Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد نهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۵
۱۵-۲۷

تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش کم‌آبیاری

صفیه عرب[1*]، مهدی برادران فیروزآبادی[2]، حمیدرضا اصغری[2]، احمد غلامی[2]، مهدی رحیمی[2]
۱ . دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه صنعتی شاهرود.
۲. اعضاء هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۱۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)، پژوهشی در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه شاهرود انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ سطح آبیاری هر ۸ روز یک‌بار (تیمار عدم تنش) و هر ۱۶ روز یک‌بار (تیمار تنش) به‌عنوان فاکتور اصلی و ۳ سطح اسید آسکوربیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار) و ۳ سطح سدیم نیتروپروساید (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار) به‌صورت محلول-پاشی برگی به‌عنوان فاکتورهای فرعی بودند که در قالب آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار قرار گرفتند. تیمار آبیاری بعد از استقرار کامل بوته‌ها اعمال گردید. در ۶۳ و ۶۵ روز پس از کاشت به ترتیب محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک انجام شد و یک هفته بعد تکرار گردید. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ، وزن مغز دانه و تعداد دانه در طبق شد. در مقابل نسبت پوسته به مغز دانه در شرایط تنش افزایش یافت. اگرچه در اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت پایین محتوای نسبی آب برگ کاهش نشان داد ولی در همین شرایط تعداد طبق در بوته به‌طور متوسط ۲/۵ طبق در بوته افزایش یافت. استفاده از سطح سوم سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه (۱۳/۲ درصد)، عملکرد روغن (۱۷/۲ درصد) و درصد روغن (۴/۶ درصد) گردید. لذا این‌گونه استنباط می‌شود که کاربرد برگی سدیم نیتروپروساید با غلظت مناسب می‌تواند در کاهش شدت تنش کم‌آبی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: **آسکوربات، اجزای عملکرد، تنش خشکی، نیتریک اکسید.**

مقدمه

ایران به دلیل موقعیت مکانی (عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی)، وضعیت اقلیمی و ساختار طبیعی خود و با دارا بودن متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال ازجمله ۶۰ کشور جهان است که در کمربند خشکی قرار گرفته است؛ بنابراین تولیدات کشاورزی آن متأثر از شرایط نامطلوب خشکی و خشک‌سالی است که هرچند سال یک‌بار اتفاق می‌افتد (Abbasi Siahjani, 2008). خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد در گیاهان است که واکنش‌های بیولوژیکی و فیزیولوژیکی متعددی را در گیاهان القاء می‌کند. یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در تنش‌های محیطی ازجمله تنش کم‌آبی رخ می‌دهد، تولید انواع اکسیژن فعال (ROS) در پی بسته شدن زنجیر انتقال الکترون کلروپلاستی و کاهش نسبت $NADP^+/NADPH$, H^+ است (Garratt et al., 2002). سلول‌های گیاهی برای مقابله با اثرات منفی ناشی از انواع اکسیژن فعال به مکانیسم‌های دفاعی ویژه‌ای متشکل از آنتی‌اکسیدان‌ها (آسکوربات، گلوتاتیون، آنتوسیانین، فلاونوئیدها و برخی دیگر) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و برخی دیگر) مجهز می‌باشند. از همکاری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و آنتی‌اکسیدان‌ها،

* نگارنده پاسخگو: صفیه عرب. پست الکترونیک: s.arab.agri@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

چرخه‌های گلوتاتیون-آسکوربات، مهلر و گزانتوفیل به وجود می‌آیند که مانع از تولید انواع اکسیژن فعال‌شده و یا آن‌ها را به‌طور کامل احیا و به آب تبدیل می‌کند (Esfandiari et al., 2007).

اسید آسکوربیک به‌عنوان آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی با احیای رادیکال‌های آزاد موجب بازدارندگی فعالیت آن‌ها می‌شود و نقش بسیار مهمی در مسیر آسکوربات-گلوتاتیون و حذف اکسیژن‌های واکنش‌گر در کلروپلاست و سیتوسول دارد (FechtChristoffers et al., 2003). اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک و قابل‌حل در آب است که در گیاهان و حیوانات دیده می‌شود. بنابر تحقیقات انجام‌شده، این ماده نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از قبیل کم‌آبی، فلزات سنگین، شوری، آفت‌کش‌ها و تابش ماوراءبنفش دارد (Vwioko et al., 2008; Shalata and Neumann, 2001). گزارش‌شده است که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ و درصد روغن تحت تنش کم‌آبی در گیاه ریحان شده است (Soha et al., 2010). نشان داده شده است که اسید آسکوربیک موجب بالا بردن مقاومت گیاهان در برابر سرمازدگی و تنش شوری می‌شود و از طریق ارتباط با سلول و چربی‌های غشایی در گیاهان، نقش به سزایی در افزایش مقاومت گیاهان در برابر از دست دادن آب و تنش کم‌آبی دارد (Dolatabadian et al., 2009). اسید آسکوربیک با پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها می‌شود و درنتیجه اثر مخرب تنش را کاهش می‌دهد و لذا سنتز و تجمع پرولین به‌عنوان یک عکس‌العمل گیاه به تنش کاهش می‌یابد. به‌عنوان‌مثال مصرف اسید آسکوربیک در گیاه کلزا سبب کاهش در اکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی و کاهش محتوای مالون دی‌آلدهید در برگ‌ها و ریشه‌ها شده است (Dolatabadian et al., 2009).

