Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۵۲۰-۵۰۷

بررسی امکان کاهش خسارت تنش کم‌آبی بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سولفات روی

رویا کریمی[۱]، هاشم هادی [۲]*، و مهدی تاجبخش شیشوان[۳]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اورمیه، ارومیه – ایران
۲. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اورمیه، ارومیه – ایران
۳. استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اورمیه، ارومیه – ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۲۰

چکیده

باتوجه به جهانی بودن مشکل کم‌آبی، بررسی امکان کاهش خسارت ناشی از تنش کم آبی اهمیت زیادی دارد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه، طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. تنش کم‌آبی در سه سطح، آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در کرت اصلی و محلول‌پاشی روی برگ‌های سورگوم علوفه‌ای در پنج سطح بدون محلول‌پاشی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در دو سطح ۰/۵ و یک میلی‌مولار و سولفات روی در دو سطح ۳۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، در زمان پنج تا شش برگی در دو نوبت با فاصله سه روز، در کرت های فرعی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمار محلول پاشی در کم‌آبی برای رنگیزه-های فتوسنتزی به‌جز کلروفیل کل و نیز برای محتوای آب نسبی معنی‌دار شد. همچنین، اثرات اصلی محلول‌پاشی و کم‌آبی، بر روی تعداد برگ، وزن خشک برگ، ساقه و عملکرد علوفه در مترمربع، نشت الکترولیت و شاخص سطح برگ معنی‌دار بود، عملکرد علوفه خشک در شرایط کم‌آبی شدید نسبت به آبیاری نرمال دچار کاهش معنی‌دار ۲۱/۱۱ درصدی شد. بیشترین عملکرد علوفه خشک با میانگین ۱۵۷۱/۵۳ گرم در مترمربع از محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد که علاوه بر جبران هزینه‌های محلول‌پاشی منجر به افزایش قابل‌قبول درآمد کشاورزان و نیز قابل توصیه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: رنگیزه‌های فتوسنتزی، شاخص سطح برگ، عملکرد علوفه، محتوای آب نسبی، نشت الکترولیت

* نویسنده مسئول Email: h.hadi@urmia.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

ایران از اقلیمی خشک و نیمه‌خشک برخوردار است، به‌طوری‌که تنش خشکی در آن از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی، باغی و دارویی به شمار می‌رود [۳]. در شرایط کم‌آبی و محدودیت منابع آبی، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کاشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار بسیار مناسبی باشد.

سورگوم یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که سازگاری خوبی به اقلیم‌های مختلف و ظرفیت تولید بالایی برای چرای مستقیم دام دارد [۴۲]. بروز تنش خشکی و شوری باعث افزایش غلظت املاح محلول در محیط ریشه و درنتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک می‌شود که این امر باعث کاهش جذب عناصر غذایی تا حد زیادی می‌گردد [۴۱].

با مصرف مقادیر مناسب عناصر غذایی از طریق خاک یا محلول‌پاشی می‌توان تا حدی شرایط رشد و نمو را بهبود بخشید و از بروز اثرات سوء تنش بر گیاهان کاست [۱۹]. افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی با استفاده از مواد شیمیایی از جمله اسید سالیسیلیک در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بر هستند، آسان‌تر و ارزان‌تر است. اسیدسالیسیلیک یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ به تنش‌های متعدد زیستی و غیرزیستی شناخته شده است [۱۶] که با تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و تنظیم‌کننده‌های اسمزی آثار ناشی از تنش‌های محیطی از جمله خشکی را کاهش می‌دهد [۴۱].

عناصر کم‌مصرف باوجود نیاز اندک گیاهان به آن‌ها نقش اساسی در تغذیه، واکنش‌های آنزیمی، فرآیندهای متابولیکی و مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها و شرایط نامساعد محیطی ایفا می‌کنند. این عناصر شرایط عمومی گیاه را بهبود می‌بخشند و به‌عنوان کاتالیزور در واکنش‌های بیوشیمیایی که در گیاهان صورت می‌گیرند، شرکت می‌کنند [۳۵]. ازآنجایی‌که اثر مفید محلول‌پاشی انواع عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در بسیاری از موارد اعم از گیاهان زراعی و باغی به اثبات رسیده است، بنابراین می‌توان از محلول‌پاشی به‌عنوان یک روش نسبتاً جدید و کارا، به‌خصوص زمانی‌که شرایط خاک برای دسترسی عناصر، نامناسب است به روش دسترسی مستقیم عناصر برای برگ‌ها و دیگر اندام‌های گیاه نام برد [۱۱].

تنش کم‌آبی باعث ایجاد رادیکال‌های فعال اکسیژن در اثر تنش اکسیداتیو می‌شود که این رادیکال‌ها بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی اثر می‌گذارند و نیز منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی می‌شوند [۲]. بنابراین بر نشت الکترولیت اثر سوء می‌گذارند. محتوای آب نسبی با میزان آب خاک تغییر می‌کند [۳۲]. بنابراین اندازه‌گیری صفات مذکور می‌تواند میزان تأثیرگذاری تنش کم‌آبی را تعیین کند.

