنین کاربرد سدیم نیتروپروساید به ویژه در غلظت یک میلی‌مولار بازده فتوسنتز را بهبود بخشید. با توجه به آنچه ذکر شد پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور بیدانه سفید، یاقوتی و عسکری تحت تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی سدیم نیتروپروساید بر برخی از ویژگی‌های سه رقم انگور یاقوتی، بیدانه سفید و عسکری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد و به صورت گلدانی در سال ۱۳۹۴ انجام شد. در زمان اعمال تنش میانگین دمای روز ۲±۳۰ درجه سانتی‌گراد و شب ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵±۵۰ درصد بود. نهال‌های یکساله رقم‌های انگور بیدانه سفید و عسکری در فروردین ماه سال ۱۳۹۴ از نهالستان‌های معتبر مشهد و نهال‌های رقم یاقوتی از شهرستان زابل در استان سیستان و بلوچستان تهیه و به گلدان‌های پلاستیکی سیاه رنگ با حجم ۲۰ لیتر و با قطر دهانه ۳۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۶ سانتی‌متر حاوی مخلوطی از ماسه، خاکبرگ و خاک باغچه به نسبت مساوی (۱:۱:۱) منتقل شدند. درصد رطوبت ظرفیت زراعی (FC) خاک گلدان‌ها ۲۵ درصد بود. نهال‌های کاشته شده در گلدان‌ها تا ابتدای تیرماه به طور یکسان آبیاری شدند. تیمارهای محلول‌پاشی در این پژوهش شامل سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های صفر، ۰/۵ و یک میلی‌مولار بود که دو مرتبه به فاصله هر ۳۰ روز یک بار و از ابتدای اعمال تیمارهای آبیاری انجام شد. تیمارهای آبیاری در چهار سطح انجام گرفت که سه تیمار اول شامل تیمار شاهد (آبیاری با ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (آبیاری با ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) بود که به روش وزنی و به مدت ۲ ماه (از ابتدای تیرماه تا پایان مردادماه) انجام گرفت و تیمار چهارم به این صورت انجام گرفت که پس از اعمال تیمار آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی از ابتدای شهریور به مدت دو هفته آبیاری مجدد به میزان ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد (در گلدان‌هایی مجزا از تیمار سوم). با وزن کردن روزانه گلدان‌ها، وضعیت رطوبتی آنها مشخص و بدین ترتیب نقصان رطوبتی گلدان‌ها با اضافه نمودن آب به حد تنش مورد نظر جبران گردید.

پس از اعمال تیمارهای آبیاری (پایان مرداد ماه) و آبیاری مجدد، ارتفاع گیاه و قطر ساقه (بوسیله کولیس دیجیتال) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)، ابتدا از برگ‌های کامل و جوان، نمونه‌های برگی تهیه و از آنها ۵ قطعه به قطر تقریبی ۹ تا۱۰ میلی‌متر مربع تهیه و سریعا وزن تازه آنها (WF) تعیین گردید. سپس تکه‌های برگ در پتری‌های درب دار داخل آب مقطر به مدت ۴ ساعت شناور شدند، پس از این مدت تکه‌های برگ از آب مقطر خارج و سطح آن‌ها به آرامی بوسیله دستمال کاغذی خشک و سریعا وزن آماس آن‌ها (WT) تعیین شد. بعد از آن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار

1. Hayat
2. Asadi Sanam
3. Zhang

www.SID.ir

Archive of SID

داده شدند و وزن خشک آن‌ها (WD) گرفته شد و سپس محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد (فیللا[1] و همکاران، ۱۹۹۸):

(معادله ۱)

$$(\%)\ RWC = [(WF - WD) / (WT - WD)] \times 100$$

اندازه‌گیری این شاخص پس از اعمال تیمارهای خشکی و پس از مرحله آبیاری مجدد صورت گرفت.

شاخص پایداری غشاء به‌وسیله اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره نشت شده از برگ‌ها، در آب مقطر، بر اساس معادله ۲ محاسبه شد. ابتدا ۰/۱ گرم نمونه برگ به اندازه‌های یکسان تهیه گردیده و در ظروف حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شدند. بعد از آن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد قرا داده شدند و پس از سرد شدن در دمای اتاق EC آن‌ها با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد (EC1). سپس نمونه‌ها در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده شده و به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی EC آن اندازه‌گیری شد (EC2) (سایرام[2]، ۱۹۹۴).

$$(\%)\ MSI = [1 - (EC1/EC2)] \times 100$$ (معادله ۲)

برای سنجش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها ابتدا ۰/۲ گرم برگ با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۹ درصد در هاون چینی سائیده شده و سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئید توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۵۳، ۶۶۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. میزان کلروفیل a و b، کلروفیل کل (a+b) و میزان کاروتنوئیدها از طریق معادله‌های زیر محاسبه گردید (دیر[3] و همکاران، ۱۹۹۸).

معادله (۳) $Chl\ a = 15.65\ A666 - 7.340\ A653$

معادله (۴) $Chl\ b = 27.05\ A653 - 11.21\ A666$

معادله (۵) $Chl\ T = Chl\ a + Chl\ b$

معادله (۶)

$$carotenoid = \frac{1000A_{470} - 1.8chla - 85.02chlb}{198}$$

1. Filella
2. Sairam
3. Dere

به‌منظور اندازه‌گیری میزان قندهای محلول کل، به عصاره‌های حاصل از ۰/۵ گرم برگ به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد، ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون اضافه و پس از اعمال ۱۰ دقیقه دمای آب جوش، میزان جذب نور در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید (هج و هوفریتر[4]، ۱۹۶۲).

برای تعیین میزان پرولین، ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصل از ۰/۵ گرم برگ تازه و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد با ۲ میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص مخلوط گردیده و به مدت یک ساعت در حمام آب جوش قرار داده شد و پس از افزودن تولوئن میزان جذب نور فاز فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (بیتس[5] و همکاران، ۱۹۷۳).

به منظور اندازه‌گیری آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز ۵۰۰ میلی‌گرم برگ پودر شده در نیتروژن مایع با ۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات (۵۰ mM، pH= ۷/۵) خیلی سرد حاوی ۵۰ میلی‌مولار EDTA و پلی وینیل پیرولیدین یک درصد هموژنایز شده و محلول همگن شده برای مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. شناور شفاف بدست آمده برای تعیین فعالیت آنزیم‌ها بکار رفت (گاپینسکا[6] و همکاران، ۲۰۰۸).

فعالیت آنزیم کاتالاز به‌وسیله اندازه‌گیری سرعت ناپدید شدن پراکسید هیدروژن ارزیابی شد. ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش سنجش آنزیم کاتالاز حاوی بافر فسفات پتاسیم (۵۰ mM، ۷ =pH)، پراکسید هیدروژن ۱۵ mM و عصاره آنزیم بود. با افزودن پراکسید هیدروژن به مخلوط واکنش، واکنش شروع و کاهش در جذب آب اکسیژنه در طول موج ۲۴۰ نانومتر و به مدت ۶۰ ثانیه با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (دهیندسا[7] و همکاران، ۱۹۸۱).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز از روش ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) استفاده شد. فعالیت آنزیم گایاکول

4. Hedge and Hofreiter
5. Bates
6. Gapinska
7. Dhindsa

www.SID.ir

Archive of SID

پراکسیداز با استفاده از پیش ماده گایاکول اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش حاوی بافر پتاسیم فسفات (۵۰ mM، ۷ =pH)، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکول ۲ درصد بود که با ۲۰ میکرولیتر عصاره گیاهی و ۱۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن مخلوط شد و میزان جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر در مدت ۶۰ ثانیه، ثبت گردید. در این واکنش گایاکول تبدیل به تتراگایاکول می‌شود. ضریب خاموشی در این واکنش $۲۵/۵ mM.cm^{-1}$ در نظر گرفته شد.

