مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۹ شماره ۱ صفحه‌های ۶۳ تا ۷۴ (۱۳۹۷)

اثرهای کاربرد سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی چایر معمولی در شرایط تنش کم‌آبی[۱]

Effects of Sodium Nitroprusside and Salicylic Acid on Morpho-physiological Characteristics of Common Bermuda Grass under Water Deficit Stress

سهیلا طاهری، مسعود ارغوانی* و سید نجم الدین مرتضوی[۲]

چکیده

کمبود آب از مهم‌ترین عامل‌های محدود کننده مدیریت سبزفرش‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک به‌شمار می‌آید. پژوهش حاضر برای بررسی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی چایر معمولی (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) به تنش کم‌آبی و کاربرد سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل ۳ سطح تنش کم‌آبی (۴۰، ۷۰ و ۱۰۰٪ آب در دسترس خاک) بود و چهار سطح فاکتور دوم را سالیسیلیک‌اسید (۲ میلی مولار)، سدیم نیتروپروساید (۵۰۰ مایکرومولار)، ۲میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به همراه ۵۰۰ مایکرومولار سدیم نیتروپروساید و تیمار شاهد (آب مقطر) تشکیل دادند. کم‌آبی رشد اندام هوایی و مقدار نسبی آب برگ را کاهش داد در صورتی‌که رشد ریشه، مقدار سبزینه، نشت یونی، فنول کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و پرولین برگ‌ها با کاهش آب در دسترس خاک، افزایش یافت. نتیجه‌ها نشان داد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید، اثرهای زیان‌بار تنش کم‌آبی را با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار پرولین و سبزینه برگ‌ها و هم‌چنین کاهش نشت یونی، بهبود بخشید و این اثر در مورد تیمار هم‌زمان ۵۰۰ مایکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲ میلی مولار سالیسیلیک‌اسید بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: آب در دسترس خاک، تنظیم‌کننده رشد گیاهی، سبزفرش، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نیتریک اکساید.

مقدمه

با افزایش جمعیت و گسترش شهرها، نیاز به گسترش فضای سبز نیز افزایش می‌یابد. در این راستا سبزفرش‌ها به عنوان بهترین گیاهان پوششی که دارای قدرت پاخوری هستند، بخش مهمی از فضای سبز شهری را شامل می‌شوند.

چایر معمولی[۳] گیاهی از تیره‌ی گندم‌سانان[۴] و یکی از انواع مهم سبزفرش می‌باشد. این چمن در مناطق گرم و خشک جهان به ویژه در جنوب ایران برای پوشش زمین‌های ورزشی و به عنوان گیاهی زینتی در فضای سبز کشت و کار می‌شود. تنش کم‌آبی زمانی در گیاه رخ می‌دهد که مقدار آب دریافتی گیاه کمتر از هدررفت آن باشد. این ممکن است به علت هدررفت بیش از حد آب (تعرق) یا کاهش جذب یا وجود هر دو باشد. تنش کم‌آبی باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن[۵] و ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود. این گونه‌های فعال باعث آسیب به بخش‌های

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۳۰

۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (arghavani@znu.ac.ir).

۳- Bermuda grass, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. ۴- Poaceae ۵- Reactive oxygen species (ROS)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

مختلف یاخته و در موارد شدید موجب مرگ یاخته می‌شوند (۴). سدیم نیتروپروساید[۱] یک ترکیب رهاکننده نیتریک اکساید[۲] است. نیتریک اکساید یک مولکول فعال زیستی است که فعالیت‌های متنوعی را در سیستم‌های زنده انجام می‌دهد و یک گونه واکنش‌پذیر نیتروژن به‌شمار می‌آید. این ترکیب در انگیزش تندش بذر، تقسیم یاخته‌ای، افزایش مقدار سبزینه و بسیاری از فرایندهای دیگر یاخته دخالت داشته و با واکنش با گونه‌های فعال اکسیژن آسیب ناشی از آن‌ها را کاهش می‌دهد (۲۰). زمانی که برگ‌های جدا شده گندم با سدیم نیتروپروساید تیمار شدند، مقدار تعرق برگ‌ها ۲۰٪ کاهش یافت (۱۸). هم‌چنین تیمار برگ‌های برنج معطر (*Oriza sativa* L.) با سدیم نیتروپروساید، مقدار نشت یونی را کاهش داد و باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش کم‌آبی شد (۱۷). پژوهش روی دو گونه چمن گرمسیری نشان داد که کاربرد نیتریک‌اکسید با خنثی کردن اثر بازدارنده آبسایزیک‌اسید سبب افزایش سرعت تنژیدن بذرها می‌شود (۲۹). سالیسیلیک‌اسید[۳] یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی از گروه فنول‌ها می‌باشد و در تنظیم بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان در غلظت‌های کم مؤثراست. سالیسیلیک‌اسید نقش کلیدی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند تندش بذر، بسته شدن روزنه، مهار زیست‌ساخت اتیلن گیاه، افزایش مقدار نورساخت (فتوسنتز) و مقدار سبزینه گیاه، تولید میوه، تولید گرما و گلیکولیز ایفا می‌کند (۱۴). در پژوهشی که روی گندم انجام شد، کاربرد سالیسیلیک‌اسید توانست مقدار نسبی آب برگ را در شرایط تنش کم‌آبی افزایش دهد (۹). در شرایط تنش کم‌آبی، سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه ذرت شد، درحالی که در شرایط بدون تنش، تیمار با سالیسیلیک‌اسید اثر عکس بر ارتفاع گیاه داشت (۲۵). در چمن‌های چاوی چندساله و چمانواش بلند قرمز کاربرد سالیسیلیک‌اسید کاهش رشد ناشی از تنش شوری را بهبود بخشید (۸). در این پژوهش با توجه به نتیجه‌های بررسی‌های گذشته در رابطه با دیگر گیاهان و با هدف افزایش تحمل به کم‌آبی چایر معمولی، برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی این گیاه در سطح‌های مختلف آب در دسترس و زیر اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید به تنهایی و هم‌چنین کاربرد هم‌زمان آن‌ها بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش برای بررسی اثر هم‌زمان سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید بر تحمل به کم‌آبی چایر معمولی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با ۴ تکرار در گلخانه پژوهشی با میانگین دمای ۲۵ و ۱۵ درجه سلسیوس برای روز و شب، میانگین رطوبت نسبی ۵۰٪ و شرایط نور طبیعی (میانگین شدت نور ۱۳۰۰۰ لوکس و ۱۴ ساعت روشنایی) انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۳ سطح آبیاری (۴۰، ۷۰ و ۱۰۰٪ آب در دسترس) و چهار سطح فاکتور دوم را سالیسیلیک‌اسید (۲ میلی مولار)، سدیم نیتروپروساید (۵۰۰ مایکرومولار)، ۲میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به همراه ۵۰۰ مایکرومولار سدیم نیتروپروساید و تیمار شاهد (آب مقطر) تشکیل دادند. برای این منظور بذرهای چایر معمولی در گلدان‌هایی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۱۴ سانتی‌متر که با خاک شنی لومی پر شده بودند، کاشت شدند. چمن‌ها ضمن دریافت آب کافی تا زمان شروع کاربرد تیمارها، به صورت هفتگی با کود کامل کوددهی شدند. تا زمان اعمال تیمارها، چمن‌ها به صورت هفتگی از ارتفاع ۴ سانتی‌متری به صورت دستی سرزنی شده و با آبیاری کافی اجازه داده شد تا به‌طور کامل استقرار یابند. با استقرار کامل گیاهان پس از شش ماه و پوشش کامل سطح گلدان، کاربرد تیمارها به مدت هشت هفته انجام شد.