باتوجه به بحران کمبود آب و لزوم مدیریت صحیح منابع آبی در جهت کاهش مصرف آب و تغییر الگوی کشت محصولات به سمت گیاهان کم‌مصرف‌تر و با در نظر گرفتن نقش روی در تغذیه، متابولیسم و رشد گیاهان و اسید سالیسیلیک با خاصیت آنتی‌اکسیدانی، هدف از انجام پژوهش حاضر، امکان کاهش خسارت ناشی از تنش کم‌آبی با کاربرد محلول‌پاشی سولفات روی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد علوفه و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه، طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. آزمایش تجزیه خاک در آزمایشگاه گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد و نتایج به‌دست آمده در جدول (۱) ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ . مشخصات فیزیک و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق (Cm)	بافت خاک	شوری ($Ec \times 10^3$)	pH	درصد اشباع (٪)	آهک (T.N.V)	رس (٪)	لای (٪)	شن (٪)	کربن آلی (o.c)	N (٪)	p (ppm)	K (ppm)
۰-۳۰	لوم	۱/۱	۸	۴۳	۱۳	۲۶	۳۵	۳۹	۰/۶	۶	۱۰/۴	۲۵۰

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تنش کم‌آبی در ۳ سطح: S_1: شرایط آبیاری نرمال (آبیاری در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، S_2: کم‌آبی متوسط (آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و S_3: کم‌آبی شدید (آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی در ۵ سطح: F_1: بدون محلول‌پاشی، F_2: محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار، F_3: محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، F_4: محلول‌پاشی با سولفات روی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و F_5: محلول‌پاشی با سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در کرت‌های فرعی مقایسه گردید.

تیمارهای اسید سالیسیلیک و سولفات روی به‌صورت محلول‌پاشی در مرحله پنج تا شش‌برگی انجام و برای اطمینان از اثربخشی آن در دو مرتبه با فاصله زمانی سه روز صورت گرفت. تهیه زمین شامل گاوآهن برگردان و دیسک بود. مبارزه با علف‌های هرز نیز قبل از سبز شدن با راندآپ و بعد از سبز شدن به‌صورت دستی انجام شد. زمین به‌صورت جوی و پشته آماده شد. اندازه کرت‌های آزمایشی سه در چهار، تراکم بوته ۱۱۱ بوته در مترمربع درنظر گرفته شد و کاشت به‌صورت هیرم‌کاری، به‌عنوان کشت دوم در ۲۰ تیر انجام شد. در طی فصل رشد یک‌بار از کود اوره (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار)، به‌عنوان آغازگر استفاده گردید.

برای تعیین کلروفیل برگ، ۰/۲۵ گرم برگ را خورد کرده و در یک هاون چینی به همراه پنج میلی‌لیتر آب مقطر، در یک محیط تاریک و خنک سائیده، تا به‌صورت توده همگنی درآید. مخلوط حاصله در یک بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و به حجم رسانیده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به‌دست‌آمده را برداشته و با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط کرده و ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. پس از سانتریفیوژ کردن مخلوط رویی را برداشته و با استفاده از اسپکتروفتومتر PD-۳۰۳، میزان جذب آن در طول‌موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید. غلظت کلروفیل‌های a، b و کل (گرم در لیتر) با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید [۲۰]:

رابطه ۱) کلروفیل کل = $(0.0202 \times OD_{645}) + (0.00802 \times OD_{663})$

رابطه ۲) a= کلروفیل $(0.0127 \times OD_{663}) - (0.00269 \times OD_{645})$

رابطه ۳) bکلروفیل $= (0.0229 \times OD_{645}) - (0.00468 \times OD_{663})$

رابطه ۴) کاروتنویید $= (OD_{670} - (1.82 \times Chl_a) - (8.502 \times Chl_b))/198$

در این رابطه‌ها، $OD_{۶۴۵}$، $OD_{۶۶۳}$ و $OD_{۴۷۰}$ به ترتیب میزان جذب در طول‌موج‌های ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر می‌باشند.

برای محاسبه محتوای آب نسبی برگ با استفاده از قیچی از آخرین برگ توسعه یافته تمامی تیمارهای

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایشی نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه‌های آزمایشی به‌سرعت در داخل پلاستیک به آزمایشگاه منتقل شدند، برگ‌ها نباید دچار شکستگی و پارگی شده باشند. کلیه نمونه‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در سردخانه (در صورت نبود سردخانه می‌توان از یخچال چهار درجه سانتی‌گراد استفاده کرد) قرار داده شد. سپس، وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری گردید، وزن خشک برگ‌ها با قرارگیری در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه-گیری شد و اعداد به‌دست‌آمده در فرمول زیر جایگذاری گردید تا محتوای آب نسبی برگ حاصل شود [۴۰]:

رابطه ۵) $RWC\%=((F_w-D_w)/(T_w-D_w)\times100$

در این رابطه، F_W وزن تر، D_W وزن خشک و T_W وزن بعد از اشباع کامل است.

برای به‌دست آوردن نشت الکترولیت از هر کرت آزمایشی دو نمونه برگ ۰/۳ گرمی تهیه گردیده و هر کدام، در ۱۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر قرار داده شد یکی از نمونه‌ها به داخل آون ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۰/۵ ساعت منتقل و نمونه دیگر در داخل بن‌ماری به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از سرد شدن نمونه‌ها، با استفاده از EC متر (CON۵۱۰)، EC نمونه‌ها به‌دست آمد و در رابطه زیر قرار گرفتند [۱۴]:

رابطه ۶) $EC\%=(EC_o/EC_b)\times100$

در این رابطه، EC_o، EC آون و EC_b، EC بن‌ماری است.

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از هر کرت سه بوته انتخاب، سپس ۱۰ دیسک برگی هرکدام به مساحت ۱ سانتی‌مترمربع از برگ‌ها جدا و در داخل پاکت‌های مشخص به‌طور مجزا همراه با بقیه برگ‌ها در داخل آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس از طریق رابطه زیر سطح برگ کل برگ‌های برداشت‌شده در هر کرت تعیین گردید:

رابطه ۷) $L_t=(W_t\times L_d)/W_d$

رابطه ۸) $W_t=W_d+W_r$

در این رابطه‌ها، L_t سطح کل برگ‌ها، L_d سطح دیسک برگی، W_t وزن کل برگ‌ها، W_d وزن دیسک برگی و W_r وزن بقیه برگ‌ها است. قابل ذکر است که شاخص سطح برگ از تقسیم سطح برگ به سطح زمینی که اشغال شده توسط آن برگ‌ها تعیین گردید.

