مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

تأثیر محلول‌پاشی سیلیکون بر عملکرد و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان گلرنگ در شرایط کم آبیاری

۱- ایوب امیری [۱]، علی اکبر باقری[۱]، مجتبی خواجه[۱]، فضل الله نجف‌آبادی پور[۱]، پرویز یداللهی[۱]*

۱- دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۲۱

چکیده

سیلیکون دومین عنصر موجود در خاک است که دارای اثرات مفیدی در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیر زنده می‌باشد. به منظور بررسی اثر سیلیکون در افزایش تحمل به شرایط کم‌آبیاری در گلرنگ آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل تنش کمبور آب (خشکی) در ۳ سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (FC) و محلول پاشی سلیکون نیز در سطوح ۰ و ۱ و ۲ میلی مولار در مرحله گلدهی بودند. در این آزمایش تنش کم-آبیاری موجب کاهش صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در طبق، کلروفیل و افزایش آنزیم کاتالاز و پراکسیداز شد. قابل ذکر است که تنش بر صفت درصد روغن اثر معنی داری نداشت. محلول پاشی سیلیکون موجب افزایش وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق، کلروفیل شد ولی آنزیم کاتالاز و پراکسیداز با کاربرد اسید سیلیکون کاهش یافت. همچنین شاخص برداشت و درصد روغن بر اثر محلول پاشی این ماده تغییر معنی داری نداشتند. نتایج نشان داد استفاده همزمان از ۲ میلی مولار سیلیکون بیشترین وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و غلظت کلروفیل را به خود اختصاص داد.

واژه های کلیدی: کم آبیاری، گلرنگ، آنزیم های آنتی اکسیدان، محلول پاشی

* نگارنده مسئول (parviz.yd@gmail.com)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ایران به دلیل موقعیت مکانی و ساختار طبیعی خود جزء مناطق خشک (۶۵ درصد) و نیمه خشک (۲۵ درصد) محسوب می‌شود (جزایری نوش آبادی و رضایی، ۱۳۸۶). بنابراین خشکی یکی از مشکلاتی است که در بخش های زیادی از کشور ایران تولید محصولات زراعی را به خصوص در مراحل انتهایی رشد مرحله‌ی زایشی کاهش می‌دهد (موسوی فر و همکاران، ۱۳۸۸). تنش خشکی، یکی از تنش‌های چند بعدی است و سبب اثرات فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود (Paleg & Aspinal, 1981). افزایش مقاومت به تنش‌های غیر زیستی در برخی گیاهان، از طریق کاربرد خارجی ترکیبات آلی گوناگون صورت می‌گیرد. این ترکیبات می‌توانند سبب حفاظت از گیاه در برابر عوامل محیطی تنش‌زا شده و در نهایت موجب افزایش محصول شوند (Ashraf & Foolad, 2007). سیلیکون یکی از عناصر فراوان در خاک است، به دلیل اینکه در دسته عناصر ضروری برای رشد گیاهان قرار نگرفته توجه زیادی به نقش بیولوژی آن در گیاه نشده است. اخیراً در پژوهش‌های صورت گرفته به اثرات مفید و حاصل‌خیزی آن در چندین گونه گیاهی اشاره شده است، به ویژه در زمان بروز تنش‌های محیطی، با افزایش در فعالیت آنزیم های ضد اکسنده و بالا بردن محتوای اسمولیت‌ها نقش مهمی را در ایجاد مقاومت به تنش های زنده وغیر زنده در گیاهان ایفا میکند (Epstein, 1999). گزارش‌های متعددی از کاهش اثرات تنش های متعدد از جمله سمیت فلزات سنگین، خشکی و شوری با تغذیه اسید سیلیکون مناسب وجود دارد (Liang *et al*., 1996). طی آزمایشی اثرات اسید سیلیکون را بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که در مقایسه با تیمار خشکی کاربرد Si باعث افزایش در فعالیت آنزیم‌های ضد اکسید کننده (SOD، CAT و GR) می‌شود و اثرات تنش را در افزایش میزان پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، فعالیت اسید فسفولیپاز (AP) را کاهش داد (Gong *et al*., 2005).