کاربرد تنش کم‌آبی

برای کاربرد تنش کم‌آبی، مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی[۴] (۳۱٪ حجمی) و نقطه پژمردگی دائم[۵] (۱۰٪ حجمی) در آزمایشگاه خاک‌شناسی مشخص شد. از منها کردن عددهای رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه

۱- Sodium nitroprusside (SNP)
۲- Nitric oxide (NO)
۳- Salicylic acid (SA)
۴- Field Capacity
۵- Permanent Wilting Point

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

پژمردگی دائم، مقدار آب در دسترس[1](۲۱٪ حجمی) به‌دست آمد و تیمارهای ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰٪ آب در دسترس اجرا شدند. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه تغییرهای آن ما بین دو آبیاری از دستگاه تتاپروب[2] استفاده شد. برای واسنجی[3] دستگاه از آب (رطوبت ۱۰۰٪) و خاک کامل خشک (رطوبت صفر) استفاده شد (۱۶). در روند آزمایش برای پی بردن به مقدار رطوبت خاک گلدان‌ها، حسگرهای دستگاه در عمق ۱۲ سانتی‌متری خاک قرار داده می‌شدند و رطوبت حجمی خاک ثبت می‌شد. رطوبت خاک اندازه‌گیری و در زمان‌های معین بر اساس تیمارهای آزمایش آبیاری انجام می‌شد. سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید در هشت مرحله به صورت هفتگی و به صورت افشانه (۲۰ میلی‌لیتر در هر گلدان) روی گیاهان مصرف شد. پس از هشت هفته از کاربرد تیمارها، اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظرانجام شد.

اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه

برای اندازه‌گیری رشد اندام هوایی پس از هر سربرداری، چمن‌های چیده شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. مقدار رشد اندام هوایی از مجموع وزن خشک چمن‌های چیده شده در هشت هفته دوره آزمایش و وزن خشک بخش هوایی چمن‌ها در پایان آزمایش به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری مقدار رشد ریشه‌ها، در پایان آزمایش پس از بیرون آوردن گیاهان از گلدان ریشه‌ها جدا شده و پس از شستشو و جدا شدن دانه‌های ماسه، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شده و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری پرولین

مقدار پرولین با استفاده از معرف نایهیدرین اندازه‌گیری شد. در این روش از معرف نایهیدرین و استیک اسید گلاسیال برای اندازه‌گیری پرولین استفاده شد و نتیجه‌ها بر حسب میکرو مول بر گرم وزن تر برگ‌ها گزارش شد (۱۱).

اندازه‌گیری نشت یونی

برای محاسبه نشت یونی، نمونه‌های برگی همراه با آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت روی دستگاه لرزاننده قرار داده شدند و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و پس از سرد شدن، دوباره هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد. مقدار نشت یونی به صورت درصد، از تقسیم هدایت الکتریکی اولیه بر هدایت الکتریکی مرده به دست آمد (۳۲).

اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ

مقدار نسبی آب برگ از رابطه زیر به دست آمد (۱۰).

$$RWC = (FW - DW)/ (TW-DW) \times 100$$

که در آن، FW وزن تر نمونه‌های برگی، TW وزن تر نمونه‌هایی که به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در آب قرار داده شده بودند و DW وزن خشک نمونه‌های برگی است.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

برای اندازه‌گیری فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، عصاره‌گیری از برگ با استفاده از متانول و استیک اسید انجام شد. برای محاسبه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ۵۰ میکرولیتر از عصاره‌ی گیاهی و۹۵۰ میکرولیتر از محلول (DPPH) ۰/۱ نرمال با هم آمیخته و به مدت ۳۰ دقیقه در یک محفظه تاریک در دمای اتاق نگه‌داری شدند. نمونه بلانک و استاندارد به ترتیب شامل یک میلی‌لیتر حلال استخراج و یک میلی‌لیتر محلول ۰/۱ نرمال (DPPH) بود. مقدار جذب استاندارد و نمونه‌ها با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (مدل Analytik Jena Specord 250

۱- Available Water ۲- Theta Probe (Spectrum, TDR 100, USA) ۵- Calibration

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

ساخت کشور آلمان) در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی گونه‌های فعال اکسیژن (DPPH) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۵).

$$DPPH \cdot [(A_{cont} - A_{samp})/ (A_{cont})] \times 100$$

DPPH= درصد بازدارندگی گونه‌های فعال A_{cont}= مقدار جذب DPPH A_{samp}= مقدار جذب عصاره

اندازه‌گیری فنول کل

برای اندازه‌گیری فنول کل ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره گیاهی با ۰/۵میلی‌لیتر از معرف فولین و ۷ میلی‌لیترآب مقطر آمیخته شد و به مدت سه دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت، سپس یک میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰٪ به آمیخته افزوده شد. پس از گذشت یک ساعت مقدار جذب رنگ در طول موج ۷۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (مدل Analytik Jena Specord 250 ساخت کشور آلمان) خوانده شد (۳۰).

