مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال هشتم، شماره سی، ۱۳۹۶

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

پاسخ زراعی و فیزیولوژیک سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) به محلول‌پاشی آسکوربات و متانول در شرایط تنش کم‌آبیاری

مجتبی برادران فیروزآبادی[۱]، مهدیه پارسائیان[۲]، مهدی برادران فیروزآبادی[۳]

تاریخ دریافت: ۹٤/٥/۸ تاریخ پذیرش: ۹٥/٤/۳۱

چکیده

امروزه کاربرد مواد آنتی اکسیدان و تنظیم کننده اسمزی به‌منظور کاهش آثار منفی ناشی از تنش‌های مختلف مطرح شده است. آسکوربات و متانول از جمله موادی هستند که موجب مقاومت گیاه به تنش‌ها می‌شوند. جهت بررسی این موضوع در گیاه دارویی سیاه‌دانه آزمایشی در سال ۱۳۹۰ به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در دانشگاه شاهرود انجام شد. فاکتور اصلی شامل آبیاری (۸ و ۱٦ روز به‌عنوان عدم‌تنش و تنش) و فاکتورهای فرعی شامل محلول‌پاشی متانول (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی) و آسکوربات (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) بودند. سطوح تنش پس از استقرار بوته‌ها و محلول‌پاشی‌ها ٤٥ و ٥٥ روز پس از کاشت انجام شد. نتایج نشان داد که تجمع ماده خشک در برگ و ساقه، وزن هزار دانه، تعداد شاخه فرعی در بوته، محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌دار کاهش پیدا کردند. محلول‌پاشی آسکوربات و متانول به‌ویژه در غلظت بالاتر سبب افزایش کلیه صفات یاد شده به‌جز وزن هزار دانه در هر دو شرایط تنش و عدم‌تنش گردید. گیاهانی که بالاترین غلظت آسکوربات و متانول را باهم دریافت کردند، از شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب برگ بالاتری برخوردار بودند. عملکرد روغن نیز در این شرایط ۲۷/۸ درصد بیشتر از شاهد بود. بنابراین در شرایط این آزمایش تیمار ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات و ۳۰ درصد حجمی متانول قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: سیاه‌دانه، عملکرد روغن، کلروفیل، ماده خشک

برادران فیروزآبادی، م.، م. پارسائیان و م. برادران فیروزآبادی. ۱۳۹٦. پاسخ زراعی و فیزیولوژیک سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) به محلول‌پاشی آسکوربات و متانول در شرایط تنش کم‌آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۰: ۲۷-۱۳.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

۲- استادیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، شاهرود، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران- مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: m.baradaran.f@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یکساله و دولپه از تیره آلاله است (دانتولونو و همکاران، ۲۰۰۱). خاستگاه اصلی سیاه دانه حوزه‌ی دریای مدیترانه است که با گسترش کاربرد آن در صنایع غذایی، دارویی و پزشکی امروزه در مناطق مختلف جهان و ایران کشت می‌شود. این گیاه در شرایط اقلیمی گرم و خشک رشد می‌کند که می‌تواند آن را در معرض تنش‌های مختلفی از جمله تنش خشکی قرار دهد. تنش خشکی مهمترین عامل محدود کننده عملکرد گیاهان است و از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیرگذار است. بابایی (۱۳۷٤) تأثیر تنش کمبود آب را در شرایط مزرعه و گلخانه بر خصوصیات سیاه دانه بررسی نموده و اظهار داشت که افزایش تنش، کاهش ارتفاع ساقه، وزن خشک ریشه و سطح برگ را در پی دارد. همچنین کاهش انشعابات ساقه به کاهش عملکرد قابل توجهی در این گیاه منجر می‌شود. تنش کم-آبی سطح برگ، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ‌ها کاهش می‌دهد. قربانلی و همکاران (۱۳۷۸) گزارش نمودند که تنش کم‌آبی سبب کاهش طول ساقه و طول و سطح برگ سیاه دانه گردید. این پدیده در گیاهان دیگری نظیر عناب و سورگوم نیز گزارش شده است (ادت و همکاران، ۲۰۰۱). کمبود آب موجب آسیب رنگدانه‌ها و پلاستیدها، کاهش کلروفیل، کاروتنوئیدها و کاهش ضخامت غشاء در تیلاکوئیدها می‌شود. دهیدراته شدن برگ نه‌تنها مانع ساخت کلروفیل می‌شود، بلکه به‌نظر می‌رسد تخریب کلروفیل موجود در برگ را نیز موجب گردد (بیدینگر و همکاران، ۱۹۹۷). یکی از آثار رایج تنش کم‌آبی و دیگر تنش‌ها تولید انواع اکسیژن فعال (ROS) و ایجاد خسارت اکسیداتیو به سلول‌ها می‌باشد (اسمیرونف، ۱۹۹۸). مهار فتوسنتزی، مهار تولید ATP، پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب مولکول‌های DNA از عوارض تشکیل ROS محسوب می‌شوند که می‌توانند به مرگ سلول‌ها و نیز توقف رشد و کاهش ماده سازی در گیاه منتهی شوند. مکانیسم‌های متنوعی در گیاهان جهت کاهش آثار سمی خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش، فعال می‌شود. از جمله مکانیسم دفاع آنتی‌اکسیدانی آنزیمی شامل آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و مکانیسم‌های غیرآنزیمی شامل آسکوربات، کاروتنوئیدها، گلوتاتیون احیا شده و آلفا توکرفول است که عمل جاروب کنندگی، خنثی‌سازی و حذف گونه‌های فعال اکسیژن را بر عهده دارند (فویر و همکاران، ۲۰۰۵). در این بین آسکوربات یک ترکیب آنتی اکسیدانی قوی با وزن مولکولی کم و محلول در آب است که به‌طور غیرمستقیم با گونه‌های فعال اکسیژن، مانند پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل، سوپراکسید و اکسیژن یگانه واکنش می‌دهد و در بسیاری از جنبه‌های کنترل ردوکسی و فعالیت آنتی اکسیدانی در سلول‌های گیاهی نقش دارد (اتش و اردوگرول، ۲۰۰۳). در پژوهش‌های انجام شده، تیمار خارجی آسکوربات در شرایط تنش از کاهش محتوای پروتئین و کلروفیل در گیاه ذرت جلوگیری کرد (دولت آبادیان و همکاران ۲۰۰۹) و در بقاء گیاهچه و کاهش صدمات ناشی از خشکی در گوجه‌فرنگی تأثیرگذار بود. گزارش شده است که محلول‌پاشی آسکوربات در شرایط تنش شوری با حفظ پارامترهای رشد، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، مقدار قندهای محلول و پروتئین سبب افزایش بردباری به تنش در سیاه دانه (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۹)، سویا (شتیاوی، ۲۰۰۷) و نخود (بلتاگی، ۲۰۰۸) گردید. همچنین حضور این ماده سبب تخفیف آثار منفی خشکی در کاهش وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی، سرعت رشد نسبی، سطح ویژه و محتوای آب برگ کلزا گردید (قربانلی و همکاران ۱۳۸۹). نتایج حاصل از مطالعه سلاح ورزی و همکاران (۱۳۹۰) در گیاه مرزنجوش نشان داد که تیمار آسکوربات با ممانعت از افزایش شدید نشت الکترولیتی و دوام بیشتر کلروفیل و کاروتنوئیدها، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه و بهبود سایر تغییرات متابولیکی نظیر افزایش کربوهیدرات های کل، ترکیبات فنولیک و اسید آمینه پرولین را تحت تنش شوری درپی داشت.

