



اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر محتوای پروتئین، عملکرد دانه و برخی صفات زراعی گلرنگ تحت تنش کم آبیاری

* صفیه عرب^۱، مهدی برادران فیروزآبادی^۲، حمیدرضا اصغری^۳، احمد غلامی^۲ و مهدی رحیمی^۳

^۱ کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، ^۲ دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود،

^۳ مربی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۱

چکیده

سابقه و هدف: امروزه کاربرد مواد آنتی اکسیدان و تنظیم کننده رشد گیاه به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش های مختلف مطرح شده است. اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید از جمله این مواد هستند که موجب مقاومت گیاه به تنش های محیطی زیستی (زنده) و غیرزیستی (غیرزنده) می شوند. جهت بررسی این موضوع در گیاه گلرنگ آزمایشی در سال ۱۳۹۰ به صورت اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود انجام شد.

مواد و روش ها: فاکتور اصلی تنش کم آبیاری شامل ۲ سطح ۸ و ۱۶ روز آبیاری به ترتیب به عنوان شاهد و تنش بود که بعد از استقرار کامل بوته ها اعمال گردید. فاکتورهای فرعی شامل ۳ سطح محلول پاشی سدیم نیتروپروساید در ۳ غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار و محلول پاشی اسید آسکوربیک در ۳ سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار در مرحله گلدهی بودند. در ۶۳ و ۶۵ روز پس از کاشت به ترتیب محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک انجام شد و یک هفته بعد محلول پاشی تکرار گردید.

یافته ها: در این آزمایش تنش کم آبیاری موجب کاهش قطر طبق و وزن طبق بارور شد. وزن مغز دانه و تعداد دانه در طبق با تاخیر در آبیاری کاهش معنی داری را نشان داد. در این تحقیق تعداد طبق غیربارور در شرایط تنش افزایش یافت. محلول پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش وزن طبق بارور و قطر طبق گردید. تعداد طبق غیربارور در بوته با کاربرد اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید کاهش یافت. کاربرد ۲۰ میلی مولار اسید

* مسئول مکاتبه: s.arab.agri@gmail.com

آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار ۰/۶۹ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید. وزن طبق بار و رو قطر طبق از جمله صفاتی بودند که با کاربرد سدیم نیتروپروساید به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. درصد پروتئین دانه با کاربرد بالاترین سطح این ماده (۱۰۰ میکرومولار) به میزان ۱ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه نیز در این سطح از سدیم نیتروپروساید ۱۳/۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد + بود. نتایج نشان داد استفاده همزمان از ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بیشترین وزن خشک طبق بارور را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۳۵/۱ درصد افزایش نشان داد.

نتیجه‌گیری: به‌عنوان یک نتیجه کلی، ترکیب تیماری ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به‌همراه ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید را می‌توان به‌عنوان بهترین ترکیب تیماری برای مقابله با تنش خشکی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: آسکوربات، تنش خشکی، نیتریک اکسید

مقدمه

از بین تنش‌های محیطی، تنش کم‌آبی یک تنش بسیار معمول است که به‌طور جدی، تولید محصولات کشاورزی را در بیشتر نقاط جهان متأثر می‌سازد. تنش کم‌آبی طولانی مدت بر تمام فرآیندهای متابولیک گیاه اثر می‌گذارد و در نتیجه اغلب موجب کاهش تولید گیاه می‌شود (۵). یکی از راه‌های افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها، بالا بردن میزان مواد آنتی‌اکسیدان درون سلولی مانند اسیدآسکوربیک می‌باشد. اسیدآسکوربیک از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی است که در بسیاری از فرآیندهای سلولی مانند فتوسنتز، حفاظت نوری و مقاومت به تنش‌های محیطی نقش اساسی دارد (۲۸). این ماده به عنوان سوبسترای اولیه در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن از قبیل پراکسید هیدروژن و غیره مطرح است (۳). نشان داده شده است که اسیدآسکوربیک موجب بالا بردن مقاومت گیاهان در برابر سرمازدگی و تنش شوری می‌شود و از طریق ارتباط با سلول و چربی‌های غشایی در گیاهان، نقش به‌سزایی در افزایش مقاومت گیاهان در برابر از دست دادن آب و تنش کم‌آبی دارد (۵). اسیدآسکوربیک با پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها می‌شود و در نتیجه اثر مخرب تنش را کاهش می‌دهد و لذا سنتز و تجمع پرولین به عنوان یک عکس‌العمل گیاه به تنش کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال مصرف اسیدآسکوربیک در گیاه کلزا سبب کاهش در اکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی و کاهش محتوای مالون دی‌آلدهید در برگ‌ها و ریشه‌های گردیده است (۵).

سدیم نیتروپروساید^۱ یکی دیگر از موادی است که اخیراً به‌منظور کاهش اثرات تنش در گیاهان مورد آزمایش قرار گرفته است. این ترکیب به‌صورت پودری قرمز رنگ و یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که می‌تواند به‌عنوان واسطه در عمل تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شرکت کند و در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است که در انتقال پیام و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نیز دخالت دارد (۴). اعتقاد بر این است که این ماده دارای نقش دوگانه است. ممکن است سمی یا حفاظتی باشد و این بستگی به غلظت آن، نوع گیاه، بافت گیاهی، سن گیاه و نوع تنش وارده به گیاه دارد (۴). سدیم نیتروپروساید می‌تواند فرآیندهای مرتبط با رشد و نمو را تنظیم کند (۲۰). لاسپینا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که رشد بوته‌های آفتابگردان پیش‌تیمار شده با ۰/۵ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید در

1- Sodium nitroprusside

شرایط تنش بهتر از گیاهان تیمار نشده بود و علائمی از قبیل کلروزه شدن و لکه‌های نکروزه در برگ‌ها، کاهش در کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ با کاربرد این ماده کاهش یافت (۱۸). در تحقیق انجام شده توسط فاروق و همکاران (۲۰۰۹) مشخص شد که تنش خشکی به‌طور معنی‌دار موجب کاهش رشد گیاهچه در برنج می‌شود. در حالی‌که تیمار با سدیم نیتروپروساید در همین شرایط موجب بهبود رشد گیاه شد. به عقیده آن‌ها کاربرد خارجی نیتریک اکسید به‌طور معنی‌داری، جذب آب در گیاه را در تنش کم‌آبی افزایش می‌دهد (۷). نیل و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید، بسته‌شدن روزنه را تحریک و سلول‌ها را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند (۲۱). محلول‌پاشی این ترکیب نفوذپذیری غشاء، نشت الکترولیت‌ها و هم‌چنین میزان H_2O_2 موجود در برگ را کاهش داده است (۲۱).

گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) یکی از گیاهان زراعی است که به عنوان دانه روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۵). مطالعات متعددی نشان داده است که بروز کم‌آبی در مراحل مختلف رشد گیاهان دانه روغنی به ویژه مراحل پرشدن دانه می‌تواند تأثیر منفی بر درصد روغن دانه داشته باشد (۱۵). این در حالی است که امروزه افزایش تولید روغن در کشور امری حیاتی محسوب می‌شود، چرا که با افزایش سرانه مصرف روغن در کشور سالانه مبالغ هنگفتی از سرمایه‌های کشور صرف واردات روغن می‌گردد. بنابراین استفاده از پتانسیل‌های موجود در کشور برای تولید روغن‌های گیاهی و نیز ارائه راهکارهایی برای بهبود شرایط تنش‌زای موجود در بسیاری از مزارع تولیدکننده این گیاهان ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش اثرات اسیدآسکوربیک و سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های مختلف بر برخی صفات گلرنگ از قبیل عملکرد دانه، پروتئین دانه، وزن مغز دانه و صفات مورفولوژی در شرایط تنش کم‌آبی و شاهد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود (واقع در شهر بسطام) روی گیاه گلرنگ (رقم گلدشت) اجرا شد. منطقه آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک و میانگین بارندگی سالانه آن بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح

پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ سطح آبیاری شامل هر ۸ روز یک بار (شاهد) و هر ۱۶ روز یک بار (تنش کم آبیاری) به‌عنوان فاکتور اصلی و ۳ سطح اسیدآسکوربیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) و ۳ سطح سدیم نیتروپروساید (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) به‌عنوان فاکتورهای فرعی بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۰ به‌صورت دستی و در عمق ۲ سانتی‌متری انجام شد. از هنگام کاشت تا استقرار کامل بوته‌ها (مرحله ۴ برگی شدن گیاه) آبیاری (به‌صورت جوی و پشته) به‌طور مرتب هر ۸ روز یکبار انجام شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم آبیاری گردید. اولین و دومین محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید^۱ به‌ترتیب در ۶۳ و ۷۰ روز پس از کاشت (قبل از گلدهی) و در مورد اسید آسکوربیک^۲ در ۶۵ و ۷۲ روز پس از کاشت (قبل از گلدهی) صورت پذیرفت. گلدهی این گیاه در ۸۵ روز پس از کاشت انجام شد و حدود ۷۰ درصد مزرعه به گل رفت. از آنجایی که حساس‌ترین مرحله رشد گل‌رنگ به تنش خشکی، مرحله گلدهی می‌باشد (۱۵)، بنابراین محلول‌پاشی‌ها قبل از گلدهی انجام شد. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۴ بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال شد، طوری‌که برگ‌های گیاه کاملاً آغشته به محلول‌ها شدند. به‌منظور بهبود جذب برگی اسیدآسکوربیک و سدیم نیتروپروساید، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به‌عنوان روکشگر^۳ استفاده شد. سطح برگ نمونه‌ها با استفاده از کاغذ شطرنجی در ۸۷ روز پس از کاشت روی ۵ بوته نمونه‌گیری شده تعیین شد. ۱۱۲ روز بعد از کاشت (همزمان با رسیدگی فیزیولوژیک) تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت شد و صفات مورد نظر شامل تعداد طبق بارور و غیربارور، قطر طبق، وزن خشک طبق بارور و غیربارور، وزن مغز دانه، پروتئین دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. درصد نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال، دستگاه مورد استفاده مدل گره‌هارت^۴ ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۰/۵ گرم نمونه پودر شده استفاده شد. سپس با استفاده از رابطه ۱، درصد نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید. محتوای پروتئین از حاصل ضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به‌دست آمد (۲).

رابطه ۱ وزن نمونه / $\{ (Vs - Vb) \times 0.08 / 1 \}$ نرمالیته اسید مصرفی $\times x =$ درصد نیتروژن

1. Sodium Nitroprusside, Nitroprusside natrium. Merk KGaA.
2. Ascorbic acid, Vitamin C. Merk KGaA.
3. Surfactant
4. Gerdhart

این رابطه به ترتیب مقدار اسیدکلریدریک V_s و V_b در $0/1$ نرمال مصرفی برای تیتراسیون نمونه گیاهی و نمونه شاهد است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS (9.1.3) و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش ($P < 0/05$) و سدیم نیتروپروساید ($P < 0/01$) قرار گرفت (جدول ۱). هشت روز تأخیر در آبیاری موجب کاهش $30/77$ درصدی شاخص سطح برگ گردید (جدول ۲). تنش خشکی منجر به زرد شدن و ریزش زود هنگام برگ‌های پایین پوشش گیاه می‌شود و از این طریق موجب کاهش شاخص سطح برگ در کانوبی گلرنگ می‌گردد. در مطالعه روی گیاهان دیگر مشخص شده است که تنش کم‌آبی، شاخص سطح برگ را به دلیل کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید و افزایش ریزش آن‌ها کاهش می‌دهد و چنین نتیجه‌گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی خیلی حساس می‌باشند. بنابراین، شاخص سطح برگ در اثر تنش کمبود آب کاهش می‌یابد (۲۶ و ۹). نوری اظهار و احسانزاده (۲۰۰۷) نیز با بررسی تغییرات شاخص‌های رشد ۵ هیبرید ذرت در دو رژیم مختلف آبیاری گزارش کردند که کم‌آبی اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ دارد (۲۲). کاربرد سطح دوم و سوم سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب افزایش $14/52$ و $18/75$ درصدی شاخص سطح برگ گردید (جدول ۲).