سدیم نیتروپروساید یک ترکیب رها کننده نیتریک اکسید و ازجمله ترکیبات کاهنده‌ی شدت تنش‌ها است. 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 (Del Rio et al., 2004). در بسیاری از مطالعات گزارش‌شده است که نیتریک اکسید خارجی در گیاهان موجب کاهش خسارات ناشی از برخی تنش‌ها مثل خشکی، فلزات سنگین، علف‌کش‌ها، سرما، اشعه ماوراءبنفش و تنش شوری شده است (Arasimowics and Wieczoorek, 2007). سدیم نیتروپروساید آب کشیدگی برگ‌ها، نشت یون‌ها و میزان تعرق را کاهش می‌دهد و بسته شدن روزنه‌ها را تحریک می‌کند و بدین ترتیب موجب افزایش تحمل به تنش‌ها می‌شود (Gracia Mata and Lamattina., 2001). محققان گزارش کرده‌اند که کاربرد خارجی این ماده موجب جارو کردن گونه‌های اکسیژن فعال، توسعه توانایی غشای سلولی، بهبود فتوسنتز و وضعیت برگ می‌شود (Farooq et al., 2009). لذا کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش کم‌آبی موجب توسعه رشد و نمو می‌شود (Misra et al., 2002). در مطالعه‌ای روی گندم مشاهده شد که غلظت ۱۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش محتوای آب برگ گردید (Gracia Mata and Lamattina., 2001). این محققان معتقدند که نیتریک اکسید رهاشده از سدیم نیتروپروساید با بستن روزنه موجب این اثر می‌شود. سدیم نیتروپروساید در تحریک جوانه‌زنی بذر، افزایش میزان کلروفیل و تقسیم سلولی دخالت داشته و قادر است با گونه‌های فعال اکسیژن واکنش داده و آسیب ناشی از آن‌ها را کاهش دهد (Beligni and lamatina, 1999).

محققان گزارش کردند که رشد گیاه آفتابگردان در گیاهانی که با ۰/۵ میلی مولار سدیم نیتروپروساید پیش تیمار شده بودند به‌مراتب بهتر از گیاهانی بود که در شرایط تنش قرار گرفتند و این ماده را دریافت نکردند 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 (Laspinaet al., 2005). گزارش شده است که کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید، بسته شدن روزنه را تحریک و سلول‌ها را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند (Neill et al., 2008). محلول‌پاشی این ترکیب نفوذپذیری غشاء، نشت الکترولیت‌ها و هم‌چنین میزان H_2O_2 موجود در برگ را کاهش داده است.

به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تولیدات کشاورزی می‌توان به گیاهان دانه روغنی اشاره کرد. گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) یکی از این گیاهان است که از اهمیت زیادی برخوردار است. بااینکه کشور ایران نیز در محدوده اهلی شدن این گیاه قرار دارد، ولی متأسفانه این گیاه در ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مورد توجه شایسته‌ای قرار نگرفته است. اگرچه گلرنگ سازگاری وسیعی به اقلیم‌های مختلف و تحمل زیادی به شرایط نامساعد محیطی دارد (Khajehpoor, 2007). ولی این گیاه نیز همانند سایر گیاهان ممکن است در دوره رشد خود با انواع تنش‌های محیطی روبرو شود که درنهایت به کاهش عملکرد و کیفیت محصول در آن منجر می‌گردد. لذا در این آزمایش سعی شده است با بررسی اثرات اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های مختلف بر برخی صفات گلرنگ از قبیل عملکرد و اجزای عملکرد و نیز روغن دانه 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) 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 پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ سطح آبیاری هر ۸ روز یک‌بار (عدم تنش) و هر ۱۶ روز یک‌بار (تنش کم‌آبیاری) به‌عنوان فاکتور اصلی و ۳ سطح اسید آسکوربیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار) و ۳ سطح سدیم نیتروپروساید (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار) به‌عنوان فاکتورهای فرعی بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۰ با دست و در عمق ۲ سانتی‌متری انجام شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۵ متر بافاصله بین خطوط ۵۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته ۱۰ سانتی‌متر بود. دو خط کناری به‌عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. آبیاری به‌صورت جوی و پشته، از هنگام کاشت تا استقرار کامل بوته‌ها (مرحله ۶ برگی) به‌طور مرتب هر ۸ روز یک‌بار انجام شد و پس‌ازآن اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمار آبیاری بین بلوک‌های تنش در هر تکرار ۲ خط نکاشت قرار داده شد. اولین و دومین محلول‌پاشی 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 صورت پذیرفت. محلول‌پاشی-ها در ساعت ۴ بعدازظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال شد، طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. به‌منظور بهبود جذب برگی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به‌عنوان روکنشگر استفاده شد. در تاریخ ۲۲ شهریور (۱۱۲ روز بعد از کاشت) تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت شد و صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، وزن مغز دانه، وزن پوسته، نسبت پوسته به مغز، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن اندازه‌گیری گردید. مقدار نسبی آب برگ در ۸۴ روز بعد از کاشت قبل از انجام آبیاری طبق روش کومار (Kumar, 2000) اندازه‌گیری شد. محاسبه مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه ۱ صورت گرفت.

$$\text{مقدار نسبی آب برگ} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}} \times 100 \quad [۱]$$

درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور از ۳ گرم نمونه پودر شده استفاده شد. عمل استخراج طی ۸ ساعت انجام شد. برای محاسبه درصد روغن موجود در نمونه‌ها از رابطه ۲ استفاده گردید.