یکی دیگر از روش‌هایی که اخیراً به‌عنوان کاهنده آثار تنش در گیاهان مطرح شده است، کاربرد خارجی متانول می‌باشد. این ماده که در مقایسه با CO_2 مولکول نسبتاً کوچکتری است، به راحتی توسط گیاهان جذب می‌گردد و به‌دلیل داشتن اکسیژن، کربن و هیدروژن در فرمول شیمیایی خود موجب افزایش تثبیت CO_2 در گیاهان زراعی در واحد سطح می‌شود (داونی، ۱۹۸۳). متانول ترکیبی تأثیرگذار در متابولیسم گیاهان از قبیل تنظیم سرعت متابولیکی مواد در گیاه، نسخه‌برداری ژن‌ها، افزایش فعالیت فتوسنتزی، تأخیر پیری در برگ، افزایش رشد و در نهایت کاهش تنفس نوری می‌باشد (داونی، ۱۹۸۳). گوت و همکاران (۲۰۰۰)، اظهار داشتند که این ترکیب غلظت کلروفیل، پروتئین و فعالیت آنزیم روبیسکو را افزایش می‌دهد. همچنین بین محتوای نسبی آب در گیاه و غلظت این ترکیبات همبستگی مثبتی وجود دارد که سبب

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود گیاه را در شرایط تنش یاری رساند. مصرف متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند سبب افزایش بیوماس آنها می‌گردد. باتاچاریا و همکاران (۱۹۸۵) اثر مثبت متانول بر رشد گیاهان در گیاهچه‌های ماش را گزارش نمودند. نونومرا و بنسون (۱۹۹۲) افزایش رشد به‌وجود آمده در اثر محلول‌پاشی متانول را در هندوانه ۳۶ درصد، در پنبه، گوجه فرنگی و گل‌کلم ۵۰ درصد و در توت‌فرنگی ۶۰ درصد گزارش نمودند. بنا بر اعلام صفرزاده ویشگاهی و همکاران (۱۳۸۶) محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد و افزایش عملکرد غلاف و دانه در بادام زمینی شد. همچنین محلول‌پاشی این ماده افزایش ۱۶ تا ۲۲ درصدی عملکرد سویا را به دلیل بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه در مرحله رشد زایشی، به دنبال داشته است (لی و همکاران، ۱۹۹۵). مهم‌ترین فایده‌ی متانول جلوگیری و کاهش اثر تنش‌های القاء شده به گیاهان از طریق کاهش تنفس نوری در آن‌هاست (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). بنا به گزارش تئودورید و همکاران (۲۰۰۲)، متانول محتویات درون سلولی و همچنین نسبت کلروفیل a به b را در سلول‌های گیاهی افزایش می‌دهد و با کاهش سطح برگ و بیوماس گیاه در مرحله رشد رویشی بر تحمل گیاه در شرایط تنش خشکی می‌افزاید.

در این پژوهش آسکوربات و متانول با غلظت‌های مختلف روی بوته‌های سیاه دانه‌ی قرار گرفته در معرض رژیم‌های مختلف آبیاری محلول‌پاشی گردید و به این ترتیب تأثیر محلول‌پاشی این ترکیبات به‌تنهایی و توأم بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک سیاه دانه تحت شرایط کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار روی گیاه سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) انجام شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری (دور آبیاری ۸ و ۱۶ روز به‌ترتیب به‌عنوان عدم-تنش و تنش کم‌آبی) و عامل‌های فرعی شامل سه سطح آسکوربات (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) و سه سطح متانول (صفر، ۱۵ و۳۰ درصد حجمی) به‌صورت محلول‌پاشی بودند. در این آزمایش در مجموع ۵۴ کرت کشت گردید که هر کرت شامل ۴ ردیف ۵ متری با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است. تیمارهای آبیاری پس از استقرار کامل بوته‌ها اعمال شدند. محلول-پاشی غلظت‌های مختلف آسکوربات و متانول دو بار و به ترتیب ۴۵ و ۵۵ روز پس از کاشت هنگام عصر و در هوایی آرام انجام شد.

وزن خشک برگ و ساقه (برحسب گرم در مترمربع)، ارتفاع ساقه، وزن هزار دانه، نسبت مغز به پوست میوه و تعداد شاخه فرعی با ارزیابی ۵ بوته تصادفی در هر کرت اندازه گیری شدند. درصد روغن نمونه‌های ۲ گرمی دانه با استفاده از دستگاه سوکسله مورد سنجش قرار گرفت و برای محاسبه عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن استفاده گردید.

سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ در ۶۴ روز پس از کاشت به روش بدون لهیدگی صورت گرفت (پرچازکوا و همکاران، ۲۰۰۱). بدین منظور ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ در ۵ میلی‌لیتر دی متیل سولفوکسید غوطه‌ور شده و به مدت ۴ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از رسیدن به دمای اتاق، میزان جذب برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کاروتنوئید با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۵ و ۴۷۰ قرائت شد. سپس از روابط پروچازکوا و همکاران (۲۰۰۱)، برای تعیین مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید برگ بر حسب میلی‌گرم بر گرم استفاده شد.

$$Chl\ a = (12.19\times A665) - (3.45\times A645)$$
$$Chl\ b = (21.99\ A645 - 5.32\ A665)$$
$$Carotenoid = (1000\times A470 - 2.14 Chl\ a - 70.16\ Chl\ b)/220$$

مقدار نسبی آب برگ بر حسب درصد با استفاده از سه برگ هم سن از ۲ بوته‌ی تصادفی به روش کرامر (۱۹۸۳) اندازه‌گیری شد.

شاخص پایداری غشای پلاسمایی سلول‌های برگ در ۶۳ روز پس از کاشت براساس میزان هدایت الکتریکی حاصل از نشت یون‌های سلول‌های برگ درون آب دوبار تقطیر اندازه‌گیری شد. بدین منظور برای هر نمونه دو عدد دیسک برگی در لوله‌های آزمایش محتوی ۲۰ میلی‌لیتر آب قرار داده شد. سپس یکسری از نمونه ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (C_1) و سری دیگر در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (C_2) نگهداری شدند و پس از رسیدن به دمای اتاق میزان هدایت الکتریکی آن ها با دستگاه

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
درصد اشباع	۲۹/۷	شن (درصد)	۳۹
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۱/۲	رطوبت (درصد)	۱/۵
اسیدیته گل اشباع	۷	Na^{+} (میلی اکی والان بر لیتر)	۲۱/٤
مواد خنثی شونده (درصد)	۱۷/۲۵	Mg^{2+} (میلی اکی والان بر لیتر)	۲۵/۸
کربن آلی (درصد)	۰/۵	Ca^{2+} (میلی اکی والان بر لیتر)	۳۳/۲
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰٤	So_4^{-2} (میلی اکی والان بر لیتر)	۲۷/۸
فسفر قابل جذب (پی پی ام)	۱٤/٤	Cl^{-} (میلی اکی والان بر لیتر)	٤٦/۷
پتاسیم قابل جذب (پی پی ام)	۲۱۰	HCo^{-3} (میلی اکی والان بر لیتر)	٤/۷
رس (درصد)	۱۹	Co_3^{-2} (میلی اکی والان بر لیتر)	۰/۰
سیلت (درصد)	٤۲		

EC متر قرائت شد. شاخص پایداری غشاء از رابطه سایرام و همکاران (۲۰۰۱) تعیین شد.

$$\text{شاخص پایداری غشاء} = [1-(C_1 / C_2)] \times 100$$

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتیجه تجزیه واریانس کلیه صفات مورد بررسی در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

وزن خشک برگ: تجمع ماده خشک برگ در اثر افزایش دور آبیاری از ۸ به ۱٦ روز، به‌طور معنی‌دار و به میزان ٥٤/۳ درصد کاهش یافت (جدول ٤). این شرایط نشان دهنده‌ی تأثیر زیاد تنش بر اندام هوایی گیاه است که احتمالاً به‌دلیل تغییر الگوی توزیع فرآورده‌های فتوسنتزی و اختصاص بیشتر این مواد به ریشه‌ها می‌باشد. محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش نتوانست تغییر معنی داری در وزن خشک برگ در واحد سطح داشته باشد، ولی کاربرد آن در دور آبیاری ۸ روز به‌طور معنی داری باعث افزایش این صفت گردید، به‌طوری که بالاترین مقدار وزن خشک برگ در تیمار عدم تنش و محلول‌پاشی با متانول ۳۰ درصد حجمی به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم‌تنش و عدم محلول‌پاشی ۹٦/٦۲ درصد بیشتر بود (جدول ۵). احتمالاً افزایش شاخص سطح برگ در گیاهان تیمار شده با متانول یکی از علل افزایش عملکرد برگ در این گیاهان می‌باشد (داده‌ها نشان داده نشده است).