Gunes *et al* (2007) اثرات سیلیکون را بر میزان فعالیت ضد اکسنده های آنزیمی و غیر آنزیمی ۱۰ در رقم اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) تحت تنش خشکی بررسی نموده و ملاحظه کردند که میزان فعالیت آنزیم SOD در برخی ارقام کاهش و در برخی دیگر افزایش می یابد، در صورتیکه در مطالعه آن ها فعالیت این آنزیم در تیمار سیلیکون در تمام ارقام افزایش نشان داده است. آنان همچنین دریافتند که تحت تنش خشکی فعالیت آنزیم CAT به طور معنی داری کاهش می یابد در حالی که تیمار با سیلیکون منجر به افزایش فعالیت این آنزیم در برخی ارقام اسفناج گردید. Mussa (2006) طی آزمایشی مشخص کرد که در گیاه ذرت تحت تنش شوری محتوای کلروفیل گیاه به طور معنی داری کاهش می‌یابد در صورتی که حضور Si در محیط کشت باعث افزایش در محتوای کلروفیل a و b می‌شود. در این مطالعه تأثیر محلول‌پاشی ماده اسید سیلیسکون عملکرد و فعالیت‌های آنتی اکسیدانی گلرنگ یکی از گیاهان متحمل به شرایط خشکی تحت تنش کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد وروش ها

برای مطالعه اثرات محلول‌پاشی سلیکون در شرایط محدود آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ رقم گلدشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی واقع در چاه‌نیمه اجرا شد. بافت خاک محل آزمایش رسی لومی بود و میزان متوسط رطوبت قابل دسترس گیاه از تفاوت آب خاک در نقطه ظرفیت مزرعه برابر ۰/۲۳۲ متر مکعب خاک تعیین گردید. تیمارهای آزمایش شامل

Archive of SID

www.SID.ir

۳ تنش خشکی شامل (A3) آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید)، (A2) آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش متوسط)، (A1) آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد) و محلول‌پاشی سلیکون نیز در سطوح ۰ و ۱ و ۲ میلی مولار می باشند. بعد از آماده سازی کرت‌های به طول ۴ متر و عرض ۲ متر و با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر و روی ردیف ۱۰ سانتی متر عملیات کاشت در ۲۰ آذر ۱۳۹۰ انجام گرفت. اولین آبیاری برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از کاشت اعمال گردید. پس از آن آبیاری بر اساس دور آبیاری به روش نشتی انجام شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای تنش و عدم تنش از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) استفاده شد. محلول‌پاشی سلیکون طی دو مرحله در فصل رشد گیاه (آغاز گلدهی و گلدهی کامل) انجام شد. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۴ بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال پردید. طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. به منظور بهبود جذب برگی اسید سیلیکون، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به عنوان روکنشگر استفاده شد. برداشت نهایی در تاریخ ۱۰ خرداد ماه ۱۳۹۱ بعد از حذف اثر حاشیه، از هر کرت چهار گیاه برداشت شده و جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، کلروفیل برگ، آنزیم کاتالاز (CAT)، آنزیم پراکسیداز (pod) و درصد روغن مورد استفاده قرار گرفت. درصد روغن با استفاده از دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد. اندازه گیری غلظت کلروفیل کلروفیل با (SPAD) (کلروفیل متر Minolta SPAD-502 ساخت ژاپن) انجام شد. جهت اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز (CAT) و از روش برس و سایزر استفاده شد (Beers & Sizer, 1952). همچنین اندازه گیری آنزیم پراکسیداز (pod) از روش روش مک آدم و همکاران محاسبه گردید (Mac Adam *et al*., 1992). تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس این صفت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول۱). مشاهده می‌شود که سطح سوم تنش خشکی (تنش شدید) باعث کاهش ۲۵/۳ درصدی در ارتفاع گیاه نسبت به سطح اول (بدون تنش) شده است (جدول ۲). تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه موجب کاهش ارتفاع می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیک‌تر باشد تنش تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (رستمی و همکاران، ۱۳۸۲). Kumar (2000) و فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی اغلب سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. سیلیکون باعث افزایش معنی‌داری بر ارتفاع گیاه شده است که بیشترین ارتفاع در سطح سوم سیلیکون (۲ میلی‌مولار) دیده می‌شود و کمترین ارتفاع متعلق به سطح اول (بدون مصرف سیلیکون) می‌باشد (جدول ۲). محققین زیادی گزارش کردند که سیلیکون در رشد و ارتفاع و عملکرد گیاهان زراعی و همچنین در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان مختلف، اثرات مثبت بی‌شماری را دارا می‌باشد (Gong *et al*., 2003). با توجه به نتایج این آزمایش اثر متقابل تنش خشکی و سیلیکون بر ارتفاع گیاه تأثیرمعنی‌داری نداشت.