مخلوط واکنش سنجش فعالیت آسکوربات پراکسیداز حاوی بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (۷ =pH)، آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار، پراکسید هیدروژن ۰/۱ میلی‌مولار و ۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. فعالیت آسکوربات پراکسیداز بر اساس اکسیداسیون اسید آسکوربیک و کاهش در جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت دو دقیقه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه واحد آنزیمی از ضریب خاموشی معادل $۲/۸ mM.cm^{-1}$ استفاده شد (ناکانو و آسادا[1]، ۱۹۸۱).

داده‌های بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS ver 9.1 تجزیه آماری شدند. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اثرات ساده و متقابل تیمارهای آبیاری، رقم و محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر ارتفاع و قطر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار میزان ارتفاع و قطر ساقه در ارقام مورد بررسی شد. با محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش و آبیاری مجدد بر میزان ارتفاع و قطر ساقه ارقام مورد بررسی نسبت به شاهد افزوده شد و در این بین تیمار ۰/۵ میلی‌مولار تأثیر بیشتری داشت (جدول ۲). کاهش ارتفاع گیاه در تنش آبی به دلیل کاهش رشد گیاه می‌باشد که به علت بسته شدن روزنه‌ها در اثر کاهش پتانسیل آب خاک اتفاق می‌افتد و بسته شدن روزنه‌ها، کاهش آسیمیلاسیون CO_2 را به‌همراه دارد (شائو[2] و همکاران، ۲۰۰۸). کاهش ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی تحت شرایط تنش آبی در انگور (جلیلی‌مرندی و همکاران، ۱۳۹۰) گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. پروین و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که کاهش قطر ساقه ممکن است به علت چروکیدگی آوند چوبی و کاهش رشد شعاعی تنه در شرایط کمبود آب در دسترس باشد. تأثیر SNP احتمالا مربوط به کاهش از دست دادن آب و مقدار نشت یونی است که موجب تقسیم یاخته‌ای، آماس یاخته‌ای و حفظ تعادل آبی در گیاهان تیمار شده می‌شود و از این طریق سبب بهبود شاخص‌های رشدی از قبیل ارتفاع و قطر ساقه می‌شود (زمانی[3] و همکاران، ۲۰۱۴).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارهای آبیاری، رقم و محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر محتوای نسبی آب برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱). با کاهش میزان آب آبیاری محتوای نسبی آب برگ کاهش معنی‌داری را نشان داد.

رقم یاقوتی به طور کلی نسبت به دو رقم دیگر دارای محتوای نسبی آب برگ بیشتری بود و بیشترین محتوای نسبی آب برگ نیز مربوط به رقم یاقوتی بود که در شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی با غلظت یک میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید حاصل شد. در ارقام عسکری و بیدانه سفید در شرایط تنش متوسط و شدید، تیمار سدیم نیتروپروساید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار نسبت به شاهد محتوای نسبی آب برگ بیشتری را نشان داد (جدول ۲).

مقاومت گیاهان به تنش خشکی به توانایی آن‌ها در حفظ محتوای نسبی آب برگ تحت شرایط تنش ارتباط دارد (فارالونی[4] و همکاران، ۲۰۱۱) و ارقام متحمل محتوای نسبی آب برگ بالاتری را در شرایط تنش دارا هستند (پرز پرز[5] و همکاران، ۲۰۰۷). در این ارقام محتوای نسبی آب برگ بالا ممکن است به دلیل تورژسانس سلولی باشد، در حالی که

1. Nakano and Asada

2. Shao
3. Zamani
4. Faraloni
5. Pérez-Pérez

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ارقام انگور تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول پاشی سدیم نیتروپروساید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع	قطر ساقه	محتوای نسبی آب برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
بلوک (R)	۳	۲/۴ ns	۰/۵۳*	۰/۹۸ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۶ ns	۰/۰۶**
رقم (V)	۲	۸۷۹**	۶/۴۸**	۱۹/۲۲**	۱/۲۳**	۰/۲۵**	۲/۶**	۳/۷۱**
آبیاری (I)	۳	۴۳۳۶/۳۴**	۵۱/۶**	۱۷۱۳/۹۵**	۰/۹۷**	۰/۰۸**	۱/۵۵**	۰/۳۵**
سدیم‌نیتروپروساید (SNP)	۲	۱۱۵۳/۹۴**	۳/۳۹**	۲۳/۱۴**	۰/۱۸**	۰/۰۴**	۰/۳۹**	۰/۳۵**
V*I	۶	۴۲۹/۵۱**	۴/۹**	۲۵/۸۶**	۰/۰۶**	۰/۰۰۸*	۰/۰۹**	۰/۷۵**
V*SNP	۴	۸۶/۲**	۲/۳۹**	۲/۳۵**	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۱ns	۰/۰۴*
I*SNP	۶	۴۲/۶۱**	۰/۶**	۱/۴۵**	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۲*	۰/۰۷**
V*I*SNP	۱۲	۶۱/۳۸**	۱/۶۶**	۱/۴۵**	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۳*
خطا (Error)	۱۰۵	۴/۶	۰/۱۴	۰/۶۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۱۵
ضریب تغییرات (CV%)		۲/۹۷	۴/۳۵	۰/۹۵	۵/۲۳	۹/۰۵	۴/۰۹	۱۱/۸۵

ns: غیرمعنی‌داری، * و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۱ (ادامه)- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ارقام انگور تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول پاشی سدیم نیتروپروساید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		گایاکول پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	کاتالاز	پایداری غشا	قندهای محلول	پرولین
بلوک (R)	۳	۰/۰۲*	۰/۰۱ns	۰/۰۳ns	۶/۳۸**	۰/۱۳ ns	۰/۱۳ns
رقم (V)	۲	۷/۱۸**	۵۲/۵۴**	۴۳/۳۵**	۷۹/۷۸**	۴۵/۶۵**	۹/۸۳**
آبیاری (I)	۳	۲۵/۱۹**	۵۰/۱۴**	۳۹/۶۶**	۲۵۹/۸۷**	۸۷/۰۹**	۴۳۹/۵۲**
سدیم‌نیتروپروساید (SNP)	۲	۰/۳۳**	۰/۹۳**	۱/۴۱**	۳۸/۸۵**	۲/۳۳**	۳۸/۹۹**
V*I	۶	۰/۳۷**	۸/۲۲**	۷/۴۶ ns	۸/۹۱**	۴/۸۳**	۱۰/۰۳**
V*SNP	۴	۰/۰۰۹ ns	۰/۱**	۰/۰۳۳**	۴/۷۷**	۰/۳ ns	۲/۶۸**
I*SNP	۶	۰/۰۳**	۰/۰۵**	۰/۲۸ ns	۳/۷۹**	۰/۴۲*	۷/۲۳**
V*I*SNP	۱۲	۰/۰۱ ns	۰/۰۶**	۰/۰۲ns	۰/۷۶ ns	۰/۲۹ ns	۱/۱۶**
خطا (Error)	۱۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۰۱۹	۱/۱	۰/۱۶	۰/۱۴
ضریب تغییرات (CV%)		۵/۱۹	۵/۱۵	۶/۰۱	۱/۳۳	۲/۳۵	۵/۳۶

ns: غیرمعنی‌داری، * و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ارقام حساس به خشکی به راحتی تورژسانس سلولی خود را از دست می‌دهند (شمسی[1]، ۲۰۱۰). کاهش محتوای نسبی آب برگ طی تنش خشکی ممکن است به دلیل بسته شدن روزنه‌ها باشد و علت بسته شدن روزنه‌ها ساخته شدن هورمون اسید آبسیزیک در ریشه، در طی شرایط تنش خشکی می‌باشد، که در سلول‌های روزنه‌ای تجمع می‌یابد (خان[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

کاربرد نیتریک اکسید از منبع خارجی چون سدیم نیتروپروساید سبب بهبود و افزایش محتوای نسبی آب برگ طی تنش خشکی در آفتابگردان (سچین[3] و همکاران، ۲۰۱۵) و سیب (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶) گردید.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید و رقم بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل آبیاری و رقم بر میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئید در سطح ۱ درصد و بر میزان کلروفیل b در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل آبیاری و محلول پاشی بر میزان کلروفیل کل در سطح ۵ درصد و کاروتنوئید در سطح ۱ درصد، اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی و اثرات سه گانه رقم،

1. Shamsi
2. Khan
3. Cechin

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان کاروتنوئید در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول۱).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاهش میزان آب آبیاری میزان کلروفیل a، b و کل کاهش و میزان کاروتنوئید افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل در رقم یاقوتی و آبیاری کامل بدست آمد. در شرایط تنش و آبیاری مجدد نیز رقم یاقوتی دارای بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل بود (جدول ۳). محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید باعث افزایش میزان کلروفیل a و b شد (شکل ۱). محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در تمامی سطوح آبیاری، بیشترین میزان کلروفیل کل را داشت (جدول ۴). بیشترین میزان کاروتنوئید در رقم عسکری و در شرایط تنش متوسط و محلول‌پاشی یک میلی‌مولار سدیم نیترو پروساید بدست آمد (جدول ۲).

