

تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و

برخی صفات گلرنگ بهاره در شرایط تنش کم آبیاری

صفیه عرب^{۱*}، مهدی برادران فیروزآبادی^۱ و حمیدرضا اصغری^۲

*- نویسنده مسئول: کارشناس ارشد زراعت دانشگاه شاهرود (S.arab.agri@gmail.com)

۲- استادیار زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰

چکیده

امروزه کاربرد مواد آنتی‌اکسیدان و تنظیم کننده رشد گیاه به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های مختلف مطرح شده است. اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید از جمله این مواد هستند که موجب مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌شوند. جهت بررسی این موضوع در گیاه گلرنگ آزمایشی در سال ۱۳۹۰ به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود انجام شد. فاکتور اصلی تنش کم آبیاری شامل ۲ سطح ۸ و ۱۶ روز آبیاری به ترتیب به عنوان عدم تنش و تنش بود که بعد از استقرار کامل بوته‌ها اعمال گردید. فاکتورهای فرعی شامل ۳ سطح محلول پاشی سدیم نیتروپروساید در ۳ غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار 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. تنش، شاخص پایداری غشاء را کاهش داد. این صفت با کاربرد اسید آسکوربیک کاهش و با کاربرد سدیم نیتروپروساید افزایش یافت. کاربرد سدیم نیتروپروساید موجب افزایش شاخص سطح برگ گردید. در عدم تنش، محلول پاشی با هر دو غلظت سدیم نیتروپروساید کلروفیل b را افزایش دادند. محلول پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار در شرایط عدم تنش کاروتنوئید را افزایش داد. عملکرد دانه در بالاترین سطح از سدیم نیتروپروساید ۱۳/۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. لذا به نظر می‌رسد که کاربرد برگی سدیم نیتروپروساید با غلظت مناسب می‌تواند در کاهش شدت تنش کم آبی مفید باشد.

کلید واژه‌ها: تنش خشکی، کلروفیل، شاخص سطح برگ، گلرنگ.

مقدمه

رشد و عملکرد گیاه در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده متعدد محدود می‌گردد. به همین دلیل اختلاف قابل توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه محصولات زراعی دیده می‌شود (کافی و مهدوی دامغانی^۱، ۲۰۰۲). از بین

تنش‌ها، تنش کم آبی به عنوان شایع‌ترین تنش غیر زنده، رشد و تولید گیاهان زراعی را محدود می‌کند. اثر آن به ویژه زمانی که گیاه در مرحله گلدهی یا زایشی باشد، بیشتر خواهد بود (ساینی و ونکات^۲، ۲۰۰۰).

گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) یکی از گیاهان روغنی است که از اهمیت زیادی برخوردار است. با

(۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید، بسته شدن روزنه را تحریک و سلول‌ها را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند. محلول پاشی این ترکیب نفوذپذیری غشاء، نشت الکترولیت‌ها و همچنین میزان H_2O_2 موجود در برگ را کاهش داده است. لذا با عنایت به مزایای ذکر شده برای اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید، در این آزمایش سعی شده است با بررسی آثار این ترکیبات در غلظت‌های مختلف بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک گلرنگ از قبیل رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش، راهکاری برای کاهش صدمات تنش کم‌آبی در این گیاه ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود آزادشهر) اجرا شد. شهر بسطام از لحاظ اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک است و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است. آزمایش به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ سطح آبیاری ۸ روز یکبار (عدم تنش) و ۱۶ روز یکبار (تنش کم‌آبیاری) به عنوان فاکتور اصلی و ۳ سطح اسید آسکوربیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) و ۳ سطح سدیم نیتروپروساید (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) به عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در اردیبهشت ماه با دست و در عمق ۲ سانتی‌متری انجام گرفت. بذر مورد استفاده، رقم گل‌دشت بود. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید (صدیق و همکاران^۷، ۲۰۰۰).