تعداد طبق بارور در بوته: اثر هیچ یک از منابع تغییر بر صفت تعداد طبق بارور معنی‌دار نبود (جدول ۱). با این وجود، تأخیر در آبیاری موجب کاهش ۱۸ درصدی در این صفت گردید (جدول ۲). در آزمایشی که توسط کافی و رستمی (۲۰۰۸) انجام شد، گزارش گردید که تعداد طبق بارور در گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (۱۳). این دو محقق گزارش کردند که هر چه زمان اعمال تنش خشکی به مرحله تشکیل طبق‌ها نزدیک‌تر باشد اثر آن بر تعداد طبق و در نهایت بر عملکرد دانه بیشتر خواهد شد. اعمال تنش خشکی پس از مرحله تشکیل طبق‌های اولیه سبب کاهش تعداد طبق‌های ثانویه می‌شود که این طبق‌ها در مقایسه با طبق‌های اولیه معمولاً قطر کمتری دارند. تأثیر محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک بر این صفت قابل توجه نبود (جدول ۲).

جدول ۱- میانگین مربعات صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک
Table 1. Mean squares for traits in fluenced under deficit stress, foliar application of sodium nitroprusside and ascorbic acid

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برگ	تعداد طبق بارور	تعداد طبق غیربارور	قطر طبق	وزن خشک بارور	وزن خشک غیربارور	وزن مغز دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه
	df	Leaf area index	Fertile head	Infertile head	Diameter of head	Dry weight of Fertile head	Dry weight of Infertile head	Weight of grain kernel	Grain protein	Grain yield	
Replication	تکرار	2	0.40	17.57	0.12	10.06	8739.81	3.73	2.15	1.25	1.40
Stress (S)	تنش	1	3.07*	78.24	2.66*	42.57*	511103.28**	2.35	72.45*	0.15	8.71
Error 1	خطای اول	2	0.14	15.57	0.06	1.91	2020.03	2.74	2.18	1.59	3.02
Sodium Nitroprusside(SN)	سدیم نیتروپروساید	2	0.33**	4.01	0.79*	10.28**	4687.26*	20.69*	1.03	4.13*	1.77**
Ascorbic acid (ASA)	اسید آسکوربیک	2	0.06	6.74	0.51*	8.41*	57585.71**	96.18**	0.88	4.97**	0.51
S×SN	تنش×سدیم نیتروپروساید	2	0.15	10.24	0.16	0.50	6898.60	156.92**	4.04**	5.80**	0.60
S×ASA	تنش×اسید آسکوربیک	2	0.06	0.07	0.21	2.57	27908.99**	5.66	1.42	0.31	0.70
SN×ASA	اسید آسکوربیک×سدیم نیتروپروساید	4	0.07	5.10	0.16	0.75	45448.15**	86.81**	0.25	2.35	0.07
S×SN×ASA	برهمکنش سه گانه	4	0.02	2.82	0.11	1.75	15134.44	40.39	0.55	0.62	0.21
Error 2	خطای دوم	32	0.05	8.01	0.12	1.72	1565.00	4.15	0.64	0.55	0.21
CV	ضریب تغییرات (%)		17.24	19.23	17.73	4.75	7.95	20.21	16.76	3.07	16.11

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

* and** are significant in 5 and 1% respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک
Table 2. Comparison of mean for traits in flucced under deficit stress, foliar application with sodium nitroprusside and ascorbic acid

تیمار	شاخص	تعداد طبق	تعداد طبق	قطر	وزن خشک	وزن خشک	وزن مغز	پروتئین	عملکرد دانه
	سطح برگ	بارور	غیر بارور	طبق	طبق بارور	طبق غیر بارور	طبق دانه	دانه	دانه
		تعداد در	تعداد	میلی‌متر	گرم در	گرم در	گرم	درصد	تن در هکتار
		بوته	بوته		مترمربع	مترمربع	بوته		
treatment	Leaf area index	Fertile head	Infertile head	Diameter of head	Dry weight of Fertile head	Dry weight of Infertile head	Weight of grain kernel	Grain protein	Grain yield
		Number in plant	Number in plant	(mm)	(g/m ²)	(g/m ²)	(g/plant)	(%)	(ton/ha)
تنش کم آبیاری (روز)									
deficit stress (day)									
8	1.56	13.40	1.12	28.51	594.55	9.88	5.95	24.08	3.66
16	1.08	11.00	1.59	26.73	399.98	10.29	3.63	24.18	2.86
LSD 5%	0.45	4.62	0.27	1.62	52.74	1.94	1.73	1.47	2.03
سدیم نیتروپروساید (میکرومولار)									
Sodium nitroprusside (µM)									
0	1.17	12.66	1.61	26.75	486.73	8.86	4.58	23.70	3.19
50	1.34	11.72	1.27	28.11	489.20	10.88	5.05	24.05	2.99
100	1.44	12.22	1.22	28.00	515.84	10.51	4.73	24.64	3.61
LSD 5%	0.15	1.92	0.26	0.89	26.86	1.38	0.54	0.50	0.35
اسید آسکوربیک (میلی‌مولار)									
Ascorbic acid (mM)									
0	1.33	12.50	1.55	26.89	488.83	11.14	4.57	24.01	3.070
10	1.37	12.61	1.33	27.72	445.40	7.43	4.78	23.67	3.366
20	1.25	11.50	1.22	28.25	557.57	11.68	5.01	24.70	3.361
LSD 5%	0.15	1.92	0.26	0.89	26.86	1.38	0.54	0.50	0.35

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر تیمار در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
Means in each column and for each treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level.

