Archive of SID

نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد نهم، شماره ۱(۳۳)، بهار ۱۳۹۴، صفحه ۷۸-۵۷

اثر سولفات‌روی و اسیدآسکوربیک بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک سرخارگل (*Echinacea purpurea*) در شرایط تنش کم‌آبی

فرهاد فرحوش[1*]، بهرام میرشکاری[2]، مریم فرزانیان[3] و امیرهوشنگ حسین‌زاده مقبلی[4]

چکیده

به منظور ارزیابی اثر سولفات‌روی و اسیدآسکوربیک بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea*) در پاسخ به تنش کم‌آبی آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در طی سال ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم آبی به‌عنوان فاکتور اصلی در ۳ سطح (a_1: آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر ،a_2: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و a_3: آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و ترکیب تیماری شامل سولفات روی در دو سطح (b_1: عدم مصرف و b_2: محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۵ در هزار) و محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک در ۴ سطح (c_1: عدم مصرف، c_2: ۵۰، c_3: ۱۰۰و c_4:۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان دادند که اعمال تنش کم آبی در سرخارگل منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار در صفات قطر ساقه، تعداد شاخه گل‌دهنده، تراکم روزنه، غلظت روی بخش هوایی، عملکرد تر بوته، محتوای رطوبت نسبی برگ (RWC)، شاخص سطح برگ (LAI)، غلظت پرولین، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) گردید. مقایسه میانگین‌ها برای اثر تنش خشکی نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری کامل با ۲/۸۵ بود. مقایسه میانگین‌ها برای ترکیب تیماری تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی نشان داد که بیشترین غلظت پرولین مربوط به تیمار محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۱۰/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر ،کمترین غلظت پرولین مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری کامل با ۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برآورد شدند. بیشترین سرعت رشد محصول به میزان ۶/۷۷ گرم بر متر مربع در روز به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن برابر ۴/۱۶ گرم بر متر مربع در روز مربوط به تیمار تنش ۱۷۰ میلی‌متر مربوط بودند. بیشترین سرعت رشد به میزان ۰/۱۹ گرم بر متر مربع در روز به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن برابر ۰/۱۴ گرم بر متر مربع در روز به تیمار تنش ۱۷۰ میلی‌متر مربوط بودند. بیشترین سرعت جذب خالص به میزان ۲/۶۴ گرم بر متر مربع در روز به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن برابر ۱/۹۱ گرم بر متر مربع در روز به تیمار تنش ۱۷۰ میلی‌متر اختصاص داشت. با توجه به نتایج این تحقیق کاربرد اسیدآسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان، می‌تواند اثرات مضر تنش کم‌آبی در برخی صفات مورد مطالعه از جملهNAR، CGR، RGR و RWC را در سرخارگل کاهش دهد.

واژگان کلیدی: اسیدآسکوربیک، تنش کم‌آبی، سرخارگل، سولفات‌روی.

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تبریز، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) farahvash@iaut.ac.ir
۲- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۹
۳- دانش آموخته‌ی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تبریز، ایران
۴- عضو هئیت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کلیبر، کلیبر، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سرخارگل (Purple coneflower) با نام علمی *Echinaceae purpurea* (L.) Monch. گیاهی علفی و چندساله است. این گیاه متعلق به تیره Asteraceae بوده و خاستگاه آن شمال آمریکا گزارش شده است (Chevallier, 1996). از مهم‌ترین خواص این گیاه افزایش قدرت سیستم ایمنی بدن در مقابل عوامل بیماری‌زا می‌باشد که سبب گردیده این گیاه به‌عنوان یک داروی مؤثر در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها همچون سرماخوردگی، آنفلوانزا و عفونت‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Li, 1998). تمام پیکر سرخارگل اعم از ریشه و پیکر رویشی حاوی مواد موثره ارزشمندی از قبیل ترکیبات آلکیل آمیدی، ترکیبات پلی ساکاریدی و نیز اسانس است (Gruenwald *et al.*, 1999). فراهم نمودن حاصلخیزی مناسب خاک با استفاده متعادل از کودهای شیمیایی و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی جهت حصول بیشینه عملکرد و کیفیت بهینه محصولات زراعی و کاستن از اثرات زیانبخش آنها بر محیط زیست می‌باشد (Chaudhry and Sarwar, 1999). روی به صورت یون دو ظرفیتی به‌وسیله‌ی ریشه‌های گیاه جذب می‌گردد. روی تشکیل دهنده و فعال‌کننده شماری از سیستم‌های آنزیمی است (Malakouti, 2003). یکی از وظایف عمده روی در گیاه، سنتز پروتئین بوده به‌طوری که کمبود آن پروتئین را کاهش و آمینواسیدهای آزاد و آمیدها را افزایش می‌دهد. با افزایش روی، تولید تریپتوفان و هورمون رشد اکسین (IAA) افزایش می‌یابد چرا که اکسین در فتوسنتز و رشد و توسعه برگ و ساقه گیاه نقش دارد (Nasiri *et al.*, 2010).

اسیدآسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان کوچک قابل حل در آب است که در سمیت زدایی گونه‌های فعال اکسیژن به‌ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد. به‌علاوه به‌طور مستقیم در خنثی کردن رادیکال‌های سوپر اکسید، اکسیژن منفرد، به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در باز تولید آلفا توکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست نقش ایفا می‌کند (Noctor and Foyer, 1998). اسیدآسکوربیک در کلروپلاست به‌صورت یک کوفاکتور برای چرخه ویولاگزانتین نیز عمل می‌کند (Smirnof, 2000). محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک می‌تواند مقاومت به تنش شوری و خشکی را افزایش دهد و سبب کاهش اثر تنش اکسیداتیو شود (Shatala and Neumann, 2001). همچنین، اسیدآسکوربیک در فرآیندهای رشد گیاه مانند فرآیند تقسیم سلولی، گسترش دیواره سلولی بر طبق فرضیه اسیدی نقش دارد (Smirnoff, 1993). محلول‌پاشی روی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در گیاه و وزن خشک ساقه‌ها را در گیاه ماش افزایش داد، همچنین محلول‌پاشی روی، منگنز و آهن به‌طور معنی‌داری پارامترهای رشدی، عملکرد و اجزای این گیاه را فزونی بخشید (Thalooth *et al.*, 2006). حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2008) در پژوهشی مشاهده کردند که در نعناع فلفلی محلول‌پاشی با عناصر کم مصرف بیشترین عملکرد خشک و عملکرد اسانس را در واحد سطح تولید نمود. در این بین عوامل محدودکننده محیطی می‌توانند تأثیر نامطلوبی بر رشد و تولید آن داشته باشند.

خشکی یکی از مهم‌ترین بازدارنده‌های تولید گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک دنیا به‌شمار می‌رود (Reddy *et al.*, 2004). شوبرا و همکاران (Shubhra *et al.*, 2004) در بررسی‌های خود روی همیشه بهار دریافتند که ارتفاع و تعداد گل در گیاه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافت. افزایش تنش باعث افزایش پرولین و کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

توان بالقوه آبی برگ‌ها و آب نسبی برگ‌ها در مرزه (*Satureja hortensis* L.) می‌شود (Bahernik, 2004). قربانلی و همکاران (Gorbanli *et al*., 2010) اثرات خشکی و اسیدآسکوربیک را بر دو رقم کلزا مورد بررسی قرار دادند. هدف از این تحقیق بررسی اثر سولفات روی و اسیدآسکوربیک بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک گیاه سرخارگل در پاسخ به تنش کم‌آبی بوده است.