برداشت علوفه پس از حذف ۲ ردیف کناری و ۰/۵ متر از هر طرف ردیف‌ها، به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، در اواسط گلدهی انجام شد، به‌گونه‌ای که از هر کرت ۱۰ بوته به‌عنوان نمونه برداشت شد و ارتفاع اندازه‌گیری گردید. تعداد برگ‌های سبز باقیمانده روی بوته (بدون درنظر گرفتن برگ‌های ریزش یافته) در مرحله برداشت نهایی شمارش و به‌عنوان تعداد برگ در هر کرت ثبت گردید. پس از جداسازی برگ‌ها از ساقه‌ها، نمونه‌ها به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از خشک شدن (۴۸ ساعت)، وزن خشک برگ، ساقه و کل اندازه‌گیری گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9.1) و مقایسه میانگین‌ها با LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار محلول‌پاشی در کم‌آبی برای رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌جز کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۲). در مقابل اثرات ساده کم‌آبی و محلول‌پاشی برای کلروفیل کل معنی‌دار شدند. کم‌آبی متوسط (۳۴/۰۷ درصد) و کم‌آبی

www.SID.ir

Archive of SID

شدید (۶۷/۰۳ درصد) در مقایسه با آبیاری نرمال، کلروفیل a را به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. میزان کلروفیل a، با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری نرمال، به‌ترتیب ۳۵/۱۱ و ۵۳/۸۵ درصد، در شرایط کم‌آبی متوسط، ۳۳/۳۳ و ۵۰ درصد و در کم‌آبی شدید، ۵۳/۳۳ و ۷۳/۳۳ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر محلول‌پاشی و کم‌آبی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۲۷۵^{ns}	۰/۰۰۶۱^{ns}
کم‌آبی	۲	۲/۰۰۶۱**	۰/۷۷۳۴**	۵/۸۵۰۷**	۰/۲۲۴**
اشتباه اصلی	۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۶	۰/۰۶۹۹	۰/۰۰۲۵
محلول‌پاشی	۴	۰/۱۴۲۹**	۰/۰۳۴۲**	۰/۵۰۳۱**	۰/۰۲۱**
محلول‌پاشی × کم‌آبی	۸	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۶۱**	۰/۱۰۳۷^{ns}	۰/۰۰۷۸**
اشتباه فرعی	۲۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۸	۰/۰۵۱۵۷	۰/۰۰۰۱۴
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۶۶	۷/۵	۱۶/۴۲	۶/۰۹

ns، * و ** – به ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای محلول‌پاشی در تنش کم‌آبی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای آب نسبی برگ سورگوم

تیمار	کلروفیل a (mg/L)	کلروفیل b (mg/L)	کاروتنوئید (mg/L)	محتوای آب نسبی برگ (٪)
S_1F_1	۰/۹۱^{de}	۰/۶۸^{b}	۰/۲۱^{e}	۸۴/۳۹^{def}
S_1F_2	۱/۲۳^{b}	۰/۸۶^{a}	۰/۳۹^{b}	۹۰/۱۳^{bc}
S_1F_3	۰/۹۶^{d}	۰/۶۷^{bc}	۰/۲۴^{d}	۸۹/۰۸^{bcd}
S_1F_4	۱/۱۶^{c}	۰/۸۵^{a}	۰/۳۱^{c}	۹۳/۶۴^{ab}
S_1F_5	۱/۴^{a}	۰/۸۹^{a}	۰/۴۷^{a}	۹۶/۶۸^{a}
S_2F_1	۰/۶^{i}	۰/۵۴^{d}	۰/۱۵^{g}	۷۷/۳۴^{g}
S_2F_2	۰/۸f^{g}	۰/۶^{d}	۰/۱۹^{ef}	۸۷/۹۴^{cde}
S_2F_3	۰/۷۸^{gh}	۰/۵۵^{d}	۰/۱۶^{g}	۸۲/۵۲^{efg}
S_2F_4	۰/۷^{h}	۰/۶۳^{bc}	۰/۱۸^{f}	۹۱/۲^{abc}
S_2F_5	۰/۹^{ef}	۰/۵۹۶^{d}	۰/۲۰۶^{e}	۹۵/۹۶^{a}
S_3F_1	۰/۳^{k}	۰/۲۹^{f}	۰/۰۷۱^{j}	۵۷/۵۶^{h}
S_3F_2	۰/۴۶^{j}	۰/۳۹^{e}	۰/۰۹۵^{hi}	۵۹/۹۷^{h}
S_3F_3	۰/۳۶^{k}	۰/۲۸^{f}	۰/۰۷۰۶^{j}	۵۹/۷۹^{h}
S_3F_4	۰/۴^{k}	۰/۳۲^{f}	۰/۰۸۲^{ij}	۶۱/۳^{h}
S_3F_5	۰/۵۲^{j}	۰/۳۹^{e}	۰/۱^{h}	۸۰/۰۹^{fg}

www.SID.ir

Archive of SID

وجود حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

(S_1: آبیاری نرمال (آبیاری در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی)، S_2: کم‌آبی متوسط (آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی)، S_3: کم‌آبی شدید (آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، F_1: بدون محلول‌پاشی، F_2: محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و F_3: محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، F_4: محلول‌پاشی با سولفات روی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و F_5: محلول‌پاشی با سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)