در تنش کم‌آبی در انگور (اسدی و همکاران، ۱۳۹۶) و بادام (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۷) میزان کلروفیل‌های a، b و کل کاهش یافت.

کاهش غلظت کلروفیل ممکن است به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (سیلوا[1] و همکاران، ۲۰۰۷). از دلایل دیگر کاهش کلروفیل ممکن است مصرف نیتروژن در ساخت پرولین باشد (ابتدایی و شکافنده، ۱۳۹۵).

افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش با محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید روی گیاه Oriental lily (وانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۵) و خیار (فان[3] و همکاران، ۲۰۱۲) گزارش شده است. اثر SNP بر افزایش غلظت کلروفیل کل طی تنش خشکی به واکنش NO با ROS بر می‌گردد، زیرا رادیکال‌های آزاد اکسیژن یکی از اصلی‌ترین عواملی هستند که در شرایط تنش باعث خسارت و شکستن رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شوند (کیم و لی[4]، ۲۰۰۵). در حضور NO دسترسی گیاه به آهن بیشتر شده که می‌تواند یکی از نقش‌های SNP در حفظ محتوای کلروفیل گیاه طی تنش خشکی باشد (شئوکند[5] و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج مطالعه حسینی و رضایی‌نژاد (۱۳۹۵) نشان داد که محلول‌پاشی با SNP طی تنش خشکی سبب افزایش کاروتنوئید گردید که با یافته‌های این مطالعه همخوانی دارد. از بین رنگدانه‌های فتوسنتزی نشان داده شده است که کاروتنوئیدها در مقاومت بر علیه تنش خشکی در گیاهان مؤثرتر هستند که از جمله نقش‌های آن‌ها جذب و انتقال فوتون‌های نوری و حفاظت بر علیه آسیب‌های اکسیداتیو ایجاد شده توسط خشکی می‌باشد و همچنین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان مؤثر عمل نموده و موجب حذف رادیکال‌های آزاد می‌شوند (اکبری و جلیلی مرندی، ۱۳۹۲). این رنگیزه نقش مهمی در فتوسنتز از طریق رفع کمبود کلروفیل‌های سه گانه و اکسیژن مشتق شده از انرژی نورانی بازی می‌کنند و از طرفی مهارکننده یون‌های اکسیژن هستند (کریمی[6] و همکاران، ۲۰۱۵).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید و رقم بر فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثرات متقابل رقم در آبیاری و آبیاری در محلول‌پاشی بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، اثر متقابل رقم در محلول پاشی بر فعالیت آنزیم کاتالاز و اثرات متقابل دو و سه‌گانه آبیاری، محلول‌پاشی و رقم بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد.

با افزایش سطوح تنش بر میزان فعالیت آنزیم گایاگول پراکسیداز در ارقام مورد بررسی افزوده شد به طوری‌که بیشترین میزان آن در رقم عسکری و در شرایط تنش شدید آبی بدست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید باعث افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در شرایط تنش آبی شد و بیشترین میزان آن در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار در شرایط تنش شدید آبی بدست آمد (جدول ۴).

1. Silva
2. Wang
3. Fan
4. Kim and Lee
5. Sheokand
6. Karimi

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر برخی از ویژگی‌های ارقام انگور تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