سرانجام، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1) انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال ۵٪) استفاده شد. رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه

کاربرد سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین مقدار وزن خشک ریشه مربوط به ۴۰٪ آب در دسترس با کاربرد تیمار هم‌زمان ۵۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید و کمترین مقدار وزن خشک ریشه در شرایط بدون تنش و تنظیم کننده‌های رشد مشاهده شد (شکل ۱).

به نظر می‌رسد که چایر معمولی می‌تواند حتی زیر تاثیر تنش‌های شدید رطوبتی نیز به رشد و نمو خود به‌ویژه در منطقه ریشه ادامه دهد و با این شیوه از شرایط نامساعد دوری کند. در شرایط تنش کم‌آبی، نیتریک اکسید به عنوان یک مولکول پیام‌رسان[۱] با بستن روزنه‌ها و کاهش تعرق و نیز افزایش توسعه ریشه‌های نابه‌جا، سبب افزایش مقدار آب یاخته‌ها می‌شود و در افزایش طول ریشه و اندام هوایی اثر مثبت دارد (۳۵). سدیم نیتروپروساید سبب انگیزش تولید اکسین می‌شود که می‌تواند در افزایش طول ریشه و اندام هوایی اثر مستقیم داشته باشد (۲۸). در پژوهشی که روی چمن چاوی چندساله انجام شد، کاربرد سدیم نیتروپروساید سبب افزایش طول ریشه در شرایط تنش اسمزی ناشی از پلی اتیلن گلایکول شد (۶). یکی از اثرهای مهم سالیسیلیک‌اسید، تاثیر آن بر افزایش رشد ریشه است. افزایش رشد شبکه ریشه‌ای و حفظ سلامت آن به وسیله سالیسیلیک‌اسید، باعث جذب بیشتر آب و ماده‌های غذایی شده که در پایان منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. ارزیابی یکی از گونه‌های چمن سردسیری در شرایط تنش خشکی نشان داد که مقدار رشد ریشه زیر تاثیر کاربرد ۰/۷۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید افزایش یافت (۱).

وزن خشک اندام هوایی

نتیجه‌ها نشان داد که کاربرد هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید اثر مثبتی بر رشد اندام هوایی داشت و این اثر در هر سه سطح آب در دسترس مشهود است. البته مقدار اثر آن در تیمار ۷۰ و ۱۰۰٪ آب در دسترس به مراتب بیشتر از ۴۰٪ آب در دسترس است (شکل ۲).

۱- Signaling molecule

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

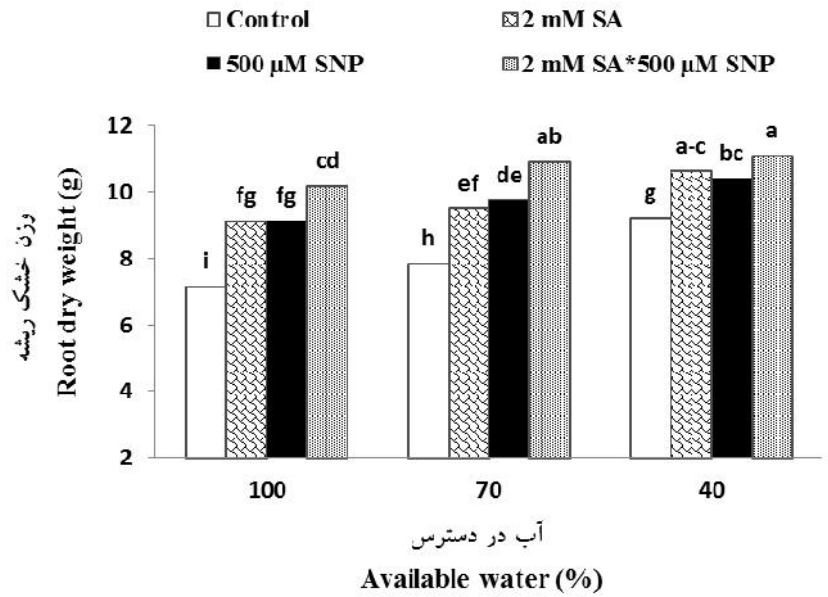

Fig. 1. Interaction of water deficit stress with the application of sodium nitroprusside and salicylic acid on root dry weight of common bermudagrass. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level based on DMRT.

شکل ۱- برهمکنش تنش کم‌آبی با کاربرد سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک ریشه چاپر معمولی. میانگین‌های دارای حرف مشترک، در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

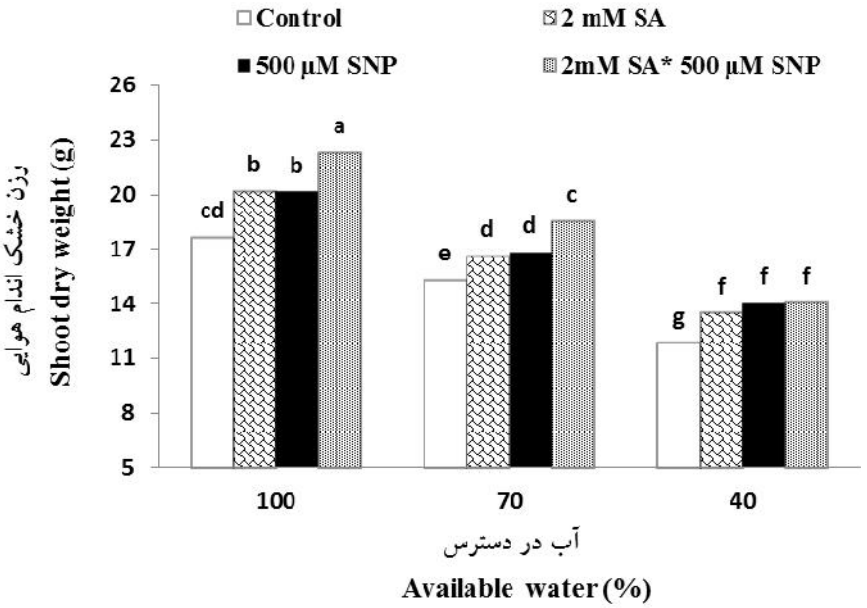

Fig. 2. Interaction of water deficit stress with the sodium nitroprusside and salicylic acid on shoot dry weight of bermudagrass. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level based on DMRT.