مواد و روش‌ها

این بررسی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد که تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی و ترکیب سولفات روی و اسید آسکوربیک به عنوان فاکتورهای فرعی بودند. فاکتورهای آزمایش شامل: تنش در ۳ سطح: a_1: آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A (شاهد)، a_2: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و a_3: آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و محلول‌پاشی سولفات روی در ۲ سطح: b_1: عدم مصرف (شاهد) و b_2: سولفات روی به غلظت (۵ در هزار) و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۴ سطح c_1: عدم مصرف، c_2: ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، c_3: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و c_4: ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر. زمین طرح متشکل از ۷۲ کرت به ابعاد ۱/۵×۲ مترمربع که در هر کرت ۳ ردیف کاشت به صورت جوی پشته‌ای به فاصله ۴۵ سانتی‌متر و فرعی از همدیگر یک خط نکاشت و فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵متر و فاصله تکرارهای آزمایشی نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. پخش کودهای پایه مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک انجام شد (جدول ۱). محلول‌پاشی عنصر سولفات روی، صبح زود قبل از طلوع آفتاب در مرحله ۷-۶ برگی سرخارگل با غلظت ۵ در هزار انجام و بعد از محلول‌پاشی آبیاری صورت گرفت. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک صبح زود قبل از طلوع آفتاب و قبل از ظهور گل‌های سرخارگل (پایان دوره رویشی و قبل ازظاهر شدن گل‌ها) و شاهد با آب مقطر انجام شد. زمان اعمال تنش پس از انتقال گیاهچه‌ها به زمین اصلی بود. به منظور از بین بردن اثرات حاشیه‌ای دو ردیف حاشیه‌ای در نظر گرفته شد و همچنین دو بوته از ابتدا و انتهای هر کدام از ردیف‌های باقیمانده حذف گردید. در این پژوهش صفاتی از جمله قطر ساقه، تعداد شاخه‌های گل دهنده، عملکرد تر بوته، شاخص سطح برگ که برای اندازه‌گیری آن ابتدا از هر واحد آزمایشی نمونه‌برداری انجام و از رابطه سطح و وزن برگ استفاده شد. برای تعیین غلظت روی در بخش هوایی، پس از خشک کردن اندام هوایی گیاه (برگ، ساقه و گل) نمونه‌ها به صورت پودر درآمدند و از عصاره گیاهان به روش هضم میزان روی برآورد شد، برای تعیین تعداد روزنه، همزمان با مرحله گرده‌افشانی، برگ پنجم بالایی در هر بوته و در تمامی تیمارها (از هر تیمار ۳ برگ) انتخاب و پس از جداسازی از بوته مادری به آزمایشگاه منتقل گردیدند. برگ‌ها ابتدا با آب تمیز شسته شده و بعد از آب‌گیری، به‌وسیله چسب مایع و الکل سفید محلولی را تهیه و توسط قلم مو ، لایه نازکی از محلول را به قسمت رویین برگ مالیده و بعد از خشک شدن با استفاده از چسب نواری نمونه مورد مطالعه تهیه و پس از انتقال بر روی لام، در هر لام تعداد روزنه‌های ۵ حوزه دید میکروسکوپی شمارش و میانگین آن ثبت شد.

میزان پرولین اندام زیرزمینی با استفاده از روش بیتس (Bates, 1973) اندازه گیری شد.

برای محاسبه مؤلفه‌های آنالیز رشد از روابط زیر استفاده شد:

$$CGR = W_2-W_1/t_2-t_1 \quad (g.m^{-2}.day^{-1})$$

$$RGR= \ln W_2- \ln W_1 / t_2-t_1 \quad (g.g^{-1}.day^{-1})$$

$$NAR= LAI / CGR$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در این روابط W_2 و W_1 وزن خشک گیاه در آخرین نمونه‌برداری مورد نظر و نمونه‌برداری ما قبل آن و t_2 و t_1 زمان این نمونه‌برداری‌ها بود. برای تعیین وزن خشک در هر نمونه‌گیری، گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی با حرارت ۷۵ درجه سلسیوس خشک شده و سپس با کمک ترازوی دیجیتال ۰/۰۰۱ نمونه‌ها توزین گردید. محتوای رطوبت نسبی در برگ سوم از انتهای بوته در اواسط تنش‌دهی برداشت و بلافاصله وزن تر برگ مشخص شد. سپس با استفاده از آب مقطر، برگ‌های مورد نظر در داخل لوله‌های آزمایشی به مدت ۵ ساعت به حالت اشباع درآمد و مجدداً توزین شدند. در ادامه برگ‌ها در داخل آون ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده وپس از خشک شدن، وزن خشک برگ‌ها تعیین و RWC محاسبه گردید.

$$RWC = \frac{wf - wd}{wt - wd} \times 100$$

که در این معادله، wf: وزن تر نمونه گیاهی، wd: وزن خشک و wt: وزن اشباع می‌باشد.

پس از آماده‌سازی زمین مزرعه و همچنین گلخانه در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز آزمایش به مورد اجرا گذاشته شد. ایستگاه کشاورزی در فاصله ۷ کیلومتری شرق تبریز با مختصات طول جغرافیایی ما بین "۲۰ و `۲۶ و ° ۴۶تا "۳۵ و `۲۶ و ° ۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی ما بین "۱۳ و ` ۱و °۳۸ تا "۳۰ و ` ۱ و °۳۸ شمالی و ارتفاع ۱۳۶۵ متر ار سطح دریا واقع است. بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی تبریز میانگین سالانه دما ۱۱/۸ درجه سلسیوس، میانگین بیشینه دمای سالیانه ۱۷/۸درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی ۵۴ درصد و میانگین کمینه دما ۶/۶ درجه سلسیوس، و میانگین بارندگی ۳۰۱ میلی‌متر می‌باشد. بذرهای سرخارگل در ردیف‌هایی به فاصله ۱۰ سانتی‌متر و عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر (۱۵ اسفند ۱۳۹۱) در خزانه کاشته شدند. بذرها ۱۰ روز قبل از کاشت خیس شده بودند. با آبیاری منظم و به موقع و وجین علف‌های هرز سطح خزانه، بذرها پس از ۱۵ روز به تدریج سبز شدند. به دلیل رشد کند اولیه این گیاه، علف‌هرز سطح خزانه در طول رویش چند بار با دست وجین شد. نشاءها در تاریخ ۳۰ خرداد ماه (مرحله ۴-۳ برگی) در ردیف‌هایی به فاصله ۴۵ سانتی‌متر و فاصله ۲ بوته در ردیف ۲۵ سانتی‌متر و در شرایط کاملاً یکسان از نظر ویژگی‌های خاک به زمین اصلی به وسعت ۶۸۵ مترمربع منتقل شد. محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله ۷-۶ برگی گیاه انجام شد. حجم نمونه ۱۰٪ از بوته‌های هر واحد آزمایشی بود.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون‌های دانکن و LSD در سطح احتمال مناسب انجام شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار آماری S.A.S و MSTATC و SPSS و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌های صفات اندازه‌گیری شده و مؤلفه‌های محاسبه شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

قطر ساقه

مقایسات میانگین اثر متقابل سه جانبه تنش خشکی در محلول‌پاشی سولفات‌روی در محلول‌پاشی اسیداسکوربیک نشان داد که بیشترین قطر ساقه، از محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک همراه با محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری کامل با ۱۰/۷۹ میلی‌متر به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با ۱۰۰، ۱۵۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدآسکوربیک همراه با محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط آبیاری کامل به ترتیب با ۱۰/۶۵ و ۱۰/۱۹ میلی‌متر نداشت. کمترین

www.SID.ir

Archive of SID

قطر مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات‌روی و اسیدآسکوربیک در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۶/۴۴ میلی‌متر بود (جدول ۴). کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلولی از شرایط تنش خشکی ناشی می‌شود (Cabuslay *et al*., 2002) که باعث کاهش قطر ساقه نیز می‌گردد. افزایش قطر ساقه در حضور روی، به دلیل تولید بیشتر تریپتوفان و هورمون‌های رشدی اکسین (IAA) است. با افزایش IAA، کلروفیل بیشتری ساخته می‌شود و میزان فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد. روی در سوخت و ساز DNA و RNA نیز مؤثر است و در تولید اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. وجود اسیدهای نوکلئیک برای رشد و تکثیر سلول‌ها الزامی است، بنابراین روی در انبساط سلول‌ها و تقسیم و طویل شدن آنها در بافت‌های مریستمی و در نهایت در رشد بوته‌ها مؤثر است (Malakooti and Lotfollahi, 1999). اسمیرنوف (Smirnoff, 2000) معتقد است که اسیدآسکوربیک به‌عنوان یک مولکول کوچک ولی با توان فیزیولوژیک زیاد می‌تواند فرآیندهای ماده‌سازی به‌ویژه ساخت قندها را در جهتی القاء کند که در نهایت رشد تامین گردد (Barkosky and Einhelling,2003).

تعداد شاخه گل‌دهنده

مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات‌روی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه گل‌دهنده مربوط به تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری کامل با ۸/۱ شاخه گل دهنده بود. کمترین تعداد مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۲/۲۳ شاخه گل دهنده بود (جدول ۳). در تیمار محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بیشترین شاخه گل‌دهنده مربوط به کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌گرم بر لیتر اسیدآسکوربیک به‌ترتیب با ۵/۸ و ۵/۸۳ شاخه گل‌دهنده داشت. کمترین تعداد نیز با ۴/۳ شاخه گل‌دهنده به تیمار عدم محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک مربوط بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیداسکوربیک با ۴/۸۷ شاخه نداشت (شکل ۱). وقوع تنش، سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی و توسعه رویشی در گیاه می‌شود. از علایم کاهش توسعه رویشی می‌توان به کاهش تعداد ساقه فرعی در گیاه اشاره کرد. سرمدنیا و کوچکی (Sarmadnia and Kouchaki, 1997) و ولدآبادی و همکاران (Valadabadi *et al*., 2000) نتایج مشابهی را در پژوهش‌های خود به دست آورده‌اند. کاهش تعداد شاخه‌های جانبی بر اثر تنش خشکی توسط حسنی و امیدبیگی (Hassani and Omidbeigi, 2002) در ریحان و حسنی (Hassani, 2006) در بادرشبی گزارش شده است. محلول‌پاشی با هر چهار کود سولفات روی، سولفات آهن، سولفات منگنز و سولفات مس سبب افزایش متابولیسم کربوهیدرات‌ها و فعال‌سازی آنزیم‌ها می‌شود (Shoor *et al*., 2010)، بنابراین به نظر می‌رسد که با افزایش تولید مواد فتوسنتزی تعداد شاخه گل‌دهنده بیشتری ایجاد می‌شود. اسیدآسکوربیک می‌تواند فرآیندهای ماده‌سازی به‌ویژه ساخت قندها را در جهتی القاء کند که در نهایت رشد تامین گردد (Smirnoff , 2000).