رقم	سطوح آبیاری	محلول پاشی سدیم نیتروپروساید mM	ارتفاع (cm)	قطر ساقه (mm)	محتوای نسبی آب برگ (%)	کاروتنوئید (mg g^{-1} FW)	آسکوربات پراکسیداز (unit/mg pro)	پرولین (µmol g^{-1} FW)
	آبیاری	۰	۱۲۲/۵۸^{b}	۹/۰۴^{de}	۸۷/۴۷^{efg}	۳^{jkl}	۱/۱۸^{o}	۳/۷۸^{pq}
	کامل	۰/۵	۱۲۳/۱۲^{b}	۸/۸۳$^{d-h}$	۸۸/۵۸^{cd}	۳/۰۲$^{i-l}$	۱/۹^{ij}	۴/۱۲$^{m-p}$
		۱	۱۱۶/۲۵^{d}	۱۰/۴۹^{bc}	۹۰/۹۳^{a}	۳/۰۸^{ijk}	۱/۹۴^{i}	۳/۹۴^{nop}
	تنش آبی	۰	۸۰/۸۷^{h}	۸/۸۵$^{d-h}$	۷۷/۶۱$^{i-l}$	۲/۸۷^{lm}	۲/۳۸^{g}	۶/۸۲^{h}
یاقوتی	متوسط	۰/۵	۸۶/۵^{f}	۹/۲^{d}	۷۸/۳^{ij}	۲/۸۸^{lm}	۲/۷۹^{e}	۸/۵۷^{fg}
		۱	۸۴/۳۷^{fg}	۸/۹$^{d-g}$	۷۷/۸۸^{ijk}	۲/۹۴^{klm}	۲/۹۲^{e}	۸/۱۹^{g}
	تنش آبی	۰	۴۴/۵^{pqr}	۷/۲۹^{lm}	۷۶/۹۴^{klm}	۲/۹۹$^{j-m}$	۵/۶۷^{b}	۱۱/۱۱^{c}
	شدید	۰/۵	۵۵/۵^{l}	۸/۳۷$^{f-k}$	۷۷/۴۱^{jkl}	۳/۰۳$^{i-l}$	۶/۰۲^{a}	۱۳/۰۹^{a}
		۱	۴۷^{opq}	۷/۸۱^{kl}	۷۷/۱۸^{kl}	۳/۰۸^{ijk}	۵/۹^{a}	۱۲/۳۸^{b}
	آبیاری	۰	۴۷/۲۵^{op}	۷/۳۱^{lm}	۸۷/۶۱$^{d-g}$	۲/۸۱^{m}	۱/۳۶^{n}	۴/۷۷^{jkl}
	مجدد	۰/۵	۶۰^{k}	۸ /۴۸$^{e-j}$	۸۸/۲۸^{cde}	۳/۰۴$^{i-l}$	۱/۴۷^{lmn}	۴/۹$^{i-l}$
		۱	۵۰/۵^{mn}	۷/۹۱^{jk}	۸۹/۲۱^{bc}	۲/۹۹$^{j-m}$	۱/۴۱^{mn}	۴/۹$^{i-l}$
	آبیاری	۰	۱۲۵/۱۲^{ab}	۱۰/۳۶^{bc}	۸۹/۷^{b}	۳/۱۲$^{h-k}$	۰/۷۱^{p}	۳/۸۳^{op}
	کامل	۰/۵	۱۲۳/۸۷^{b}	۱۱/۳۹^{a}	۹۰/۲۳^{ab}	۳/۱۵^{hij}	۰/۷۸^{p}	۴/۵۳$^{j-n}$
		۱	۱۲۷/۱۲^{a}	۱۱/۴^{a}	۹۰/۱۳^{ab}	۳/۱۵^{hij}	۰/۷۴^{p}	۴/۳۳$^{k-p}$
بیدانه	تنش آبی	۰	۵۰/۵^{mn}	۸/۲۶$^{g-k}$	۷۶/۶۲^{lm}	۲/۹۵^{klm}	۰/۵۱^{q}	۴/۵۳$^{j-n}$
سفید	متوسط	۰/۵	۷۰/۶۲^{i}	۸/۴$^{e-k}$	۷۸/۲۸^{ij}	۳/۱۶^{hij}	۰/۷۲^{p}	۶/۷۳^{h}
		۱	۶۳/۵^{j}	۸/۱۶^{jk}	۷۷/۴۸$^{i-l}$	۳/۰۳$^{i-l}$	۰/۶۷^{p}	۵/۴۷^{l}
	تنش آبی	۰	۳۸/۲۶^{t}	۶/۹۷^{m}	۷۰/۸^{q}	۳/۶۲^{d}	۰/۴۱^{mn}	۹^{ef}
	شدید	۰/۵	۴۴/۲۵^{pqr}	۵/۸^{n}	۷۳/۹۹^{op}	۳/۶۲^{de}	۱/۶۲^{kl}	۱۲/۱۴^{b}
		۱	۴۱/۸۷^{rs}	۸/۲۱$^{h-k}$	۷۳/۲۷^{p}	۳/۸^{bc}	۰/۷۶^{jk}	۱۳/۲۴^{a}
	آبیاری	۰	۴۰/۲۸st	۷/۰۶^{m}	۸۷/۴۷^{efg}	۲/۸۶^{lm}	۰/۶۴^{pq}	۴/۴۴$^{j-o}$
	مجدد	۰/۵	۴۶/۶۸^{opq}	۵/۸۷^{n}	۸۹/۲۶^{bc}	۳/۴۷^{def}	۰/۷۱^{p}	۴/۷۷^{jkl}
		۱	۴۴/۱۸^{qr}	۸/۲۶$^{g-k}$	۸۸/۱۷^{cde}	۳/۴۱^{f}	۰/۶۹^{p}	۴/۹۴^{ijk}
	آبیاری	۰	۱۰۶/۵^{e}	۹/۲۵^{c}	۸۶/۵۷^{gh}	۳/۲^{ghi}	۱/۵۴^{lm}	۳/۷۸^{pq}
	کامل	۰/۵	۱۲۴/۷۵^{ab}	۱۰/۸^{b}	۸۷/۹۱^{def}	۳/۳۸^{f}	۱/۵۶^{lm}	۴/۳۱$^{l-p}$
		۱	۱۱۹/۵^{c}	۱۰/۲۶^{bc}	۸۷/۷۹^{def}	۳/۲۹^{fgh}	۱/۵۲^{lmn}	۴^{mp}
	تنش آبی	۰	۶۳/۶۶^{j}	۸/۹۶^{def}	۷۷/۱۷^{kl}	۳/۹^{ab}	۲/۲۲^{h}	۶/۵۳^{h}
عسکری	متوسط	۰/۵	۸۲/۴۳^{gh}	۹/۲۸^{d}	۷۸/۵۱^{i}	۳/۸۳^{b}	۲/۵۹^{f}	۱۱/۰۹^{c}
		۱	۶۸/۷۵^{i}	۹/۳۲^{d}	۷۷/۸۳^{ijk}	۴/۰۲^{a}	۲/۴۹^{fg}	۹/۵۷^{d}
	تنش آبی	۰	۴۳/۲۵^{rs}	۸/۳۵$^{f-k}$	۷۴/۹۹^{no}	۳/۳۶^{fg}	۳/۷۶^{d}	۹/۳۲^{de}
	شدید	۰/۵	۵۲/۵^{lm}	۸/۳۹$^{e-k}$	۷۶/۶۹^{lm}	۳/۳۸^{f}	۴/۱^{c}	۱۳/۴۵^{b}
		۱	۴۸/۳۷^{no}	۸/۱۸^{ijk}	۷۵/۹۵^{mn}	۳/۶^{de}	۴/۰۵^{c}	۱۲/۰۳^{a}
	آبیاری	۰	۴۴/۴۱^{pqr}	۸/۴۵$^{e-k}$	۸۶/۲۲^{h}	۳/۳۴^{fg}	۱/۸^{ij}	۴/۶۱$^{j-m}$
	مجدد	۰/۵	۵۴/۵^{l}	۸/۵$^{e-j}$	۸۷/۰۶^{fgh}	۳/۴۴^{ef}	۱/۸۸^{ij}	۵/۰۵^{ij}
		۱	۴۹/۶۲^{mno}	۸/۲۷$^{g-k}$	۸۶/۶۴^{gh}	۳/۶۴^{cd}	۱/۸۸^{ij}	۴/۷۴^{jkl}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آبیاری بر برخی از ویژگی‌های ارقام انگور مورد بررسی

رقم	آبیاری	کلروفیل a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل (mg g^{-1} FW)	گایاکول پراکسیداز (unit/mg pro)	پایداری غشا (٪)	قندهای محلول (mg g^{-1} FW)
	آبیاری کامل	۲/۱۶ ^{a}	۰/۷۳ ^{a}	۲/۸۹ ^{a}	۰/۶۵ ^{j}	۸۱/۵۱ ^{ab}	۱۵/۳۵ ^{i}
یاقوتی	تنش آبی متوسط	۱/۸۸ ^{c}	۰/۷۵ ^{a}	۲/۶۴ ^{b}	۱/۳۲ ^{gh}	۷۹/۹۱ ^{de}	۱۶/۳ ^{g}
	تنش آبی شدید	۱/۶۸ ^{d}	۰/۶۲ ^{bc}	۲/۳ ^{d}	۲/۸۱ ^{b}	۷۵/۲۵ ^{g}	۱۸/۸۳ ^{c}
	آبیاری مجدد	۱/۸۲ ^{c}	۰/۶۵ ^{b}	۲/۴۷ ^{c}	۰/۸۱ ^{i}	۸۰/۴۵ ^{cde}	۱۵/۶۲ ^{hi}
	آبیاری کامل	۱/۶۹ ^{d}	۰/۶ ^{cd}	۲/۲۹ ^{d}	۱/۲۶ ^{h}	۸۱/۱ ^{abc}	۱۵/۷ ^{h}
بیدانه سفید	تنش آبی متوسط	۱/۵۷ ^{e}	۰/۵۶ ^{de}	۲/۱۴ ^{e}	۱/۷۱ ^{e}	۷۵/۸ ^{g}	۱۸/۱۴ ^{d}
	تنش آبی شدید	۱/۴۸ ^{g}	۰/۵۱ ^{f}	۱/۹۹ ^{f}	۲/۷۲ ^{c}	۷۳/۹۵ ^{h}	۱۹/۲۴ ^{b}
	آبیاری مجدد	۱/۵۶ ^{ef}	۰/۵۴ ^{ef}	۲/۱ ^{e}	۱/۳۶ ^{g}	۷۷/۸۶ ^{f}	۱۶/۱۸ ^{g}
	آبیاری کامل	۱/۹۷ ^{b}	۰/۶۴ ^{bc}	۲/۶ ^{b}	۱/۶۷ ^{ef}	۸۱/۸۴ ^{a}	۱۶/۶۶ ^{f}
عسکری	تنش آبی متوسط	۱/۶ ^{e}	۰/۵۷ ^{de}	۲/۱۷ ^{e}	۱/۹۴ ^{d}	۷۹/۵۸ ^{de}	۲۰/۰۴ ^{a}
	تنش آبی شدید	۱/۴۹ ^{fg}	۰/۵۳ ^{ef}	۲/۰۲ ^{f}	۳/۴۶ ^{a}	۷۶/۰۸ ^{g}	۱۹/۷۳ ^{a}
	آبیاری مجدد	۱/۵۹ ^{e}	۰/۵۵ ^{ef}	۲/۱۴ ^{e}	۱/۶۲ ^{f}	۸۰/۵۸ ^{bcd}	۱۷/۴۴ ^{e}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین تاثیر محلول پاشی سدیم نیتروپروساید و آبیاری بر برخی صفات مورد بررسی