جدول ۴. تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر محلول‌پاشی و کم‌آبی بر عملکرد علوفه و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	عملکرد علوفه خشک	نشت الکترولیت	محتوای آب نسبی برگ	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۷۲۶/۶۸^{ns}	۰/۷۱۳۵^{ns}	۲۶۹۶۷/۷۸^{ns}	۱۹۰۱۹۲/۴۹^{ns}	۳۵۸۰۲۸/۲۳^{ns}	۱/۰۳۴^{ns}	۲۴/۲۱^{ns}	۶/۵۶۵^{ns}
کم‌آبی	۲	۶۴۶/۷۵^{ns}	۰/۶۰۰۲^{ns}	۸۸۷۴۵/۶۶**	۱۴۱۷۹۳/۶۸^{ns}	۴۵۴۶۲۷/۵۳*	۲۷۴۴/۱۸**	۳۲۱۵/۱۹**	۲۵/۱۲۳*
اشتباه اصلی	۴	۳۵۲/۴۴	۰/۴۸۰۵	۴۴۴۳/۴	۴۰۱۷۳/۶۵	۶۲۲۰۸/۹۹	۳/۸۶	۱۱۵/۳۱	۳/۳۰۸۷
محلول‌پاشی	۴	۳۵۷/۸^{ns}	۱/۰۴۵۳**	۱۸۲۳۰/۲۲**	۵۵۳۶۹/۱۹^{ns}	۱۳۰۴۲۲/۸۴*	۱۵۲/۱۹**	۴۰۱/۱۴۸**	۸/۴۲۳۷**
محلول‌پاشی × کم‌آبی	۸	۳۰/۹۵^{ns}	۰/۲۰۸۸^{ns}	۳۲۰۲/۴۵^{ns}	۴۴۹۵۵/۷۸^{ns}	۶۸۲۶۱/۶۲^{ns}	۶/۳۶^{ns}	۳۹/۷۲**	۰/۹۱۸۳^{ns}
اشتباه فرعی	۲۴	۱۹۵/۸	۰/۲۲۲۷	۲۷۶۱/۲۹	۳۸۸۵۴/۰۹	۴۴۵۱۱/۳۴	۳/۳۸	۱۰/۷۷	۰/۴۸۴۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۳/۰۳	۵/۴	۱۳/۵۴	۱۸/۲۴	۱۴/۳۶	۲/۶۴	۴/۰۸	۱۱/۳۹

ns، * و ** – به‌ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

کلروفیل b، در کم‌آبی متوسط (۲۰/۵۹ درصد) و کم‌آبی شدید (۵۷/۳۵ درصد) در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال، کاهش معنی‌دار داشت. در مورد کلروفیل b، تیمارهای محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی در شرایط اعمال آبیاری نرمال با افزایش معنی‌دار ۲۷/۹۴ درصد، بالاترین گروه آماری بودند. در شرایط کم‌آبی متوسط، کلروفیل b، فقط با محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی با افزایش معنی‌دار ۱۶/۶۷ درصدی مواجه شد. در شرایط کم‌آبی شدید نیز فقط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر میزان کلروفیل b را به‌طور معنی‌داری (۴۸/۳۴ درصد) افزایش دادند (جدول ۳).

نتایج حاصل از مقایسات میانگین در سطوح کم‌آبی حاکی از کاهش معنی‌دار کلروفیل کل در شرایط کم‌آبی متوسط (۲۵ درصد) و کم‌آبی شدید (۶۳/۲۶ درصد) نسبت به شرایط آبیاری نرمال بود. در شرایط محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و سولفات روی ۳۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، به‌عنوان اولین گروه

www.SID.ir

Archive of SID

آماری، کلروفیل کل را ۲۷/۱ درصد نسبت به گروه دوم آماری (محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و شرایط بدون محلول‌پاشی) به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات اصلی کم‌آبی و محلول‌پاشی بر صفات مورفوفیزیولوژیک سورگوم

تیمار	کلروفیل کل (mg/L)	تعداد برگ	وزن خشک برگ (g/m^2)	عملکرد علوفه (g/m^2)	نشت الکترولیت (٪)	شاخص سطح برگ
رژیم آبیاری (ظرفیت زراعی)						
۹۰	۱/۹۶^{a}	۹/۰۸^{a}	۴۶۸/۰۲^{a}	۱۶۴۷/۳۲^{a}	۵۶/۸۴^{c}	۷/۴۴^{a}
۷۰	۱/۴۷^{b}	۸/۷۳^{a}	۳۸۱/۴۸^{b}	۱۴۵۹/۳۲^{ab}	۶۸/۰۷^{b}	۶/۰۳^{ab}
۵۰	۰/۷۲^{c}	۸/۶۶^{a}	۳۱۴/۶^{b}	۱۲۹۹/۵۲^{b}	۸۳/۷۷a	۴/۸۶^{b}
تیمار محلول‌پاشی						
شاهد	۱/۰۶^{b}	۸/۲۹^{c}	۳۳۸/۵۸^{c}	۱۳۷۸/۴۲^{b}	۷۶/۲۷^{a}	۴/۹۵^{c}
اسید سالیسیلیک ۰/۵	۱/۵^{a}	۸/۸۸^{ab}	۴۰۷/۶۶^{ab}	۱۴۷۲/۷۸^{ab}	۶۷/۱۳^{cd}	۶/۸۹^{a}
اسید سالیسیلیک ۱	۱/۲۱^{b}	۸/۵۴^{bc}	۳۶۰/۴۲^{bc}	۱۳۷۵/۵۸^{b}	۷۰/۰۷^{b}	۵/۴^{bc}
سولفات روی ۳۰۰	۱/۵۱^{a}	۸/۷۹^{ab}	۳۷۸/۹۶^{bc}	۱۴۴۶/۵۸^{b}	۶۸/۷۴^{bc}	۶/۰۶^{b}
سولفات روی ۳۰۰۰	۱/۶۳^{a}	۹/۱۹^{a}	۴۵۴/۵۸^{a}	۱۶۷۰/۲۸^{a}	۶۵/۵۹^{d}	۷/۲۴^{a}