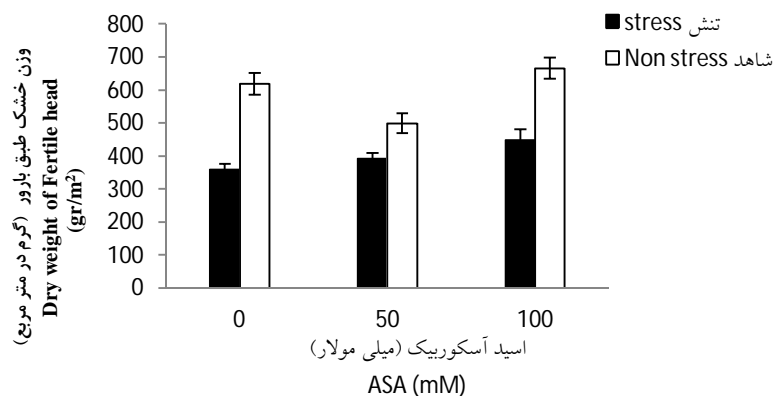
تعداد طبق غیربارور در بوته: تنش کم آبیاری، سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک تعداد طبق غیربارور در بوته را به طور معنی داری ($P < 0/05$) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). تنش کم آبیاری موجب افزایش ۳۹/۴۷ درصدی تعداد طبق غیربارور در بوته شد که این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ۲). کاربرد دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب کاهش معنی دار تعداد طبق غیربارور در بوته به میزان ۲۱/۱۱ و ۲۴/۲۲ درصد نسبت به شاهد گردید (جدول ۲). اسید آسکوربیک نیز موجب کاهش تعداد طبق غیربارور شد، به این صورت که کاربرد ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک موجب کاهش ۲۱/۳ و ۸/۲۸ درصدی این صفت به ترتیب نسبت به شاهد و کاربرد ۱۰ میلی مولار این ماده گردید (جدول ۲). شاید بتوان مرگ یا کاهش باروری دانه های گرده در شرایط تنش را در طبق های تشکیل شده به عنوان یکی از دلایل افزایش تعداد طبق غیربارور عنوان کرد. به نظر می رسد حتی پر شدن دانه های تشکیل شده درون طبق ها نیز به دلیل تغییر مسیر توزیع اسیمیلات ها در جهت مقابله با تنش، با مشکل مواجه خواهند شد. گزارش شده است محلول پاشی آسکوربات از طریق فعال کردن سیستم های دفاعی و کاهش هزینه های گیاه، اثر جبران کننده قابل ملاحظه ای بر پارامترهای رشدی در شرایط تنش دارد و عوارض تنش کم آبی را کاهش می دهد (۸). حسین پناهی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند تنش خشکی موجب افزایش معنی دار تعداد سنبله های غیربارور در گندم می شود (۱۱). در تحقیقی که کرمی و همکاران (۲۰۰۴) روی جو انجام دادند، نیز مشخص گردید که تنش خشکی موجب افزایش تعداد پنجه های غیربارور گردید (۱۴).

قطر طبق: تنش کم آبیاری موجب کاهش ۲ میلی متری قطر طبق شد. این کاهش از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ۱ و ۲). تنش خشکی موجب کاهش تولید و ارسال مواد فتوسنتزی در مرحله ظهور و پر شدن طبق و موجب کاهش تعداد دانه در طبق می شود، در نتیجه قطر طبق کاهش می یابد (۶). به نظر می رسد تأمین آب کافی برای گلرنگ در مرحله پر شدن دانه اهمیت ویژه ای در افزایش قطر طبق و تولید عملکرد نهایی گیاه دارد، پس بروز تنش خشکی در این مرحله و یا قبل از آن (گلدهی) می تواند در کاهش اندازه طبق ها و تولید دانه مؤثر باشد (۶).

اثر محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید ($P < 0/01$) و اسید آسکوربیک ($P < 0/05$) نیز بر قطر طبق معنی دار شد (جدول ۱). استفاده از ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش ۱۰ درصدی قطر طبق شد (جدول ۲). افزایش مشاهده شده در اثر استفاده از غلظت ۱۰ میلی مولار

اسیدآسکوربیک غیرمعنی دار بود، ولی کاربرد غلظت ۲۰ میلی مولار از این ماده سبب افزایش معنی دار قطر طبق شد به طوری که قطر طبق در تیمار ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک حدود ۱/۳۶ میلی متر بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲).

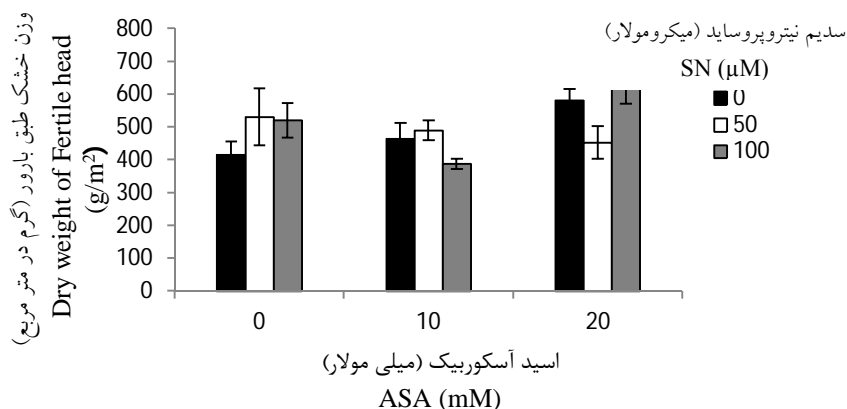
وزن خشک طبق بارور: تنش کم آبیاری ($P < 0/01$)، محلول پاشی سدیم نیتروپروساید ($P < 0/05$) و اسیدآسکوربیک ($P < 0/01$) بر وزن خشک طبق بارور تأثیر گذاشتند. وزن خشک طبق بارور هم چنین تحت تأثیر اثرات متقابل تنش در اسید آسکوربیک، سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۱). نتایج نشان داد که وزن طبق بارور در شرایط تنش به طور معنی داری کاهش یافت و از ۵۹۴/۵۵ به ۳۹۹/۹۸ گرم در مترمربع رسید. محلول پاشی اسیدآسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار در شرایط تنش موجب افزایش معنی دار ۲۵/۰۸ درصدی وزن خشک طبق بارور نسبت به عدم استفاده از اسید آسکوربیک در همین شرایط گردید. در شرایط عدم تنش استفاده از سطح دوم این ماده (۱۰ میلی مولار) موجب کاهش معنی دار ۱۹/۳۵ درصدی وزن طبق بارور شد در حالی که استفاده از سطح بالاتر اسیدآسکوربیک، این صفت را به میزان ۷/۶۶ درصد افزایش داد (شکل ۱). تأثیر متفاوت اسید آسکوربیک بر این صفت را می توان این طور بیان کرد که اسید آسکوربیک یک تنظیم کننده رشد می باشد که مقادیر زیاد و کم آن اثرات متفاوت بر رشد گیاه و فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه می گذارد (۵).