البته به تعویق افتادن پیری و ریزش برگ را نیز می‌توان به‌عنوان یکی دیگر از دلایل بالا بودن وزن خشک برگ در غلظت بالای متانول برشمرد. در همین رابطه گزارش شده است که متانول می‌تواند از طریق اثر روی سرعت تولید اتیلن، پیری برگ‌ها را به تعویق اندازد (نادعلی و همکاران، ۱۳۸۹)

در بررسی تأثیر توأم محلول‌پاشی آسکوربات و متانول، گیاهانی که ۱۰ میلی‌مولار آسکوربات را به‌همراه ۳۰ درصد حجمی متانول دریافت نمودند، از بالاترین مقدار وزن خشک برگ (با میانگین ۳۸/۳ گرم در مترمربع) برخوردار بودند که نسبت به عدم محلول‌پاشی آسکوربات و متانول، ۱۰۷/۱۸ درصد بیشتر بود (جدول ٦). در غلظت ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات نیز محلول‌پاشی با هر دو غلظت ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول افزایش در وزن خشک برگ را سبب شد. متانول محلول‌پاشی شده روی گیاهان به‌سرعت وارد بافت‌های گیاهی شده و افزایش غلظت متانول در بافت‌های گیاهی بر کارآیی تثبیت کربن تأثیر مثبت دارد و از طریق تنظیم ژن پکتین متیل استراز موجب توسعه، بزرگی و افزایش وزن برگ می‌شود (رامیرز و همکاران، ۲۰۰٦).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین مربعات وزن خشک برگ و ساقه، نسبت مغز به پوست، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و وزن هزار دانه سیاه دانه تحت تاثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و متانول

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	نسبت مغز به پوست میوه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۳۰/۵۹	٤/۳٦	۰/۰٤	۰/۰۰۱	۲/۱۱	۰/۰۱٦
تنش کم‌آبیاری (S)	۱	۳۳٤۱/٤٤**	٤۳۰٦/۰٥**	۰/۰۹	٤٥۹/۹٦	۲۷/٤۳	۰/۰۳۱۹*
خطای اول	۲	۱۰/۱۷	۰/٤٥	۰/۰۳	٤٤/۰٥	۱/۸۹	۰/۰۱٥
اسیدآسکوربیک (A)	۲	۱۷۰/۱۸**	۱۸٦/۰۲**	۰/۳٤**	۱/٤٥	۰/۳۰	۰/۰۳۷
متانول (M)	۲	٤٤۰/۹۹**	٦۱۸/٦۲**	۰/۰۱	۹٤/٦٤**	۸/۱۰**	۰/۰۱۳
S × A	۲	٦۲/٥۲	۲۱/۰۸	۰/۰۳	۳/۲٥	۰/۱۷	۰/۰۳۱
S × M	۲	۳۹٦/۸۰**	۳٥٤/۸۱**	۰/۰۳	۲۰/٦٦*	۰/۹۱	۰/۰۱۸
A × M	٤	۳۰۸/٥۷**	۲٤۷/۰۲**	۰/۱۰	۱٥/۱۷*	۱/۱۰	۰/۰٥۸**
S × A × M	٤	٤٦۹/۳۰**	۳٤٤/۱۷**	۰/۱۱	۱۷/۹۱*	۱/٥۰	۰/۱٤۷**
خطا	۳۲	۱۹/۷۰	۳٤/٥۷	۰/۰٥	٥/۰۳	۰/٦٦	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۰۱	۲٥/۱۷	٦/۲٦	۷/۳٥	۱۲/۰۹	٤/۰۳

* و ** به ترتیب به مفهوم معنی‌داری در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۳- میانگین مربعات محتوای عملکرد روغن دانه، کلروفیل a و b، کاروتنوئید، مقدار نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء سیاه دانه تحت تاثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و متانول

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد روغن	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	محتوای نسبی آب برگ	شاخص پایداری غشاء
تکرار	۲	۱۲/۸۲	۰/۰۰٦	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۷	٥/۲٦	۰/۱۲
تنش کم‌آبیاری (S)	۱	۱۷۳۹/۹۸**	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸*	۰/۰۰۱٦	٤۰۳/٤٤*	۲۹۹/۳۹*
خطای اول	۲	۲/٦۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۱۳/۸۸	۷/۱۰
اسیدآسکوربیک (A)	۲	۹۰/۹۸*	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۷٦/۳٥**	۹٥/۳۸**
متانول (M)	۲	۲۱٥/۱۲**	۰/۰۱۲	۰/۰۱٤	۰/۰۰۰۳	۳٥/٥۹**	۱۰۳/۱۷**
S × A	۲	۱/٦٤	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲۱	۳۳/٦٤**	٥۲/۳٦**
S × M	۲	٦۷/٥۱	۰/۰۰٦	۰/۰۰٥	۰/۰۰۱۷	۳۹/۹۰**	۳۲/۹۰**
A × M	٤	۱۱۰/۷۰**	۰/۰٤۸**	۰/۲٥**	۰/۰۰۳۱**	۱۸/۲۸**	٤۲/۳۱**
S × A × M	٤	۱٤٤/۰۷**	۰/۰۱۷*	۰/۰۱٦	۰/۰۰۱۰	۱۸/۷۸**	٥٦/٦٦**
خطا	۳۲	۲۱/۱۲	۰/۰۰٦	۰/۰۰٤	۰/۰۰۰۷	٤/۳۲	۳/٤٥
ضریب تغییرات (درصد)		۲٦/۰٥	۱۲/۲٦	۱۸/۷۹	۱۳/٦٤	۳/٦۲	۱٤/۳٥

* و ** به ترتیب به مفهوم معنی‌داری در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- مقایسه میانگین وزن خشک برگ و ساقه، نسبت مغز به پوست میوه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن هزار دانه سیاه دانه تحت تأثیر اثرات ساده تنش کم‌آبیاری، آسکوربات و متانول

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)	وزن خشک ساقه (گرم در مترمربع)	نسبت مغز به پوست میوه	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی (در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)
دور آبیاری (روز)						
۸	۲۸/۹۹ a	۳۲/۲۹ a	۳/٤٤	۳۳/٤۱	۲۳/۸۱ a	۲/۷۳ a
۱٦	۱۳/۲٦ b	۱٤/٤۳ b	۳/٥۲	۲۷/٥۷	۹/۸٥ b	۲/٥۸ b
آسکوربات (میلی‌مولار)						
صفر	۱۸/٤۱ b	۱۹/۸۹ b	۳/٤۲ b	۳۰/۱٦	۱٤/۳۹ b	۲/٦۹
۱۰	۲٤/٤۷ a	۲٦/۲٤ a	۳/٦٤ a	۳۰/٦٥	۱٦/۹۱ ab	۲/٦۸
۲۰	۲۰/٥۱ b	۲۳/۹٤ a	۳/۳۸ b	۳۰/٦٥	۱۹/۱۹ a	۲/٦۱
متانول (درصد حجمی)						
صفر	۱٦/٦٦ c	۱٦/۹۸ b	۳/٥۰	۲۷/۸٤ b	۱٥/٤۷ b	۲/٦٤
۱٥	۲۰/۲۸ b	۲٤/٥۹ a	۳/٤٦	۳۱/۷۹ a	۱٥/۳۱ b	۲/٦٥
۳۰	۲٦/٤٥ a	۲۸/٥۰ a	۳/٤۸	۳۱/۸۳ a	۱۹/۷۲ a	۲/٦۹

وجود حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است. در مواردی که اثر تیمار معنی‌دار نبود، مقایسه میانگین انجام نشد.

جدول ٥- مقایسه میانگین وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب برگ سیاه دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و متانول

		وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)	وزن خشک ساقه (گرم در مترمربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی (در بوته)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	شاخص پایداری غشاء (درصد)
دور آبیاری (روز)	متانول (درصد حجمی)						
۸ روز	صفر	۱۹/۸٥ c	۲۱/۳۱ c	۲۹/۹٦ b	۲۳/۷۲ b	٦۰/٤ a	۱۲/۹۳ c
	۱٥	۲۸/۱۰ b	۳۳/۸٥ b	۳٤/۲۹ a	۱۹/٦۱ b	٥۹/۰۷ a	۱۷/۸۷ a
	۳۰	۳۹/۰۳ a	٤۱/۷۰ a	۳٥/۹٦ a	۲۸/۱۱ a	٦۰/٦٦ a	۱٥/۱۰ b
۱٦ روز	صفر	۱۳/٤۷ d	۱۲/٦٤ d	۲٥/۷۲ d	۷/۲۲ c	٥۱/٥۰ c	۷/٤٤ e
	۱٥	۱۲/٤٥ d	۱٥/۳۳ d	۲۹/۲۹ bc	۱۱/۰۰ c	٥٥/۳۸ b	۱۰/۹۳ d
	۳۰	۱۳/۸۷ d	۱٥/۳۱ d	۲۷/٦۹ cd	۱۱/۳۳ c	٥٦/۸٦ b	۱۳/٤۰ bc

وجود حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.