آبیاری	محلول پاشی سدیم نیتروپروساید (mM)	کلروفیل کل (mg g^{-1} FW)	گایاکول پراکسیداز (unit/mg pro)	پایداری غشا (%)	قندهای محلول (mg g^{-1} FW)
آبیاری کامل		۱/۹۹ ^{g}	۱/۱۵ ^{g}	۸۱/۳۳ ^{a}	۱۵/۷۶ ^{g}
تنش آبی متوسط	۰	۲/۲۷ ^{d}	۱/۵۵ ^{d}	۷۶/۸۳ ^{d}	۱۷/۹۴ ^{d}
تنش آبی شدید		۲/۲۳ ^{de}	۲/۸۲ ^{b}	۷۳/۷۴ ^{g}	۱۸/۷۵ ^{b}
آبیاری مجدد		۲/۲ ^{de}	۱/۲۲ ^{fg}	۷۸/۶۳ ^{d}	۱۶/۳۹ ^{e}
آبیاری کامل		۲/۶۷^{a}	۱/۲۲^{fg}	۸۱/۷۸^{a}	۱۶/۰۲^{fg}
تنش آبی متوسط	۰/۵	۲/۵۵ ^{ab}	۱/۷۳ ^{c}	۷۹/۴۲ ^{bcd}	۱۸/۳۷ ^{c}
تنش آبی شدید		۲/۴۶ ^{b}	۳/۱۱ ^{a}	۷۵/۷۳ ^{f}	۱۹/۶۷ ^{a}
آبیاری مجدد		۲/۳۹ ^{bc}	۱/۳۱ ^{e}	۸۰/۳۴ ^{b}	۱۶/۵۵ ^{e}
آبیاری کامل		۲/۳۷ ^{c}	۱/۲۱ ^{fg}	۸۱/۳۳ ^{a}	۱۵/۹۳ ^{g}
تنش آبی متوسط	۱	۲/۱۸ ^{ef}	۱/۶۹ ^{c}	۷۹/۰۴ ^{cd}	۱۸/۱۷ ^{cd}
تنش آبی شدید		۲/۱۹ ^{def}	۳/۰۶ ^{a}	۷۵/۸۱ ^{f}	۱۹/۳۸ ^{a}
آبیاری مجدد		۲/۱۲ ^{f}	۱/۲۷ ^{ef}	۷۹/۹۲ ^{bc}	۱۶/۳ ^{ef}

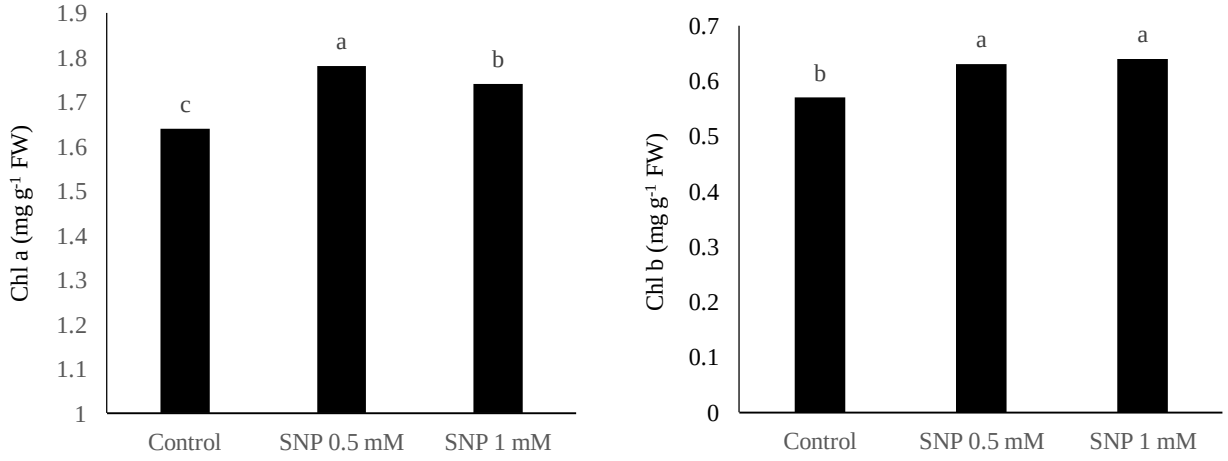
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

با اعمال تنش آبی، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز افزایش و با تیمار آبیاری مجدد کاهش یافت. در بین ارقام مورد بررسی رقم یاقوتی بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز را داشت که در این رقم نیز بیشترین میزان آن در شرایط تنش شدید و محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار بدست آمد. تیمارهای محلول‌پاشی در سطوح تنش در ارقام مورد بررسی باعث افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شد (جدول ۲).

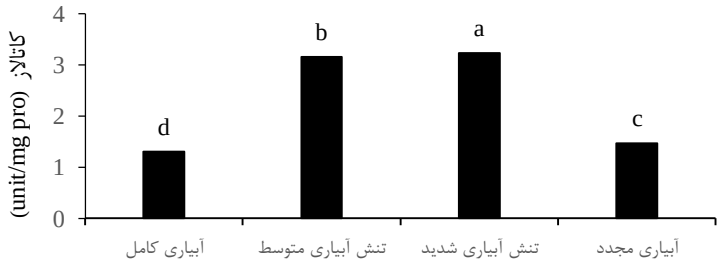
کاهش میزان آب آبیاری باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شده و بیشترین میزان آن در تنش آبی شدید بدست آمد (شکل ۲). همچنین محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام مورد بررسی شد و بیشترین میزان آن در رقم یاقوتی و با غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار بدست آمد (شکل ۳). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

www.SID.ir

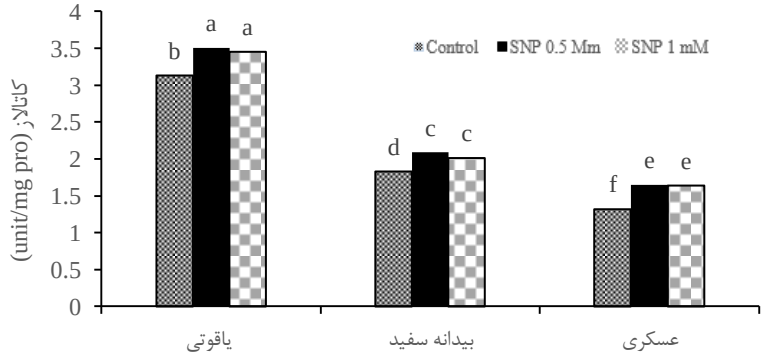
Archive of SID



شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر میزان کلروفیل a و b. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح آبیاری بر فعالیت آنزیم کاتالاز. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر فعالیت کاتالاز در ارقام انگور مورد بررسی. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

نقش بسیار مهمی در غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول گیاه دارند. بسته به گونه گیاهی و شدت تنش، میزان فعالیت آن‌ها در گیاه تغییر می‌کند (اپل و هیرت[1]، ۲۰۰۴). آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز از مهمترین آنزیم‌های دخیل در فرآیند جمع‌آوری و خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن هستند (سانکار[2]، ۲۰۱۰). در این مطالعه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تحت تنش خشکی در مقایسه با شاهد افزایش یافت که این نتایج با یافته‌های محققین در انگور (مهری و همکاران، ۱۳۹۳؛ سوخت‌سرایی و همکاران، ۱۳۹۶)، مبنی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز طی تنش خشکی مطابقت دارد.