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور تحت تأثیر تنش کم آبیاری و محلول پاشی غلظت های مختلف اسید آسکوربیک.

Figure 1. Comparison of means of dry weight of fertile head under deficit stress and foliar application of ascorbic acid.

همزمان با عدم کاربرد اسیدآسکوربیک، استفاده از ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش ۲۶ درصدی وزن خشک طبق بارور نسبت به شاهد گردید (شکل ۲). نتایج نشان داد استفاده همزمان از ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسیدآسکوربیک بیشترین وزن خشک طبق بارور (معادل ۶۳۹/۳۲ گرم در مترمربع) را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۵۴/۰۶ درصد افزایش داشت. کمترین میزان این صفت با کاربرد همزمان ۱۰ میلی مولار اسیدآسکوربیک به همراه ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمار شاهد اختلاف معنی دار نشان نداد (شکل ۲). علت این امر را نیز می توان با تأثیر متفاوت اسید آسکوربیک مرتبط دانست به طوری که کاربرد دوم این ماده (۱۰ میلی مولار) سبب کاهش این صفت شده است، ولی زمانی که سدیم نیتروپروساید به همراه اسید آسکوربیک استفاده شد، توانست اثرات منفی این سطح از این ماده را تا حدی کاهش دهد، به طوری که وزن خشک طبق بارور در کاربرد ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید به همراه ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک، اختلاف معنی داری را با شاهد نشان نداد.

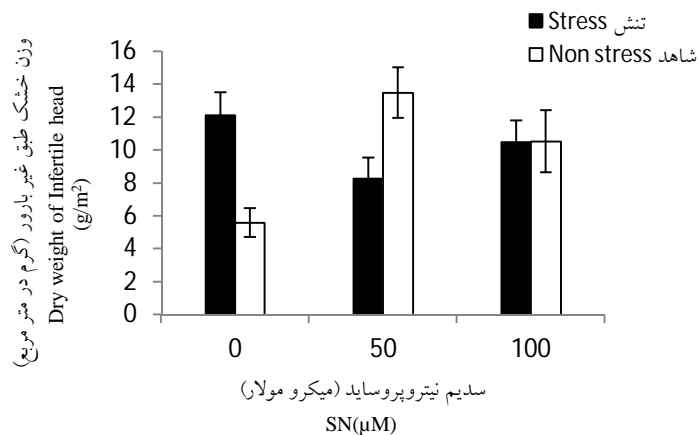


شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور تحت تأثیر محلول پاشی غلظت های مختلف اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید.

Figure 2. Comparison of means of dry weight of fertile head under foliar application of ascorbic acid and sodium nitroprusside.

وزن خشک طبق غیربارور: وزن خشک طبق غیربارور تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید ($P < 0.05$) و اسیدآسکوربیک ($P < 0.01$) قرار گرفت. اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید، سدیم نیتروپروساید در اسیدآسکوربیک نیز در سطح ۱ درصد بر وزن خشک طبق غیربارور تأثیر گذاشتند (جدول ۱). کاربرد

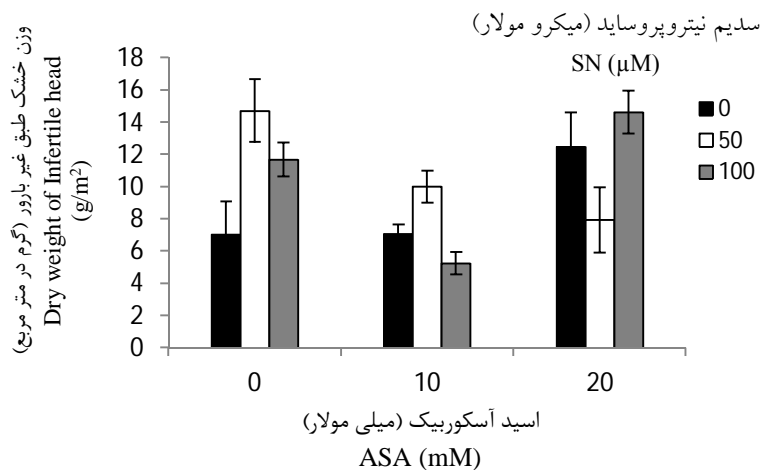
هر دو سطح سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش موجب کاهش وزن طبق غیربارور گردید که البته در این بین فقط استفاده از ۵۰ میکرو مولار از این ماده سبب کاهش معنی‌دار گردید و وزن طبق غیربارور را از حدود ۱۲ به ۸/۲۶ گرم در متر مربع رساند (شکل ۳). این در حالی است که محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک طبق غیربارور گردید (شکل ۳). در مجموع، بیشترین وزن خشک طبق غیربارور (معادل ۱۳/۵ گرم در مترمربع) در گیاهانی مشاهده شد که هر ۸ روز یکبار آبیاری شدند و سدیم نیتروپروساید را با غلظت ۵۰ میکرومولار دریافت کردند. محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ میکرومولار در شرایط تنش و عدم تنش اختلافی با یکدیگر نشان نداد و در این شرایط وزن طبق غیربارور حدود ۱۰/۵۰ گرم در متر مربع بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین وزن خشک طبق غیربارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید.