وجود حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

محلول‌پاشی در تمام سطوح کم‌آبی، باعث افزایش کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها گردید. میزان کاروتنوئیدها در کم‌آبی متوسط (۲۸/۵۷ درصد) و کم‌آبی شدید (۶۶/۱۹ درصد) نسبت به آبیاری نرمال کاهش معنی‌داری نشان داد. بیشترین میزان کاروتنوئیدها از محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۰/۴۷ میلی‌گرم در لیتر) در شرایط اعمال آبیاری نرمال حاصل شد و تیمارهای بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و سولفات روی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در کم‌آبی شدید با میانگین ۰/۰۷۴ میلی‌گرم در لیتر، پایین‌ترین میزان کاروتنوئیدها را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

کلروفیل‌ها عمده‌ترین و مهم‌ترین ماکروملکول‌هایی هستند که در تنش‌های محیطی صدمه می‌بینند. کاروتنوئیدها گیرنده‌های مکمل نوری هستند که طول‌موج‌هایی از نور را که کلروفیل‌ها قادر به جذب آن نیستند، جذب می‌کنند [۲۳]. یکی از دلایل اصلی کاهش کلروفیل‌ها در تنش خشکی و تداوم آن، تخریب کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن است [۲۷]. در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی، تنظیم‌کننده آبسیزیک اسید در گیاه تجمع می‌یابد و کاروتنوئید هم پیش‌ماده‌ای برای سنتز آبسیزیک اسید است [۴۳]. در تحقیق حاضر نیز کاهش میزان کاروتنوئید در اثر تنش خشکی شاید به علت مصرف کاروتنوئید برای ساخته شدن آبسیزیک اسید است. افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه *Brassica junnica* با پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک شاید به دلیل القای پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی باشد که سلول را از

www.SID.ir

Archive of SID

آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش محافظت می‌کند [۲۶]. غلظت‌های پایین اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی در گندم و آفتابگردان گردید و نتیجه این امر افزایش سرعت فتوسنتز دانسته شده است [۱۲ و ۳۱].

عنصر روی گرچه به‌طور مستقیم بر تشکیل کلروفیل مؤثر نیست، ولی می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی درگیر در تشکیل کلروفیل مانند آهن و منیزیم مؤثر باشد [۳۰]. همچنین عنصر روی نقش عملکردی در فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن دارد [۷]. محلول‌پاشی روی در گیاه کلم قرمز باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید) شده است [۵].

محتوای آب نسبی برگ

باتوجه به جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل کم‌آبی در محلول‌پاشی برای محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار شد (جدول ۳). کم‌آبی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ سورگوم شد. بیشترین میزان افزایش در تمام سطوح کم‌آبی با تیمار سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم حاصل گردید، با ذکر این نکته که محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبی متوسط با میانگین ۹۴/۳۷ درصد در بالاترین گروه آماری واقع شدند. در شرایط کم‌آبی شدید فقط تیمار محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۸۰/۰۹ درصد) توانست محتوای آب نسبی را در مقایسه با سایر تیمارهای محلول‌پاشی در همین شرایط کم‌آبی بهبود ببخشد (جدول ۴).

محتوای آب نسبی (RWC) به‌عنوان یک شاخص مهم برای تعیین وضعیت آب گیاه محسوب می‌شود. افزایش تنش خشکی در گندم باعث کاهش محتوای آب نسبی شد [۱۸]. محتوای آب نسبی رابطه‌ای مستقیم با محتوای آبی خاک دارد و میزان این شاخص با افزایش سطوح تنش کاهش می‌یابد [۳۲].

اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقاومت به کمبود آب در گندم شد، بنابراین افزایش محتوای آب نسبی که از جمله مکانیسم‌های مقاومت به تنش خشکی است، با مصرف سالیسیلیک اسید مورد انتظار است [۱۳]. کاربرد روی باعث افزایش RWC برگ‌ها شد. حضور روی از طریق افزایش غلظت داخل سلولی یون پتاسیم و روی، باعث افزایش RWC می‌شود [۱۵].

تعداد برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کم‌آبی در محلول‌پاشی برای تعداد برگ، غیرمعنی‌دار، ولی اثر ساده محلول‌پاشی بر روی این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). تعداد برگ، با محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بالاترین گروه آماری و در شرایط بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار، پایین‌ترین گروه آماری را داشت (جدول ۵).

تعداد برگ در بوته از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا باعث افزایش جذب نور و درنتیجه افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد [۳۹]. از آن‌جایی‌که تعداد برگ باقی‌مانده در هنگام برداشت شمارش گردید این صفت نشان‌دهنده طول عمر یا دوام برگ بر روی گیاه است، بنابراین تیمار اسید سالیسیلیک نیم میلی‌مولار و سولفات روی ۳۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش طول عمر برگ نسبت به شاهد گردید. اسید سالیسیلیک می‌تواند با خنثی نمودن اثر آبسیزیک اسید روی ریزش برگ منجر به افزایش طول عمر برگ گردد [۲۴]. سالیسیلیک اسید

www.SID.ir

Archive of SID

منجر به افزایش معنی‌دار تعداد برگ‌های گیاهچه‌های گندم گردید [۲۵]. عنصر روی نیز می‌تواند با افزایش میزان جذب نیتروژن توسط گیاه، منجر به طول عمر بیشتر برگ شده و ریزش آن‌را به تأخیر بیاندازد [۳۷]. تحت شرایط کمبود عنصر روی، استفاده از روی، باعث افزایش در تعداد برگ ذرت شد [۲۸].