این که کشور ایران نیز در محدوده اهلی شدن گلرنگ قرار دارد، ولی متأسفانه در ایران مورد توجه شایسته‌ای قرار نگرفته است. سازگاری وسیع گلرنگ به اقلیم‌های مختلف و تحمل زیاد آن به شرایط نامساعد ایجاد می‌نماید که مطالعات به‌نژادی و به‌زراعی گسترده‌ای روی آن انجام گرفته و در جهت گسترش کشت آن تلاش زیادی به‌عمل آید (خواجه‌پور^۱، ۲۰۰۷). بروز کم‌آبی در مراحل مختلف رشد گیاهان دانه روغنی به ویژه مراحل پرشدن دانه می‌تواند تأثیر منفی بر درصد روغن دانه داشته باشد. یکی از روش‌هایی که اخیراً به عنوان کاهش دهنده اثرات تنش روی گیاهان مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از ترکیباتی است که نقش آنتی‌اکسیدانی در گیاه دارند. اسید آسکوربیک یک احیا کننده قوی و مولکولی کوچک و قابل حل در آب است که با اکسیدکننده‌ها واکنش دارد (اسمیرنوف^۲، ۲۰۰۵). این ماده به عنوان سوسترای اولیه در سم‌زدایی گونه‌های اکسیژن فعال از قبیل پراکسید هیدروژن و غیره مطرح است (کنکلین و بارث^۳، ۲۰۰۴). و در بسیاری از فرآیندهای سلولی مانند فتوسنتز نقش اساسی دارد و موجب حفاظت نوری و مقاومت به تنش‌های محیطی می‌گردد (شیگئوکا و همکاران^۴، ۲۰۰۲). یکی دیگر از ترکیباتی که اخیراً به منظور کاهش اثرات تنش در گیاهان مورد آزمایش قرار گرفته، سدیم نیتروپروساید است. در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است که سدیم نیتروپروساید در انتقال پیام و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نیز دخالت دارد (دل‌ریو و همکاران^۵، ۲۰۰۴). این ترکیب به صورت پودری قرمز رنگ بوده و یک تنظیم کننده رشد گیاهی است. نیل و همکاران^۶

- 1- Khaje poor
- 2- Smirnoff
- 3- Conklin & Barth
- 4- Shigeoka *et al.*
- 5- Del Rio *et al.*
- 6- Neill *et al.*

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک	مقدار	واحد اندازه گیری
درصد اشباع	۳۳/۲	درصد
هدایت الکتریکی	۱/۲	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع	۸/۰۵	-
درصد مواد خنثی شونده	۲۵/۵	درصد
کربن آلی	۰/۵۹	درصد
ازت کل	۰/۱۰۵	درصد
فسفر قابل جذب	۴۴/۵	پی پی ام
پتاسیم قابل جذب	۲۲۱/۰	پی پی ام
رس	۳۴	درصد
لاي	۵۰/۰	درصد
شن	۱۶/۰	درصد
درصد رطوبت	۲/۳	درصد
نسبت جذب سدیم	۱/۸	-
مجموع کاتیون ها	۷۴/۰	میلی اکی والان در لیتر
Na ⁺	۱۰/۰	میلی اکی والان در لیتر
Mg ²⁺	۱۲/۰	میلی اکی والان در لیتر
Ca ²⁺	۵۲/۰	میلی اکی والان در لیتر
مجموع آنیون ها	۷۳/۲	میلی اکی والان در لیتر
SO ₄ ²⁻	۳۸/۰	میلی اکی والان در لیتر
Cl ⁻	۳۰/۰	میلی اکی والان در لیتر
HCO ₃ ⁻	۵/۲	میلی اکی والان در لیتر
CO ₃ ⁻	۰	میلی اکی والان در لیتر

۵ بوته نمونه گیری شده، تعیین شد. در ۸۴ روز پس از کاشت به طور تصادفی ۵ گیاه از هر کرت انتخاب شد و از قسمت یک سوم بالایی (عباسزاده و همکاران^۳، ۲۰۰۷) کانوپی برگ های همسن برداشت گردیدند و به وسیله یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. از نمونه ها دیسک برگي تهیه شد و مقدار ۰/۱ گرم از آن درون فالكون تیوپ قرار گرفت و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر روی آن ها ریخته شد. فالكون تیوپ ها به مدت ۱۵ دقیقه درون اتوکلاو در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. به طور مشابه یکسری دیگر نمونه در فالكون تیوپ قرار گرفتند و به مدت نیم ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. سپس نمونه ها از آن و اتوکلاو خارج شده و در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند تا دمای آن به ۲۵ درجه سانتی گراد برسد. سپس EC مربوط به هر فالكون تیوپ اندازه گیری شد و در نهایت با استفاده از رابطه ۱ شاخص پایداری غشاء محاسبه گردید (بن حامد و همکاران^۴، ۲۰۰۷).

(رابطه ۱)

$$100 * (1 - C_1/C_2) = \text{شاخص پایداری غشای پلاسمایی}$$

در این رابطه C₁ و C₂ به ترتیب مقدار EC در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد می باشد. اندازه گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش بدون لهیدگی صورت گرفت. نمونه های برگي (۰/۵ گرم) در ۵ میلی لیتر از دی متیل سولفو کسید، در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، مقدار کلروفیل تعیین شد. میزان جذب در طول موج های ۶۶۵، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر ثبت گردید. سپس با استفاده از روابط ۲ تا ۴ میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید. (پروچازکا و همکاران^۵، ۱۹۹۸).