وزن خشک ساقه: وزن خشک ساقه تحت تأثیر تنش کم‌آبی، آسکوربات، متانول، اثر متقابل تنش × متانول و آسکوربات × متانول قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ساقه در شرایط عدم تنش و محلول‌پاشی با بالاترین غلظت متانول حاصل گردید (جدول ٥). در شرایط عدم‌تنش به‌دلیل وجود رطوبت کافی، میزان جذب عناصر غذایی توسط ریشه و اندام هوایی نسبت به شرایط تنش بیشتر خواهد بود. علاوه بر این گیاه در شرایط روبرویی با تنش، اسیمیلات بیشتری را جهت رشد عمقی ریشه‌ها اختصاص می‌دهد که به ضرر اندام هوایی تمام خواهد شد و به این ترتیب ماده خشک ساقه در این شرایط کاهش خواهد یافت. وزن خشک ساقه در شرایط عدم‌تنش و محلول‌پاشی با متانول ۱٥ درصد نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد (عدم تنش و عدم محلول‌پاشی) بود. در مجموع تنش کم‌آبی موجب کاهش ٥٥/۳ درصدی در وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش گردید که با محلول‌پاشی متانول به‌طور جزئی بهبود یافت. افزایش مشاهده شده در وزن خشک ساقه در اثر محلول‌پاشی با هر دو غلظت ۱٥ و ۳۰ درصد متانول در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- مقایسه میانگین وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن هزار دانه سیاه دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از آسکوربات و متانول

آسکوربات (میلی‌مولار)	متانول (درصد حجمی)	وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)	وزن خشک ساقه (گرم در مترمربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی (در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)
	صفر	۱۸/۵۰ cd	۲/٤۱ cde	۲۷/٦۷ e	۲۰/۰۰ b	۲/۷۰ ab
صفر	۱۵	۱٦/۵۲ cd	۱۸/۹۸ e	۳۱/۹۹ abc	۱۱/۵۰ d	۲/٦۷ ab
	۳۰	۲۰/۲۲ cd	۲۰/۲۸ de	۳۰/۸۲ bcd	۱۱/٦۷ d	۲/۷۰ ab
	صفر	۱٦/۳۳ cd	۱٦/٦۲ e	۲۷/٦۵ e	۱۲/۲۵ d	۲/۷۵ a
۱۰	۱۵	۱۸/۷۳ cd	۲٦/۱۸ bcd	۳۳/۳۱ ab	۱۹/۲۵ bc	۲/۵۹ b
	۳۰	۳۸/۳۳ a	۳۷/۹۳ a	۳۱/۰۰ bc	۱۹/۲۵ bc	۲/٦۹ ab
	صفر	۱۵/۱۵ d	۱۵/۹۰ e	۲۸/۲۱ de	۱٤/۱۷ cd	۲/٤٦ c
۲۰	۱۵	۲۵/۵۸ b	۲۸/٦۲ b	۳۰/۰۷ cde	۱۵/۱۷ bcd	۲/٦۷ ab
	۳۰	۲۰/۸۰ bc	۲۷/۳۰ bc	۳۳/٦۷ a	۲۸/۲۵ a	۲/٦۸ ab

وجود حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.

شرایط تنش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد متانول با کاهش اثر تنش و نیاز آبی گیاه موجب افزایش جزئی وزن خشک ساقه شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که محلول‌پاشی متانول سبب افزایش وزن خشک ساقه در آفتابگردان و گوجه‌فرنگی نیز شده است (هرناندز و همکاران، ۲۰۰۰، روا و همکاران، ۱۹۹٤). همانند وزن خشک برگ، گیاهانی که توسط آسکوربات ۱۰ میلی‌مولار و متانول ۳۰ درصد حجمی محلول‌پاشی شده بودند ماده خشک ساقه‌ی بیشتری را نشان دادند (جدول ٦). محلول‌پاشی با متانول ۱۵ درصد در دو غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات و متانول ۳۰ درصد در غلظت ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات از لحاظ آماری در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ٦). در گیاه سویا نیز کاربرد آسکوربات سبب افزایش معنی‌دار در وزن خشک ساقه‌ی این گیاه تحت تنش شوری شد. آسکوربات با ماده سازی و به‌ویژه ساخت قندها افزایش رشد را در پی خواهد داشت (اسمیرونف، ۲۰۰۰).

نسبت مغز به پوست میوه: این صفت تنها از آسکوربات تأثیر پذیرفت (جدول ۲) و بیشترین مقدار آن از محلول پاشی این ماده با غلظت ۱۰ میلی‌مولار حاصل شد که نسبت به عدم محلول‌پاشی و تیمار غلظت ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات به‌ترتیب ٦/٤ و ۷/۷ درصد افزایش نشان داد. بین غلظت ۲۰ میلی‌مولار و صفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ٤). احتمالاً آسکوربات از طریق بهبود وضعیت رشد و فتوسنتز سبب پر شدن بهتر دانه شده است. در این خصوص قربانلی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثر تنش شوری و آسکوربات دریافتند که گیاهان تیمار شده با این ماده، در مقایسه با گیاهان تیمار نشده و در معرض شوری، پارامترهای رشد، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقدار قندهای محلول و پروتئین بیشتری داشتند.

با توجه به نتایج وزن خشک برگ و ساقه، مقادیر این صفات در غلظت متوسط آسکوربات بیشتر از دو سطح دیگر بود که نتیجه آن تولید اسیمیلات بیشتر در برگ‌ها و ارسال بیشتر آن به دانه‌ها بوده است. این امر موجب افزایش قابل توجه در ماده خشک دانه و در نتیجه بهبود نسبت مغز به پوست میوه در این تیمار شد. تنش خشکی گاهی اوقات الگوی تخصیص مواد فتوسنتزی را تغییر می‌دهد. اگر در مرحله پرشدن دانه سیاه دانه تنش خشکی اتفاق افتد از طریق کاهش انتقال مواد، اندازه‌ی دانه کاهش می یابد. برای مثال در گونه خوابیده (*Lolium temulentum*) توسعه برگ‌ها نسبت به فتوسنتز به کمبود آب حساس‌تر بوده و مسیر حرکت مواد فتوسنتزی به‌سوی برگ‌های جوان، غلاف ها و ریشه بود. در حالی- که در شرایط مطلوب مسیر حرکت مواد فتوسنتزی جهت تأمین نیاز رشد زایشی گیاه منظور می‌شود. در شرایط کمبود آب مواد فتوسنتز

Archive of SID

www.SID.ir

جاری کاهش می‌یابد و نسبت مواد ذخیره شده‌ای که به دانه منتقل می‌شود، افزایش می‌یابد (بلک و همکاران، ۲۰۰۰).

ارتفاع بوته: در شرایط عدم‌تنش، محلول‌پاشی با غلظت متوسط متانول ارتفاع بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. بین غلظت متوسط و بالای متانول، تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت. در شرایط تنش نیز محلول‌پاشی متانول ۱۵ درصد نسبت به تیمار ۳۰ درصد آن در افزایش ارتفاع بوته تأثیرگذارتر بود و آنقدر این صفت را بهبود بخشید که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۵). راوو و همکاران (۱۹۹٤) گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول در غلظت‌های مختلف ۱۰ تا ۵۰ درصد حجمی سبب افزایش ارتفاع بوته در گل رز شده است. همچنین در پژوهش دیگری تیمار متانول با غلظت ۲۰ درصد حجمی سبب افزایش سرعت رشد و ارتفاع بوته‌ی بادام زمینی گردید (صفرزاده ویشگاهی، ۱۳۸٦). در مجموع گیاهانی که هر دو تیمار آسکوربات و متانول را با بالاترین غلظت دریافت کرده بودند، ارتفاع بوته بیشتری داشتند (جدول ٦). دلیل افزایش ارتفاع بوته در غلظت بالای متانول می‌تواند افزایش کربن در دسترس برای گیاه باشد که موجب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. همچنین به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متانول با افزایش تولید سیتوکنین و در نتیجه تقسیم سلولی، تحریک رشد و افزایش ارتفاع در گیاهان تیمار شده را موجب شده باشد. در بین سایر ترکیبات تیماری حاصل از آسکوربات و متانول، محلول‌پاشی متانول به‌تنهایی و یا توأم شدن هر دو غلظت متانول با هر دو غلظت آسکوربات، منجر به افزایش ارتفاع بوته گردیدند (جدول ٦). این نتیجه ممکن است به دلیل افزایش توان فتوسنتزی گیاه تحت تأثیر متانول به‌عنوان یک منبع ذخیره کربن و ارسال اسیمیلات ها به بخش‌های رویشی برای توسعه بیشتر این بخش اتفاق افتاده باشد.