شکل ۲- برهمکنش تنش کم‌آبی با سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک اندام هوایی چاپر معمولی. میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

کاهش سطح برگ و به دنبال آن کاهش نورساخت می‌توانند به عنوان عوامل محدودکننده‌ی رشد اندام هوایی طی تنش مطرح باشند. سدیم نیتروپروساید با جلوگیری از تخریب سبزینه، پیری برگ‌ها را به تاخیر می‌اندازد (۳۴). از این رو سدیم نیتروپروساید ممکن است با طولانی کردن دوره نورساخت سبب افزایش وزن خشک اندام

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

هوایی شود. افزایش رشد ریشه و اندام هوایی در شرایط تنش کم‌آبی در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید، در اروای خزنده و چمانواش بلند نیز گزارش شده است (۵). سالیسیلیک‌اسید به احتمال افزایش طول و تقسیم یاخته‌ای را از راه اثر بر ماده‌های تنظیم کننده رشد مانند اکسین تنظیم می‌کند. افزایش معنی‌دار در ارتفاع گیاه گندم پس از محلول پاشی سالیسیلیک‌اسید مشاهده شده است (۳۱). هم‌چنین رشد چمن چاوی در شرایط تنش کم آبی (۱) و چمانوانش قرمز در شرایط تنش شوری (۸) با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافت.

نشت یونی

نتیجه‌ها نشان داد تنش کم‌آبی مقدار نشت یونی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، اما تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید توانست مقدار نشت یونی را کاهش دهد. بیشترین مقدار نشت یونی در ۴۰٪ آب در دسترس و در غلظت صفر تنظیم کننده‌های رشد مشاهده شد (شکل ۳).

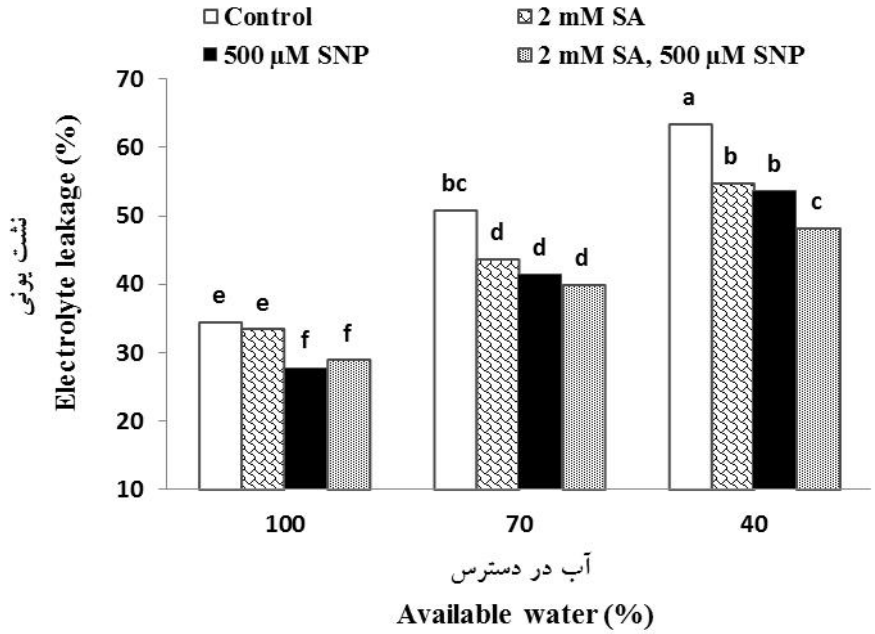

Fig. 3. Interaction of water deficit stress with sodium nitroprusside and salicylic acid on electrolyte leakage of bermudagrass. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level based on DMRT.

شکل ۳- برهمکنش تنش کم‌آبی با سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک اسید بر نشت یونی چاپر معمولی. میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

افزایش نشت یونی نشان‌دهنده بروز آسیب غشایی است. نتیجه‌های به دست آمده در این پژوهش که نشان‌دهنده بیشتر شدن نشت یونی در اثر تنش کم‌آبی می‌باشد، با بسیاری از پژوهش‌های دیگر درمورد چمن‌ها و دیگر محصولات هم‌راستا است (۳، ۵). از سوی دیگر، کاربرد سدیم نیتروپروساید می‌تواند با افزایش توان دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه آسیب‌های ناشی از گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن را کاهش دهد و بدین ترتیب پایداری غشا افزایش و نشت یونی کاهش می‌یابد (۲۴). گزارش شده است که پیش تیمار بذرهای چمن با سدیم نیتروپروساید، سبب کاهش نشت یونی و افزایش مقاومت گیاه به تنش کم‌آبی شد (۶). سالیسیلیک اسید به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل کرده و باعث پاکروبی گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده توسط فرایند اکسایش می‌شود. که به این وسیله از آسیب‌رسانی به اسیدهای چرب غیراشباع و کاهش نفوذپذیری غشا جلوگیری کرده و در نتیجه باعث حفاظت از غشای تیلاکوئیدی در زمان تنش می‌شود (۱۲). همسو با یافته‌های این پژوهش، تیمار با سالیسیلیک‌اسید سبب کاهش نشت یونی در گیاهان برنج (۱۹) و چمن (۱) زیر تنش کم‌آبی شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

مقدار نسبی آب برگ

نتیجه‌ها نشان داد کاربرد هم‌زمان سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید توانست مقدار نسبی آب برگ را به صورت معنی‌داری افزایش دهد و از اثرهای منفی کاهش آب در دسترس بر مقدار نسبی آب برگ بکاهد. به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار نسبی آب برگ در تنش شدید رطوبتی (۴۰٪ آب در دسترس) به‌ترتیب مربوط به تیمار هم‌زمان سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید و غلظت صفر تنظیم کننده‌های رشد به دست آمد (شکل۴).