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین‌ها برای اثر تنش خشکی نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری کامل با ۲/۸۵ بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۲/۰۳ داشت. کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۱/۲۸ بود (شکل ۲). محلول‌پاشی سولفات‌روی باعث افزایش شاخص سطح برگ شد به‌طوری‌که بیشترین

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص سطح برگ مربوط به محلول‌پاشی سولفات روی با ۳/۳۲ و کمترین شاخص سطح برگ با ۲/۸۵ به عدم محلول‌پاشی مربوط بود (شکل ۳). در تیمار محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به کاربرد ۱۰۰و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید آسکوربیک به‌ترتیب با ۳/۵۰ و ۳/۴۷ اختصاص داشت. کمترین شاخص سطح برگ نیز با ۲/۸۵ به تیمار عدم محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک مربوط بود (شکل ۴). کاهش مقدار نسبی آب برگ، کاهش پتانسیل فشاری سلول‌های برگ در نتیجه توقف رشد برگ، کاهش تقسیم سلولی بر اثر افزایش میزان اسیدآبسیسیک و تأمین نشدن فرآوردهای فتوسنتزی مورد نیاز برای رشد برگ در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش خشکی ذکر شده‌اند (Hong-Bo *et al.*, 2008). کمبود آب، تعداد برگ در گیاه، اندازه و طول برگ را کاهش می‌دهد. گسترش سطح برگ به تورژسانس برگ، دما و میزان اسیمیلات‌ها برای رشد بستگی دارد که همگی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (Reddy *et al.*, 2004). مواد تغذیه‌ای از طریق بهبود تعداد و اندازه سلول‌های برگ موجب توسعه سطح برگ می‌شود. شاخص سطح برگ به‌عنوان جنبه کمی از نمو گیاه است و بیان کننده افزایش در تعداد و اندازه سلول‌ها است که مصرف عناصر معدنی به ویژه ریزمغذی‌ها همبستگی مثبتی با این روند افزایشی نشان می‌دهد (Mohseni *et al.*, 2004). فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayatgholizade, 2009) افزایش سطح برگ جو در اثر محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و مس را گزارش کردند. اسمیرنوف (Smirnoff, 2000) معتقد است که اسیدآسکوربیک می‌تواند فرآیندهای ماده‌سازی به‌ویژه ساخت قندها را در جهتی القاء کند که در نهایت رشد تامین گردد.

تراکم روزنه در بشره فوقانی

مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی سولفات‌روی نشان داد که بیشترین تراکم روزنه مربوط به تیمار محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط آبیاری کامل با ۱۷/۳۳ روزنه بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک با ۱۷ روزنه نداشت. کمترین تعداد مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۱۴/۶۷ روزنه بود (جدول ۳). در تیمار محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بیشترین تعداد روزنه مربوط به کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید آسکوربیک به‌ترتیب با ۱۶/۴، ۱۶/۸ و ۱۷ عدد روزنه بود. کمترین تعداد روزنه نیز با ۱۵/۸۷ عدد به تیمار عدم محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک مربوط بود (شکل ۵). به نظر می‌رسد که کاهش سطح برگ بوته بر اثر تنش خشکی موجب کاهش تعداد روزنه برگ شده است. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و اسیدآسکوربیک با توجه به نقش آنها در رشد و توسعه سلول‌ها و سطح برگ موجب افزایش تعداد روزنه در برگ‌ها شده است.

غلظت روی بخش هوایی

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی سولفات‌روی نشان داد که بیشترین میزان روی مربوط به تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری کامل با ۴۵/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بود. کمترین میزان روی اندام هوایی مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۱۰/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک حاصل شد (جدول ۳). در اثر کمبود آب، به دلیل کاهش حجم آب خاک و در نتیجه کاهش توزیع مواد غذایی در بافت خاک، جذب مواد غذایی از طریق ریشه، کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

می‌یابد. علاوه بر این، انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به شاخه‌ها کاهش می‌یابد. افزایش تنش خشکی سبب اختلال در انتقال مواد و عناصر در داخل گیاه نیز می‌شود (Cakmak, 2008). با مصرف مقدار کافی روی در خاک، مقدار روی مورد نیاز برای رشد مطلوب گیاه فراهم می‌گردد، حتی در مواقعی که روی موجود در گیاه به خاطر رشد زیاد گیاه و بر اثر کاربرد فسفر رقیق‌تر گردد (Malakooti and Lotfollahi, 1999). کریمیان (Karimiyan, 1994) با مصرف سولفات روی در مزارع ذرت دریافت که مصرف روی در اغلب خاک‌ها، موجب افزایش غلظت روی و جذب کل روی توسط ذرت می‌شود. در آزمایش موحدی‌دهنوی (Movahhedi Dehnavi, 2004) در گلرنگ نیز با محلول‌پاشی سولفات‌روی، غلظت روی در بخش هوایی افزایش یافت.

عملکرد تر اندام هوایی

مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی سولفات‌روی نشان داد که بیشترین عملکرد بوته مربوط به تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری کامل با ۱۵۰۴/۴۲ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین عملکرد تر بوته مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۴۳۲/۱۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). در تیمار محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بیشترین عملکرد تر مربوط به کاربرد ۱۰۰و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدآسکوربیک به‌ترتیب با ۱۰۴۶/۲۷ و ۱۰۴۷/۱۷ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. کمترین عملکرد تر نیز با ۸۲۷/۹۳ کیلوگرم در هکتار به تیمار عدم محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک مربوط بود (شکل ۶). کاهش شدید طول و عرض برگ و به تبع آن کاهش سطح برگ، کاهش ارتفاع، همگی در جهت کاهش سطح تبخیر کننده گیاه است و در نتیجه فتوسنتز گیاه و عملکرد تر بوته کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش وزن تر در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی، به دلیل جلوگیری از توسعه و رشد سلولی ناشی از کاهش فشار تورگر باشد (Rane *et al*., 2001). غلامی‌توران‌پشتی و همکاران (Gholami Turanposhti *et al*.,2006) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که تأثیر تنش خشکی بر وزن تر و خشک کل زعفران منفی و معنی‌دار بود. عناصر ریزمغذی به ویژه روی با تأثیری که بر افزایش مواد فتوسنتزی گیاه دارند، می‌توانند موجب افزایش عملکرد تر گیاه گردند. افزایش وزن تر ساقه بر اثر مصرف روی به خاطر افزایش میزان بیوسنتز اکسین است (Khaladbarin and Eslamzadeh, 2001).

غلظت پرولین

مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی سولفات‌روی نشان داد که بیشترین میزان پرولین مربوط به تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۱۰/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. کمترین میزان پرولین مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری کامل با ۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ۳). در تیمار محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بیشترین میزان پرولین مربوط به کاربرد ۱۰۰و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید آسکوربیک به‌ترتیب با ۰/۲۱۲ و ۰/۲۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر اختصاص داشت. کمترین میزان پرولین نیز با ۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به تیمار عدم محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک مربوط بود (شکل ۷). تنش آبی اثر معنی‌داری بر پارامترهای رشدی، عملکرد پیکره رویشی، روابط آبی، میزان کلروفیل، انباشت پرولین، قندهای محلول، مقدار و عملکرد اسانس گیاه ریحان دارد (Hassani *et al*., 2003). در شرایط تنش خشکی، گیاهان رشد خود را متوقف می‌سازند و تجمع مواد محلول را در سلول‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور دسترسی بیشتر به آب افزایش می‌دهند. این امر تنظیم اسمزی نامیده می‌شود (Patakas *et al*., 2002). نقش مشخص پرولین، تنظیم فشار اسمزی است و از اکسیداسیون درونی سلول‌ها در شرایط تنش جلوگیری می‌کند، به همین دلیل، پرولین در گیاهانی که تحت تنش‌های سخت قرار می‌گیرند تجمع می‌یابد. این نتیجه با نتایج بایر (Bayer, 2007) در یک راستا قرار دارد. عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی در امر تنظیم اسمزی (به دلیل افزایش میزان پرولین و یا قندهای محلول) نقش دارند. به‌طور کلی، پرولین از دو مسیر عمده ساخته می‌شود: مسیر گلوتامات که آنزیم‌های آن در سیتوپلاسم و مسیر اورنیتین که آنزیم‌های آن در میتوکندری قرار دارند. مسیر گلوتامات در گیاهان عالی اهمیت بیشتری دارد و به نظر می‌رسد که آنزیم‌های کلیدی این مسیر به محلول‌پاشی روی، منگنز، آهن و مس واکنش مثبت نشان داده‌اند (Delaney *et al*., 1993). گادلا (Gadallah, 2000) نشان داد که تیمار روی در بهبود وضعیت رشد سویا در شرایط تنش اسمزی نقش حیاتی دارد. بنابراین، می‌توان افزایش پرولین و قندهای محلول را در واکنش به محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در شرایط تنش رطوبتی را به نقش این عناصر و کمک آنها در تنظیم اسمزی نسبت داد.