اولین و دومین محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید به ترتیب در ۶۳ و ۷۰ روز بعد از کاشت و در مورد اسید آسکوربیک در ۶۵ و ۷۲ روز بعد از کاشت (همزمان با شروع گلدهی) صورت پذیرفت (علی نقی زاده^۱، ۲۰۰۹). محلول پاشی ها در بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال شد. طوری که برگ های گیاه کاملاً خیس شدند. به منظور بهبود جذب برگي اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید، از تریتون X₁₀₀ با غلظت ۰/۰۱ درصد به عنوان روکشگر^۲ استفاده شد. سطح برگ نمونه ها با استفاده از کاغذ شطرنجی در ۸۷ روز پس از کاشت روی

3- Abbas-Zade *et al.*

4- Ben hamed *et al.*

5- Prochazka *et al.*

1- Alinaghizadeh

2- Surfactant

کاهش ۳۰/۷۷ درصدی شاخص سطح برگ گردید (جدول ۲). کاربرد سطح دوم و سوم سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب افزایش ۱۲/۶۹ و ۱۸/۷۵ درصدی شاخص سطح برگ گردید (جدول ۲).

تنش خشکی به واسطه زرد شدن و ریزش زود هنگام برگ‌های پایین کانوپی گیاه و کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید موجب کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گلرنگ می‌گردد (ساجدی و اردکانی^۱، ۲۰۰۸). چنین نتیجه‌گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی حساسیت زیادی دارد (حمیدی، ۲۰۰۰). برگ‌های توسعه یافته در شرایط کمبود آب معمولاً کوچک‌ترند. تنش خشکی از طریق کاهش تولید و رشد برگ‌ها و افزایش پیری آن‌ها شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد (کاکیر^۲، ۲۰۰۴). اثر حفاظتی سدیم نیتروپروساید بر حفظ و افزایش کلروفیل و سبزیگی برگ و تأثیر آن بر دسترس بودن آهن، بر اثر مثبت آن بر تولید بیشتر برگ به خصوص در شرایط تنش دلالت دارد (فاروق و همکاران^۳، ۲۰۰۹).

(رابطه ۲)

$$Chl_a = (12.19 A665) - (3.45 A645)$$

(رابطه ۳)

$$Chl_b = (21.99 A645 - 5.32 A665)$$

(رابطه ۴)

$$Carotenoid = (1000A470 - 2.14 Chl a - 70.16 Chl b) / 22$$

۱۱۲ روز بعد از کاشت (همزمان با رسیدگی فیزیولوژیک) تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت برداشت شد و سایر صفات شامل ماده خشک کل، ارتفاع ساقه، تعداد شاخه فرعی و عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج نشان داد ۸ روز تأخیر در آبیاری موجب

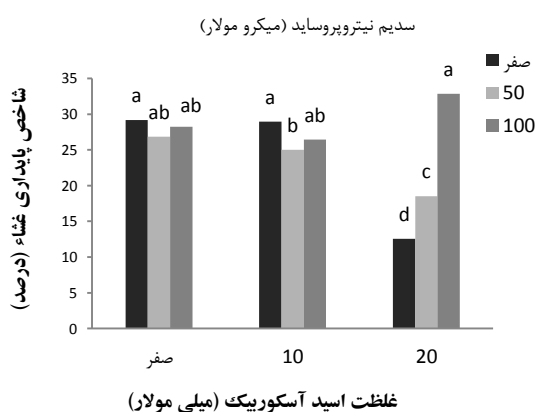
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