تعداد شاخه‌های فرعی: تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط تنش، به‌شدت کاهش یافت و متانول نتوانست این کاهش را به‌طور معنی‌داری جبران نماید (جدول ۵). پرالتا و همکاران (۲۰۰٤) در پژوهشی روی یونجه، آسیب‌های ریشه‌ای ناشی از تنش و کاهش میزان کلروفیل را علت اصلی کاهش حجم اندام هوایی عنوان نمودند. همچنین کاهش هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد می‌تواند دلیل این کاهش رشد محسوب گردد (کافی و همکاران، ۱۳۸٤). در شرایط عدم تنش، غلظت پایین متانول مفید نبود ولی محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ درصد حجمی متانول افزایش معنی‌دار تعداد شاخه را در پی داشت (جدول ۵). در محلول‌پاشی آسکوربات و متانول به‌تنهایی تعداد شاخه‌های فرعی کمتری در گیاه ثبت شد در حالی که شاخه‌های فرعی گیاهان تیمار شده با بالاترین غلظت‌های آسکوربات و متانول به‌طور قابل توجهی افزایش داشت و نسبت به شاهد ٤۱/۲ درصد بیشتر بود (جدول ٦). تعداد شاخه‌های فرعی می‌تواند نقش مؤثری در فتوسنتز گیاه از طریق افزایش سطح سبز برگ و نیز نقش قابل توجهی در عملکرد گیاه از طریق افزایش تعداد گل و کپسول در بوته داشته باشد.

وزن هزار دانه: تنش کم‌آبی وزن هزار دانه را به‌طور معنی‌داری به میزان ۰/۱۵ گرم معادل ۵/۵ درصد کاهش داد (جدول ٤). وقوع تنش در مرحله رشد زایشی موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه، کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده می‌شود. در مرحله پرشدن دانه‌ها ادامه ارسال مواد فتوسنتزی کافی به همه دانه‌ها مقدور نیست. چرا که در این زمان، فتوسنتز جاری برگ و انتقال مواد فتوسنتزی توسط خشکی کاهش یافته است. در این شرایط نمو دانه متکی به مواد ذخیره شده در گیاه است. هر عاملی از جمله انواع تنش‌های محیطی که دوره پرشدن دانه را کوتاه‌تر کند، موجب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و در نتیجه موجب کاهش وزن دانه می‌شود (دای و اینتالاپ، ۱۹۹۹). یکی از پارامترهای تأثیرگذار در وزن هزار دانه تعداد کپسول در بوته بود (نتایج نشان داده نشده است) به‌طوری که گیاهانی که تعداد کپسول کمتری داشتند، مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌های موجود انتقال دادند و وزن هزار دانه بیشتری را به نمایش گذاشتند. در جدول ٦ مشاهده می‌گردد، گیاهانی که تنها توسط آسکوربات ۲۰ میلی‌مولار محلول‌پاشی شدند با میانگین ۲/٤٦ گرم از کمترین وزن هزار دانه برخوردار بودند. مقادیر این صفت بین سایر ترکیبات تیماری نوسان جزئی داشت و اختلاف قابل توجهی مشاهده نشد.

عملکرد روغن: عملکرد روغن تحت تأثیر تنش کم‌آبی ٤۸/۷ درصد کاهش یافت که می‌تواند بیشتر از هر چیز به‌دلیل کاهش عملکرد دانه در این شرایط باشد (جدول ۷). دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) نیز گزارش نمودند که کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی در سویا، تأثیر منفی بر عملکرد روغن این گیاه داشت. محلول‌پاشی متانول در حضور آسکوربات عملکرد روغن دانه را افزایش داد به‌طوری‌که مقادیر بالایی از این صفت با میانگین ۲۵/٦٤ گرم در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد روغن، کلروفیل برگ، کاروتنوئید، شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب برگ سیاه دانه تحت تأثیر اثرات ساده تنش کم‌آبیاری، آسکوربات و متانول

تیمار	عملکرد روغن	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	محتوای نسبی آب برگ	شاخص پایداری غشاء
	(گرم در متر مربع)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)			(درصد)	(درصد)
دور آبیاری (روز)						
۸	۲۳/۳۱ a	۰/٦۱	۰/۳۳ b	۰/۱۹	٦۰/۰۵ a	۱۵/۳۰ a
۱٦	۱۱/۹٦ b	۰/٦٦	۰/۳۷ a	۰/۲۰	۵٤/۵۸ b	۱۰/۵۹ b
آسکوربات (میلی‌مولار)						
صفر	۱۵/۱۱ b	۰/٦۲	۰/۳٤	۰/۱۹	۵۵/۹۷ b	۱۰/۵۵ c
۱۰	۱۹/٤۱ a	۰/٦٤	۰/۳۵	۰/۲۰	۵٦/۲۸ b	۱۳/۱۵ b
۲۰	۱۸/٤۰ a	۰/٦٤	۰/۳٦	۰/۱۸	۵۹/٦۸ a	۱۵/۱٤ a
متانول (درصد حجمی)						
صفر	۱۳/٦۵ b	۰/٦۱	۰/۳۲	۰/۱۹	۵۵/۹۵ b	۱۰/۱۸ b
۱۵	۱۹/٦۰ a	۰/٦٤	۰/۳٦	۰/۱۹	۵۷/۲۳ b	۱٤/٤۰ a
۳۰	۱۹/٦۷ a	۰/٦٦	۰/۳۸	۰/۲۰	۵۸/۷٦ a	۱٤/۲۵ a

وجود حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.

مترمربع از گیاهانی به‌دست آمد که آسکوربات ۱۰ میلی‌مولار و متانول ۳۰ درصد حجمی را به صورت توأم دریافت کرده بودند که نسبت به شاهد ٦۱/۹ درصد بیشتر بود. البته اختلاف معنی‌داری با ترکیبات تیماری ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات و ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول وجود نداشت (جدول ۸). آنانیوا و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد حجمی تأثیر معنی‌داری بر مقدار روغن دانه در گیاه پنبه دارد. مقدم (۱۳۸٤) اظهار داشت که عملکرد روغن کنجد با عملکرد دانه ارتباطی مثبت دارد طوری که با افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد. در جدول ۸ مشاهده می‌شود که کاربرد متانول تنها زمانی برعملکرد روغن دانه تأثیر مثبت داشت که همراه با آسکوربات استفاده گردید. محلول‌پاشی متانول به تنهایی و عدم محلول‌پاشی متانول حتی در حضور آسکوربات، کاهش عملکرد روغن دانه را در پی داشت. این نتیجه می‌تواند به دلیل حذف آثار مثبت متانول بر عملکرد دانه و درصد روغن و در نهایت کاهش عملکرد روغن باشد. به نظر می‌رسد افزایش دسترسی گیاه به کربن حاصل از تجزیه متانول و به دنبال آن کاهش تنفس نوری در گیاهان تیمار شده می‌تواند سبب افزایش عملکرد گردد.