محتوای رطوبت نسبی برگ

مقایسه میانگین‌ها برای اثر متقابل تنش خشکی در محلول‌پاشی سولفات‌روی نشان داد که بیشترین میزان محتوای رطوبت نسبی مربوط به تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری کامل با ۸۱/۶۵ بود. کمترین میزان این صفت مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی سولفات‌روی در شرایط آبیاری پس از تبخیر ۱۷۰ میلی‌متر از تشتک با ۵۵/۴۷ درصد حاصل شد (جدول ۳). در تیمار محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بیشترین محتوای رطوبت نسبی مربوط به کاربرد ۱۰۰و ۱۵۰ اسید آسکوربیک به‌ترتیب با ۷۶/۲۶ و ۷۷/۸۹ و کمترین محتوای رطوبت نسبی نیز با ۷۱/۵۸ به تیمار عدم محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بود (شکل ۸). تنش خشکی موجب کاهش میزان آب نسبی گردید. با کاهش آب در خاک، گیاه میزان آب پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رساند تا آب با نیروی بیشتری وارد گیاه شود. همین امر سبب کاهش آب در درون بافت‌ها در شرایط خشکی نسبت به شرایط بدون تنش خشکی می‌گردد. این نتیجه با نتایج سوریانو و همکاران (Soriano *et al*., 2001) همخوانی دارد. کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ بر اثر تنش خشکی، دارای همبستگی مثبت و بالایی با محتوای رطوبتی خاک است (Nautiyal *et al*., 2002). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش RWC شناخته شده‌اند (Tarumingkeng and Cotto, 2003). کوستا-فرانکا و همکاران (Costa-Franca *et al*., 2000) گزارش کردند که از میزان رطوبت نسبی برگ لوبیا بر اثر خشکی کاسته می‌شود. نقش ریزمغذی‌ها در تنظیم اسمزی و حفظ پتانسیل آب گیاه بیشترین اثر را در حفظ رطوبت برگ دارد و بالاترین میزان RWC را نشان می‌دهد. افزایش RWC بر اثر مصرف عناصر ریزمغذی در تحقیق همراهی و همکاران (Hamrahi *et al*., 2008) در کلزا گزارش شده است. به احتمال زیاد با توجه به نقش اسید اسکوربیک در توسعه ریشه گیاه و افزایش توان جذب رطوبت خاک موجب افزایش محتوای رطوبت نسبی می‌شود.

سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول در تمام تیمارها تا حدودی مشابه بود. بدین ترتیب که سرعت رشد محصول در

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدای فصل به کندی افزایش پیدا کرد و سپس با شتاب بیشتری به بیشینه‌ی خود رسید و پس از آن روند نزولی پیدا کرد. بیشترین سرعت رشد به میزان ۶/۷۷۳ گرم برمترمربع در روز به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن برابر ۴/۱۶ گرم بر مترمربع در روز مربوط به تیمار تنش ۱۷۰ میلی‌متر مربوط بود (شکل ۹). بالا بودن سرعت رشد در شرایط آبیاری کامل به دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ و متعاقب آن بالا بودن وزن خشک تولیدی بود. در اوایل رشد به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی و پایین بودن درصد جذب تابش، گیاه از سرعت رشد کمتری برخوردار بود. با افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره‌گیری بهتر از تابش خورشیدی، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح و سرعت رشد گیاه افزایش یافت. در مراحل بعدی به خاطر سایه‌اندازی اندام‌های فوقانی روی برگ‌ها، کاهش قدرت فتوسنتزی گیاه و پیری برگ‌ها، سرعت رشد گیاه به سرعت کاهش می‌یابد (Gholipoor *et al*., 2004). در شرایط آبیاری کامل به دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ و ماده خشک تولیدی میزان CGR بالا است. زیرا برخی از پژوهشگران معتقدند که CGR رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتز کننده دارد (Sidlauskas and Bernotas, 2003). بیشترین سرعت رشد به میزان ۸/۶۳ و ۸/۶ گرم برمترمربع در روز به تیمار محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار آن برابر ۶/۷۷ گرم برمترمربع در روز به تیمار عدم مصرف اسیدآسکوربیک مربوط بود (شکل ۱۰). بالا بودن سرعت رشد در شرایط کاربرد اسیدآسکوربیک می‌تواند به دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ سرخارگل بوده باشد. بیشترین سرعت رشد به میزان ۱۳/۸۳۳ گرم برمترمربع در روز به تیمار مصرف سولفات‌روی مربوط بود. کمترین مقدار آن برابر ۶/۷۳ گرم برمترمربع در روز به تیمار شاهد مربوط بود (شکل ۱۱). بالا بودن سرعت رشد در شرایط محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به دلیل نقش این عناصر به خصوص روی در افزایش شاخص سطح برگ است.

سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی در ابتدای دوره رشد در تمامی ارقام در بالاترین میزان خود بود و سپس با طی شدن دوره رشد از حدود ۷۵ روز پس از سبز شدن، به دلیل افزایش سایه‌اندازی به تدریج شروع به کاهش کرد. بیشترین سرعت رشد به میزان ۰/۱۹ گرم برمترمربع در روز به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن برابر ۰/۱۴ گرم برمترمربع در روز به تیمار تنش ۱۷۰ میلی‌متر مربوط بود. به‌طور کلی، با گذشت زمان RGR کاهش یافت (شکل ۱۲). سرعت رشد نسبی در ابتدای دوره رشد در تمام تیمارها در بالاترین میزان خود بود و سپس با طی شدن دوره رشد از حدود ۷۵ روز پس از کاشت شروع به کاهش کرد.

بیشترین سرعت رشد به میزان ۰/۰۹۸ و ۰/۰۹۵ گرم برمترمربع در روز به تیمار مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار آن برابر ۰/۰۵۷ گرم برمترمربع درروز به تیمار عدم مصرف اسیدآسکوربیک مربوط بود که اختلاف معنی‌داری با مصرف ۵۰ میلی‌گرم برلیتر با ۰/۰۷ گرم برمترمربع نداشت (شکل ۱۳). بالا بودن سرعت رشد در شرایط کاربرد اسیدآسکوربیک به دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ سرخارگل بود. بیشترین سرعت رشد به میزان ۰/۲۰۹ گرم برمترمربع در روز به تیمار مصرف سولفات‌روی مربوط بود. کمترین مقدار آن برابر ۰/۱۵۵ گرم برمترمربع در روز به تیمار شاهد مربوط بود (شکل ۱۴). بالا بودن سرعت رشد در شرایط محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به دلیل نقش این عناصر به خصوص روی در افزایش شاخص سطح برگ است.

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت جذب خالص

بیشترین سرعت جذب خالص به میزان ۲/۶۴۳ گرم بر متر مربع در روز به تیمار شاهد و کمترین مقدار آن برابر ۱/۹۱۲ گرم برمترمربع در روز به تیمار تنش ۱۷۰ میلی‌متر مربوط بود (شکل ۱۵). بالا بودن سرعت جذب خالص در مراحل اولیه رشد به دلیل کمتر بودن شاخص سطح برگ بود، برگ‌ها به‌طور کامل در معرض نور قرار داشتند، بنابراین سرعت جذب خالص آن‌ها در حداکثر بود. از حدود ۱۰۵ روز پس از سبز شدن مقدار جذب خالص روند نزولی پیدا کرد که این موضوع بشتر از افزایش شاخص سطح برگ‌ها و افزایش تعداد برگ در بوته‌های سرخارگل و در نتیجه زیادتر شدن سایه‌اندازی در بین آنها ناشی می‌شود. بالاک (Balak, 1993) بیان کرد که با افزایش شاخص سطح برگ میزان جذب خالص کاهش می‌یابد و میزان جذب خالص از ابتدا تا انتهای فصل رشد روند نزولی دارد. بیشترین سرعت جذب خالص به میزان ۳/۱۴۴ و ۳/۰۲۷ گرم برمترمربع در روز به تیمار مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر وکمترین مقدار آن برابر ۲/۱۲ گرم برمترمربع در روز به تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک مربوط بود که اختلاف معنی‌داری با مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدآسکوربیک با ۲/۱۲ گرم برمترمربع در روز نداشت (شکل ۱۶). بیشترین سرعت جذب خالص به میزان ۵/۳ گرم برمترمربع در روز در تیمار مصرف سولفات‌روی بود. کمترین مقدار آن معادل ۲/۶۴۳ گرم برمترمربع در روز به تیمار شاهد مربوط بود (شکل ۱۷).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان اظهار نمود که کاربرد اسیدآسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان اثرات مضر تنش خشکی را در برخی صفات مورد مطالعه در سرخارگل کاهش و عملکرد بیولوژیک سرخارگل را افزایش می‌دهد. محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله ۷- ۶ برگی سرخارگل و اعمال تنش ملایم آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک می‌تواند در تولید این گیاه مناسب باشد.