تیمار	شاخص سطح برگ	شاخص شاخه پایداری غشا (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر)	نسبت a/b	کاروتنوئید (میلی گرم در گرم وزن تر)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی (تن در هکتار)	عملکرد دانه
تنش کم آبیاری (روز)	۱/۵۵۶ ^a	۲۶/۵۴ ^a	۰/۶۴ ^a	۰/۵۱ ^a	۱/۳۸ ^a	۰/۲۸ ^a	۴۲/۷۹ ^a	۱۰/۴۸ ^a	۳/۶۶ ^a
سدیم	۱/۰۸ ^b	۲۴/۲۵ ^b	۰/۵۱ ^b	۰/۵۴ ^a	۰/۹۷ ^a	۰/۲۱ ^a	۴۱/۰۷ ^a	۹/۷۴ ^a	۲/۸۶ ^a
نیتروپروساید	۱/۱۷ ^b	۲۳/۵۵ ^b	۰/۵۶ ^a	۰/۴۷ ^a	۱/۳۵ ^a	۰/۲۳ ^a	۴۱/۷۲ ^a	۱۰/۲۷ ^a	۳/۱۹ ^b
(میکرو مولار)	۱/۳۴ ^a	۲۳/۴۶ ^b	۰/۵۹ ^a	۰/۵۵ ^a	۱/۱۱ ^b	۰/۲۵ ^a	۴۲/۰۳ ^a	۱۰/۰۰ ^a	۲/۹۹ ^b
اسید آسکوربیک	۱/۴۴ ^a	۲۹/۱۷ ^a	۰/۵۷ ^a	۰/۵۵ ^a	۱/۰۷ ^b	۰/۲۵ ^a	۴۲/۰۳ ^a	۱۰/۰۵ ^a	۳/۶۱ ^a
(میلی مولار)	۱/۳۳ ^a	۲۸/۰۸ ^a	۰/۵۵ ^b	۰/۴۹ ^a	۱/۲۶ ^a	۰/۲۲ ^b	۴۱/۹۶ ^a	۱۰/۵۰ ^a	۳/۰۷۰ ^a
	۱/۳۷ ^a	۲۶/۸۰ ^a	۰/۵۶ ^b	۰/۵۵ ^a	۱/۰۵ ^a	۰/۲۷ ^a	۴۲/۳۲ ^a	۹/۹۴ ^a	۳/۳۶۶ ^a
	۱/۲۵ ^a	۲۱/۲۹ ^b	۰/۶۱ ^a	۰/۵۳ ^a	۱/۱۸ ^a	۰/۲۳ ^b	۴۱/۵۰ ^a	۹/۸۸ ^a	۳/۳۶۱ ^a

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی دار نمی‌باشد.

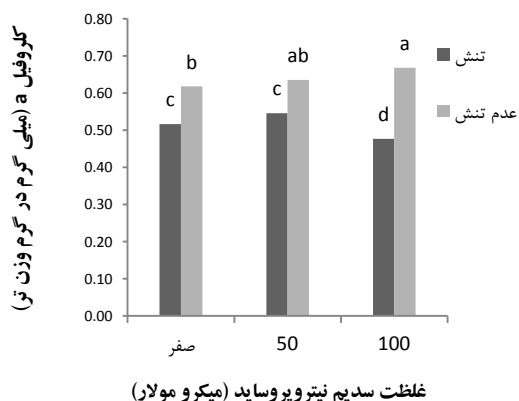
- 1- Sajedi & Ardekani
- 2- Cakir
- 3- Farooq *et al.*

زیاد و کم آن، اثرات متفاوتی بر رشد گیاه و فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه دارد. مقادیر استفاده شده از این ماده در این تحقیق نتوانست از صدمه به اسیدهای چرب غیراشباع جلوگیری کند. این ماده نتوانست مانع نشت الکترولیت ها شود و در نتیجه شاخص پایداری غشا با کاربرد اسید آسکوربیک افزایش پیدا نکرد.



شکل 2- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک کلروفیل a

در شکل 3 و جدول 2 مشاهده می گردد که به طور کلی میزان کلروفیل a در شرایط تنش حدود 20/31 درصد کمتر از شرایط عدم تنش بود.



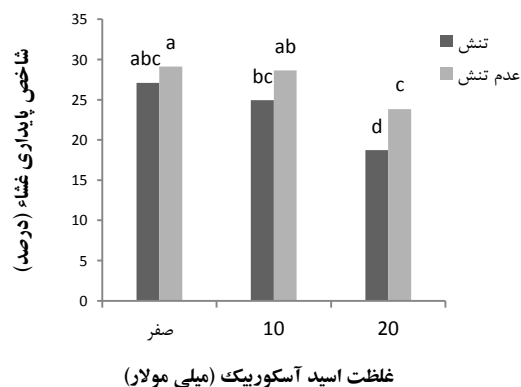
شکل 3- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف سدیم نیتروپروساید

الکترولیت ها شود و در نتیجه شاخص پایداری غشا با کاربرد اسید آسکوربیک افزایش پیدا نکرد.

شاخص پایداری غشاء

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص پایداری غشاء در اثر تنش کم آبی بیش از 2 درصد کاهش یافت (جدول 2 و شکل 1) و بر خلاف انتظار افزایش غلظت اسید آسکوربیک موجب کاهش شاخص پایداری غشاء در هر دو شرایط تنش و عدم تنش شد.

کاهش پایداری غشای سلولی غالباً با کاهش محتوای نسبی آب برگ و کاهش میزان پتاسیم سلول ها همراه است و افزایش درصد آسیب سلولی احتمالاً به دلیل کاهش درصد آب در ساختمان غشای سلولی است زیرا 30 تا 50 درصد ساختمان غشاء را آب تشکیل می دهد (حمیدی¹، 2000).