گزارشات مختلفی مبنی بر تأثیر سدیم نیتروپروساید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه مرزه (گرگینی شبانکاره و خراسانی‌نژاد، ۱۳۹۶)، گل جعفری (حسینی و رضایی‌نژاد، ۱۳۹۵)، سرخارگل (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷) و چمن آفریقایی (طاهری و همکاران، ۱۳۹۶) ارائه شده است. محلول پاشی نیتریک اکسید در شرایط تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در گیاهچه‌های برنج (فاروق[3] و همکاران، ۲۰۰۹) و خیار (هایفا[4] و همکاران، ۲۰۰۷) شد که با یافته‌های این مطالعه مبنی بر تأثیر SNP بر افزایش آنزیم‌های فوق تحت تنش خشکی همخوانی دارد.

کاربرد نیتریک اکسید در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز را در پایه‌های سیب مورد مطالعه افزایش داد و از این طریق قدرت دفاعی این پایه‌ها را برای پالایندگی رادیکال‌های آزاد افزایش داد. علاوه بر این نیتریک اکسید اثرات مضر تنش اکسیداتیو خشکی را روی دانهال‌های سیب کاهش داد و شاخص‌های فتوسنتزی را روی پایه‌های سیب بهبود بخشید (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶).

1. Apel and Hirt
2. Sunkar
3. Farooq
4. Huaifu

اثر سدیم نیتروپروساید می‌تواند به توانایی NO در جمع کردن ROS، تداخل با ROS یا القای آنزیم‌های اکسیداتیو و جلوگیری از افزایش تولید اسید ۲-تیوباربیتوریک (TBARS) و سایر آلدئیدها مربوط باشد و از طرفی NO تبدیل آنیون سوپراکسید به پراکسید هیدروژن را تشویق می‌کند و این مرحله مهمی در حفاظت سلول در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن است و اگر پراکسید هیدروژن تولید شده به موقع از سلول دفع نشود، آنیونهای سوپراکسید واکنش داده، تولید رادیکال هیدروکسیل می‌کنند که برای سلول بسیار خطرناک است (گرگینی شبانکاره و خراسانی‌نژاد، ۱۳۹۶؛ شی[5] و همکاران، ۲۰۰۷).

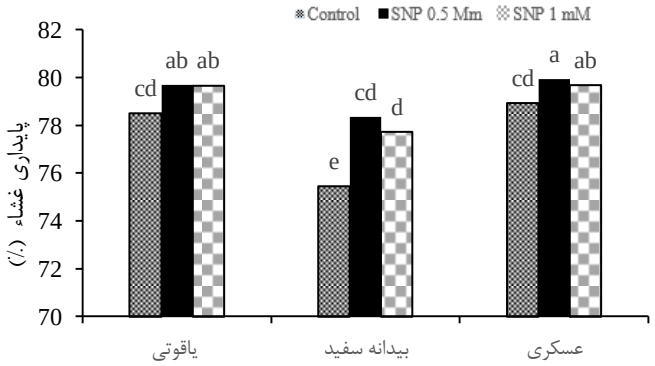
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید، رقم و اثر متقابل دوگانه آن‌ها بر پایداری غشاء در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. بیشترین میزان پایداری غشاء در ارقام مورد بررسی در شرایط آبیاری کامل بدست آمد. با اعمال تیمارهای تنش خشکی میزان پایداری غشاء در ارقام مورد بررسی کاهش یافت. در شرایط تنش و آبیاری مجدد ارقام یاقوتی و عسکری نسبت به بیدانه سفید میزان پایداری غشاء بیشتری داشتند (جدول ۳). با اعمال تیمارهای محلول‌پاشی بیشترین میزان پایداری غشاء در شرایط آبیاری کامل بدست آمد. تیمارهای محلول‌پاشی سدیم نیترو پروساید نسبت به شاهد در سطوح تنش و آبیاری مجدد میزان پایداری غشاء بیشتری داشتند (جدول ۴). تیمارهای محلول پاشی سدیم نیتروپروساید نسبت به شاهد در ارقام مورد بررسی باعث افزایش میزان پایداری غشاء شدند (شکل ۴).

کاهش درصد پایداری غشاء که درنتیجه افزایش تنش خشکی اتفاق می‌افتد، به‌وسیله سایر محققین در انگور (اسدی و همکاران، ۱۳۹۶، قادری و همکاران، ۲۰۱۱) گزارش شده است. تنش خشکی با القای تنش اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد، سبب پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشای سلولی شده، در نتیجه پایداری غشا کاهش و نفوذ

5. Shi

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- مقایسه میانگین تأثیر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر میزان پایداری غشاء در ارقام انگور مورد بررسی. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

پذیری غشا و نشت یونی افزایش می‌یابد (حاتم‌زاده[1] و همکاران، ۲۰۱۴).

تیمار برگ‌های برنج معطر (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹) و لوبیا (زیمر پرادوس[2] و همکاران، ۲۰۱۴) با سدیم نیتروپروساید مقدار نشت یونی را کاهش داده و باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش کم آبی شده است. تنش کم‌آبی پایداری غشا را در چمن آفریقایی به طور معنی‌داری کاهش داد، اما تیمار با سدیم نیتروپروساید توانست مقدار نشت یونی را کاهش و پایداری غشا را افزایش دهد (طاهری و همکاران، ۱۳۹۶).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید، رقم و اثر متقابل رقم در آبیاری در سطح ۱ درصد و اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان قندهای محلول معنی‌دار گردید (جدول۱). با اعمال تیمارهای تنش میزان قندهای محلول در ارقام مورد بررسی نسبت به آبیاری کامل افزایش یافت. بیشترین میزان آن در رقم عسکری و در تنش آبی متوسط و شدید مشاهده گردید (جدول ۳). با محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش (به ویژه تنش شدید) میزان قندهای محلول افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴).

طبق نظر پژوهشگران با افزایش شدت تنش خشکی، میزان تجمع قندهای محلول کل در انگور افزایش یافته و مقدار آن در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بوده است (قادری و همکاران، ۲۰۰۶؛ جلیلی‌مرندی و همکاران، ۱۳۹۰) که با یافته‌های این مطالعه مطابقت دارد. افزایش محتوای قندهای محلول تحت تنش خشکی احتمالا به علت افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰)، هیدرولیز نشاسته و کربوهیدرات‌های مرکب به قندهای ساده (چاوز[3] و همکاران، ۲۰۱۰) و کاهش انتقال ساکارز از برگ‌ها به سایر قسمت‌های گیاه می‌باشد (بوهنرت و جنسن[4]، ۱۹۹۶). کاربرد سدیم نیتروپروساید تحت شرایط تنش خشکی در کلزا سبب افزایش محتوای قندهای محلول گردید (نیک‌روش و همکاران، ۱۳۹۵) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید، رقم، اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه بر میزان پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول۱). با افزایش تنش آبی میزان پرولین افزایش معنی‌داری را نشان داد و پس از آبیاری مجدد مقدار پرولین کاهش می‌یابد. همچنین محلول‌پاشی سدیم نیترو پروساید نیز باعث افزایش میزان پرولین شد. محلول پاشی در شرایط تنش در ارقام مورد بررسی باعث افزایش میزان پرولین شد و بیشترین میزان پرولین در هر سه رقم مورد

1. Hatamzadeh
2. Zimmer-Prados
3. Chaves
4. Bohnert and Jensen

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی در شرایط تنش شدید و محلول‌پاشی با غلظت یک میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲).