Figure 3. Comparison of means of dry weight of infertile head under deficit stress and foliar application of sodium nitroprusside.

وزن طبق غیربارور در ترکیب تیماری استفاده از ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید به همراه استفاده از ۱۰ میلی‌مولار اسیدآسکوربیک حدوداً به ۵/۲۴ گرم در مترمربع رسید که کمترین میزان را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار این صفت مربوط به ترکیب تیماری اسیدآسکوربیک صفر در ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید (معادل ۱۴/۷۰ گرم در مترمربع) بود که با ترکیب تیماری ۲۰ میلی‌مولار اسیدآسکوربیک در ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید (معادل ۱۴/۶۲ گرم در مترمربع) و ۲۰ میلی‌مولار اسیدآسکوربیک در عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید (معادل ۱۲/۴۹ گرم در مترمربع) اختلاف نداشت (شکل ۴).

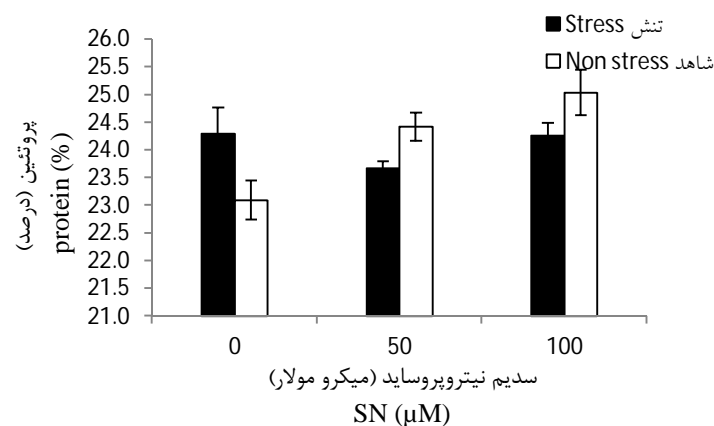


شکل ۴- مقایسه میانگین وزن خشک طبق غیر بارور تحت تأثیر محلول پاشی غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسیدآسکوربیک.

Figure 4. Comparison of means of dry weight of Infertile head under foliar application of sodium nitroprusside and ascorbic acid

درصد پروتئین: اثر محلول پاشی سدیم نیتروپروساید ($P < 0/05$) و اسیدآسکوربیک ($P < 0/01$) و اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید ($P < 0/01$) بر درصد پروتئین دانه معنی دار شد (جدول ۱). در مورد اسیدآسکوربیک مشاهده شد که کاربرد ۲۰ میلی مولار این ماده موجب افزایش معنی دار ۶۹/۰ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد و افزایش ۳/۱ درصدی نسبت به سطح دوم این ماده گردید. ولی زمانی که از غلظت ۱۰ میلی مولار آن استفاده شد موجب کاهش غیرمعنی دار درصد پروتئین نسبت به شاهد شد (جدول ۲). محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش اثر مثبتی بر صفت درصد پروتئین نداشت، ولی در شرایط عدم تنش محلول پاشی با این ماده و افزایش غلظت آن این صفت را بهبود بخشید به طوری که بیشترین میزان پروتئین با میانگین ۳/۲۵ درصد مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش و کاربرد ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود و کمترین میزان پروتئین با میانگین ۹/۲۳ درصد از ترکیب تیماری عدم تنش و عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید به دست آمد (شکل ۵). در مجموع بالاترین غلظت سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) درصد پروتئین دانه را حدود ۱ درصد افزایش داد (جدول ۲).

در آزمایشی که توسط دولت آبادیان و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد گزارش شد که محلول پاشی اسیدآسکوربیک با غلظت ۱۵۰ میکرومولار موجب افزایش میزان پروتئین در ذرت گردید و از تخریب ساختار پروتئین‌ها جلوگیری کرد (۵). کاهش پتانسیل آب در برگ‌ها موجب کاهش قابل توجهی در پلی ریبوزوم‌ها و مونو ریبوزوم‌ها می‌شود که این مسأله بازگو کننده کاهش سنتز پروتئین‌ها می‌باشد. هم‌چنین رادیکال‌های آزاد اکسیژن میل ترکیبی بالایی با پروتئین‌ها دارند و سبب اکسیدشدن آن‌ها می‌شود (۵).

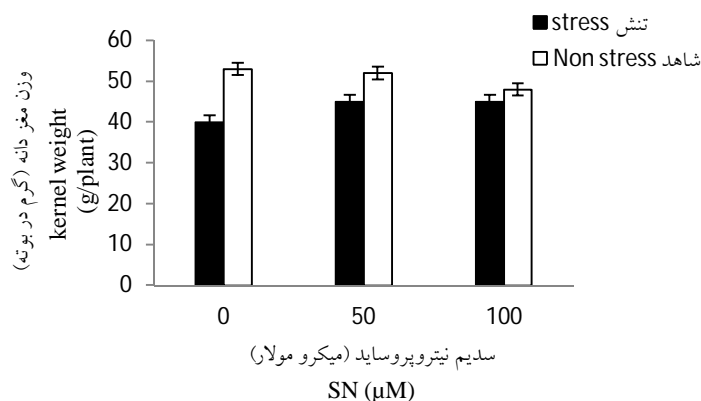


شکل ۵- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول پاشی غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید.

Figure 5. Comparison of means of grain protein under deficit stress and foliar application of sodium nitroprusside.