وزن خشک برگ و عملکرد علوفه خشک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کم‌آبی در محلول‌پاشی برای وزن خشک برگ و علوفه غیرمعنی‌دار ولی اثرات ساده محلول‌پاشی و کم‌آبی بر روی این صفات معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین وزن خشک برگ در شرایط آبیاری نرمال حاصل شد و کم‌آبی متوسط و شدید پایین‌ترین گروه آماری را داشتند، به‌طوری‌که در مقایسه با آبیاری نرمال به‌طور میانگین ۲۵/۶۴ درصد کاهش معنی‌دار نشان دادند. در بررسی تیمار محلول‌پاشی برای وزن خشک برگ، بالاترین گروه آماری مربوط به تیمارهای محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسیدسالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بود، به‌طوری‌که این تیمارها به‌طور میانگین نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی ۲۷/۳۳ درصد افزایش معنی‌دار نشان دادند (جدول ۵).

عملکرد علوفه خشک در شرایط اعمال کم‌آبی شدید و متوسط به ترتیب با ۲۱/۱۱ و ۱۱/۴۱ درصد کاهش معنی‌دار مواجه شد. در شرایط محلول‌پاشی، تیمار سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بالاترین گروه آماری را برای وزن خشک علوفه (۱۵۷۱/۵۳ گرم در مترمربع) به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

تنش خشکی از طریق عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای منجر به کاهش شدت فتوسنتز می‌گردد. کاهش فتوسنتز همراه با کاهش رشد و عملکرد تولیدی در گیاهان خواهد بود [۳۸]. اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی در مقایسه با عدم مصرف اسید در شرایط تنش خشکی گردید [۱]. اسید سالیسیلیک در غلظت‌های پایین‌تر در رفع آسیب اکسایشی نقش مؤثر دارد [۹]. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در ذرت باعث افزایش عملکرد علوفه گردید [۱۰].

عنصر روی از اجزای ساختاری چندین نوع آنزیم است و برای فعالیت آن‌ها موردنیاز است. به عنوان مثال، رابطه مستقیمی بین وجود میزان کافی روی و تولید آنزیم کربنیک انیدراز وجود دارد این آنزیم نقش مهمی در فعالیت فتوسنتز دارد و باعث افزایش تولید کربوهیدرات و درنتیجه عملکرد گیاه می‌شود، علاوه بر آن، عنصر روی در تولید اکسین، تقسیم سلولی و باروری گیاه نقش دارد [۱۱ و ۱۷]. محلول‌پاشی سولفات روی در ارزن مرواریدی نوتریفید باعث افزایش عملکرد علوفه شد که علت آن می‌تواند افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فسفو اینول پیرووات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد [۴ و ۳۴].

نشت الکترولیت

اثر متقابل کم‌آبی در محلول‌پاشی برای نشت الکترولیت، غیرمعنی‌دار، ولی اثرات ساده کم‌آبی و محلول‌پاشی برای این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴). کم‌آبی باعث تشدید نشت الکترولیت شد. به‌گونه‌ای که میزان نشت الکترولیت در شرایط اعمال کم‌آبی شدید و متوسط به ترتیب نسبت به آبیاری نرمال ۴۷/۳۸ و ۱۹/۷۶ درصد افزایش معنی‌داری داشت. با افزایش شدت خشکی در محدوده ریشه گیاه و به طبع آن بیشتر شدن تنش خشکی وارده بر گیاه، تخریب غشای سلولی و نشت الکترولیت هم بیشتر می‌شود. باتوجه

www.SID.ir

Archive of SID

به نتایج حاصل از تحقیق حاضر، کلیه تیمارهای محلول-پاشی اعمال شده باعث کاهش نشت الکترولیت نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی شدند، ولی در بین تیمارهای اعمال شده محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب با کاهش ۱۴/۰۰ و ۸/۱۳ درصدی نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی وضعیت بهتری داشتند و نشت الکترولیت را به‌طور معنی‌داری بیشتر از بقیه تیمارها کاهش دادند (جدول ۵).

در شرایط تنش خشکی محتویات بیشتری از سلول در اثر تخریب غشاء به بیرون تراوش می‌کنند. تغییراتی که در ساختار غشای سلول در اثر تغییر چربی‌ها تغییرات دیگر ایجاد می‌شود، سبب افزایش نفوذپذیری غشاء نسبت به یون‌ها و ماکرومولکول‌ها می‌گردد [۳۶].

اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری باعث کاهش نشت الکترولیت گردیده و تجمع یون‌های سمی در گیاه را کاهش داده و سبب افزایش سیتوکینین‌ها در گیاه شده است [۳۳]. پرایمینگ بذرهای ذرت به همراه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث کاهش نشت الکترولیت برگ‌های آن شد [۱۰].

روی به‌عنوان عنصری ضروری و کم‌مصرف که در هر شش آنزیم موجود در گیاهان (اکسیدوردوکتازها، ترانسفرازها، لیاز، ایزومرازها، هیدرولازها و لیگازها) شرکت داشته و بنابراین در سنتز پروتئین‌ها، کربوهیدرات-ها، متابولیسم سلول، محافظت غشاء از رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با امر سازگاری گیاهان به تنش‌ها، نقش مهمی ایفا می‌کند [۲۲].

شاخص سطح برگ

اثرات ساده کم‌آبی و محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل کم‌آبی در محلول‌پاشی معنی-دار نبود (جدول ۴). با افزایش شدت تنش از میزان شاخص سطح برگ کاسته شده است، به‌طوری‌که کم‌آبی شدید نسبت به شرایط آبیاری نرمال ۳۴/۶۸ درصد کاهش معنی‌دار نشان داد. محلول‌پاشی با تیمارهای سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار با افزایش معنی‌دار ۴۲/۷۳ درصدی نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی بیشترین میزان شاخص سطح برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

تنش کمبود آب باعث کاهش رشد برگ‌ها و کاهش سطح برگ در اکثر گیاهان شده است [۲۹]. در مراحل نمو رویشی حتی تنش بسیار جزئی می‌تواند سرعت رشد برگ و در مراحل بعدی شاخص سطح برگ را کاهش دهد [۸ و ۹]. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در ذرت موجب افزایش شاخص سطح برگ شد [۴۴]. استفاده از اسیدسالیسیلیک باعث گسترش سیستم ریشه‌ای و حفظ سلامت آن و جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که درنهایت منجر به تولید بیشتر برگ و سطح آن می‌شود. اسیدسالسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب بهبود فتوسنتز و افزایش سطح برگ می‌گردد [۲۱].