سپاس‌گزاری

این مقاله از طرح تحقیقاتی که با بودجه پژوهشی و حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به انجام رسیده است، استخراج شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- The physical and chemical properties of soil in experimental site

روی Zn mg kg-1	پتاسیم K mg kg-1	فسفر P mg kg-1	نیتروژن N mg kg-1	ماده آلی O.M(٪)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	pH	بافت خاک Soil Texture
0.96	490	15	0.09	0.92	1.91	7.93	S.L

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده روی گیاه سرخارگل

Table 2-Analysis of variance measured traits on the *Echinacea purpurea*

S.O.V.	df	Ms (میانگین مربعات)					
		تراکم روزنه Stomata density	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد شاخه گل دهنده Number of flowering branch	قطر ساقه diameter of stem	غلظت روی Zinc concentration	محتوای رطوبت نسبی Relative water content
تکرار Replication	2	0.6709**	0.0521^{ns}	0.0762^{ns}	0.9824^{ns}	0.9669^{ns}	0.3505^{ns}
تنش آبی Water stress	2	10.6834**	14.8301**	48.0937**	16.97**	1936.2969**	2833.709**
خطا Error	4	3.2288	0.0202	0.6762	0.1085	48.5878	2.331
سولفات‌روی Zinc sulfate	1	37.845**	1.7087**	168.667**	30.7982**	5605.993**	516.2755**
اسیدآسکوربیک Ascorbic acid	3	4.9581**	1.013**	5.646**	3.4161**	0.5426^{ns}	49.8558**
تنش × سولفات‌روی Stress× zinc sulfate	2	0.5487**	0.1252^{ns}	4.7801**	1.4654**	146.7884**	35.4709**
تنش×اسیدآسکوربیک Stress× ascorbic acid	6	0.0116^{ns}	0.0063^{ns}	0.0387^{ns}	0.0701^{ns}	0.01587^{ns}	1.1744^{ns}
سولفات‌روی × اسیدآسکوربیک zinc sulfate× ascorbic acid	3	0.0246^{ns}	0.0631^{ns}	0.2572^{ns}	0.0128^{ns}	0.0278^{ns}	1.375^{ns}
تنش×سولفات‌روی×اسیدآسکوربیک Stress× zinc sulfate× ascorbic acid	6	0.0606^{ns}	0.0149^{ns}	0.0173^{ns}	0.1312**	0.03818^{ns}	1.494^{ns}
خطا Error	42	0.10609	0.08487	0.30466	0.03345	1.44146	0.80179

ns، * و** به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, *, **: non significant, significant at the 5 and 1% probability, respectively

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۲

Table 2 continued

S.O.V.	df	Ms (میانگین مربعات)					
		میزان پرولین prolin	CGR1	CGR2	CGR3	CGR4	CGR5
تکرار Replication	2	0.25413 **	0.28625 *	0.36430 *	0.96555 *	1.63793 **	0.70625 **
تنش آبی Water stress	2	386.8166 **	18.93792 **	20.56680 **	56.79337 **	58.88183 **	55.01397 **
خطاError	4	0.7682	0.45729	0.33951	1.27082	0.13199	0.19324
سولفات‌روی Zinc sulfate	1	176.635 **	101.29389 **	**97.76680	**798.46740	980.72823 **	73.66754**
اسیدآسکوربیک Ascorbic acid	3	1.0551**	**4.96037	4.71902 **	9.35822 **	9.84586 **	7.92851 **
تنش × سولفات‌روی Stress× zinc sulfate	2	35.197 **	2.13597 **	2.61263 ns	2.26885 ns	1.38855 *	9.50842 ns
تنش×اسیدآسکوربیک Stress× ascorbic acid	6	0.0868 ns	.039398 ns	0.08180 ns	0.02538 ns	0.191427 ns	0.107318 ns
سولفات‌روی × اسیدآسکوربیک zinc sulfate× ascorbic acid	3	0.125 ns	0.053518 ns	0.02754ns	0.10424 ns	0.01524 ns	0.071261 ns
تنش×سولفات‌روی×اسیدآسکوربیک Stress× zinc sulfate× ascorbic acid	6	0.0321 ns	0.061157 ns	0.03837 ns	0.089595 ns	0.05437 ns	0.073116 ns
خطاError	42	0.04595	0.07647	0.10412	0.20454	0.30143	0.061466
ضریب تغییراتcv٪		4.55	6.64	6.74	4.59	6.26	9.13

ns، * و** به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, *, **: non significant, significant at the 5 and 1% probability, respectively

ادامه جدول ۲

Table 2 continued

S.O.V.	df	Ms (میانگین مربعات)					
		RGR1	RGR2	RGR3	RGR4	RGR5	NAR1
تکرار Replication	2	0.010508 ns	0.00782**	0.00108**	0.00122**	0.00066 ns	1.84993 ns
تنش آبی Water stress	2	0.035752*	0.03378**	0.011881**	0.00392**	0.00075*	3.22438*
خطاError	4	0.015334	0.008911	0.000739	0.00047	0.00054	2.27651
سولفات‌روی Zinc sulfate	1	0.170528**	0.03046**	0.05578**	0.01022**	0.00082*	59.11468**
اسیدآسکوربیک Ascorbic acid	3	0.029678*	0.021640**	0.00879**	0.00831**	0.00036 ns	0.86096 ns
تنش × سولفات‌روی Stress× zinc sulfate	2	0.00155 ns	0.000726 ns	0.002566**	0.000253 ns	0.00048 ns	0.88112 ns
تنش×اسیدآسکوربیک Stress× ascorbic acid	6	0.009162 ns	0.000019 ns	0.0000701 ns	0.00004 ns	0.00016 ns	0.53762 ns
سولفات‌روی × اسیدآسکوربیک zinc sulfate× ascorbic acid	3	0.00576 ns	0.000744 ns	0.00007 ns	0.00001 ns	0.00014 ns	0.60439 ns
تنش×سولفات‌روی×اسیدآسکوربیک Stress× zinc sulfate× ascorbic acid	6	0.01005 ns	0.000043 ns	0.00013 ns	0.00001 ns	0.00016 ns	0.33062 ns
خطاError	42	0.00911	0.000404	0.000131	0.00023	0.00021	0.68571
ضریب تغییراتcv٪		20.2	18.87	23.56	12.09	10.52	30.15

ns، * و** به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, *, **: non significant, significant at the 5 and 1% probability, respectively

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۲

Table 2 continued

منابع تغییر S.O.V.	df	Ms (میانگین مربعات)				
		NAR2	NAR3	NAR4	NAR5	عملکرد تر بوته Fresh yield of plant
تکرار Replication	2	0.10782*	0.12281^{ns}	0.30226**	0.78333**	32482.096^{ns}
تنش آبی Water stress	2	0.44121**	10.69456**	8.94149**	3.30595**	1381458.776**
خطا Error	4	0.19963	0.17141	0.08619	0.30040	50666.114
سولفات‌روی Zinc sulfate	1	81.97547**	72.85049**	37.06318**	29.41573**	7238293.373**
اسیدآسکوربیک Ascorbic acid	3	1.61762**	2.68033**	1.71915**	1.55535**	217134.325**
تنش × سولفات‌روی Stress× zinc sulfate	2	2.41715^{ns}	0.71001**	1.32498^{ns}	0.20962^{ns}	43297.623*
تنش×اسیدآسکوربیک Stress× ascorbic acid	6	0.01376^{ns}	0.010327^{ns}	0.11715**	0.026238^{ns}	2200.22^{ns}
سولفات‌روی × اسیدآسکوربیک zinc sulfate× ascorbic acid	3	0.03378^{ns}	0.00791^{ns}	0.02723^{ns}	0.07035^{ns}	123.569^{ns}
تنش×سولفات‌روی×اسیدآسکوربیک Stress× zinc sulfate× ascorbic acid	6	0.01430^{ns}	0.02668^{ns}	0.024661^{ns}	0.02723^{ns}	1760.168^{ns}
خطا Error	42	0.03249	0.11379	0.026271	0.13269	8739.22
ضریب تغییرات cv٪		8.79	22.68	7.99	10.25	4.91

ns، * و** به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, *, **: non significant, significant at the 5 and 1% probability, respectively