درصد روغن = (وزن ثانویه نمونه بذر آسیاب شده − وزن اولیه نمونه بذر آسیاب شده) × ۱۰۰ [۲]

عملکرد روغن دانه از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه به دست آمد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC انجام شد. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد طبق در بوته تعداد طبق در بوته از تنش و سدیم نیتروپروساید تأثیر نپذیرفت، ولی اثر اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد ۱۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به‌طور متوسط تعداد طبق در بوته را ۲/۵ عدد بهبود بخشید که به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). تعداد طبق در بوته یکی از

www.SID.ir

Archive of SID

مهم‌ترین اجزای عملکرد است که بیشترین سهم را در میزان عملکرد گیاه ایفا می‌کند. پیش‌ازاین نیز گزارش شده است که تعداد طبق در بوته در ۴ ژنوتیپ گلرنگ تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت (Ferasat et al., 2010). تعداد طبق در بوته بیشتر تحت تأثیر عواملی مانند تاریخ کاشت، تراکم و ژنوتیپ قرار دارد (Nabavi kelat et al., 2005).

تعداد دانه در طبق اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید تأثیری بر این صفت نداشتند ولی اثر تنش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تعداد دانه در طبق در شرایط بدون تنش ۳۱ و در شرایط تنش خشکی ۲۴ عدد بود؛ بنابراین تنش به‌طور متوسط سبب کاهش ۲۴ درصدی در این صفت شد (جدول ۲).

به‌طورکلی تعداد دانه در طبق تحت تأثیر شرایط محیطی طی دوران رشد سریع طبق و شروع رشد مغز دانه قرار می‌گیرد. این صفت می‌تواند از قبل از شروع گرده‌افشانی تا مدتی پس‌ازآن تغییر کند. در اثر تنش خشکی تعداد سلول‌های بنیادی کاهش می‌یابد و تعداد دانه کمتری در طبق تولید می‌گردد (Koocheki and Sarmadnia, 2003). از طرفی می‌توان گفت تنش موجب کاهش سطح ویژه و دوام سطح برگ در گیاه می‌شود که از طریق کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه موجب کاهش تولید اسمیلات‌ها شده و درنتیجه تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد. در تحقیقی گزارش شد عدم آبیاری گلرنگ در مرحله گلدهی و قبل از آن موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد، اثر بیشتری بر تعداد دانه خواهد گذاشت (Tavakolee Zeniali, 2002).

وزن هزار دانه از بین منابع تغییر تنها اثر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر وزن هزار دانه معنی‌دار ($P>0/05$) بود (جدول ۱). بااین‌وجود این صفت براثر تنش کم‌آبیاری کاهش و تحت تأثیر اسید آسکوربیک به‌طور جزئی بهبود یافت (جدول ۲). وزن هزار دانه تنها در اثر محلول‌پاشی با بالاترین غلظت سدیم نیتروپروساید بهبود یافت. این صفت با میانگینی معادل ۵۷/۶۰ گرم در بالاترین غلظت این ماده، حدود ۷/۲۲ درصد بیشتر از تیمار ۵۰ میکرو مولار از این ماده و ۴/۸۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود که البته اختلاف آن با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۲). به نظر می‌رسد کاربرد سدیم نیتروپروساید از طریق کاهش دادن تعداد دانه پوک در این تحقیق، توانسته سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردد. در گلرنگ از بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه از بقیه مهم‌تر است زیرا بسیاری از عوامل تنش‌زای محیطی که در دوره پر شدن دانه‌ها تظاهر می‌کند، با ایجاد پوکی دانه به‌رغم اندازه معمول آن‌ها موجب سبک شدن دانه‌ها و کاهش عملکرد می‌گردد (Zope et al., 1998).

امیدی (Omidi, 2008) و باغخانی و فرحبخش (Baghkhani and Farahbakhsh, 2008) گزارش کردند که وزن هزار دانه گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد. به عقیده ایشان کنترل این صفت بیشتر ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد.

وزن پوسته دانه وزن پوسته از هیچ‌یک از منابع تغییر تأثیر نپذیرفت (جدول ۱). بااین‌وجود تنش موجب افزایش غیر معنی‌دار این صفت گردید (جدول ۲). میزان بالای پوسته در بذر، به دلیل اینکه درصد روغن و پروتئین را کاهش می‌دهد، ازلحاظ تجاری صفت نامطلوبی است (Knowles, 1999).

وزن مغز دانه وزن مغز دانه تحت تأثیر تنش ($P>0/05$) و اثر متقابل تنش کم‌آبیاری در سدیم نیتروپروساید ($P>0/01$) قرار گرفت (جدول ۱). تنش موجب کاهش ۳۹ درصدی وزن مغز دانه شد (جدول ۲). کاربرد دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در دور آبیاری ۱۶ روز موجب افزایش معنی‌دار ۲۷ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (شکل ۱). این در حال است که استفاده از این ماده در شرایط عدم تنش موجب کاهش وزن مغز شد و با ۲ برابر شدن غلظت این ماده، کاهش وزن مغز به ۱۲/۴۳ درصد رسید که ازلحاظ آماری معنی‌دار بود (شکل ۱). این نکته نشان‌دهنده این است که کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش علاوه بر این‌که هزینه اضافی است صفت وزن مغز را به‌عنوان یکی از صفات مهم در گلرنگ، کاهش می‌دهد. به‌طورکلی در بین ترکیبات تیماری مقایسه شده در شکل ۱ بیشترین وزن مغز دانه از شرایط عدم تنش و عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید به دست آمد. درحالی‌که کمترین مقدار مربوط به شرایط وجود تنش و عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید بود (شکل ۱). استفاده از اسید آسکوربیک به‌ویژه در غلظت بالاتر موجب افزایش غیر

www.SID.ir

جدول ۱. میانگین مربعات صفات موردبررسی تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

Table 1. Mean squares for traits influenced under deficit stress, foliar application of sodium nitroprusside and ascorbic acid