کلروفیل a: پایین‌ترین مقدار کلروفیل a در شرایط عدم محلول‌پاشی آسکوربات و متانول حاصل گردید (جدول ۸). در اثر محلول‌پاشی تنها و توأم هر یک از این دو ماده، در اغلب موارد، میزان کلروفیل a موجود در برگ افزایش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل a در غلظت صفر آسکوربات و متانول ۳۰ درصد حجمی مشاهده شد که البته اختلاف معنی‌داری با ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های صفر و ۱۵ درصد متانول در سطح آسکوربات ۲۰ میلی‌مولار نداشت (جدول ۸). کلروفیل a هسته مرکزی واکنش را در فتوسیستم II تشکیل می‌دهد. از این رو افزایش آن می‌تواند بیانگر تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه باشد. لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان استنباط کرد که کاربرد آسکوربات و متانول از طریق تقویت مرکز واکنش فتوسیستم II موجب بهبود سیستم فتوسنتزی گیاه می‌گردد. در پژوهشی روی مرزنجوش، کاربرد آسکوربات در شرایط تنش شوری، میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید را افزایش داد (سلاح ورزی و همکاران، ۱۳۹۰). آسکوربات به‌عنوان یک آنتی اکسیدان قوی، از فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش و به دنبال آن تخریب غشاء کلروپلاستی جلوگیری نموده و محتوای کلروفیل گیاه را حفظ می‌کند.

کلروفیل b: دو برابر شدن فاصله آبیاری و به دنبال آن افزایش شدت تنش وارده به گیاه مقدار کلروفیل b را ۱۲/۱ درصد افزایش داد (جدول ۷). کلروفیل b مسئول دریافت نور در کمپلکس برداشت نور در فتوسیستم‌های II و I می‌باشد و انرژی نورانی را از

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد روغن، کلروفیل، کاروتنوئید، شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب برگ سیاه دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از آسکوربات و متانول

تیمارها		عملکرد روغن	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	محتوای نسبی آب برگ	شاخص پایداری غشاء
		(گرم در مترمربع)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)			(درصد)	(درصد)
آسکوربیک (میلی‌مولار)	متانول (درصد حجمی)						
	صفر	۱۵/۸٤ cd	۰/۵ d	۰/۲٤ c	۰/۱۷ bc	٥٦/۲۲ de	۱۰/۱۸ ef
صفر	۱۵	۱٦/۳٦ cd	۰/٦۲bc	۰/۳۷ ab	۰/۲ ab	٥٤/۷۷ ef	۱۱/۸۷ de
	۳۰	۱۳/۱۲ d	۰/۷٤ a	۰/٤۱ a	۰/۲۱ a	٥٦/۹۳ cde	۹/٥۹ fg
	صفر	۱۲/٤۳ d	۰/٦٤ bc	۰/۳٥ ab	۰/۱۹ abc	٥۲/۷۱ f	۷/۷۳ g
۱۰	۱۵	۲۰/۱٤ bc	۰/٦۳ bc	۰/۳٥ ab	۰/۲۱ a	٥۲/۲۳ bcd	۱٦/٥۷ ab
	۳۰	۲٥/٦٤ a	۰/٦٤ bc	۰/۳٥ ab	۰/۲ ab	٥۸/۸۹ abc	۱٥/۱٤ b
	صفر	۱۲/٦۷ d	۰/٦۸ab	۰/۳۷ ab	۰/۲۱ a	٥۸/۹۲ abc	۱۲/٦۳ cd
۲۰	۱۵	۲۲/۲۸ ab	۰/٦۷abc	۰/٤۱a	۰/۱٦ c	٥۹/٦۷ ab	۱٤/۷٦ bc
	۳۰	۲۰/۲٤ abc	۰/٥۸ cd	۰/۳۰ bc	۰/۱۹ abc	٦۰/٤٦ a	۱۸/۰۳ a

وجود حداقل یک حرف مشترک، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.

طریق پدیده رزونانس القایی به مرکز واکنش منتقل می‌کند. لذا تقویت کمپلکس برداشت نور به منظور فعال سازی بهتر در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها مفید خواهد بود. در پژوهش حاضر، محلول‌پاشی با آسکوربات و متانول موجب بهبود قابل توجه در مقدار کلروفیل b گردید در حالی که کمترین مقدار کلروفیل b در شرایط عدم محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۸). افزایش مقدار کلروفیل می‌تواند با اکسیداسیون متانول در بوته‌های دارای کمبود آب مرتبط باشد. زیرا بوته‌ها در شرایط کمبود آب با تنش اکسیداتیو رو به رو می‌شوند. در این شرایط متانول به راحتی توسط عصاره برگ به فرمالدئید اکسیده می‌شود که این کار تا حد زیادی توسط آنزیم کاتالاز انجام می‌گیرد (رامبرگ و همکاران، ۲۰۰۲).

کاروتنوئید: کاروتنوئید به‌عنوان عامل حفاظتی برای جلوگیری از تخریب کلروفیل و صدمه به سیستم فتوسنتزی گیاه در مقابل تنش‌های مختلف و مولکول‌های پر انرژی عمل می‌کند. کاربرد آسکوربات و متانول به‌تنهایی و توأم با هم، سبب افزایش مقدار کاروتنوئید در برگ شد. البته اختلاف معنی‌داری بین ترکیبات تیماری حاصل از آسکوربات و متانول از لحاظ تأثیر گذاری بر مقدار کاروتنوئید وجود نداشت و تنها نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۸). در تحقیقات انجام شده محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در گیاهانی که تحت تنش شوری و محلول‌پاشی آسکوربات قرار داشتند، افزایش پیدا کرد. به‌عنوان مثال شتیاوی (۲۰۰۷) و عبدالحمید و همکاران (۲۰۱۰) در گیاه سویا و بلتاگی (۲۰۰۸) در گیاه نخود نتایج مشابهی به‌دست آوردند. کمبود آب سبب آسیب به رنگدانه‌ها و پلاستیدها می‌شود و کاهش کلروفیل، کاروتنوئیدها و کاهش ضخامت غشاء در تیلاکوئیدها را به دنبال دارد. دهیدراته شدن برگ نه تنها مانع ساختن کلروفیل می‌شود بلکه به‌نظر می‌رسد تخریب کلروفیل موجود در برگ را نیز موجب می‌گردد. مثال بارز این اثر قهوه‌ای شدن علف‌ها طی دوره‌های تنش خشکی می‌باشد.

محتوای نسبی آب برگ: مقدار نسبی آب برگ در شرایط عدم‌تنش ٦۰ درصد و در شرایط تنش کم‌آبی ٥٥ درصد به‌دست آمد (جدول ۷). بسیاری از محققان، کاهش مقدار نسبی آب برگ را در شرایط تنش کم‌آبی به انسداد روزنه‌ها در اثر تجمع هورمون آبسزیک اسید مرتبط دانسته و اظهار داشتند این هورمون در اثر تنش خشکی در ریشه ساخته شده و در سلول‌های گارد روزنه تجمع می‌یابد (اسمیرونف، ۱۹۹۸). کاهش مقدار نسبی آب برگ با کاهش فتوسنتز و در مجموع کاهش عملکرد گیاه همراه است. در هر دو شرایط عدم تنش و تنش، محلول‌پاشی با آسکوربات ۲۰ میلی‌مولار به

Archive of SID

www.SID.ir

ترتیب موجب افزایش ۳/۱ و ٤/۳ درصدی در مقدار نسبی آب برگ شد (شکل ۱). در شرایط تنش محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ میلی‌مولار آسکوربات نیز در بهبود وضعیت آبی برگ تأثیر معنی‌داری داشت. در مجموع بالاترین مقدار نسبی آب برگ با میانگین ٦۲/۸۷ درصد در ترکیب تیماری ۸ روز آبیاری × آسکوربات ۲۰ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۱). این نتایج بیانگر نقش مؤثر آسکوربات در کاهش شدت تنش وارده به گیاه می‌باشد. اسیدآسکوربیک بر تشکیل پروتئین‌های دفاعی، انواع پروتئین کینازها و روبیسکو اثرگذار است. غلامی پورفرد و همکاران (۱۳۸۸) گزارش نمودند که اسید آسکوربیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در جهت کاهش صدمات ناشی از تنش خشکی در گیاه گوجه فرنگی مؤثر واقع گردید.