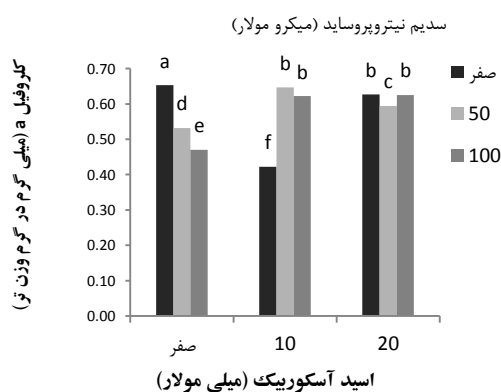


شکل 1- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسید آسکوربیک

نتایج نشان داد که کمترین میزان شاخص پایداری مربوط به ترکیب تیماری عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید همزمان با کاربرد 20 میلی مولار اسید آسکوربیک (معادل 12/54 درصد) بود (شکل 2).

اسید آسکوربیک بر این صفت، تاثیر متفاوتی داشت. اسید آسکوربیک یک تنظیم کننده رشد است که مقادیر

۲۰۰۲). شوکاند و همکاران^۲ (۲۰۰۸) گزارش کردند که سدیم نیتروپروساید میزان کلروفیل را در گیاهان نخود تحت تنش کاهش داده است. اسید آسکوربیک که توانایی جارو نمودن^۳ H₂O₂ را دارا می‌باشد، می‌تواند از بسته شدن روزنه‌ها به واسطه افزایش H₂O₂ جلوگیری نماید و همچنین از آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تجمع انواع گونه‌های اکسیژن‌های فعال بر آنزیم‌های چرخه کالوین بکاهد. بنابراین اسید آسکوربیک سبب بهبود فتوسنتز می‌شود (دولت آبادیان و همکاران^۴، ۲۰۰۹). دولت آبادیان و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل در ذرت می‌شود و اسید آسکوربیک به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و به‌طور غیر مستقیم موجب افزایش آن می‌شود.

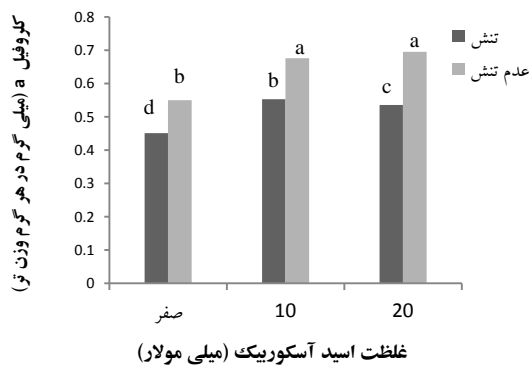


شکل ۵- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

کلروفیل b

در گیاهانی که سدیم نیتروپروساید دریافت نکردند میزان کلروفیل b در شرایط عدم تنش کمتر از شرایط تنش بود و در بین ۶ ترکیب تیماری مورد مقایسه مقدار پایینی را به خود اختصاص داد (شکل ۶). نقش کلروفیل

تیمار عدم تنش با کاربرد ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بیشترین میزان کلروفیل a را به خود اختصاص دادند (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

در کاربرد همزمان سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک نیز نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به عدم کاربرد این دو ماده بود (شکل ۵). کلروفیل a مرکز واکنش فتوسیستم‌های I و II را تشکیل می‌دهد. لذا افزایش مقدار آن تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه را به دنبال خواهد داشت. تنش خشکی سبب افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست شده و تخریب مولکول کلروفیل و غشای کلروپلاست را در پی دارد که منجر به کاهش فتوسنتز و رشد می‌گردد. در گیاهان تنش دیده کاهش معنی‌داری در محتوای کلروفیل a دیده شد. در چنین شرایطی مولکول کلروفیل به یک عامل فتودینامیک برای کاهش اثر مخرب نیاز دارد در غیر این صورت تخریب کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد. هم‌چنین تخریب مولکول کلروفیل به وسیله جدا شدن زنجیره فیتولی از حلقه پورفیرین در اثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا آنزیم کلروفیلاز صورت می‌گیرد (بندتی و آروود^۱،

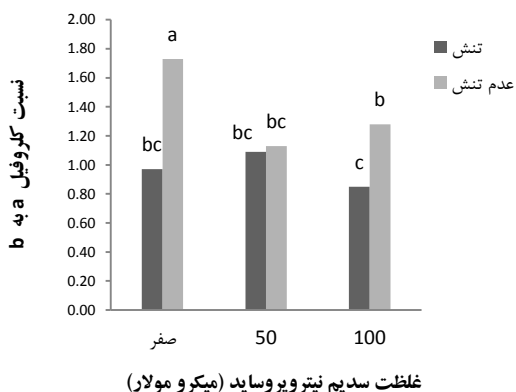
2- Sheokand et al.

3- Scanenger et al.

4- Dolatabadian et al.