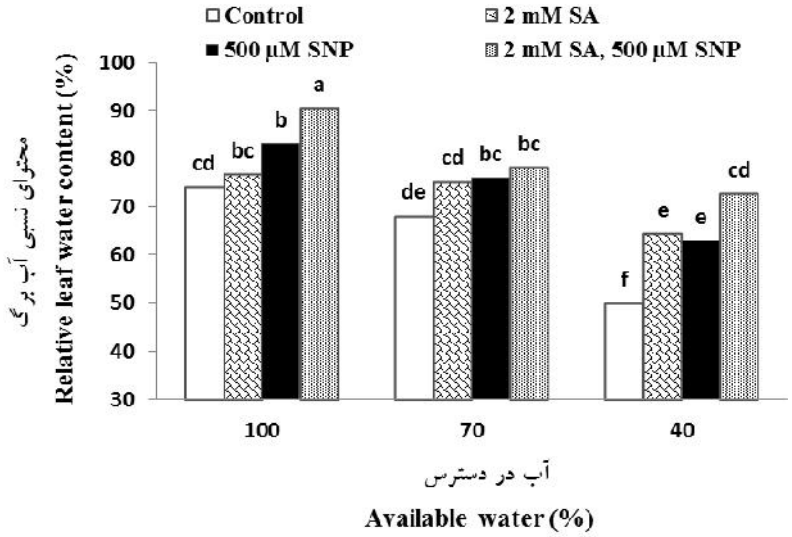

Fig. 4. Interaction of water deficit stress with sodium nitroprusside and salicylic acid on relative water content of bermudagrass. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level based on DMRT.

شکل ۴- برهمکنش تنش کم‌آبی با سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک‌اسید بر مقدار نسبی آب برگ چایر معمولی. میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

مقدار نسبی آب برگ، شاخصی است که نشان دهنده مقدار آب موجود در اندام‌های گیاه یا شادابی آن بوده و کارایی یک گیاه در حفظ آب زیر شرایط تنش را مشخص می‌کند. نیتریک اکسید باعث بسته شدن موقتی روزنه‌ها و افزایش انباشت پرولین می‌شود که بدین وسیله از کاهش مقدار نسبی آب برگ پیشگیری می‌کند (۲۷). هم‌چنین گزارش شده است که نیتریک اکسید در شرایط تنش کم‌آبی، مقدار نسبی آب برگ را در چمانواش بلند و اروای خزنده افزایش داد (۵). سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش تولید اسمولیت‌های سازگار در یاخته می‌شود. این ماده‌ها محلول توانایی یاخته را در نگهداری آب در شرایط تنش افزایش می‌دهند (۱۲). پیش تیمار بذر گندم با اسید سالیسیلیک سبب بهبود محتوای نسبی آب برگ در شرایط شاهد (آبیاری بهینه) و در شرایط تنش کم‌آبی شد، اما تأثیر سالیسیلیک اسید در شرایط تنش بیشتر از شرایط آبیاری بهینه بود (۹).

پرولین

بیشترین تجمع پرولین در تنش شدید کم‌آبی (۴۰٪ آب در دسترس) و تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید و کمترین مقدار پرولین در ۱۰۰٪ آب در دسترس و غلظت صفر تنظیم کننده‌های رشد مشاهده شد (شکل ۵).

پرولین به عنوان محافظ اسمزی، خاصیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش دارد (۲۲). سدیم نیتروپروساید باعث شده که چمن‌ها مقادیر بالاتری از پرولین را در خود ذخیره کنند. بنابراین، به نظر می‌رسد که نیتریک اکسید در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند با افزایش ساخت و تجمع پرولین که یک ترکیب فعال اسمزی است به چمن‌ها کمک کرده که مقدار نسبی آب برگ خود را حفظ کرده و در نتیجه کاهش آماس یاخته‌ای که در چنین شرایطی رخ

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

می‌دهد را جبران کنند (۲). این احتمال وجود دارد که تاثیر سالیسیلیک‌اسید بر تجمع پرولین، از راه انگیزش تولید آبسایزیک اسید باشد. آبسایزیک اسید باعث تحریک ساخت پرولین در گیاهان زیر تنش می‌شود. این اثر در گیاهچه‌های گندم در شرایط تنش شوری مشاهده شد (۳۱). با این وجود، در آزمایشی که روی چمن چاوی چندساله در شرایط تنش خشکی صورت گرفت، کاربرد سالیسیلیک‌اسید مقدار پرولین را نسبت به گیاهان تیمار نشده کاهش داد. با توجه به اثر مثبت سالیسیلیک‌اسید بر رشد ریشه و محتوی نسبی آب برگ در پژوهش ذکر شده، می‌توان دلیل کمتر بودن مقدار پرولین را مرتبط با جذب بیشتر آب و شرایط تنش کمتر دانست (۱).