به‌طورکلی، باتوجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان چنین نتیجه گرفت که کلیه سطوح محلول‌پاشی باعث بهبود وضعیت شاخص سطح برگ نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی شده است. دلیل احتمالی افزایش سطح برگ در گیاه سورگوم علوفه‌ای اثر عنصر روی بر تقسیم سلولی از طریق افزایش اکسین است [۶].

نتیجه‌گیری

نتایج کلی نشان داد که اثر متقابل تیمار محلول‌پاشی در کم‌آبی برای رنگیزه‌های فتوسنتزی به‌جز کلروفیل کل معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل محلول‌پاشی در کم‌آبی، بر روی تعداد برگ، وزن خشک برگ، ساقه و عملکرد علوفه در مترمربع، نشت الکترولیت و شاخص سطح برگ

www.SID.ir

Archive of SID

غیرمعنی‌دار، ولی برای محتوای آب نسبی معنی‌دار بود. صفات اخیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی محلول‌پاشی و کم‌آبی واقع شدند، با ذکر این نکته که تعداد برگ فقط تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی معنی‌دار گردید. اثرات اصلی سطوح کم‌آبی و محلول‌پاشی بر ارتفاع و وزن خشک ساقه غیرمعنی‌دار بود.

اگرچه سطوح تنش خشکی می‌تواند بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه سورگوم اثر بگذارد، ولی میزان اثر آن بر هر یک از صفات متفاوت بود. کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد علوفه خشک، محتوای آب نسبی و شاخص سطح برگ گردید، در مقابل نشت الکترولیت را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سولفات روی موجب افزایش اکثر صفات مورد بررسی گردید. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و سولفات روی با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر عملکرد علوفه خشک سورگوم را نسبت به شاهد به ترتیب ۹۴۳ کیلوگرم در هکتار (۶/۸۴ درصد) و ۲۹۱۸ کیلوگرم در هکتار (۲۱/۱۷ درصد) افزایش دادند. ازآنجایی‌که در این تیمارها ۴۶۰ گرم در هکتار اسید سالیسیلیک و ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی مصرف شده است، با احتساب هزینه دو بار محلول‌پاشی یک هکتار زمین و قیمت علوفه خشک سورگوم از قرار هر کیلوگرم ۷۰۰۰ ریال، هزینه و درآمد اضافی در صورت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار به‌ترتیب ۲۶۰۰۰۰۰ و ۶۶۰۱۰۰۰ ریال و در صورت محلول‌پاشی سولفات روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب ۲۷۴۰۰۰۰ و ۲۰۴۲۶۰۰۰ ریال خواهد بود. بنابراین نسبت فایده به هزینه در محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۲/۵۴ و در کاربرد سولفات روی ۷/۴۵ است. می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر علاوه بر جبران هزینه‌های محلول‌پاشی منجر به افزایش قابل‌قبول درآمد کشاورزان خواهد گردید. البته لازم به توضیح است که در صورت کاربرد مواد فوق از طریق آبیاری بارانی هزینه محلول‌پاشی نیز حذف و سود حاصل بیشتر خواهد گردید.

منابع

۱. آرویـن م ج، بیدشـکی ا، کرامـت ب و مقصـودی ک (۱۳۸۸) نقش اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی از طریق تأثیر بر پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوزیکی در گیاه سیر. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایرانیان دانشگاه صنعتی اصفهان. صص. ۹۴۴-۹۴۲.

۲. امینی ز و حداد ر (۱۳۹۲) نقش رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقابل تنش اکسیداتیو. پژوهش‌های سلولی و ملکولی (زیست‌شناسی ایران). ۲۶(۳): ۲۶۵-۲۵۱.

۳. بابائیان م، حیدری م و قنبری ا (۱۳۸۹) اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.). علوم زراعی ایران. ۱۲(۴): ۳۹۱-۳۷۷.

۴. پایگذار ی، قنبری ا حیدری م و توسلی ا (۱۳۸۸) اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ارزن مرواریدی رقم نوتریفید (*Pennisetum glacum*) تحت تنش خشکی. علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۱۰(۳): ۷۹-۶۷.

۵. حاجی‌بلند ر، پاسبانی ب و امیرآزاد ح (۱۳۸۸) تأثیر کمبود روی بر رشد، رنگیزه‌ها و فتوسنتز گیاه کلم قرمز. زیست‌شناسی گیاهی ایران. ۱(۲-۱): ۳۶-۲۵.

۶. خلیلی‌محله ج، تاج‌بخش م، فیاض مقدم ا و سیادت ع

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۳۸۰) بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و کیفی سورگوم علوفه‌ای. گیاه و زیست بوم. ۳۱: ۴۴-۳۵.

۷. قربانلی م (۱۳۸۲) تغذیه معدنی گیاهان. انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران، تهران. ۴۱۶ ص.

۸. کوچکی ع و سرمدنیا غ م (۱۳۸۲) فیزیولوژی گیاهان زراعی انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد. ۴۰۰ ص.

۹. کشاورز ح، مدرس ثانوی س ع م، زرین کمر ف، دولت آبادیان آ، پناهی م و اسیلان م س (۱۳۹۰) بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط تنش سرما. علوم گیاهان زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران). ۴۲(۴): ۷۳۴-۷۲۳.