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	تعداد طبق در بوته Head/plant	تعداد دانه در طبق Seed/head	وزن هزار دانه seed 1000 weight	وزن مغز دانه Seed Kernel weight	وزن پوسته Seed coat	نسبت پوسته به مغز Seed coat/kernel	محتوای نسبی آب برگ RWC	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
Replication	تکرار	2	14.57	3.55	26.27	2.15	2.72	0.22	91.71	1.40	2.06	0.11
Stress (S)	تنش	1	6.00	785.85*	105.39	72.45*	4.23	7.07*	1916.37 *	8.71	0.46	0.97
Error 1	خطای اول	2	73.16	24.07	50.01	2.18	1.15	0.13	62.50	3.02	0.78	0.29
Sodium Nitroprusside (SN)	سدیم نیتروپروساید	2	3.35	12.72	70.91*	1.03	0.68	0.32**	36.67	1.77**	98.49**	0.15*
Ascorbic acid (ASA)	اسید آسکوربیک	2	47.68*	37.50	48.82	0.88	0.18	0.13	119.76	0.51	3.18	0.07
S×SN	تنش×سدیم نیتروپروساید	2	10.50	25.90	9.15	4.04**	0.32	0.32**	14.43	0.60	1.90	0.05
S×ASA	تنش× اسید آسکوربیک	2	4.38	27.01	34.57	1.42	1.31	0.03	63.56	0.70	3.90*	0.04
SN×ASA	اسید آسکوربیک×سدیم نتیروپروساید	4	5.96	36.30	23.85	0.25	0.30	0.04	54.30	0.07	0.99	0.02
S×SN×ASA	برهمکنش سه‌گانه	4	11.55	9.99	33.93	0.55	0.80	0.05	34.25	0.21	1.30	0.02
Error 2	خطای دوم	32	13.28	39.58	19.57	0.64	0.49	0.04	35.21	0.21	0.04	1.07
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)		27/26	22.55	7.98	16.76	13.90	17.62	9.74	16.11	3.34	21.78

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

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

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات موردبررسی تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

Table 2. Comparison of mean for traits influenced under deficit stress, foliar application with sodium nitroprusside and ascorbic acid

تیمار treatment	تعداد طبق در بوته Head/plant	تعداد دانه در طبق Seeds per head	وزن هزار دانه 1000 S.W	وزن مغز دانه Kernel weight	وزن پوسته Seed coat weight	نسبت پوسته به مغز Seed coat to kernel ratio	محتوای نسبی آب برگ RWC	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
تنش کم‌آبیاری (روز)			(g)	(g/plant)	(g/plant)		(%)	(ton/ha)	(%)	(ton/ha)
Deficit irrigation (day)										
8	13.70	31.70 a	56.82	5.95 a	4.79	0.82 b	66.87 a	3.66	31.08	1.12
16	13.03	24.07 b	54.03	3.63 b	5.35	1.54 a	54.95 b	2.86	30.89	0.85
LSD 5%	10.017	5.745	8.281	1.732	1.259	0.432	9.258	2.036	1.040	0.637
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)										
Sodium nitroprusside (µM)										
0	13.50	28.83	54.96 ab	4.58	5.00	1.31 a	61.71	3.19 b	28.47 c	0.93 b
50	12.88	27.22	53.72 b	5.05	4.92	1.04 b	61.75	2.99 b	31.41 b	0.93 b
100	13.72	27.61	57.60 a	4.73	5.29	1.18 ab	59.26	3.61 a	33.09 a	1.09 a
LSD 5%	2.475	4.271	3.004	0.545	0.478	0.141	4.029	0.357	0.704	0.146
اسید آسکوربیک (میلی‌مولار)										
Ascorbic acid (mM)										
0	12.72 b	28.72	53.56	4.57	5.01	1.27	63.61 a	3.070	31.08	0.91
10	15.22 a	26.22	56.66	4.78	5.18	1.18	58.42 b	3.366	31.26	1.03
20	12.16 b	28.72	56.07	5.01	5.01	1.09	60.70 ab	3.361	31.36	1.02
LSD 5%	2.475	4.271	3.004	0.545	0.478	0.141	4.029	0.357	0.704	0.146

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.

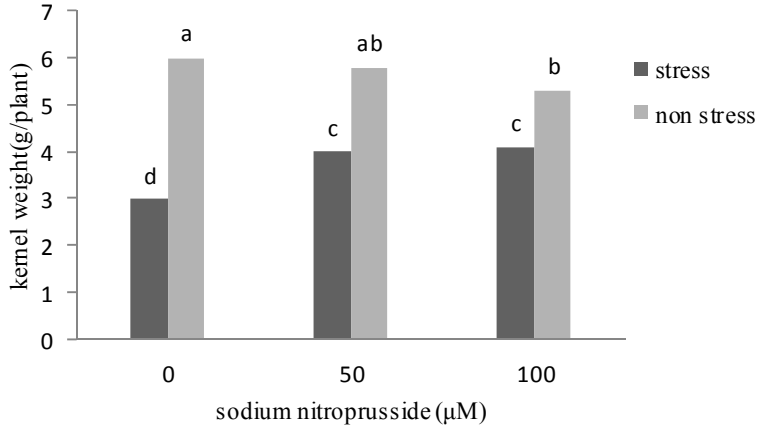
www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار وزن مغز شد (جدول ۲). گزارش شده است که در شرایط تنش، مغز دانه کاهش می‌یابد (Farrokhinia et al., 2011). با توجه به اینکه ماده خشک ذخیره‌شده در دانه عمدتاً نتیجه فتوسنتز انجام‌شده در دوره پر شدن دانه است. به نظر می‌رسد کاهش فتوسنتز به دلیل تنش خشکی، دلیل کاهش نسبت مغز به کل دانه باشد و با ادامه روند تنش، از میزان مغز در دانه کاسته شد. سدیم نیتروپروساید با تحریک بسته شدن روزنه‌ها و جلوگیری از اتلاف آب وضعیت بهتری را در شرایط تنش ایجاد می‌کند (Gracia Mata and Lamattina., 2001).