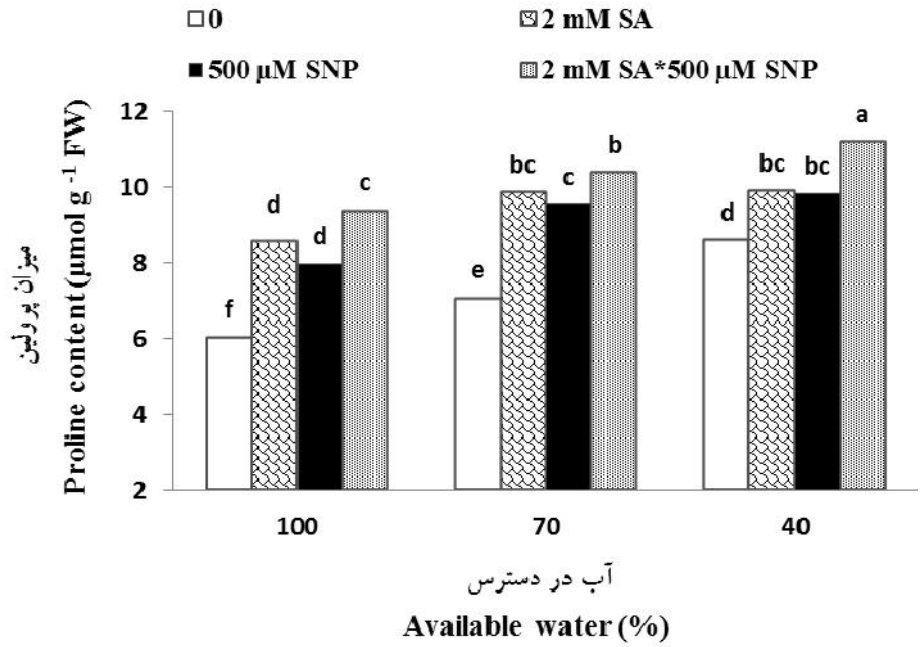

Fig. 5. Interaction of water deficit stress with sodium nitroprusside and salicylic acid on proline content of bermudagrass. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level based on DMRT.

شکل ۵- برهمکنش تنش کم‌آبی با سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک اسید بر مقدار پرولین چایر معمولی. میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

نتیجه‌ها نشان داد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی روند افزایشی از شاهد تا تنش شدید کم‌آبی دارد. بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان کل مربوط به تنش شدید کم‌آبی (۴۰٪ آب دردسترس) و تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید بود (شکل۶). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان[۱] در افزایش تحمل گیاهان به تنش کم‌آبی دارای نقش مهمی می‌باشند. مطالعات انجام شده روی گیاه گوجه فرنگی زیر تنش کم‌آبی نشان داد که نیتریک اکسید آسیب‌های ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش داد. به‌طور کلی، نیتریک اکسید با انگیزش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مهار و یا کاهش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارد (۲۶). سالیسیلیک‌اسید در پاسخ‌های گیاهی به تنش شوری و اسمزی نقش مهمی را در آسیب‌های ناشی از گونه‌های اکسیژن فعال بازی می‌کند (۱۲). پژوهشگران در نتیجه‌های بررسی‌های خود روی یک گونه چمن گرمسیری (*Zoysia japonica*) نشان دادند، به کار بردن سالیسیلیک‌اسید در شرایط تنش خشکی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد (۱۳). نتیجه‌های پژوهش حاضر با یافته این

۱- Antioxidant enzymes

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

پژوهشگران همخوانی دارد. در شرایط تنش گرما کاربرد سالیسیلیک‌اسید فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان آسکوربات پراکسیداز را در اروای خزنده بالا برد (۲۳). هم‌چنین با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز، مقدار تولید گونه‌های فعال اکسیژن را در فریژ کاهش و سبب افزایش رشد و محتوی نسبی آب برگ‌ها شد (۲۱).

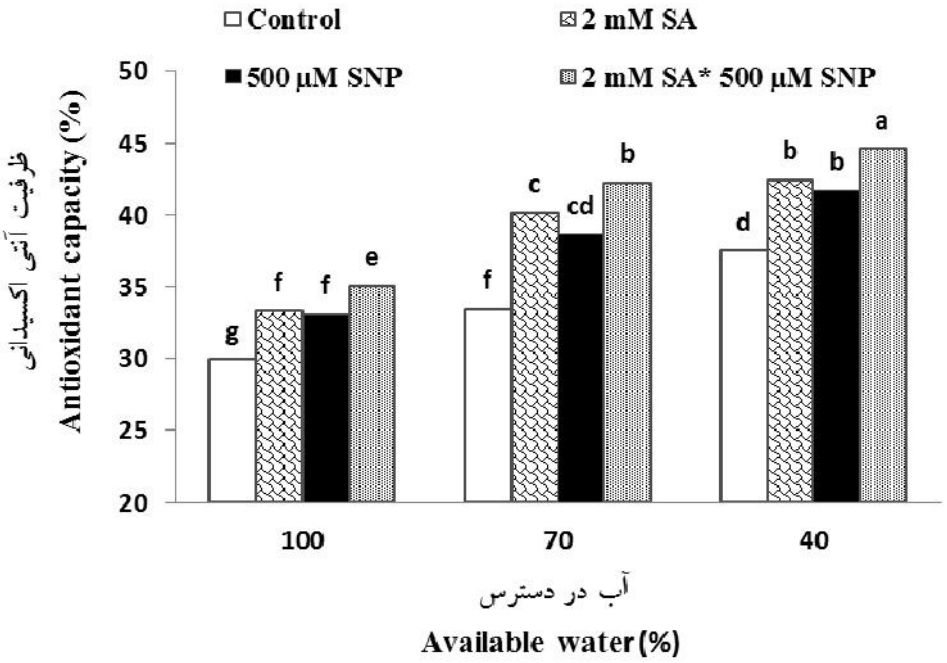

Fig. 6. Interaction of water deficit stress with sodium nitroprusside and salicylic acid on antioxidant capacity of bermudagrass. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level based on DMRT.

شکل ۶- برهمکنش تنش کم‌آبی با سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل چایر معمولی. میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

فنول کل

بررسی اثر متقابل تنظیم کننده‌های رشد و تنش کم‌آبی نشان داد، بیشترین مقدار فنول کل در تنش شدید کم‌آبی (۴۰٪ آب دردسترس) و تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید و کمترین آن در شرایط بدون تنش و غلظت صفر تنظیم کننده‌های رشد مشاهده شد (شکل۷).