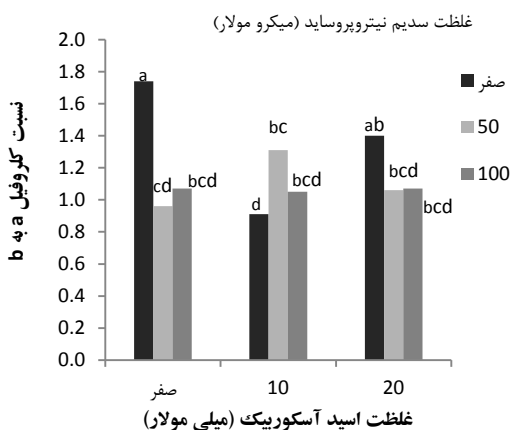
1- Benedetti & Arrud

گوپتا^۳، ۲۰۰۶).



شکل ۷- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

شکل ۸ بیانگر این است که در بین ترکیبات تیماری حاصل از سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک، بیشترین نسبت کلروفیل a به b مربوط به تیمار شاهد (عدم کاربرد هر دو ماده) بود (شکل ۸).

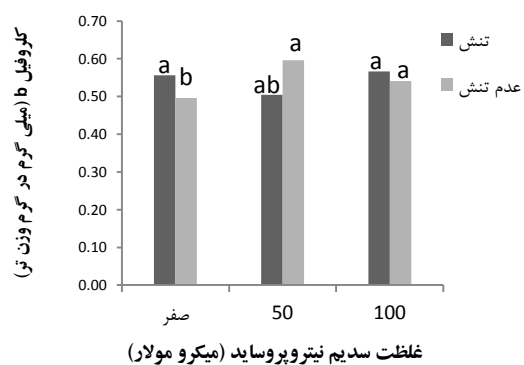


شکل ۸- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

کاروتنوئید

کمترین میزان کاروتنوئید مربوط به ترکیب تیماری

b در سیستم فتوسنتزی گیاه دریافت نور در کمپلکس برداشت نور و انتقال به کلروفیل a است. در شرایط عدم تنش به واسطه فراهم بودن سطح برگ بیشتر احساس نیاز گیاه به تقویت کمپلکس برداشت نور کمتر است و این می‌تواند دلیلی برای کمتر بودن کلروفیل b در شرایط عدم تنش باشد (شوک‌کاند و همکاران، ۲۰۰۸). البته همان‌گونه که مشاهده شد سدیم نیتروپروساید نقش مؤثری در بهبود کمپلکس برداشت نور ایفا کرد. گزارش کردند کاربرد سدیم نیتروپروساید سبب افزایش کلروفیل b در گیاه پنبه شده است (مگدی و همکاران^۱، ۲۰۱۲).



شکل ۶- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

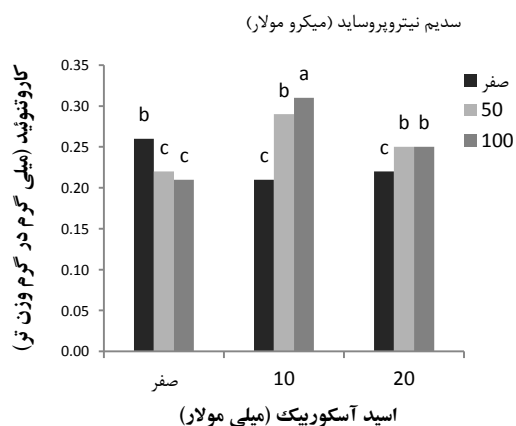
نسبت کلروفیل a به b

کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش موجب کاهش این صفت گردید (شکل ۷). آنتولین و همکاران^۲ (۱۹۹۵) گزارش کردند نسبت کلروفیل a به کلروفیل b در شرایط تنش افزایش می‌یابد. می‌توان این‌گونه استنباط کرد که بالا بودن این نسبت به مفهوم تقویت مرکز واکنش فتوسیستم‌ها و پایین بودن آن نشان دهنده تقویت کمپلکس برداشت نور یا شاید تضعیف مراکز واکنش در سیستم فتوسنتزی گیاه است (نایار و

1- Magdy *et al.*
2- Antolin *et al.*

3- Nayyar & Gupta

و تشکیل زنازانتین در چرخه زانتوفیل می‌باشد (کویرو^۶، ۲۰۰۶). محققان گزارش کردند که تنش موجب کاهش رنگیزه‌ها به واسطه افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه رنگیزه‌ها می‌شود (شارما و همکاران^۷، ۲۰۰۶). در تحقیق حاضر کاربرد سدیم نیتروپروساید همراه با اسید آسکوربیک تأثیر مثبتی بر این صفت داشته است. در این مورد به نظر می‌رسد که اثر کاربرد همزمان این دو ماده به واکنش قویتر این دو ماده با گونه‌های اکسیژن فعال بر می‌گردد، زیرا رادیکال‌های آزاد اکسیژن اصلی‌ترین عاملی هستند که در شرایط تنش موجب خسارت و شکستن رنگیزه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های ساختاری دستگاه فتوسنتزی می‌شوند، لذا استفاده همزمان از این دو ماده توانسته است از کاهش میزان کاروتنوئید بر اثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن جلوگیری کند.