نسبت پوسته به مغز اثر تنش کم‌آبیاری ($P>0/05$)، سدیم نیتروپروساید ($P>0/01$) و اثر متقابل آن‌ها ($P>0/01$) بر نسبت پوسته به مغز معنی‌دار شد (جدول ۱). درمجموع بیشترین نسبت پوسته به مغز در گیاهانی مشاهده گردید که هر ۱۶ روز یک‌بار آبیاری شدند و توسط سدیم نیتروپروساید محلول‌پاشی نشدند (شکل ۲). در شرایط تنش، محلول‌پاشی با این ماده موجب کاهش قابل‌توجه و معنی‌دار در این صفت شد. در شرایط عدم تنش محلول-پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار از سدیم نیتروپروساید اثری بر این صفت نداشت، ولی غلظت بالاتر آن (۱۰۰ میکرو مولار) اندکی اثر منفی گذاشت و نسبت پوسته به مغز را افزایش غیر معنی‌دار داد که ازلحاظ آماری قابل اغماض بود (شکل ۲). وجود آب کافی، در نقل‌وانتقال شیره پرورده و پر شدن دانه نقش بسزایی 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 (Knowles, 1999). میزان بالای پوسته در بذر به دلیل اینکه درصد روغن و پروتئین را کاهش می‌دهد، ازلحاظ تجاری صفت نامطلوبی است. لذا در این آزمایش سدیم نیتروپروساید با کاهش این صفت نامطلوب نقش مفیدی ایفا کرد.

محتوای نسبی آب برگ تنش کم‌آبیاری تأثیر معنی-داری ($P>0/05$) بر محتوای نسبی آب برگ داشت (جدول ۱). محتوای نسبی آب برگ در شرایط عدم تنش ۶۶/۹ درصد بود که با دو برابر شدن فاصله آبیاری و بروز تنش در گیاه به حدود ۵۵ درصد رسید به این وسیله تنش کم‌آبیاری موجب کاهش ۱۱/۹ درصدی محتوای نسبی آب برگ شد (جدول ۲).

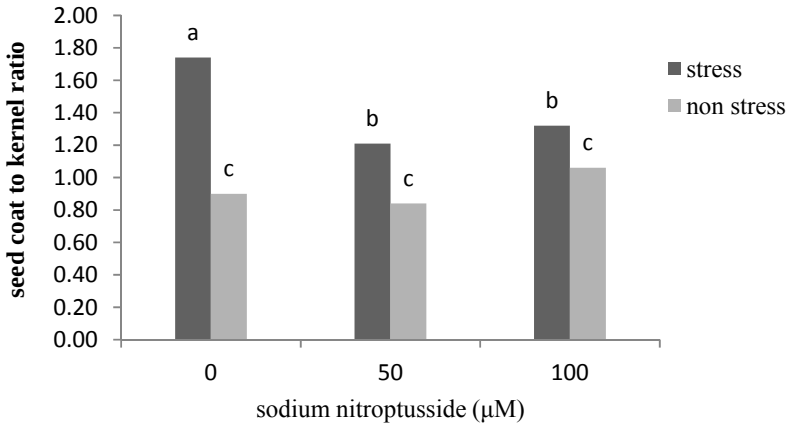


شکل ۱. مقایسه میانگین وزن مغز دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید.

Fig. 1. Comparison of mean for kernel weight under deficit stress and foliar application of sodium nitroprusside.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. مقایسه میانگین نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید.

Fig. 2. Means comparison for seed coat to kernel ratio under deficit stress and foliar application of sodium nitroprusside.

محتوای رطوبت نسبی آب برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد. کاهش محتوای رطوبت نسبی در برگ ابتدا منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و با افزایش تنش خشکی منجر به توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی می‌شود. با توجه به اینکه یکی از آثار تنش خشکی جلوگیری از جذب آب است، می‌توان علت کاهش محتوای رطوبت نسبی را کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک دانست (Colom and Vazzana., 2003).

کاهش محتوای نسبی آب برگ، تحت شرایط خشکی موجب محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌گردد. محققین با بررسی گیاهان مختلف اظهار داشته‌اند که محتوای نسبی آب برگ به این دلیل که با حجم سلول مرتبط است، می‌تواند به‌عنوان شاخص سنجش میزان تنش مورداستفاده قرار گیرد و معیار بهتری برای بیان وضعیت آب گیاه در مقایسه با پتانسیل آب باشد (Baghkhani and Farahbakhsh, 2008). در آزمایشی گزارش شد که اعمال تنش خشکی موجب افت محتوای نسبی آب در برگ گیاهان گلرنگ می‌گردد (Baji et al., 2001).

سدیم نیتروپروساید تأثیری بر این صفت نداشت (جدول ۱). در آزمایشی روی نخود نیز گزارش شد که سدیم نیتروپروساید تأثیری بر محتوای نسبی آب ندارد (Sheokand et al., 2008). در مقابل در مطالعه روی برگ‌های گیاه گوجه‌فرنگی گزارش کردند که غلظت ۱۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ گردید (Nasibi et al., 2009). در مطالعه روی برگ‌های گیاه گندم گزارش گردید که غلظت ۱۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش جزئی محتوای آب برگ گردید آن‌ها معتقدند که نیتریک اکسید رهاشده از سدیم نیتروپروساید با بستن روزنه موجب این اثر می‌شود (Gracia Mata and Lamattina., 2001). در مطالعه مشابهی اثر نیتریک اکسید و گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن در محتوای آب برگ و مقدار اسید آبسیزیک در گیاهچه‌های گندم را موردبررسی قرار دادند و گزارش کردند که نیتریک اکسید سبب نگه‌داری آب برگ می‌شود و یکی از مکانیسم‌های احتمالی آن تحریک سنتز اسید آبسیزیک است (Xing et al., 2004).