محلول‌پاشی متانول در شرایط عدم‌تنش تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۵). در حالی که در شرایط تنش، محلول‌پاشی با متانول ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی مقدار نسبی آب برگ را به‌ترتیب ۳/۹ و ٥/٤ درصد بهبود بخشید که از لحاظ آماری معنی‌دار نیز بود. با این حال، اختلاف معنی‌داری بین دو غلظت متانول مشاهده نگردید (جدول ۵). گوت و همکاران (۲۰۰۰)، اظهار داشتند بین محتوای نسبی آب در گیاه و غلظت این ترکیبات همبستگی مثبتی وجود دارد که سبب می‌شود گیاه را در شرایط تنش یاری رساند. در گیاهان تیمار شده با بالاترین غلظت‌های آسکوربات و متانول، مقدار نسبی آب برگ، با میزان ٦۰/۵ درصد، بیشتر از سایر ترکیبات تیماری بود که اختلاف معنی‌داری با مقادیر به‌دست آمده از دو سطح صفر و ۱۵ درصد حجمی متانول به همراه محلول‌پاشی۲۰ میلی‌مولار آسکوربات و نیز ترکیب تیماری آسکوربات و ۳۰ درصد حجمی متانول وجود نداشت (جدول ۷).

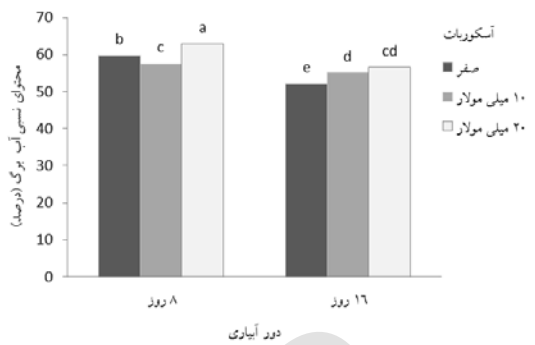
شاخص پایداری غشاء: شاخص پایداری غشاء با دو برابر شدن دور آبیاری به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (جدول ۷). این یافته با نتایج هینگ و همکاران (۲۰۰٤) در گیاه لوبیا مطابقت داشت. مواجه شدن گیاه با تنش خشکی موجب افزایش میزان نسخه برداری از ژن‌های اکسید کننده چربی‌های دیواره سلولی و در نهایت سبب تخریب دیواره سلولی خواهد شد (مکارون و همکاران، ۱۹۹۵). در هر دو شرایط تنش و عدم‌تنش، محلول‌پاشی با آسکوربات سبب افزایش این پارامتر گردید. در شرایط عدم‌تنش محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات حدود ٦/۸ درصد و در شرایط تنش محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار آسکوربات به‌ترتیب حدود ۳/۸ و ۲/٤ درصد، صفت شاخص پایداری غشاء را نسبت به عدم محلول‌پاشی بهبود بخشیدند (شکل ۲). سلاح ورزی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش نمودند که کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربات، نشت الکترولیتی گیاه مرزنجوش را در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار نمک، به میزان ۵۲ درصد کاهش داد. محلول‌پاشی متانول تأثیر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشاء داشت. در شرایط عدم‌تنش، محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی متانول، شاخص پایداری غشاء را تا میزان ۱۸ درصد بهبود بخشید. در شرایط تنش و عدم محلول پاشی متانول میزان این شاخص به‌طور متوسط ۷/٤ درصد بود که در پی محلول‌پاشی ۱۵ و سپس۳۰ درصد متانول، به ترتیب به ۱۰/۹ و ۱۳/٤ درصد رسید (جدول ۵). در بین ۹ ترکیب تیماری حاصل از کاربرد سطوح آسکوربات و متانول، محلول‌پاشی این دو تیمار در هر دو غلظت، موجب افزایش پایداری غشاء گردید. در این بین، بالاترین شاخص پایداری غشاء متعلق به گیاهانی بود که بیشترین غلظت‌های هردو تیمار را دریافت کرده بودند (جدول ۸). بنا بر گزارش کاریما و سالاما (۲۰۰۹) در گیاه پیاز و نیز امام و هلال (۲۰۰۸) در کتان، افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی آسکوربات و خنثی‌سازی مؤثر رادیکال‌های آزاد و مولکول‌های پراکسید هیدروژن، پایداری بیشتر غشای پلاسمایی این گیاهان را در سطوح بالای تنش شوری به همراه داشت.

نتیجه گیری

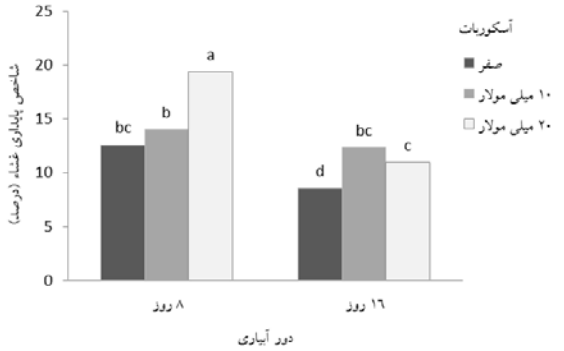
در مجموع نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار میزان ماده خشک در برگ و ساقه، وزن هزار دانه، تعداد شاخه فرعی در بوته، محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء و عملکرد روغن شد، ولی میزان رنگدانه های برگ به‌ویژه کلروفیل b را بهبود بخشید. محلول‌پاشی آسکوربات و متانول به‌ویژه در غلظت بالاتر سبب افزایش کلیه صفات یاد شده در هر دو شرایط تنش و عدم‌تنش گردید. گیاهانی که غلظت متوسط آسکوربات و غلظت بالای متانول را باهم دریافت کردند، به لحاظ تجمع ماده خشک، کلروفیل، میزان کاروتنوئید برگ، محتوای نسبی آب برگ و وزن هزار دانه از وضعیت مطلوبی برخوردار بودند، همچنین عملکرد روغن دانه در این شرایط ٦۱/۸۷ درصد بیشتر از شاهد بود. بنابراین در شرایط این آزمایش تیمار ۱۰ میلی‌مولار آسکوربات و ۳۰ درصد حجمی متانول قابل توصیه است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و آسکوربات



شکل ۲- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و آسکوربات

احیایی، ح.ر.، م. پارسا، م. کافی و م. نصیری‌محلاتی. ۱۳۸۹. اثر محلول‌پاشی متانول و دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.). نشریه‌ی پژوهش‌های حبوبات ایران. جلد۱، شماره ۲: ٤۸-۳۷.

بابایی، ا. ۱۳۷٤. بررسی اثر تنش آب در مراحل رشد و نمو، کمیت و کیفیت اسانس و مقدار روغن سیاه‌دانه (*Nigella sativa*). پایان نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی. دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد شمال. ۱٦۱ صفحه.

دانشیان، ج.، ق. نورمحمدی و پ. جنوبی. ۱۳۸۱. بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. سال هشتم. شماره ۱: ۱۰۸-۹۵.

سلاح ورزی، ی.، م. گلدانی، ج. نباتی و م. علیرضایی. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد برون زای آسکوربیک اسید بر برخی از تغییرات فیزیوشیمیایی مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) تحت تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران. جلد٤۲، شماره۲ :۱٦۷-۱۵۹.

صفرزاده ویشکایی، م.ن.، ق. نورمحمدی، ا. مجیدی و ب. ربیعی. ۱۳۸٦. اثر متانول برزشد و عملکرد بادام زمینی. مجله علوم کشاورزی. سال سیزدهم. شماره۱: ۱۰٤-۸۷ .

قربانلی، م.، ن. ادیب هاشمی و م. پیوندی. ۱۳۸۹. بررسی اثر شوری و اسیدآسکوربیک بر برخی پاسخ های فیزولوژیکی در گیاه سیاه‌دانه. (*Nigella sativa* L). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲٦. شماره ۳: ۳۸۸-۳۷۰.

قربانلی، م.، آ. بابائی، پ. باباخانلو، و م. میرزا. ۱۳۷۸. بررسی اثر تنش آبی در مراحل رشد ونمو، کمیت و کیفیت اسانس و مقدار روغن دانه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). مجله علوم زراعی ایران. جلد۳۰. شماره۳: ۵۹۳-۵۸۵.

کافی، م.، ب. کامکار، ح.ر. شریفی و م. گلدانی. ۱۳۸٤. فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۳۵ صفحه.

مقدم، پ. ۱۳۸٤. بررسی خصوصیات مرفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کنجد در تراکم‌های مختلف بوته و فواصل آبیاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۳. شماره۱: ۱۰٦-۹۵.