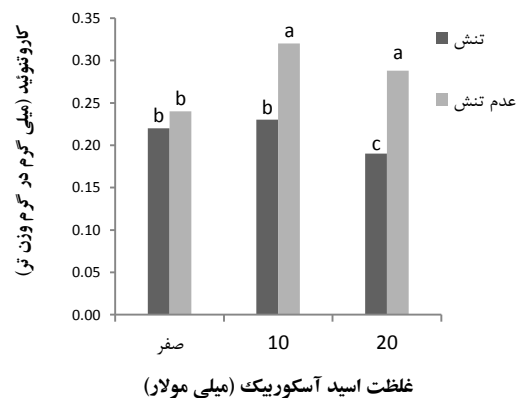


شکل ۱۰- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

ارتفاع ساقه

ارتفاع ساقه از هیچ یک از منابع تغییر تأثیر نپذیرفت (جدول ۲).

تنش به همراه کاربرد ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بود (شکل ۹). نتایج مقایسه میانگین کاربرد همزمان سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک نشان داد که محلول پاشی سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک به تنهایی در هر دو غلظت، کاروتنوئید را کاهش داد. در حالی که توأم شدن آن‌ها با یکدیگر این اثر منفی را خنثی کرد (شکل ۱۰). این در حالی است که امین و همکاران^۱ (۲۰۰۸) گزارش کردند که اسید آسکوربیک نقش مؤثری در افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها در گندم داشت. مشابه این تحقیق توسط عبدال واحد و همکاران^۲ (۲۰۰۶) در ذرت، سالم و همکاران^۳ (۲۰۰۰) در چغندر قند، هانا و همکاران^۴ (۲۰۰۱) در گندم و ال گاباس^۵ (۲۰۰۶) در آفتابگردان گزارش شد.



شکل ۹- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

در این بررسی مقدار کاروتنوئید در شرایط تنش کاهش یافت. گزارش شده است که کاهش مقدار کاروتنوئید در شرایط تنش نیز به علت تجزیه بتاکاروتن

- 1- Amin *et al.*
- 2- Abdel Wahed *et al.*
- 3- Salem *et al.*
- 4- Hanna *et al.*
- 5- El Gabas

- 6- Koyro
- 7- Sharma *et al.*

تعداد شاخه فرعی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس صفت تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت (جدول ۲).

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 ۲). 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). بهبود در رشد و عملکرد در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید می‌تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن به ویژه پراکسید هیدروژن (تیان و لی^۱، ۲۰۰۶) و بهبود سیستم آنزیمی گیاه (شوکاند و همکاران، ۲۰۱۰) باشد. به عقیده کافی و رستمی^۲ (۲۰۰۸) 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.

با توجه به نتایج به دست آمده، مصرف سدیم نیتروپروساید در وضعیت تنش با بهبود اثر تنش کم‌آبی و تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته)، در نهایت سبب حفظ عملکرد دانه گردید. بهبود در رشد و عملکرد می‌تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش محتوای پراکسید هیدروژن تولید شده و بهبود سیستم آنزیمی گیاه در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید باشد (شوکاند و همکاران، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق سدیم نیتروپروساید سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. می‌توان نتیجه گرفت که 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 گلرنگ تنش دیده به عنوان عاملی برای کاهش شدت تنش و به دنبال آن افزایش عملکرد پیشنهاد نمود.

منابع

1. Abbas-Zade, B., Sharifi Ashour-Abadi, A., Lebaschi, M.H., Naderi Haji-Bagher Kandi, M., and Maghdami, F. 2007. Effect of drought stress on proline, soluble sugars, chlorophyll and relative water content of *Carthamus tinctorius* L. *Journal Res Aroma Plants Iran*, 23(4): 504-513.
2. Abdel Wahed, M.S.A., Amin, A.A., and El Rashad, S.M. 2006. Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maize plants. *World Journal Agric Sci* 2(2): 149-155.
3. Alinaghizadeh, M. 2009. Effect of sowing date on growth, yield and yield components of different spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars as