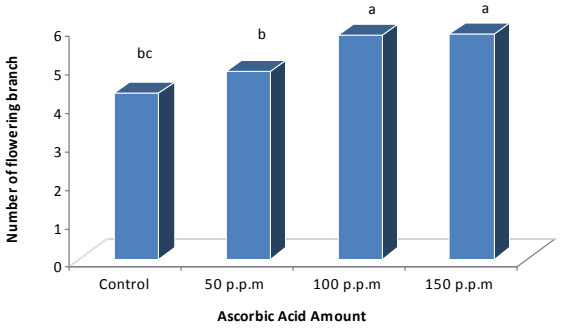
جدول۳- مقایسه میانگین بین سطوح مختلف تنش خشکی در ریزمغذی براساس آزمون LSD برای صفات مورد مطالعه

Table 3- Comparison between the different levels of drought stress on the characteristics of the studied micronutrients according to LSD test

تنش Stress	ریزمغذی microelement	عملکرد تر بوته Fresh weight of bush (Kg/ha)	غلظت پرولین Proline concentration mg/g fresh weight)	محتوای رطوبت نسبی برگ Relative water content of leaf	تعداد شاخه گل‌دهنده Number of flowering branch	تراکم روزنه Stomata density	غلظت روی Zinc concentration (mg/g dry weight)
۷۰ میلی‌متر 70 mm	عدم مصرف Control	827.93	0.08	71.58	4.3	15.87	23.51
	مصرف سولفات‌روی With $ZnSO_4$	1504.42	0.279	81.65	8.1	17.33	45.76
۱۲۰ میلی‌متر 120 mm	عدم مصرف Control	545.16	3.137	71.25	3.23	15.33	16.56
	مصرف سولفات‌روی With $ZnSO_4$	1167.32	1.36	75.94	7	17	34.96
۱۷۰ میلی‌متر 170 mm	عدم مصرف Control	432.15	5.33	55.47	2.23	14.67	10.59
	مصرف سولفات‌روی With $ZnSO_4$	1032.83	10.16	58.95	4.57	16	22.88
LSD 5%		77.02	0.1648	0.7369	0.4543	0.2682	0.9887

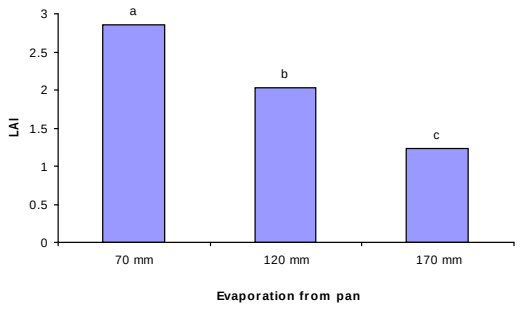
www.SID.ir

Archive of SID



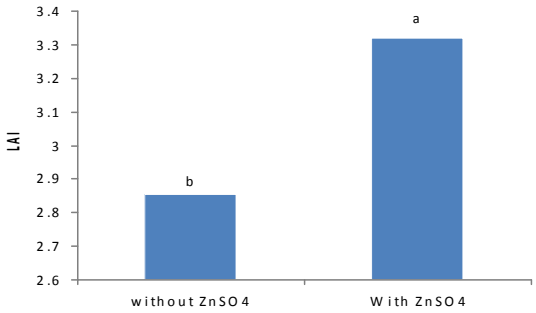
شکل ۱ – اثر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر تعداد شاخه گل دهنده

Figure 1- Effect of ascorbic acid spray on flowering branch numbers



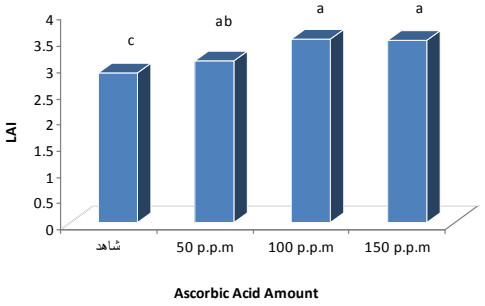
شکل ۲ – اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ

Figure 2- Effect of drought stress on leaf area index



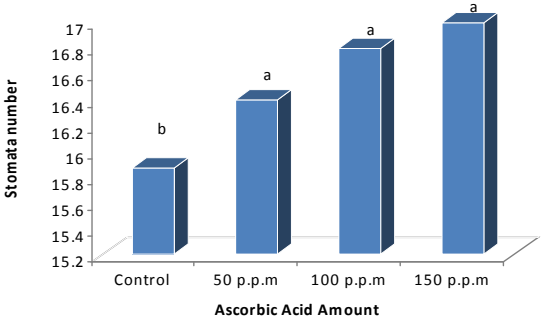
شکل ۳ – اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر شاخص سطح برگ

Figure 3- Effect of zinc sulfate on leaf area index



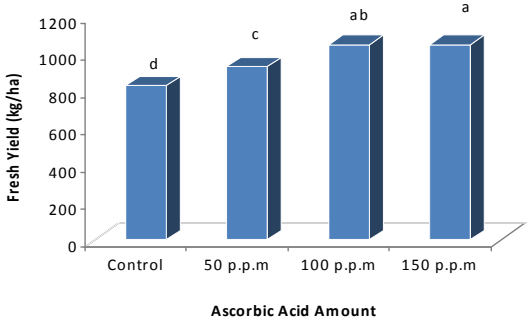
شکل ۴– اثر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر شاخص سطح برگ

Figure 4- Effect of ascorbic acid spray on leaf area index



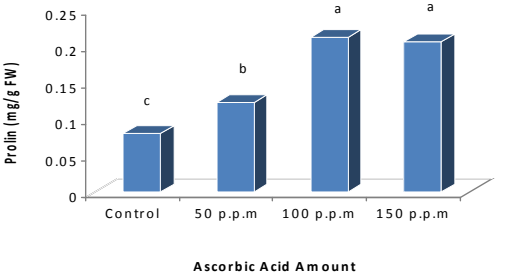
شکل ۵– اثر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر تعداد روزنه

Figure 5- Effect of ascorbic acid spray on numbers of stomata



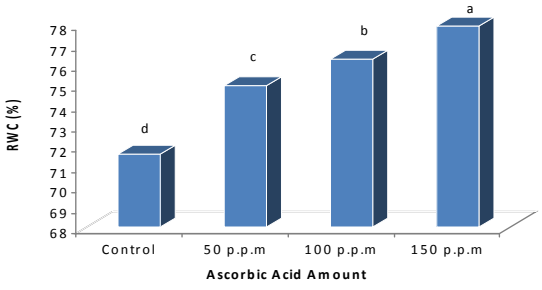
شکل ۶– اثر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر عملکرد تر بوته

Figure 6- Effect of ascorbic acid spray on fresh grain yield



شکل ۷– اثرمحلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر میزان پرولین

Figure 7- Effect of ascorbic acid spray on proline content

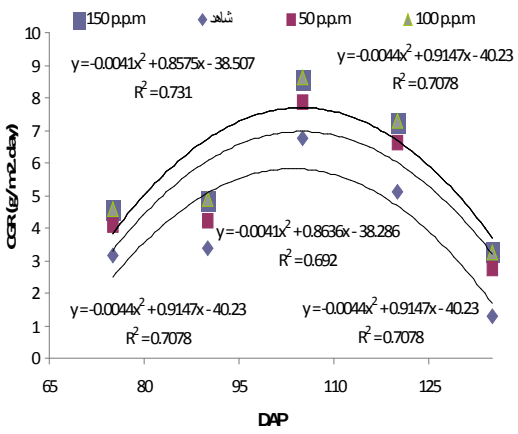


شکل ۸– اثر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک بر محتوای رطوبت نسبی

Figure 8- Effect of ascorbic acid spray on relative water content

www.SID.ir

Archive of SID

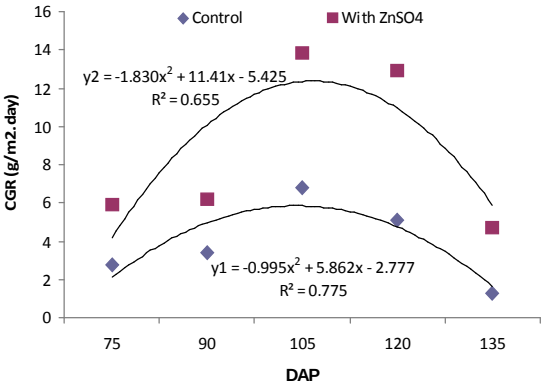


شکل ۹- تأثیر تنش خشکی بر سرعت رشد گیاه

Figure 9- Effect of drought stress on Crop Growth Rate

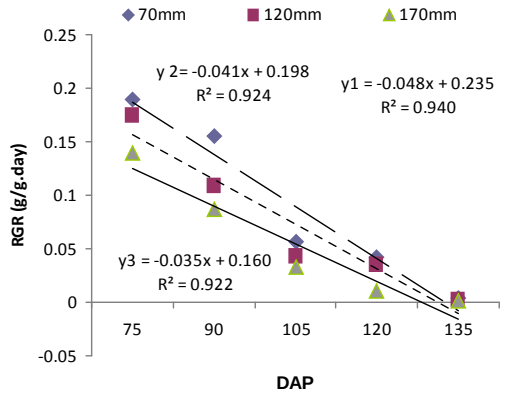
شکل ۱۰- تأثیر اسیدآسکوربیک بر سرعت رشد گیاه