اثر اسید آسکوربیک بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). البته این اثر برخلاف انتظار در راستای کاهش صفت مذکور بود و بیشترین کاهش در غلظت ۱۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک ملاحظه گردید.

عملکرد دانه تجزیه واریانس نشان داد که از بین منابع تغییر تنها محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید در سطح

www.SID.ir

Archive of SID

احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۱). با توجه به شباهت زیاد نتایج به‌دست‌آمده برای عملکرد دانه با وزن هزار دانه، این‌گونه استنباط می‌گردد که این جزء عملکرد نسبت به سایر اجزا تأثیر بیشتری در شکل‌گیری عملکرد دانه داشته است. علی‌رغم غیرمعنی‌دار بودن، تنش کم‌آبیاری موجب کاهش ۲۱/۸ درصدی در عملکرد دانه گردید (جدول ۲). کاهش عملکرد در این شرایط ممکن است به‌واسطه کاهش تعداد دانه در طبق حاصل شده باشد چرا که اثر منفی تنش بر این جزء عملکرد معنی‌دار بود. در گلرنگ از بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه از بقیه مهم‌تر است زیرا بسیاری از عوامل تنش‌زای محیطی که در پر شدن دانه‌ها اثر می‌گذارند، با ایجاد پوکی دانه به‌رغم اندازه معمول آن‌ها موجب سبک شدن دانه‌ها و کاهش عملکرد می‌گردد که در این آزمایش وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش قرار نگرفت، بنابراین عملکرد دانه نیز از تنش تأثیر نپذیرفت. نتایج بررسی‌های بهدانی و جامی الاحمدی (Behadani and Jami Al-Ahmadi, 2009) روی ژنوتیپ‌های گلرنگ نشان‌دهنده همبستگی مثبت بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه بود.

استفاده از سطح سوم سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گردید، به‌طوری‌که عملکرد به‌دست‌آمده در این سطح از سدیم نیتروپروساید ۴۲۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۳/۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. این در حالی است که غلظت ۵۰ میکرو مولار از این ماده تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (جدول ۲). در تحقیقی گزارش شد که کاربرد سدیم نیتروپروساید موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در گیاه لوبیا شد (Omidi and Sepehri, 2013). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مصرف ماده مذکور در وضعیت تنش با بهبود اثر تنش کم‌آبی و تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد، درنهایت سبب حفظ عملکرد دانه شد. تأثیر مثبت ترکیب مذکور بر رشد گیاهان مختلف مؤید این مطلب است. لی و همکاران (Lei et al., 2007) در گندم تحت تنش اسمزی، تیان و لی (Tian and Li, 2006) در گندم تحت تنش خشکی، شئوکاند و همکاران (Sheokand et al., 2010) در نخود تحت تنش شوری، کوماری و همکاران (Kumari et al., 2010) در نخود تحت تنش کادمیوم و فاروق و همکاران (Farooq et al., 2009) در برنج تحت تنش خشکی، آثار بهبود بخشی سدیم نیتروپروساید را گزارش کردند. بهبود در رشد و عملکرد می‌تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش محتوای پراکسید هیدروژن تولیدشده (Tian and Li, 2006) و بهبود سیستم آنزیمی گیاه (Sheokand et al., 2010) در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید باشد. در آزمایشی محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش عملکرد به میزان ۲۶/۳ درصد در ذرت گردید (Shau et al., 1993). در پژوهش حاضر نیز محلول‌پاشی با هر دو غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک موجب افزایش ۹/۵ درصدی در عملکرد دانه گردید که با عنایت به عدم معنی‌داری آن به لحاظ آماری قابل‌اغماض است (جدول ۲).

درصد روغن دانه درصد روغن دانه تحت تأثیر تنش قرار نگرفت (جدول ۱). در مورد تأثیر تنش خشکی بر درصد روغن گزارش‌های ضدونقیضی وجود دارد. اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود، بنابراین آسیب دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل‌کننده در اثر تنش خشکی، بعید به نظر می‌رسد. ازاین‌رو کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی است (Kafi and Rostami, 2008). البته افت درصد روغن در اثر تنش خشکی بستگی به‌شدت آن دارد. اگر شدت تنش زیاد باشد، تأثیر تنش بر درصد روغن دانه بیشتر خواهد بود (Farrokhinia et al., 2011). یافته‌های کومار (Kumar, 2000) نیز حکایت از آن دارد که در اثر تنش خشکی تغییرات درصد روغن کم است.

از بین سایر منابع تغییر اثر سدیم نیتروپروساید ($P>0/01$) و اثر متقابل تنش در اسید آسکوربیک ($P>0/05$) بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد استفاده از دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب افزایش ۲/۹۴ و ۴/۶۲ درصدی این صفت گردید (جدول ۲). کاربرد اسید آسکوربیک در شرایط تنش اختلاف معنی‌داری نشان نداد، ولی در دور آبیاری ۸ روز استفاده از سطح دوم این ماده (۱۰ میلی‌مولار) موجب کاهش معنی‌دار ۱/۱۹ درصدی این صفت شد. بیشترین میزان درصد روغن زمانی حاصل شد که غلظت ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی شد که درصد روغن دانه را به ۳۱/۸۴ درصد رساند (شکل ۳).