ترکیب‌های فنولی نقش اساسی در تنظیم رشد و توسعه گیاه دارند و می‌توانند به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های قوی در بافت‌های گیاهی در تنش‌های مختلف، مانند کم‌آبی تجمع یابند. در پژوهشی که روی گندم در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد، کاربرد نیتریک اکسید فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL)، که در ساخت ترکیبات فنولی نقش دارد، را افزایش داد (۳۳). هم‌چنین نتیجه‌های به‌دست آمده از آنالیز ترکیب‌های فنولی نشان داد که کم‌آبی باعث افزایش مقدار این ترکیب‌ها در گیاه گوجه‌فرنگی شد و پیش تیمار SNP در تنش کم‌آبی این مقدار را افزایش داد (۲۶). سالیسیلیک‌اسید به عنوان یک پیام‌رسان کلیدی در فعال‌سازی پاسخ‌های اختصاصی دفاعی گیاه شناخته می‌شود. پاسخ‌های دفاعی گیاه منجر به زیست‌ساخت و تجمع انواع ترکیب‌های ثانویه از جمله ترکیب‌های فنولی گیاهی می‌شود. در بررسی مقدار فنول کل در گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia* Vahl.)، افزایش غلظت سالیسیلیک از ۱۰ به ۵۰ میکرومول سبب افزایش مقدار فنول شد (۷). یافته های پژوهش حاضر با این گزارش هم‌سو است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

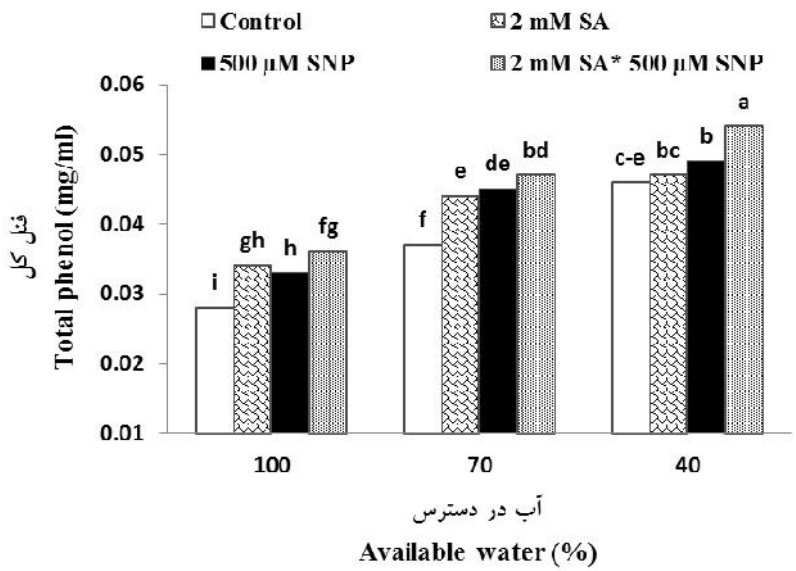

Fig. 7. Interaction of water deficit stress with sodium nitroprusside and salicylic acid on total phenol of bermudagrass. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level based on DMRT.

شکل ۷- برهمکنش تنش کم‌آبی با سدیم نیتروپروساید و سالیسیلیک اسید بر فنول کل چایر معمولی. میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

نتیجه‌گیری

تیمار هم‌زمان سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید، مقدار پرولین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را افزایش داد و باعث شد که گیاهان تیمار شده کمترین مقدار نشت یونی را در این شرایط نشان دهند. هم‌چنین، افزایش مقدار پرولین در گیاهانی که هم‌زمان تیمار شدند سبب حفظ RWC در این گیاهان شد. به نظر می‌رسد که سالیسیلیک‌اسید و سدیم نیتروپروساید با افزایش آنتی‌اکسیدان کل، گونه‌های فعال اکسیژن را بی اثر کرده و در نتیجه با کاهش مقدار نشت یونی و تخریب سبزینه و هم‌چنین با افزایش مقدار نسبی آب برگ و پرولین، آسیب ناشی از تنش کم‌آبی را در چمن‌ها کاهش داده است. از این دیدگاه مصرف این تنظیم کننده‌ها، به ویژه زمانی که گیاه در معرض تنش‌های مختلف قرار گرفته، شایسته توجه بیشتری است.

منابع References

۱. حسینی، س.ن.، م. کافی، و م. ارغوانی. ۱۳۹۵. تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر ویژگیهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی چمن لولیوم (*Lolium perenne* cv. Numan) زیر تنش خشکی. مجله علوم باغبانی ایران، ۱۷۶- ۱۶۷ :۴۷.

۲. سلاح ورزی، ی.، ع. تهرانی فر، ع. گزانچیان و ح. آرویی. ۱۳۸۷. بررسی پاسخ های گراس های بومی و وارداتی در چگونگی اجتناب از خشکی. مجله علوم باغبانی. ۱۲-۱:۲۲.

۳. عرب، ص.، م. برادران فیروزآبادی و ح. اصغری. ۱۳۹۴. تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر رنگیزه های فتوسنتزی و برخی صفات گلرنگ بهاره در شرایط تنش کم‌آبیاری. مجله تولیدات گیاهی. ۹۳-۱۰۳ :۳۸.

۴. کافی، م.، ا. برزویی، م. صالحی، ع. کمندی، ع. معصومی و ج. نباتی. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۵۰۲ صفحه.

۵. ملا احمد نالوسی، ا.، ع. حاتم زاده، م. قاسم نژاد. و م.ح. بیگلویی. ۱۳۹۲. اثر محلول پاشی سدیم نیتروپروساید بر مقاومت به خشکی چمن اگروستیس و فستوکای بلند. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۴۲۷- ۴۳۸ :۱۴.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

۶. محمدی، ر.، م. ارغوانی، س.ن. مرتضوی، و م. اعلایی. ۱۳۹۶. اثر سدیم نیتروپروساید بر تحمل به خشکی چچم چندساله در مرحله جوانه زنی و رشد اولیه دانهال. مجله به زراعی کشاورزی، ۳۴۶- ۳۳۵ :۱۹.

۷. مهربانی، ب.، س. ناظری و خ. پیری. ۱۳۹۱. بررسی مقدار فنول کل در گیاه چای کوهی (*Stachys lavandulifolia* Vahi) از طریق کشت کالوس و امکان افزایش آن با استفاده از محرک‌ها. مجله بیوتکنولوزی کشاورزی، ۸۸-۲:۷۷.

۸. نصری، ف. و ن. قادری. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد چمن فستوکا (*Festuca rubra*) و لولیوم (*Lolium perenne*) زیر شرایط تنش شوری. مجله فناوری تولیدات گیاهی، ۱۴۸- ۱۳۹ : (۲)۶.

۹. نقی‌زاده، م. و م. غلامی توران پشتی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم زیر شرایط تنش خشکی. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۱۷۰-۶:۱۶۲.