۱۰. مهرابیان مقدم ن، آرویـن م ج، خواجویی‌نژاد غ ر و مقصودی ک (۱۳۹۰) اثر اسیدسالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. به‌زراعی نهال و بذر. ۱(۲۷): ۵۵-۴۱.

۱۱. نصیری ی، زهتاب سلماسی س، نصراله‌زاده ص، قاسمی گلعذانی ک و نجفی ن (۱۳۹۲) ارزیابی اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی بابونه آلمانی. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۳(۲۳): ۱۱۵-۱۰۵.

۱۲. نعمت‌اللهی ا، جعفری ع ر و باقری ع ر (۱۳۹۲) اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی ارقام زراعی آفتابگردان. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۵(۱۲): ۵۱-۳۷.

13. Bezrukova M, Shakhabutdinova V, Fatkhutdinova R, Kyldiarova RA, Shakirova I and Shakhabutdinova FAR (2001) The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ). 2: 51-54.

14. Blum A and Ebercon A (1981) Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science. 21: 43-47.

15. Crowley JG (1998) Improving yield and quality of forage maize. Crops Research Center, Oak Park, Carlow. 10 P.

16. El-Tayeb MA (2005) Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45(3): 215-225.

17. Fang Y, Wang L, Xin Z, Zhao L, An X and Hu Q (2008) Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. Agriculture and Food Chemistry. 56(6): 2079-2084.

18. Ganji-Arjenaki F, Jabbari R and Morshedi A (2012) Evaluation of drought stress on relative water content, chlorophyll content and mineral elements of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. Agriculture and Crop Science. 4(11): 726-729.

19. Grattan SR and Grieve CM (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae. 78 (1-4):127-157.

20. Gross J (1999) Pigment in vegetables. Van Nostrand Reinhold, New York. 351 p.

21. Gutierrez-Coronado M, Trejo CL and Larque-Saavedra A (1998) Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry. 8(36): 563-565.

22. Hammantaranjan A (1996) Physiology and biochemical significance of zinc in plants. In: Hamantaranjan A (Ed.), Advancement in Micronutrient Research. Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India. Pp. 151-178.

www.SID.ir

Archive of SID

23. Harmut KL and Babani F (2000) Detection of photosynthetic activity and water stress by imaging the red chlorophyll fluorescence. Plant Physiology and Biochemistry. 38: 889-895.

24. Hayat S, Ali B and Ahmad A (2007) Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. Springer Netherlands. 401 p.

25. Hayat S, Fariduddin Q, Ali B and Ahmad A (2005) Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agronomica Hungarica. 53(4): 433-437.

26. Hayat S, Masood A, Yusef M, Fariduddin Q and Ahmad A (2009) Growth of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) in response to salicylic acid under high-temperature stress. Plant Physiology. 21(3): 187-195.

27. Helena cruz and De Carvalho M (2008) Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. Plant Signaling and Behavior. 3(3): 156-165.

28. Hong W and Ji-Yang J (2007) growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays* L.). Agriculture Science. 6(8): 988-995.

29. Jaleel CA, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Al-Juburi HJ, Somasundaram R and Panneerselvam R (2009) Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. Agriculture and Biology. 11(1): 100-105.

30. Kaya C and Higgs D (2002) Response of tomato (*Lycopersicom esculentum* L.), cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. Scientia Horticulturae. 93: 53-64.

31. Kim MJ, Lim GH, Kim ES, Ko CB, Yang KY, Jeong JA, Lee MC and Kim CS (2007) Abiotic and biotic stresses tolerance in Arabidopsis overexpressing the multiprotein bridging factorla (MBFla) transcriptional coactivator gene. Biochemical and Biophysical Research Communications. 354: 440-446.

32. Korir PC, Nyabundi JO and Kimurto PK (2006) Genotypic response common bean to moisture stress conditions in Kenya. Plant Sciences. 5(1): 24-32.

33. Krantev A, Yordanova R, Janda T, Szalai G and Popova L (2008) Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. Plant Physiology. 165(9): 920-931.

34. Krishma S (1995) Effect of sulphur and zinc. Application on yield, S and Zn uptake and protein content of mung (green gram). Legume Research. 18: 89-92.

35. Patil BC, Hosamani RM, Ajjappalavara PS, Naik BH, Smitha RP and Ukkund KC (2008) Effect of foliar application of micronutrients on growth and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Agricultural Sciences. 21(3): 428-430.

36. Popova LP, Maslenkova LT, Yordanova RY, Ivanova AP, Krantev AP, Szalai G and Janda T (2009) Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry. 47(3): 224-231.

37. Potarzycki J and Grzebisz W (2009) Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. Plant Soil Environment. 55(12): 519-527.

38. Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandan M (2004) Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Plant Physiology. 161(11): 1189-1202.

39. Reddy RK, Hodges HF and Mckinion JM (1997) Modeling temperature effect on cotton

www.SID.ir

Archive of SID

internode and leaf growth. Crop Sciences. 37(2): 503-507.

40. Ritchie SW and Neguyen HT (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30: 105-111.

41. Senaranta T, Teuchell D, Bumm E and Dixon K (2002) Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation. 30(2): 157-161.

42. Snyman LD and Joubert HW (1996) Effect of maturity stage and method of preservation on the yield and quality of forage sorghum. Animal Feed Science and Technology. 57(1-2): 63-73.

43. Taize L and Zaiger E (2006) Plant physiology. 4th ED. Sinauer Associates Inc, Massachusetts. 690 p.

44. Zamaninejad M, Khorasani SK, Moeini MJ and Heidarian AR (2013) Effect of salicylic acid on morphological characteristics, yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.) under drought condition. European Journal of Experimental Biology. 3(2): 153-161.

www.SID.ir