www.SID.ir

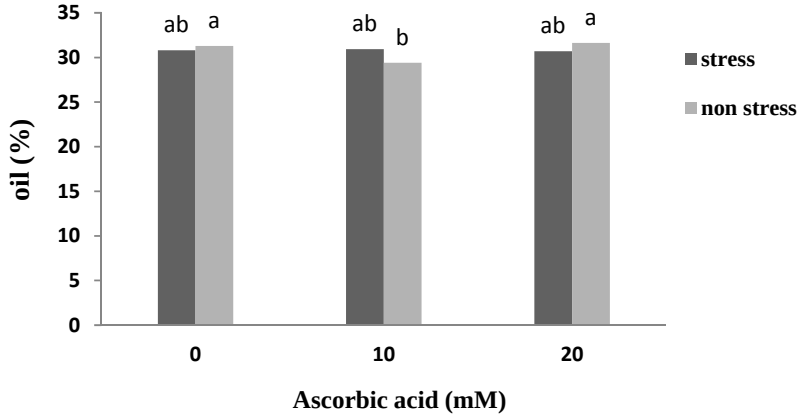
Archive of SID

عملکرد روغن روغن عمده‌ترین محصول اقتصادی حاصل از کشت‌وکار گلرنگ است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد روغن تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید در سطح ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۱). در مطالعه حاضر عملکرد روغن در اثر تنش ۲۴/۱۱ درصد کاهش پیدا کرد. ولی ازنظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). در حالت کلی تنش کم‌آبی میزان عملکرد روغن را کاهش می‌دهد که ناشی از کاهش عملکرد دانه است (Hamrouni et al., 2001). در این آزمایش عملکرد دانه و درصد روغن هیچ‌کدام از تنش تأثیر نپذیرفتند، بنابراین عملکرد روغن نیز تحت تأثیر قرار نگرفت.

کافی و رستمی (Kafi and Rostami, 2008) بیان داشتند عملکرد روغن در گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. به‌طوری‌که طی پژوهش آن‌ها بیشترین عملکرد روغن در تیمار آبیاری کامل و کمترین عملکرد روغن از تیمار تنش شدید خشکی حاصل گردید. محققین اظهار داشته‌اند با اعمال تنش خشکی در گلرنگ عملکرد روغن به‌شدت کاهش می‌یابد. ولی از طرفی با افزایش شدت تنش در سطوح بعدی افت عملکرد با شدت کمتری انجام می‌گیرد (Naderi Darbaghshahi et al., 2004). کاربرد بالاترین سطح سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) موجب افزایش معنی‌دار ۱۷/۲ درصدی عملکرد روغن گردید (جدول ۲). این نتیجه در حالی رقم خورد که این سطح از سدیم نیتروپروساید تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و درصد روغن دانه داشت و موجب افزایش آن‌ها گردید. استفاده از اسید آسکوربیک نیز موجب افزایش ۱۳/۱۸ و ۱۲/۰۸ درصدی عملکرد روغن به ترتیب در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار گردید که البته ازنظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش کاربرد اسید آسکوربیک موجب کاهش درصد روغن شد. تعداد دانه در طبق و محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر تنش کاهش یافت. سدیم نیتروپروساید اثرات مضر حاصل از تنش کمبود آب را در گیاه گلرنگ کاهش داد و سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شد. می‌توان پیشنهاد نمود که مصرف این ماده در گیاهان تنش دیده عاملی برای رفع و یا کاهش تنش و به دنبال آن افزایش عملکرد می‌باشد و کاربرد آن به‌صورت محلول‌پاشی روی گیاهان در حال تنش توصیه می‌شود.



شکل ۳. مقایسه میانگین درصد روغن تحت تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک.

Fig. 3. Comparison of mean for oil percentage under deficit stress and foliar application of ascorbic acid

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Abbasi Siahjani, E., 2008. Effect of drought stress on morphological and agronomical characteristics of sunflower. MSc. Thesis of Agronomy. Islamic Azad University of Tabriz. Iran. [In Persian with English summary].

Arasimowics, M., Wieczoorek, J.F., 2007. Nitric oxide as a bioactive signaling molecule in plant stress responses. Journal of Plant science. 172, 876- 887.

Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine betaine in improving plant abiotic stress resistance. Journal of Environmental and Experimental Botany. 59, 206-216.

Baghkhani, F. Farahbakhsh, H., 2008. Effects of drought stress on yield and some physiological characters of three spring safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties. Journal of water. Soil and plant in Agricultural. 8(2), 45-57 . [In Persian].

Baji, M., Kinet. J.M., Lutts, S., 2001. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Journal of Plant Growth Regulation. 4(2): 1-10.

Behadani, M.A., Jamiolahmadi, M., 2009. Reaction of safflower in birjand to drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 8(2), 315-323 . [In Persian].

Beligni, M.V., Lamatina, L. 1999. Nitric oxide protect against cellular damage produced by methyl viologen herbicides in potato plants. Nitric oxide. Journal of Biological Chemistry. 3, 199-208.

Colom, M.R., Vazzana, C. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought resistant and drought- sensitive weeping lovegrass plants, Journal of Environmental and Experimental Botany. 49, 135- 144.

Del Rio, L.A., Corpas, F.J. Barroso, J.B., 2004. Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. Journal of Phytochemistry. 65, 783-792.

Dolatabadian, A., Modares Sanavy, A.M. 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. Journal of Notulae Scientia Biologicae. 2(3), 45-50. [In Persian with English summary].

Esfandiari, E.A., Shakiba, M.R., Mahboob, S.A., Alyari, H., Toorchi, M., 2007. Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. Journal. of Food, Agriculture and Environment. 5, 149-153.

Farrokhinia, M., Roshdi, M., Pasbaneslam, B., Sasandoost, R., 2011. Study of some physiological traits and yield in spring safflower under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crops Science. 42(3), 545-553. [In Persian with English summary].