1- Tian and Li

2- Kafi & Rostami

- double crop in Yasouj. M.Sc. Thesis in Agronomy, Faculty of Agriculture Yasouj University, 90 P.
4. Amin, A.A., Rashad, E.M., and Gharib, A.E. 2008. Changes in morphological, physiological and reproductive characters of Wheat plants as affected by foliar application with Salicylic acid and Ascorbic acid. *Aust. Journal of Basic, and Appli Sci*, 2(2): 252-261.
 5. Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A., and Abdelly, C. 2007. Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation*, 53: 185-194.
 6. Benedetti, C.E., and Arrud, P. 2002. Altering the expression of the chlorophylls gene *ATHCOR1* in transgenic *Arabidopsis* caused changes in the chlorophyll-to-chlorophyllide ratio. *Plant Physiol*, 128: 1255-1263.
 7. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different developmental stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89: 1-16.
 8. 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. *Plant and Cell and Environ*, 27: 959-971.
 9. Del Rio, L.A., Corpas, F.J., and Barroso, J.B. 2004. Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. *Phytochem*, 65: 783-792.
 10. 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. *Not Sci Biol*, 2(3): 45-50.
 11. El Gabas, N.M.M. 2006. Physiological studies on the effect of ascorbic acid and micronutrients on sunflower plants grown under salinity stress. *Sci A1-Azar Univ*.
 12. Estill, K., Delaney, R.H., Smith, W.K., and Ditterline, R.L. 1991. Water relation and productivity of alp alpha leaf chlorophyll variants. *Crop Sci*, 31: 1229-1233.
 13. Hamidi, S. 2000. Evaluation of late corn hybrids under drought stress conditions in the grain filling stage, using in-dictators of drought tolerance and path analysis. MS thesis, Faculty of Agriculture, Mazandaran University, 155 P.
 14. Hanna, F.R., Abdo, F.A. and Anton, N.A. 2001. Response of wheat plant to foliar application with ascorbic acid copper and boron. *Journal Agric Sci Mansoura Univ*, 26(10): 5971-5983.
 15. Kafi, M., and Mahdavi damghani, A. 2002. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Frowsy University of Mashhad Publication, 468 P.
 16. 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, Iran. *Agron. Res*, 5(1): 121-131.
 17. Khaje poor, M. 2007. Industrial Plant. Publications of Esfahan University of

- Technology, 580 P.
18. Koyro, H.W. 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environ Exp Bot*, 56: 136-149.
 19. Magdy, A.S., Hazem, M.M., Alia, A.M., and Alshaima, A.I. 2012. Effect of sodium nitroprusside, putrescine and glycine betaine on alleviation of drought stress in cotton plant. *American Eurasian. Journal Agric Environ Sci*, 12(9): 1252-1265.
 20. Nayyar, H., and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C₃ and C₄ plants to water deficit stress. Association with oxidative stress and antioxidants. *Environ and Exp Bot*, 58: 106-113.
 21. Neill, S., Barros, R., Bright, J., Desikan, R., Hancock, J., Harrisan, J., Morris, P., Ribeiro, D., and Wilson, I. 2008. Nitric oxide, stomatal closure, and abiotic stress. *Journal Exp Bot*, 59: 165-176.
 22. Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J., and Sebanek, J. 1998. *Plant physiology*. Academia Praha, 484 P.
 23. Saini, H.S., and Wetgate, M.E. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Adv In Agron*, 68: 59-96.
 24. Sajedi, N., and Ardekani, A. 2008. Effect of nitrogen fertilizer, iron on the physiological indices forage maize in central provinces. *Iranian Studies J of Agron*, 6(1): 99-110.
 25. Salem, H.M., Abdel Rahman, S., and Mohamed, S.I. 2000. Response of sugar beet plants to boron and ascorbic acid under field conditions. *Journal Fac Educ Ain Shams Univ*, 48:1-20.
 26. Sharma, R. K., and M. Agrawal. 2006. Single and combined effects of cadmium and zinc on carrots: uptake and bioaccumulation. *Journal of Plant Nutrition*. 31: 19-34.
 27. 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: 81-90.
 28. Sheokand, S., Kumari, A., and Sawhney, V. 2008. Effect of nitric oxide and putrescence on ant oxidative responses under NaCl stress in chickpea plants. *Physiol and Molecular Biol of Plants*, 14(4): 355-362.
 29. Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tami, M., and Miagawa, Y. 2002. Regulation and function of ascorbic peroxidase isoenzymes. *J of Exp Bot*, 53(372): 1305-1319.
 30. Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot Bull Acad. Sin*, 41: 35-39.
 31. Smirnoff, N. 2005. Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and function. in: N. Smirnoff (ed.). *Antioxidants and reactive oxygen species in plants*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. UK, 53-86.

32. Tian, X.R., and Lei, Y.B. 2007. Physiological Responses of wheat Seedling to Drought and UV-B Radiation. Effect of exogenous Sodium Nitroprusside Application. Russian Journal of Plant Physiology, 54: 763-769.