Figure 10- Effect of application and no use of acid ascorbic on Crop Growth Rate



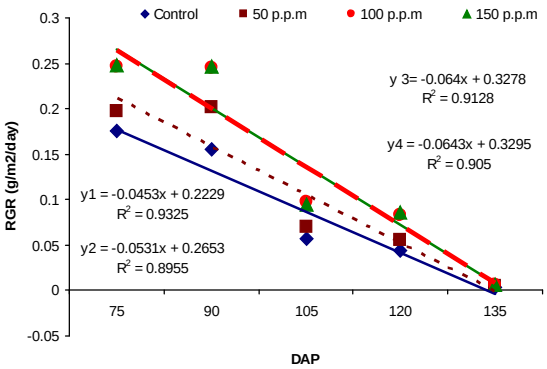
شکل ۱۱- تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی بر سرعت رشد گیاه

Figure 11- Effect of zinc sulfate spray on Crop Growth Rate



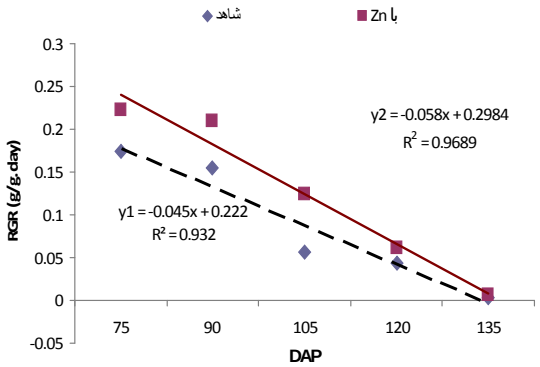
شکل ۱۲- تأثیر تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی

Figure 12- Effect of drought stress on Relative Growth Rate



شکل ۱۳- تأثیر اسیدآسکوربیک بر سرعت رشد نسبی

Figure 13- Effect of application and no use of acid ascorbic on Relative Growth Rate

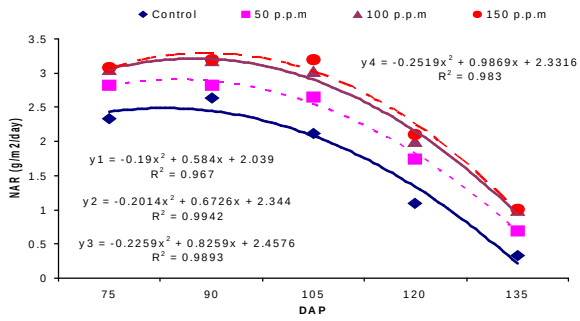


شکل ۱۴- تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی بر سرعت رشد نسبی

Figure 14- Effect of zinc sulfate spray on Relative Growth Rate

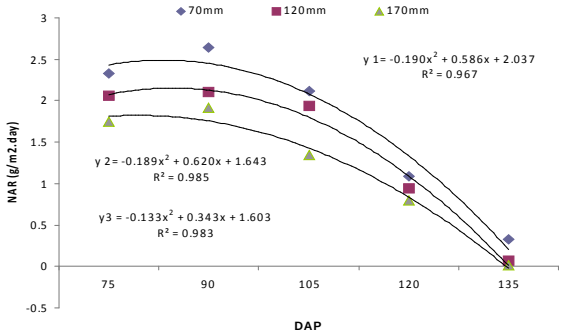
www.SID.ir

Archive of SID



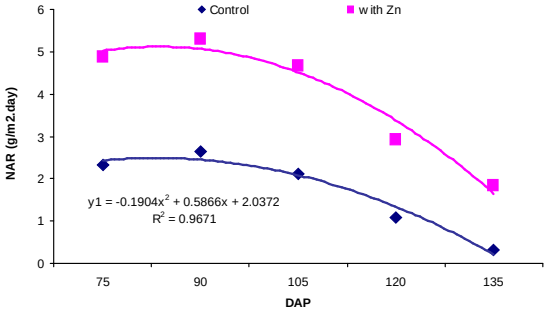
شکل ۱۶- تأثیر اسیدآسکوربیک بر سرعت جذب خالص

Figure 16- Effect of ascorbic acid on Net Assimilation Rate



شکل ۱۵- تأثیر تنش خشکی بر سرعت جذب خالص

Figure 15- Effect of drought stress on Net Assimilation Rate



شکل ۱۷- تأثیر محلول‌پاشی سولفات‌روی بر سرعت جذب خالص

Figure 17- Effect of zinc sulfate spray on Net Assimilation Rate

جدول ۴- مقایسه میانگین بین سطوح مختلف تنش خشکی در اسیداسکوربیک در ریز مغذی براساس آزمون LSD برای صفت مورد مطالعه

Table 4- Comparison treatment combination between the different levels of drought stress in ascorbic acid in microelement on the characteristics of the studied micronutrients according to LSD test

تنش Stress	اسید اسکوربیک ascorbic acid	ریزمغذی microelement	قطر ساقه Diameter of stem
۷۰ میلی‌متر 70 mm	شاهد Control	عدم مصرف Control	8.13 f
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	9.54
	50 ppm	عدم مصرف Control	8.29
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	10.19
	10ppm	عدم مصرف Control	8.54
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	10.79
	150 ppm 150	عدم مصرف Control	8.68
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	10.65
۱۲۰ میلی‌متر 120 mm	شاهد Control	عدم مصرف Control	7.46
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	8.55
	50 ppm	عدم مصرف Control	7.95
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	9.05
	10ppm	عدم مصرف Control	8.27
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	9.12
	150 ppm 150	عدم مصرف Control	8.26
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	9.09
۱۷۰ میلی‌متر 170 mm	شاهد Control	عدم مصرف Control	6.44
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	7.48
	50 ppm	عدم مصرف Control	7.18
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	8
	10ppm	عدم مصرف Control	7.63
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	8.6
	150 ppm 150	عدم مصرف Control	7.62
		مصرف سولفات روی With $ZnSO_4$	8.49
LSD 5%			0.1058

www.SID.ir

Archive of SID

References منابع مورد استفاده

- Bahernik, Z. 2004 Study of metabolic changes resulting from drought stress in *Summer savoury*. *Iranian Journal of Medicinal Plants Research.* 20: 263-275. (In Persian).
- Balak, D.G.R. 1993. A growth analysis comparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci.* 24: 1184-1191.
- Barkosky, R.P., and F.A. Einhelling. 2003. Allelopathic interference of plant– water relationship by parahydroxy benzoic acid. *Bot. Bull. Acad. Sin*. 44: 53 – 58.
- Bates, L.S., W.R. Pand, and I. Terare. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.
- Bayer, C. 2007. Proper proline management needed for effective results. *Journal of Medicinal Chemistry*. 18(3): 10-25.
- Cabuslay, G.S., O. Ito, and A.A. Alejal. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. *Plant Science.* 63: 815-827.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*. 302: 1-17.
- Chaudhry, A.U. and M. Sarwar. 1999 .Optimization of nitrogen fertilizer in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pak. J. Bio. Sci.* 2: 242-243.
- Chevallier, A. 1996. The encyclopedia of medicinal plants. Dorling Kindersley Ltd. Pub. London. PP: 46-63.
- Costa-Franca, M.G., A.T. Pham-Thi, C. Pimental, R.O. Pereyra-Rossiello, Y. Zuily-Fodil, and D. Laffray. 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Environmental and Experimental Botany*. 43: 227-237.
- Delaney, A.J., C.A.A. Hu, K.P.B. Kishor, and D.P.S. Verma. 1993. Cloning ornithine-amintransferase cDNA from *Vigna anconitifolia* by trans-complementation in *Escherichia coli* and regulation of proline biosynthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 268: 18673-18678.
- Fathi, Gh., and M.R. Enayatgholozadeh. 2009. Effect of microelements of Iron, Zinc and Copper on growth and yield of barley cultivars in Khozestan weather conditions. *Journal of Crop Physiology*. 1(1): 36-50. (In Persian).
- Gadallah, N.A.A. 2000. Effect of indol-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. *Journal of Arid Environments.* 44: 451-567.
- Gholami Turanposhti, M., A.A. Maghsoodi, and H. Farahbakhsh. 2006. Effect of two levels of irrigation on water relations of three Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) clones. In: Proceeding of the 3th Conferance of Irrigation management of water and soil. Kerman, Iran. Pp. 1780-1787. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Gholipoor, A., N. Latifi., K. Ghase- Golezani, A. Aliyari, and M. Moghadam. 2004. Comparative growth and yield of rapeseed in dry conditions Gorgan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources.* 11(1). 5-14. (In Persian).
- Ghorbanli, M., M. Farzami Sepehr, and F. Noroozi. 2010. Study of effect of drought and ascorbic acid on two rapeseed and response of soybean to extract treated plants have responded. *Journal of Crop Physiology*. 3(7): 15-28. (In Persian).
- Gruenwald, J., T. Brendler, and C. Jaenicke. 1999. DDR for herbal medicines. Medical Economics Co., New Jersy, USA.Li, Th.S.C. 1998. Echinacea: Cultivation and medicinal value. *Hort. Technology*: 8: 122-129.
- Hamrahi, S., D. Habibi, H. Madani, and M. Mashhadi Akbar bojar. 2008. Cycocel effect of micro-nutrients and antioxidant enzyme levels as indicators of drought tolerance in canola. *New Findings Agriculture*. 2(3): 316-329. (In Persian).
- Hassani, A. 2006. Effect of water deficit stress on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 22(3): 256-261. (In Persian).
- Hassani, A, and R. Omidbeigi. 2002. Effect of water stress on some morphological, physiological and metabolical traits on *Ocimum basilicum*. *Journal of Agricultural Science*. 12(3): 47- 59. (In Persian).
- Hassani, A., R. Omidbaigi, and H. Heidari Sharifabadi. 2003. Effect of different soil moisture levels on growth, yield and accumulation of compatible solutes in Basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Water and Soil*. 17(2). 218-228. (In Persian).
- Heidari, F., S. Zehtab- Salmasi, A. Javanshir, H. Alyari, and M.R. Dadpoor. 2008. Effect of microelements and density on yield and essence of Menta pipereta. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 24 (1): 1-9. (In Persian).
- Hong-Bo, Sh., C.H. Li-Ye, A.J. Cheruth, and Z. Chang-Xing. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Current Research in Biologies*. 331. 215-225.
- Karimiyan, N. 1994. Residual effects of zinc sulfate on the chemical forms of zinc in the soil, and the relationship between these forms of zinc absorption by the plant. Shiraz University Research Project Report. Number 81.14pp. (In Persian).
- Khaladbarin, B., and T. Eslamzadeh. 2001. Mineral nutrition of higher plants. Publications of Shiraz University. 328 (2): 405 pp. Shiraz. Iran. (In Persian).
- Li, Th.S.C. 1998. Echinacea: Cultivation and medicinal value. *Hort. Technology*. 8(2):122-129.
- Malakouti. M.J. 2003. The role of zinc in plant growth and enhancing animal and human health. Regional expert consultation in plant, animal and human. Interaction and Impact. Damscus, Syria.