افزایش میزان پرولین همراه با افزایش شدت تنش خشکی به گیاهان برای حفظ محتوای آب بافت‌ها کمک و از افزایش صدمات خشکی جلوگیری می‌کند. پرولین در حفظ فشار اسمزی نقش عمده‌ای دارد و با حذف رادیکال‌های آزاد، مانع آسیب رسیدن به غشاء سلولی می‌شود (کراسنسکی و جوناک[1]، ۲۰۱۲). پیش تیمار گیاهچه‌های گوجه فرنگی با سدیم نیتروپروساید باعث افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش خشکی گردید (نصیبی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج تحقیقات در آفتابگردان (سچین و همکاران، ۲۰۱۵)، چمن (حاتم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴) و کلزا (نیک‌روش و همکاران، ۱۳۹۵) نشان داد که محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش باعث افزایش مقدار پرولین گردید که با یافته-های این مطالعه مبنی بر افزایش پرولین طی کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش خشکی همخوانی دارد. افزایش میزان پرولین طی کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش خشکی ممکن است ناشی از تأثیر نیتریک اکسید بر القاء و افزایش فعالیت آنزیم پیرولین ۵-کربوکسیلات سنتتاز (P5Cs) در مسیر سنتز پرولین طی تنش خشکی باشد (لی[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام مختلف انگور به تنش خشکی پاسخ‌های متفاوتی نشان می‌دهند. تنش خشکی باعث تغییرات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در ارقام عسکری، یاقوتی و بیدانه سفید شد که شامل کاهش ارتفاع، قطر ساقه، میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشاء بود و در مقابل میزان قندهای محلول کل، کاروتنوئید، پرولین، فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز تحت شرایط خشکی افزایش یافتند. به نظر می‌رسد تغییرات مذکور ممکن است به عنوان یک سازوکار حفاظتی مناسب برای ساختار سلول در برابر خسارات ناشی از تنش اکسیداتیو خشکی باشد. رقم یاقوتی در بیشتر صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی وضعیت بهتری داشت. بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که این رقم نسبت به دو رقم دیگر به خشکی مقاوم‌تر است و با استفاده از سازوکارهایی مانند افزایش پرولین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و حفظ محتوای نسبی آب برگ خسارات تنش خشکی را به حداقل می‌رساند.

از طرفی کاربرد سدیم نیتروپروساید اثرات مضر حاصل از تنش خشکی را در ارقام انگور کاهش داده و سبب بهبود شاخص‌های رشدی گیاه در شرایط تنش می‌شود. این ماده با افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در تولید کلروفیل به خوبی عمل کرده و میزان کلروفیل را افزایش داده است و همچنین با افزایش محتوای تنظیم کننده‌های اسمزی (پرولین و قندهای محلول) و حفظ تعادل آبی سلول، از کاهش شدید محتوای نسبی آب برگ جلوگیری کرده و باعث فعال کردن سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی شده که از این رو می‌توان اظهار نمود که مصرف سدیم نیتروپروساید (خصوصا در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) می‌تواند باعث کاهش اثرات سوء تنش و بهبود شرایط رشدی در ارقام انگور شود.

1. Krasensky and Jonak
2. Lei

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

ابتدایی، م. و شکافنده، ا. ۱۳۹۵. تغییرهای ریخت‌فیزیولوژیک دو رقم انار رباب و شیشه گپ در شرایط تنش آبی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۷(۲): ۲۰۹-۲۲۰.

اسدی صنم، س.، زواره، م.، پیردشتی، ه.ا. و هاشم‌پور، ا. ۱۳۹۳. اثر سدیم نیتروپروساید (SNP) بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهچه‌های جو (*Hordeum vulgare* L. cv. Sahar) در تنش شوری. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۱(۳)، ۱۹-۳۲.

اسدی، و.، رسولی، م.، غلامی، م. و ملکی، م. ۱۳۹۶. بررسی برخی ویژگی‌های ریخت‌شناختی و فیزیولوژیک چهار رقم انگور در شرایط تنش خشکی. علوم باغبانی ایران، ۴۸(۴): ۹۷۷-۹۹۰.

اکبری، و. و جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۹۲. اثر سایکوسل بر رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی دو رقم زیتون تحت دورهای مختلف آبیاری. نشریه علوم باغبانی، ۲۷(۴): ۴۶۰-۴۶۹.

امیری، ج.، عشقی، س.، تفضلی، ع.، راحمی، م. و عباسپور، ن. ۱۳۹۳. واکنش رشد و فتوسنتز دو رقم انگور به محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید در شرایط شوری. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۵(۳): ۲۸۷-۲۹۶.

پروین، پ.، خضری، م. و توسلیان، ا. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دانهال گردوی ایرانی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۱(۳): ۱-۲۵.

جلیلی‌مرندی، ر.، حسنی، ع.، دولتی‌بانه، ح.، عزیزی، ح. و حاجی‌تقی‌لو، ر. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور (*Vitis vinifera* L.). مجله علوم باغبانی ایران، ۴۲(۱): ۳۱-۴۰.

حسنی، ع. و امیدبیگی، ر. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی، ۱۲(۳): ۴۷-۵۹.

حسینی، ح. و رضایی‌نژاد، ع. ح. ۱۳۹۵. اثر سدیم‌نیتروپروساید بر تحمل به تنش خشکی در گل جعفری. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۷(۳): ۲۸۵-۲۹۸.

حیدری، ن.، پوریوسف، م.، توکلی، ا. و صبا، ج. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی و زمان برداشت بر عملکرد دانه و تولید اسانس انیسون. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۸(۱): ۱۲۱-۱۳۰.

رنجبر، ع.، ایمانی، ع.، پیری، س. و عبدوسی، و. ۱۳۹۷. تغییرات برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی ارقام انتخابی بادام پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف تحت تنش خشکی. زیست‌شناسی تکوینی، ۱۰(۳): ۱۵-۳۲.

سوخت‌سرایی، ر.، عبادی، ع.، سلامی، س.ع. و لسانی، ح. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های اکسیداتیو در سه رقم انگور (*Vitis vinifera* L.) در شرایط تنش خشکی. علوم باغبانی ایران، ۴۸(۱): ۸۵-۹۸.

طاهری، س.، ارغوانی، م. و مرتضوی، س. ن. د. ۱۳۹۶. مطالعه ویژگی‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی چمن آفریقایی تحت تأثیر کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش. به زراعی کشاورزی، ۱۹(۲): ۴۱۷-۴۳۰.

گرگینی‌شبانکاره، ح. و خراسانی‌نژاد، س. ۱۳۹۶. اثر سدیم‌نیتروپروساید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی مرزه تحت رژیم‌های کم‌آبیاری. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۴(۳): ۵۵-۷۰.

محمدی، س. م.، رامنه، و.، گرامی، م.، اسدی‌صنم، س. و خوش‌روز، م. ۱۳۹۷. اثر سدیم نیتروپروساید (SNP) بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench) تحت تنش شوری. فرایند و کارکرد گیاهی، ۷(۲۳): ۱۲۳-۱۳۹.

مهری، ح.ر.، قبادی، س.، بانی نسب، ب.، احسان زاده، پ. و غلامی، م. ۱۳۹۳. بررسی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهار رقم انگور ایرانی به تنش خشکی در شرایط درون شیشه‌ای. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۳(۱۰): ۱۱۵-۱۲۵.

www.SID.ir

Archive of SID

نصیبی، ف.، منوچهری کلانتری، خ. و خداشناس، م. ۱۳۸۸. اثر پیش تیمار سدیم نیترو پروساید (SNP) بر برخی عوامل شیمیایی گیاهچه‌های گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) تحت تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶(۲): ۱۲۱-۱۳۳.

نیک‌روش، م.، خلدبرین، ب.، نژادستاری، ط. و نجفی، ف. ۱۳۹۵. اثر سدیم نیتروپروساید بر برخی عوامل فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت تنش خشکی. مجله زیست شناسی ایران، ۲۹(۳): ۶۴۴-۶۵۸.

Apel, K. and Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Annual Review of Plant Biology, 55: 373-399.

Bates, L.S., Waldran, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Plant Soil, 39: 205–208.

Bohnert, H.J. and Jensen, R.G. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Trends in Biotechnology, 14: 89-97.

Cechin, I., Cardoso, G.S., Fumis, T.D.F. and Corniani, N. 2015. Nitric oxide reduces oxidative damage induced by water stress in sunflower plants. Bragantia Campinas, 74(2): 200-206.

Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M. and Lopes, C.M. 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. Annals of Botany, 105(5): 661-676.

Dere, S., Gunes, T., and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. Journal of Botany, 22: 13-17.