10. Barrs, H.D. and P.E. Weatherley. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for the estimating of water deficits in leaves. Aust. J. Biol. Sci. 15:413-428.
11. Bates, L., R.P. Waldern, D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-207.
12. Borsanio, F., V. Balpuestsa and M.A. Botella. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedling. Plant Physiol. 126:1024-1030.
13. Chen, Z.L., X.M. Li and L.H. Zhang. 2014. Effect of salicylic acid pretreatment on drought stress responses of zoysiagrass (*Zoysia japonica*). Russ. J. Plant Physiol. 61:619-625.
14. Deef, H.E. 2007. Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Adv. Biol. Res. 1:40-48.
15. Eberhardt, M.V., C.Y. Lee and R.H. Liu. 2000. Antioxidant activity of fresh apples. Nature, 405:903-904.
16. FAO. 2000. Deficit irrigation practices. Food and Agriculture Organization (FAO). Rome. Italy. Water Rep. 22:102.
17. Farooq, M.S., M.A. Basra, A. Wahid and H. Rehman. 2009. exogenously applied nitric oxide enhances the drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). J. Agron. Crop. Sci. 195:254-261.
18. Garcia-Mata, C. and L. Lamattina. 2001. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. Plant. Physiol. 126:1196-1204.
19. Guo, Z., W. Ou, S. Lu and Q. Zhong. 2006. Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. Plant Physiol. Biochem. 44:828-836.
20. Hayat, S., M. Mori, J. Pichtel and A. Ahmad. 2010. Nitric Oxide in Plant Physiology. Wiley-VCH -Weinheim. 210 p.
21. He, Y., Y. Lie, W. Cao, M. Huai, B. Xu and B. Huang. 2003. Effects of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in kentucky bluegrass. Crop Sci. 45:988-995.
22. KaviKishor, P.B. and N. Sreenivasulu. 2014. Is proline accumulation *per se* correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? Plant Cell Environ. 37:300-311.
23. Larkindale, J. and B. Huang. 2004. Thermotolerance and antioxidant systems in Agrostis stolonifera: involvement of salicylic acidabscisic acidcalciumhydrogen peroxideand ethylene. J. Plant Physiol, 161:405-413.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

24. Magdy, A.S., M.M. Hazem, A.M. Alia and A.I. Alshaima. 2012. Effect of sodium nitroprusside, putrescine and glycine betaine on alleviation of drought stress in cotton plant. American-Eurasian J. Agr. Environ. Sci. 12:1252-1265.
25. Mehrabiyan Moghaddam, N., M.J. Arvin, Gh. Khajavinezhad and K. Maghsodi. 2011. Effect of Salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. Seed Plant Product. 27:41-55.
26. Nasibi, F. and K.M. Kalantari. 2009. Influence of nitric oxide in protection of tomato seedling against oxidative stress induced by osmotic stress. Acta Physiol. Plant. 31:1037–1044.
27. Neill, S., R. Barros, J. Bright, R.Desikan, J. Hancock, J. Harrison, P.Morris, D. Ribeiro and I. Wilson. 2008. Nitricoxide, stomatal closure, and abiotic stress. J. Exp. Bot. 59:165-176.
28. Pagnussat, G.C., M.Simontacchi, S.Puntarulo and L. Lamattina. 2002. Nitric oxide is required for root organogenesis. Plant Physiol. 129:954-956.
29. Sarath, G., P.C. Bethke, R. Jones, L.M. Baird, G. Hou and R.B. Mitchell .2006. Nitric oxide accelerates seed germination in warm-season grasses. Planta, 223:1154-1164.
30. Seevers, P.M and J.M. Daly. 1970. Studies on wheat stem rust resistance control at sr6 locus. 1- The role of phenolic compounds. Phytopathology, 6:1322-1328.
31. Shakirova, F.M., A.R. Sakhabutdinova, M.V. Bezrukova and D.R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164:317-322.
32. Sullivan, C.Y. and W.M. Ross. 1979. Selection for drought and heat resistance in grain sorghum. In: H. Mussel & R.C Staoles (eds.) Stress Physiology in Crop Plants. John Wiley and Sons, New York. 263-281 pp.
33. Tian, X., and Y. Li. 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biol. Plant.50:775-778.
34. Tu, J., W.B. Shen, and L.L. Xu. 2003. Regulation of nitric oxide on the aging process of wheat leaves. Acta Bot. Sin. 45:1055-1062.
35. Yildiztugay, E., C. Ozfidan-Konakci and M. Kucukoduk. 2014. Exogenous nitric oxide (as sodium nitroprusside) ameliorates polyethylene glycol-induced osmotic stress in hydroponically grown maize roots. J. Plant Growth Regul. 33:683-696.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19 (1):63-74 (2018)

Effects of Sodium Nitroprusside and Salicylic Acid on Morpho-physiological Characteristics of Common Bermuda Grass under Water Deficit Stress

S. Taheri, M. Arghavani* and S.N. Mortazavi[1]

Water deficit is a major limiting factor for turfgrass management in arid and semi-arid regions. This experiment was conducted to investigate morphophysiological responses of Bermuda grass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) to water deficit stress and the application of sodium nitroprusside and salicylic acid. The experiment was carried out based on completely randomized design with four replications. First factor included three water deficit stress levels (40, 70 and 100% of soil available water), and four levels of second factor were salicylic acid (SA) (2 mM), sodium nitroprusside (SNP) (500 µM), 2mM SA + 500 µM SNP and control (distilled water). Water deficit reduced shoot growth and relative water content. Whereas root growth, chlorophyll content, electrolyte leakage, total phenol, leaves antioxidant capacity and proline content increased with decreasing soil available water. Results showed that application of sodium nitroprusside and salicylic acid ameliorate adverse effects of water deficit in Bermuda grass by increasing leaves antioxidant capacity and proline and chlorophyll content as well as reducing electrolyte leakage and this effect was more noticeable in combined application of sodium nitroprusside and salicylic acid.

Keywords: Bermuda grass, Morphophysiological responses, Salicylic acid, Sodium nitroprusside, Water deficit stress.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-05-26]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.1.7.7]

1. Former M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor of Horticultural Science, University of Zanjan, Znajan, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (arghavani@znu.ac.ir).