وزن مغز دانه: وزن مغز دانه از تنش کم‌آبیاری و اثر متقابل آن با سدیم نیتروپروساید تأثیر پذیرفت (جدول ۱)، به گونه‌ای که تنش موجب کاهش ۳۹ درصدی وزن مغز دانه شد (جدول ۲). کاربرد دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در دور آبیاری ۱۶ روز موجب افزایش معنی‌دار ۲۷ درصدی این صفت نسبت به سطح صفر شد. استفاده از این ماده در شرایط عدم تنش موجب کاهش وزن مغز شد و با دو برابر شدن غلظت این ماده، کاهش وزن مغز به ۱۲/۴۳ درصد رسید که از لحاظ آماری معنی‌دار بود. علت این امر را می‌توان این‌طور توضیح داد که کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش علاوه بر این که هزینه اضافی است صفت وزن مغز را به‌عنوان یکی از صفات مهم در

گلرنگ کاهش می‌دهد. در مجموع بیشترین و کمترین مقدار وزن مغز دانه در سطح صفر سدیم نیتروپروساید به ترتیب از شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی به دست آمد (شکل ۶). در تحقیقی توسط فرخی‌نیا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش شد که در شرایط تنش، مغز دانه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش فتوسنتز به دلیل تنش خشکی، موجب کاهش نسبت مغز به کل دانه، شده باشد و با ادامه روند تنش خشکی از میزان مغز در دانه کاسته شد. زیرا وجود آب کافی، در نقل و انتقال شیره پرورده و پرشدن دانه نقش به‌سزایی دارد و هر چه انتقال مواد به دانه‌ها بیشتر باشد، درصد مغز به پوست دانه افزایش می‌یابد. هر چه درصد نسبی پوسته به دانه کمتر شود (مغز افزایش یابد)، ارزش محصول افزایش می‌یابد (۶).



شکل ۶- مقایسه میانگین وزن مغز دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید.

Figure 6. Comparison of means of Kernel weight under deficit stress and foliar application of sodium nitroprusside.

عملکرد دانه: تجزیه واریانس نشان داد که از بین منابع تغییر تنها محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۱). علی‌رغم غیرمعنی‌دار بودن، تنش کم‌آبیاری موجب کاهش ۲۱/۸ درصدی در عملکرد دانه گردید (جدول ۲). به نظر می‌رسد بروز تنش خشکی در مرحله رشد رویشی گیاه منجر به کوچک شدن سطح برگ فتوسنتز کننده و کاهش شاخص سطح برگ می‌شود. کاهش عملکرد در این مرحله ممکن است به واسطه کاهش تعداد دانه در طبق باشد (۲۵). ابوالحسنی و ساینی (۲۰۰۶) گزارش کردند که عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش

رطوبتی به میزان ۲۰/۵۸ درصد دچار افت می‌شود. چنانچه تنش در مرحله زایشی رخ دهد کاهش عملکرد به واسطه کاهش دوره پرشدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها می‌باشد (۱).

استفاده از سطح سوم سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرومولار) موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گردید، به طوری که عملکرد به دست آمده در این سطح از سدیم نیتروپروساید ۴۲۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۳/۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲). در تحقیقی گزارش شد کاربرد سدیم نیتروپروساید موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در گیاه لوبیا شد (۲۴). با توجه به نتایج به دست آمده، مصرف ماده مذکور در وضعیت تنش با بهبود اثر تنش کم‌آبی و تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد، در نهایت سبب حفظ عملکرد دانه شد. تأثیر مثبت ترکیب مذکور بر رشد گیاهان مختلف مؤید این مطلب است. لی و همکاران (۲۰۰۷) در گندم تحت تنش اسمزی (۱۹)، تیان و لی (۲۰۰۷) در گندم تحت تنش خشکی (۳۱)، شتوکاند (۲۰۱۰) در نخود تحت تنش شوری (۲۷)، کوماری و همکاران (۲۰۱۰) در نخود تحت تنش کادمیوم (۱۷) و فاروق و همکاران (۲۰۰۹) در برنج تحت تنش خشکی (۷)، آثار بهبود بخشی سدیم نیتروپروساید را گزارش کرده‌اند. بهبود در رشد و عملکرد می‌تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش محتوای پراکسید هیدروژن تولید شده (۳۱) و بهبود سیستم آنزیمی گیاه (۲۷) در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید باشد.

کوتروباس و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که از بین اجزای عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد گلرنگ بهاره نقش برجسته‌تری دارند و نقش فرآورده‌های فتوسنتزی غیرساختاری ذخیره شده در اندام‌های رویشی به ویژه ساقه گلرنگ پیش از مرحله گلدهی در پشتیبانی عملکرد دانه تحت شرایط محدودیت آب طی دوره پرشدن دانه‌ها مهم است (۱۶). امیدوی تبریزی و همکاران (۲۰۰۰) این‌طور گزارش کردند که تعداد طبق در بوته یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه در گلرنگ می‌باشد که رشد رویشی بالا و وجود انشعابات اصلی و فرعی از علل افزایش آن است (۲۳).

سینگ و همکاران (۱۹۹۰) با بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه گلرنگ نشان دادند که آبیاری در مراحل پایانی رشد تأثیر زیادی بر عملکرد نداشته است (۲۹). با این حال آزمایش‌های انجام شده توسط اکثر محققین بیانگر آن است که قطع آبیاری در مراحل تکمه‌دهی و گلدهی موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ موجب کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها و کاهش عملکرد می‌شود (۱۳). فرخی‌نیا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که به نظر می‌رسد که تنش خشکی در گیاه با کاهش

آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوستتوز از یک سو و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود (۶).

نتیجه‌گیری کلی

تنش کم‌آبیاری موجب کاهش وزن طبق بارور و وزن مغز دانه شد و تعداد طبق غیربارور در بوته را افزایش داد. در این پژوهش کاربرد اسید آسکوربیک وزن طبق بارور و درصد پروتئین دانه را افزایش داد و موجب کاهش تعداد طبق غیربارور در بوته شد. سدیم نیتروپروساید موجب افزایش وزن طبق بارور و کاهش تعداد طبق غیربارور در بوته شد. صد میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین شد. در این پژوهش سدیم نیتروپروساید تا حد زیادی آثار مضر حاصل از تنش کمبود آب را در گیاه گلرنگ کاهش داد و سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش گردید. لذا در محدوده نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان محلول‌پاشی این ماده را روی گیاهان تنش دیده به‌عنوان عاملی برای کاهش شدت تنش و به دنبال آن افزایش عملکرد پیشنهاد نمود.