www.SID.ir

Archive of SID

- Malakooti, M. and M.A. Lotfollahi. 1999. Role of zinc in increasing the quantity and quality of agricultural products and improve the public health. Dissemination of Agricultural Education. 57 pp. (In Persian).
- Mohseni, H., A. Ghanbari, A. Mansuji., M. Ramezanpoor and M. Mhseni. 2004. Effect of microelements of bore and zinc on yield and components yield of *Zea mays*. 8th Agriculture Congress . Ghilan University. 437pp. (In Persian).
- Movahhedi Dehnavi, M. 2004. Effect of foliar application of micronutrients (zinc and manganese) on the quantitative and qualitative yield of different autumn safflower cultivars under drought stress in Isfahan. Ph.D. Thesis in field of agronomy. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University. 211 p. (In Persian).
- Nasiri, Y., S. Zehtab-Salmasi, S. Nasrollahzadeh, N. Najafi, and K. Ghasemi- Golzari. 2010. Effects of foliar application of microelements (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile. *Journal of Medicinal Plants Research*. 4(17): 1733- 1737.
- Nautiyal, P.C., N.R. Rachaputi, and Y.C. Joshi. 2002. Moisture-deficit-induced changes in laef-water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. *Field Crop Research*. 74: 67-79.
- Noctor, G., and CH. Foyer. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annu – Rev. of Plant Physiol. and Plant Mol. Biol.* 49: 249 – 279.
- Patakas, A., N. Nikolaou, E. Zioziou, P. Radoglou, and B. Noitsakis. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought stressed grapevines. *Plant Sci.* 163(2): 361-367.
- Rane, J., M. Maheshwari, and S. Nagarajan. 2001. Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of six wheat cultivars differing in drought tolerance. *Indian J. Plant Physiol.* 6: 53-60.
- Reddy, A.R., K.V. Chiatanya, and M. Vivekanandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology.* 161: 1189-1202.
- Sarmadnia, Gh., and A. Kouchaki. 1997. Crop plants physiology (translation). Sixth edition. Publications of Jahad Daneshgahi of Mashhad. 400 pp. (In Persian).
- Shatala, A., and P.M. Neumann. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduced lipid peroxidation. *J. Experiment. Bot*. 52: 2207–2211.
- Shoor, A., A. Tehranifar, and A. Khoshnood yazdi. 2010. Effect of some microelements on quantitative traits of tuberose double digits . *Journal of Horticultural Science*. 24(1): 45-52.
- Shubhra, K., J. Dayal, C.L. Goswami, and R. Munjal. 2004. Effects of water-deficit on oil of Calendula aerial parts. *Biologia Plantarum*. 48: 445-448.
- Sidlauskas, G., and S. Bernotas. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agron. Res.* 1(2): 229-243.

www.SID.ir

Archive of SID

- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.* 125: 27 – 58.
- Smirnoff, N. 2000. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-factted molecule. *Current Opinion Plant Biol*. 3: 229 – 235.
- Soriano, M.A., F.J. Villalobes, E. Fereres, F. Orgaz, and M. Saltlin. 2001. Response of coriander grain yield to water stress applied during different phonological stages. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*. 164(3): 515-525.
- Tarumingkeng, R.C., and Z. Coto. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Science Philosopy PPs 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University (Institut Ppertanian Bogor). December 2003.
- Thalooth, A.T., M. Tawfik, and H. Magda Mohamed. 2006. A Comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mung bean plants grown under water stress conditions. *J. World Journal of Agriculture Sciences*. 2(1): 37-46.
- Valadabadi, S.A.R., D. Mazaheri, GH. Noormohamadi and S.A. Hashemi Dezfooli. 2000. Effects of drought stress on quantitative and qualitative properties and growth of maize, sorghum and millet. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 18:39-43. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Zinc Sulfate and Ascorbic Acid on some Morpho-Physiological Traits of *Echinacea purpurea* (Purple coneflower) under Water Deficit Conditions

Farahvash, F[1*]., B. Mirshekari[2], M. Farzaniyan[3], and A.H. Hoseainzadeh-Moghbeli[4]

Received: July 2014, Accepted: 28 February 2015

Abstract

To quantify the response of some morpho-physiological traits of *Echinacea purpurea* to thr application of zinc sulfate and ascorbic acid under water deficit, an experiment was carried out in split plot factorial based on RCBD with three replications at the Agricultural Research Station of Islamic Azad University, Tabriz Branch in 2011-12. Experimental factors consisted of water stress as the main factor with three levels (irrigation after70mm evaporation, irrigation after120mm evaporation and irrigation after 170mm evaporation from class A pan), Secondary factor consisted of: application of microelement with two levels (control and application of zinc sulfate 0.005 concentration) and ascorbic acid with four levels (not application, application of 50 mg/l of ascorbic acid, application of 100 mg/l of ascorbic acid and application of 150 mg/l of ascorbic acid). The results showed that the effect of water deficit on purple coneflower caused significant differences in diameter of stem, number of flowering branch, stomata density, zinc concentration of aerial parts plant, fresh weight, relative water content of leaf, LAI, proline concentration, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation rate. Comparison of means for water deficits between the different levels of drought stress showed that the maximum LAI, with 2.85, belonged to control. Comparison of means for interaction effects between drought stress and application of zinc sulfate revealed that the maximum proline concentration belonged to spraying plants with zinc sulfate at irrigation after 170mm evaporation from class A pan with 10.16 mg/g.fw. Minimum proline concentration was due to without applying zinc sulfate in complete irrigation (control) with 0.08 mg/g.fw. Maximum crop growth rate with 6.77 g/m^2.day was was related to control and the minimum, with 4.16 g/m^2.day, to irrigation after 170mm. Maximum relative crop growth rate, with 0.19 g/m^2.day, belonged to control and the minimum, with 0.14 g/m^2.day, to irrigation after 170mm. Maximum net assimilation rate, with 2.64 g/m^2.day, belonged to control and the minimum, with 1.91 g/m^2.day, to irrigation after 170mm. The results indicated that application of ascorbic acid, as an antioxidant, may decrease the harmful effects of drought stress on some traits (NAR, CGR, RGR, and RWC) of purple coneflower.

Key words: *Echinaceae purpurea (*L.*)* Monch, Zinc sulfate, Ascorbic acid, Water deficit.

1- Assistant Prof., Dpartment of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad university, Tabriz, Iran.
2- Associate Prof., Dpartment of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad university, Tabriz, Iran.
3- Former Ph.D. Student of Agronomy, Dpartment of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad university, Tabriz, Iran.
4- Staff. Member, Dpartment of Agronomy, Kalibar Branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran.
**** Corresponding Author:*** *farahvash@iaut.ac.ir*

www.SID.ir