Dhindsa, R.S., Dhindsa, P. and Thorpe, T. 1981. Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decrease levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany, 32: 93-101.

Fan, H., Du, C. and Guo, S. 2012. Effect of nitric oxide on proline metabolism in cucumber seedlings under salinity stress. Journal of the American Society for Horticultural Science, 137: 127-133.

Faraloni, C., Cutino, I., Petruccelli, R., Leva, A.R., Lazzeri, S. and Torzillo, G. 2011. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid tool for in vitro screening of olive cultivars (*Olea europaea* L.) tolerant to drought stress. Environmental and Experimental Botany, 73: 49-56.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid. A. and Rahman, H. 2009. Exogenously applied nitric oxide enhance the drought tolerance in fine grain aromatic Rice (*Oryza sativa* L.). Agronomy and Science, 195: 254-261.

Filella, I., Llusia, J., Pin, J.O. and Pen, J.U. 1998. Leaf gas exchange and fluorescence of *Phillyrea latifolia*, Pistacia lentiscus and Quercus ilex saplings in severe drought and high temperature conditions. Environmental and Experimental Botany, 39: 213–220.

Gapinska, M., Sklodowska M. and Gabara. B. 2008. Effect of short- and long-termsalinity on the activities of antioxidative enzymes and lipid peroxidation in tomatoroots. Acta Physiologiae Plantarum, 30: 11-18.

Ghaderi, N., Siosemardeh A. and Shahoei, S. 2006. The effect of water stress on some physiological characterstics in Rashe and Khoshnove grape cultivars. Acta Horticulturae, 754: 317-322.

Ghaderi, N., Talaie, A.R., Ebadi, A. and Lessani, H. 2011. The Physiological response of three Iranian grape cultivars to progressive drought stress. Journal of Agricultural Science and Technology, 13: 601-610.

Hatamzadeh, A., Molaahmad Nalousi, A., Ghasemnezhad, M. and Biglouei, M.H. 2014. The potential of nitric oxide for reducing oxidative damage induced by drought stress in two turfgrass species, creeping bentgrass and tall fescue. Grass and Forage Science, 70: 538-548.

Hayat, S., Hasan, S.A., Mori, M., Fariduddin, R. and Ahmad, A. 2010. Nitric oxide in plant physiology. pp. 1-16. Eds: Hayat S., Mori M., Pichtel J. and Ahmad A. Wiley-VCH GmBH and Co, KGaH, Weinheim.

Hedge, J.E.Z. and Hofreiter, B.T. 1962. Carbohydrate Chemistry. pp. 17-22. In: R.L. Whistler and B. Miller (Eds.), Academic Press.

Huaifu, F., Shirong, G., Yansheng, J., Runhua, Z. and Juan, L. 2007. Effects of exogenous nitric oxide on growth, active oxygen species metabolism, and photosynthetic characteristics in cucumber seedlings

www.SID.ir

Archive of SID

under NaCl stress. Frontiers of Agriculture in China, 1: 308–314.Jiang, Y. and Huang, B. 2002. Protein alterations in tall fescue in response to water stress and abscisic acid. Crop Science, 42: 202-208.

Jiang, Y. and Huang, B. 2000. Effects of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky bluegrass. Crop Science, 40: 1358-1362.

Karimi, S., Yadollahi, A., Arzani, K., Imani, A. and Aghaalikhani, M. 2015. Gas-exchange response of almond genotypes to water stress. Photosynthetica, 53(1): 29-34.

Khan, H.U.L.W., Hocking, T. and Stoddard, F. 2007. Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.). Plant Soil, 292:205–217.

Kim, J.H. and Lee, C.H. 2005. In vivo deleterious effects specific to reactive oxygen species on photosystem II after photooxidative treatment of rice leaves. Plant Sciences, 168: 1115-1125.

Krasensky, J. and Jonak, C. 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. Journal of Experimental Botany, 63: 1593–1608.

Lei, Y., Yin, C., Ren, J. and Li, C. 2007. Effect of osmotic stress and sodium nitroprusside pretreatment on proline metabolism of wheat seedlings. Biologia Plantarum, 51(2): 386-390.

Loon, C. D. 1981. The effect of water stress on potato growth, development, and yield. American Journal of Potato Research, 58: 51-69.

Lovisolo, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H. and Schubert, A. 2010. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: A physiological and molecular update. Functional Plant Biology, 37: 98–116.

Ma, Q. SH., Niknam, R. and Turner, D.W. 2006. Response of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica jounce to soil water deficit at different growth stages. Australian Journal of Agricultural Research, 57: 221-226.

Nakano, Y., and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach choloroplast. Plant Cell Physiology, 22: 867-880.

Oliviera-Neto, C.F., Silva-Lobato, A.K., Goncalves-Vidigal, M.C., Costa, R.C.L., Santosfilho, B.G., Alves, G.A.R., Silva-Maia, W.J.M., Cruz, F.J.R., Neres, H.K.B. and Santos Lopes, M.J. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology, 7: 588-593.

Pérez-Pérez, J.G., Syvertsen, J.P., Botia, P. and García-Sánchez, F. 2007. Leaf water relations and net gas exchange responses of salinized Carrizo citrange seedlings during drought stress and recovery. Annals of Botany, 100(2): 335–345.

Sairam, R.K. 1994. Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. Indian Journal of Experimental Biology, 32: 594- 597.

Shamsi, K. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences, 8(3): 1051- 1060.

Shao, H.B., Chu, L.Y., Abdul-Jaleel, C., and Zhao, C.X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331: 215-225.

Sharma, P. and Dubey, R.S. 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation, 46: 209-221.

Sheokand, S., Bhankar, V. and Sawhney, V. 2010. Ameliorative effect of exogenous nitric oxide on oxidative metabolism in NaCl treated chickpea plants. Brazilian society of plant Physiology, 22(2): 81-90.

Shi, Q., Ding, F., Wang, X. and Wei, M. 2007. Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress. Plant Physiology and Biochemistry, 45(8): 542-550.

Silva, M.A., Jifon J. L., Silva, J.A.G. and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19: 193-201.

Sunkar, R. 2010. Plant stress tolerance methods and protocols, Humana Press.

www.SID.ir

Archive of SID

Wang, M., Li, B., Zhu, Y., Niu, L., Jin, X., Xu, Q. and Liao, W. 2015. Effect of exogenous nitric oxide on vegetative and reproductive growth of oriental lily 'Siberia'. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 56(5): 677-686.

Yahubyan, G., Gozmanova, M., Denev, I., Toneva, V. and Minkov, I. 2009. Prompt response of superoxide dismutase and peroxidase to dehydration and rehydration of the resurrection plant Haber learhodopensis. Plant Growth and Regulation, 57: 49-56.

Zamani, M., Hakimi, M.H., Mosleh, A., Kiani, A.B. and Rashtian, A. 2014. The effects of Salicylic Acid (SA) and Sodium Nitroprusside (SNP) on physical and growth characteristics of Pinus eldarica. Bull. Enviro. Pharmacol. Life Science, 3: 31-35.

Zhang, J. Yao, Y. John, G.S. and David, C.F. 2010. Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phosphorus absorb in different section of leaves and stem of Fuji/M.9 EML, a young apple seedling. African Journal of Biotechnology, 9: 5320-532.

Zhang, L., Xuewei, L., Xifeng, L., Zhou, W., Mingyu, H., Lixin, Z. and Bingzhi, L. 2016. Exogenous nitric oxide protects against drought-induced oxidative stress in Malus rootstocks. Turkish Journal of Botany, 40: 17-27.

Zhang, Z., Pang, X., Duan, X., Ji, Z.L. and Jiang, Y. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. Food Chemistry, 90: 47-52.

Zimmer-Prados, L. M, Moreira, A. S., Magalhaes, J.R. and França, M.G. 2014. Nitric oxide increases tolerance responses to moderate water deficit in leaves of Phaseolus vulgaris and Vigna unguiculata bean species. Physiology and Molecular Biology of Plants, 20(3): 295-301.

www.SID.ir