Farooq, M., Basra, S.M.A. Wahid, A., Rehman, H., 2009. Exogenously applied nitric oxide enhances the drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). Journal Agronomy and Crop Science. 195, 254-261.

FechtChristoffers, M.M., Maier, P., Horst, W.J., 2003. Apoplastic peroxidases and ascorbate are involved in manganese toxicity and tolerance of Vigna unguiculata. Journal of Plant Physiology. 117, 237- 244.

Garratt, L.C., Janagoudr, B.S., Lowe, K.C., Anthony, P., Power, J.B., Davey, M.R., 2002. Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures. Free Radical Biology and Medicine. 33(4), 502-511 .

Gracia Mata, C., Lamattina, L., 2001. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptative plant responses against drought stress. Journal of Plant Physiology. 126, 1196-1204.

Hamrouni, I., Ben Salah, H., Marzouk, B., 2001. Effect of water deficit on lipids of safflower aerial parts. Journal of Photochemistry. 58, 277-280.

Kafi, M., Rostami, M., 2008. Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and yield components and oil content of three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. Journal of Agronomy Research. 5(1), 121-131. [In Persian with English summary].

Khajehpoor, M., 2007. Industrial Plant. Publications of Esfahan University of technology. 580p. [In Persian].

www.SID.ir

Archive of SID

Knowles, P.F., 1999. Safflower. In: Roebbelen, G. (ed.), Oil Crops of the World. Mc Graw Hill Book Company. pp: 363-373.

Koocheki, A., Sarmadnia, G.H., 2003. Crop Physiology. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad Press. pp. 400. [In Persian].

Kumar, H., 2000. Development potential of safflower in comparision to sunflower. Sesame and safflower news letter. Annals of Botany.15, 86-89.

Kumari, A., Sheokand, A., 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. Brazilian society of Plant physiology. 22, 271-284.

Laspina, N.V., Groppa, M.D., Tomaro, M.L. Benavides, M.P., 2005. Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd induced oxidative stress. Plant Science. 169, 323-330.

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

Misra, A.N., Biswal, A.K., Misra, M., 2002. Physiological, biochemical and molecular aspects of water stress responses in plants and the biotechnological application. Proceedings of the National Academy Science. 2, 115-134.

Naderi Darbaghshahi, M.R., Noormohammadi, G., Majidi, A., Darvish, F., Shirani Rad, A.H., 2004. Response of three safflower lines in different drought stress levels. Journal of Agricultural Science. 10(4), 3-15. [In Persian with English Summary].

Nabavi kelat, M., Karimi, M., Noormahammadi, G., Sadr Abadi, R., Azizi, M., 2005. Determiniation of suitable planting date and plant population in autumn cultivation of safflowers in Jovain–Sabzevar. Journal of Agricultural Science. 11(4): 145- 158. [In Persian with English summary].

Nasibi, F., Manoochehri Kalantari, K., Khodashenas M., 2009. The effect of sodium nitroprusside (SNP) pretreatment on some biochemical parameters in tomato seedlings (*Lycopersicun esculentum*) under drought stress. Journal of Agricultural Science Natural Resources. 16(2), 121-135. [In Persian with English Summary].

Neill, S., Barros, R., Bright, J., Desikan, R., Hancock, J., Harrisan, J., Morris, P., Ribeiro, D. Wilson, I., 2008. Nitric oxide, stomatal closure, and abiotic stress. Journal of Experimental Botany. 59, 165-176.

Omidi, A.H., 2008. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Prouduction Journal. 2(1), 15-31. [In Persian with English Summary].

Omidi, F., Sepehri, A., 2013. Effect of Sodium Nitroprusside on growth, yield and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crops Science. 45(2), 243-254. [In Persian with English Summary].

Shau, M.P., Solanki, N.S., Dashora, L.N., 1993. Effects of thiourea, Thiamine and ascorbic acid on growth and yield of maize. Journal of Agronomy and Crop Science. 171, 65-69.

Shalata, A., Neumann, P.M., 2001. Exogenous ascorbic acid increase resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. Journal of Exoerimental Botany. 52, 2207- 2211.

Sheokand, S., Kumari, A., Sawhney, V., 2008. Effect of nitric oxide and putrescine on antioxidative responses under NaCl stress in chickpea plants. Journal of Physiology and Molecular Biology of Plants. 14(4), 355-362.

Sheokand, S., Bhankar, V., 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.

Soha, E., Nahed, G., Bedour, H., 2010. Effect of water stress, ascorbic acid and spraying time on some morphological and biological composition of Ocimum basilicum plant. Journal of American Science. 6(12), 33-44 .

Tavakolee Zeniali, 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. [In Persian].

Tian, X., Li, Y., 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings, Journal of plant Biology. 50, 775-778.

www.SID.ir

Archive of SID

Vwioko, E.D., Osawaru, M.E., Erugun, O.L., 2008. Evaluation of okro (*Abelmoschus esculentus* L. Moech). Exposed to paint waste contaminated soil for growth, ascorbic acid and metal concentration. African Journal of General Agriculture. 4(1), 39-48.

Xing, H., Tan, L., An, L., Zhao, Z., Wang, S. Zhang, C., 2004. Evidence for involvement of nitric oxide and reactive oxygen species in osmotic stress tolerance of wheat seedlings: Inverse correlation between leaf abscisic acid accumulation and leaf water loss. Journal of Plant Growth Regulation. 42, 61-68.

Zope, R.E., Katule, B.K. Ghorpade, D.S. 1998. Seed filling duration and yield in safflower. Sesame and Safflower Newsletter. Institute of Sustainable Agriculture. Spain. 4, 39-42.

www.SID.ir