میرآخوری، م.، م.ر. پاک نژاد، ع.ر. اردکانی، پ. پازوکی، م. ناظری و ا. پورجهرمی. ۱۳۸۸. ارزیابی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر مقدار پروتئین و روغن دانه، سرعت و دوره پرشدن دانه سویا (L17). مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. جلد ۲. شماره ۲: ۱۸۳-۱۷۱.

نادعلی، ا.، ف. پاک‌نژاد، ف. مرادی و س. وزان. ۱۳۸۹. اثر متانول بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) رقم رسول در شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله به‌زراعی نهال و بذر. جلد ۲٦. شماره ۲: ۱۰٦-۹۵.

Adt, S. K., S. C. Clifford, W. Wanek, H. G. Jones and M. Popp. 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiol. 21:705-715.

Archive of SID

www.SID.ir

Ananieva, E. A., K. N. Christov and L. P. Popova. 2004. Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat. J. Plant Physiol. 161: 319–328.

Atesh, D. A. and O. T. Erdogrul. 2003. Antimicrobial activities of various medicinal and commercial plant extracts. Turk. J. Biol. 27: 157-162.

Beltagi, M. S. 2008. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. Afric. J. of Plant Sci. 2(10): 118-123.

Bhattacharya, S., N. C. Bhattacharya and B. B. Bhatnagar. 1985. Effect of ethanol, methanol and acetone on rooting etiolated of *Vigna radiate* in presence of sucrose and auxin. Ann. Bot. 55: 143-145.

Bidinger, F., B. B. Musgrave and R. A. Fischer. 1997. Contribution of stored preanthesis assimilates to grain yield wheat and barley. Nature. 270: 431-433.

Black, C. and C. Ong. 2000. Utilization of light and water in tropical agriculture. Agric. and Forest Meteprplogy. 104: 25-47.

D`antuono, F. L., A. Moretti and F. S. A. Lavato. 2001. Seed yield, components, oil content and essential oil content and composition of (*Nigella sativa* L.) and (*Nigella damascene* L.), Indus. Crops and Prod. 15: 59-69.

Day, A. D. and S. Intalap. 1999. Some effects of soil moisture on the growth of wheat. Agron. J. 62: 27- 29 .

Dolatabadian, A., S. A. M. Modarres Sanavy and M. Sharifi. 2009. Alleviation of water deficit stress effects by foliar application of ascorbic acid on (*Zea mays* L.). J. of Agron. and Crop Sci. 195: 347-355.

Downey, R. K. 1983. Origin and description of the Brassica oilseed. In: Kramer, J.K.G., F.D. Sauer and W.J. Pigden, (eds.). High and low erucic acid rapeseed oils production, usage, chemistry and toxicological evaluation. Academic press. Toronto. Canada. 1-20 pp.

Emam, M. M. and N. M. Helal. 2008. Vitamins Minimize the Salt-Induced Oxidative Stress Hazards. Aust. J. of Basic and Appli. Sci. 2: 1110-1119.

Foyer, C. H. and G. Noctor. 2005. Oxidant and antioxidant signalling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. Plant Cell Environ. 28: 1056–1071.

Gout, E., S. Aubert, R. Bligny, F. Rebeille, A. R. Nonomura, A. Benson and R. Douce. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. Plant Physiol. 123: 287-296.

Hernandez, L. F., C. N. Pellegrini and L. M. Malla. 2000. Effect of foliar application of methanol on growth and yield of sunflower. Phyton. 66: 1-8.

Hieng, B., K. Ugrinovi, J. Utar-Vozli and M. Kidri. 2004. Different classes of proteases are involved in the response to drought of (*Phaseolus vulgarise* L.) cultivars differencing in sensitivity. J. Plant Physiol. 161: 519-530.

Karima, H. and A. Salama. 2009. Amelioration of NaCl-induced alterations on the plasma membrane of (*Allium cepa* L.) by ascorbic acid. Aust. J. of Basic and Appl. Sci. 3: 990-994.

Kramer, P. S. 1983. Water ralations of plants. Academic Press. PP. 342-415.

Archive of SID

www.SID.ir

Li, Y., J. Gupta and A. K. Siyumbano. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. J. of Plant Nutr. 18: 1875–1880.

Nonomura, A. M. and A. A. Benson. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 89: 9794–9798.

Peralta-Videa, J. R., G. D. L. Rosa, J. H. Gonzalez and J. L. Gardea-Torresdey. 2004. Effects of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Adv. in Environ. Res. 8: 679-685.

Prochazkova, D., R. K. Sairam, G. C. Srivastava and D. V. Singh. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Sci. 161: 765-771.

Ramberg, H. A., J. S. C. Bradley, J. S. C. Olson, J. N. Nishio, J. Markwell and J. C. Osterman. 2002. The Role of Methanol in promoting plant growth: an update. Rev. Plant Biochem. Biotechnol. 1: 113-126.

Ramirez, I., F. Dorta, V. Espinoza, E. Jimenez, A. Mercado and H. Pena-Cortes. 2006. Effect of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. J. Plant Growth Regul. 25: 30-44.

Roa, M. S. and N. J. Mendham. 1991. Soil- plant-water relations of oilseed rape *(Brassica napus* and *B. compestris).* J. Agric. Sci. Cambridge. 117: 197-205.

Rowe, R. N., D. J. Farr and B. A. J. Richards. 1994. Effects of foliar and root applications of methanol or ethanol on the growth of tomato plants *(Lycopersicon escdentum* Mill.). New Zealand J. Crop Hortic. Sci. 22: 335-337.

Sánchez, F. J., M. Manzanares, E. F. de Andrés, J. L. Tenorio and L. Ayerbe. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Res. 59: 225–235.

Sairam, R. K. and G. C. rivastava. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): Variation in hydrogen proxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. J. Agron. Crop Sci. 186: 63–70.

Sheteawi, S. A. 2007. Improving growth and yield of salt-stressed soybean by exogenous application of jasmonic acid and ascobin. Inter. J. of Agric. and Biol. 9(3): 473-478.

Smirnoff, N. 1998. Plant resistance to environmental stress, Curr. Opin. Biotech. 9: 214–219.

Smirnoff, N. 2000. Ascorbic acid. Metabolism and functions of a multi-facetted molecule. Current Opinion Plant Biol. 3: 229-235.

Theodoridou, A., D. Dornemann and K. Kotzabasis. 2002. Light-dependent induction of strongly increased microalgal growth by methanol. Biochem. Biophys. Acta. 1573: 189–198.

Archive of SID

www.SID.ir

Agronomic and physiological response of *Nigella sativa* L. to ascorbate and methanol foliar application in water deficit stress

M. Baradaran Firouzabadi[1] , M. Parsaeiyan[2] , M. Baradaran Firouzabadi[3]

Received: 2015-7-30 Accepted: 2017-7-22

Abstract

Nowadays, the application of antioxidant and osmotic regulator substances is discussed in order to reduce the negative effects of various stresses. Ascorbate and methanol as the one of these substances cause resistant to stresses in plant. In order to examine this subject in medicinal plant of *Nigella sativa* L., an split plot factorial experiment based on randomized complete blocks design was conducted in three replications in University of Shahrood in 2011. The main factor was irrigation levels (8 and 16 day intervals as no stress and severe stress) and sub factors were foliar application of methanol (0, 15 and 30 %V) and ascorbate (0, 10 and 20 mM). Foliar applications of treatments were applied 45 and 55 days after planting. The results indicated that dry matter accumulation in leaf and stem, 1000 seed weight, number of secondary branches in plant, relative water content and membrane stability index were decreased by water deficit stress significantly. Foliar application of ascorbate and methanol especially in the highest concentration increased all traits except 1000 seed weight in stress and no-stress conditions. The higher amount of relative water content and membrane stability index were obtained from the highest concentrations of ascorbate and methanol together. Also, oil yield increased 27.8 percentage in this treatment. Therefore, combination of 20 Mm ascorbate and 30 %V methanol is advisable.

Keywords: Chlorophyll, dry matter, *Nigella sativa* L., oil yield

1- M.Sc. in Plant Medicine, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2- Assistant Professor in Plant Breeding, Department of Agronomy, Shahrood University of Thechnology. Shahrood, Iran
3- Associate Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Shahrood University of Thechnology, Shahrood, Iran

Archive of SID

www.SID.ir