منابع

1. Abolhasani, K., and Saeni, G. 2006. Investigation of agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan, J. Agric. Sci. Nat. Res. 13(4): 100-108.
2. Bradford, M.M. 1996. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
3. Conklin, P.L., and Barth, C. 2004. Ascorbic acid, a familiar small molecule intertwined in the response of plants to ozone, pathogens, and the onset of senescence. J. Plant cell Environ. 27: 959-971.
4. Del Rio, L.A., Corpas, F.J., and Barroso, J.B. 2004. Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. Phytochemistry. 65: 783-792.
5. Dolatabadian, A., Modares Sanavy, A.M., and Asilan, K. 2009. Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. J. Nat. Sci. Biol. 2(3): 45-50.
6. Farrokhi nia, M., Roshdi, M., Pasbaneslam, B., and Sasandoost, R. 2011. Effect of drought stress on seed yield and several morphological traits of safflower, J. Agric. Sci. 5(3):545-553.

7. Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A., and Rehman, H. 2009. Exogenously applied nitric oxide enhances the drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryzasativa* L.) J. Agron. Crop Sci. 195: 254-261.
8. Ghorbanli, M., Adibhashemi, N., and Peyvandi, M. 2010. Study of salinity and ascorbic acid on some physiological responses of *Nigella sativa* L. Iran. J. Medic.Aromatic Plants. 26(3): 370-388.
9. Hamidi, S. 2000. Evaluation of late corn hybrids under drought stress conditions in the grain filling stage, using in- dicators of drought tolerance and path analysis. MS thesis, Faculty of Agriculture, Mazandaran University. pp: 155.
10. Hashemi Dezfouli, A. 1994. Growth and yields of safflower as affected by drought stress. J. Crop Res. 7 (3): 313-319.
11. Hosain panahi, F., Kafi, M., Parsa. M., Nasiri mahalati, M., and Banayan, M. 2012. The evaluation of yield and yield component of tolerant and sensitive wheat cultivar subjected to water deficit stress used by penmon month model, J. Agron. Sci. 4(1): 47-63.
12. Jazaeri Nushabadi, M.R., and Rezaei, A.M. 2007. Evaluation of relation between parameters in oat cultivars in water stress and non-stress conditions. J. Sci. Met. Agric. Nat. 11(1): 265-278. (In Persian).
13. Kafi, M., and Rostami, M. 2008. Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. J. Agron. Res. 5(1):121-131. (In Persian)
14. Karami, A., Ghanadha, M., Naghavi, M.R., and Mardi, M. 2004. The evaluation of resistance to drought in barley, J. Agric. Sci. 1(3):547-560.
15. Khaje poor, M. 2007. Industrial Plant. Publications of Esfahan university of technology. pp: 580. (In Persian).
16. Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre anthesis assimilation to safflower in comparison to sunflower. Sesame and safflower Newsletter. Inst. Agric. 5: 86-89.
17. Kumari, A., Sheokand, A., and Kumari, S. 2010. Nitric oxide induced alleviation of toxic effects of short term and long term Cd stress on growth, oxidative metabolism and Cd accumulation in Chickpea. J. Soc. Plant physiol. 22: 271-284.
18. Laspina, N.V., Groppa, M.D., Tomaro, M.L., and Benavides, M.P. 2005. Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd induced oxidative stress. J. Plant Sci. 169: 323-330.
19. Lei, Y., Yin, C., Ren, J., and Li, C. 2007. Effect of osmotic stress and sodium nitroprusside pretreatment on proline metabolism of wheat seedlings. J. Biol. Plant. 51: 386-390.

20. Leshem, Y.Y., Haramaty, E., Liuz, D., Mali, K.Z., Safer, Y., and Riotman, L. 1997. Effect of stress nitric oxide: interaction between chlorophyll fluorescence, galactolipid fluidity and lipoxygenase activity. *J. Plant Physiol. Biochem.* 35: 573-579.
21. Neill, S., Barros, R., Bright, J., Desikan, R., Hancock, J., Harrison, J., Morris, P., Ribeiro, D., and Wilson, I. 2008. Nitric oxide, stomatal closure, and abiotic stress, *J. Exp. Bot.* 59: 165-176.
22. Nouri azhar, J., and Ehsanzedeh, P. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regim in Esfahan region, *J. Sci. Technol.* 41: 261-272.
23. Omid Tabrizi, A.H., Ahmadi, M.R., Shahsavari, M.R., and Karimi, S. 2000. Study on grain and oil yields stability in some safflower cultivars and lines. *J. Seed. Plant.* 16: 130-145.
24. Omid, F., and Sepehri, A. 2013. The effect of sodium nitroprusside on growth and yield bunch bean in drought stress. *Iran. J. Field. Res.* 45: (2).243-254. (In Persian).
25. Rostami, M., Mirzaei, R., and Kafi, M. 2003. Assessment of drought resistance in four safflower (*Carthamustinctorius* L.) cultivars at the germination stage. 7th International conference on development of dryland. 14- 17 September. Tehran. Iran. (In Persian).
26. Sajedi, N., and Ardekani, A. 2008. Effect of nitrogen fertilizer, iron on the physiological indices forage maize in central provinces. *Iran. Studies J. Agron.* 6 (1): 99-110.
27. Sheokand, S., Bhankar, V., and Sawhney, V. 2010. Ameliorative effect of exogenous nitric oxide on oxidative metabolism in NaCl treated chickpea plants. *Soc. plant Physiol.* 22: 81-90. (In Persian).
28. Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tami, M., and Miagawa, Y. 2002. Regulation and function of ascorbic peroxidase isoenzymes, *J. Exp. Bot.* 53(372): 1305-1319.
29. Singh, V.D., Verma, S.K., and Singh, B.L. 1990. Effect of irrigation and phosphorus on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield in Rajasthan. *Indian J. Agric. Sci.* 40: 644-647.
30. Tavakolee Zenialee, A. 2002. Study of irrigation cutting during growth stages on seed and oil yield and its components in safflower. M.Sc. dissertation, University of Tehran, Iran.
31. Tian, X., and Li, Y. 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. *J. Plant Biol.* 50: 775-778.