عملکرد بیولوژیک

تنش خشکی و محلول پاشی اسید سیلیکون تأثیر بسیار معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۱) بر عملکرد بیولوژیک داشتند (جدول ۱). این پارامتر در شرایط ۷۵، ۵۰ و

Archive of SID

www.SID.ir

۲۵ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب میانگین‌های ۳۵۱۰/۶۷، ۳۲۷۱/۴۴ و ۳۲۷۱ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص داد (جدول ۲). کافی و رستمی (۱۳۸۸) با بررسی مقاومت به خشکی در ارقام مختلف گلرنگ گزارش کردند کمبود آب و بروز تنش خشکی درمحیط رشد گلرنگ باعث کاهش اندازه گیاه و وزن خشک اندام‌ها، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش عملکرد و شاخص برداشت می‌شود .

در این آزمایش اعمال سیلیکون باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک شده است. اعمال ۲۰ میلی مولار در کیلوگرم اسید سیلیکون باعث افزایش ۳/۲۳ و ۶/۹۰ درصدی در میزان عملکرد شد (جدول ۲).

صباح و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی که بر روی گندم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش اعمال سیلیکون باعث افزایش در عملکرد بیولوژیک در گندم می شود. اثر متقابل تنش خشکی و سیلیکون بر عملکرد بیولوژیک از لحاظ آماری دارای تأثیر معنی‌داری نبود.

عملکرد دانه

اعمال تنش خشکی ($p <$ ۰/۰۱) و سیلیکون ($p <$ ۰/۰۵) بر عملکرد دانه گیاه گلرنگ معنی‌دار شد (جدول ۱). افزایش تنش خشکی عملکرد دانه را کاهش داد. به طوری کمترین عملکرد را در تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) با میانگین ۱۰۸۵/۸۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده می‌کنیم که باعث کاهش ۶/۸۲ درصدی نسبت به شاهد (۱۵۴۹/۲۲ کیلو گرم در هکتار) شده است (جدول ۲). فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که به نظر می‌رسد که تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود. ابوالحسنی و ساینی (۱۳۸۵) گزارش کردند که عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی به میزان ۲۰/۵۸ درصد دچار افت می‌شود. چنان‌چه تنش در مرحله زایشی رخ دهد کاهش عملکرد به واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها می‌باشد اعمال سیلیکون در این آزمایش باعث افزایش معنی‌داری بر عملکرد دانه شده است. با افزایش سیلیکون از صفر به ۲ میلی‌مولار، عملکرد دانه ۸/۳ درصد افزایش یافته است (جدول ۲). طبق گزارش های محققین با افزایش مصرف سیلیکون، عملکرد دانه در گیاه گندم افزایش یافت (داوودی فرد و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج آزمایش صباح و همکاران (۱۳۹۰) نیز با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

شاخص برداشت

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس این صفت فقط تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی شاخص برداشت کاهش یافته است (۳۳/۱۵۹ درصد) و کمترین عملکرد را در تنش شدید مشاهده می‌کنیم که باعث کاهش ۲۵ درصدی نسبت به شاهد (عدم تنش) می‌شود (جدول ۲). شاخص برداشت نشان دهنده‌ی انتقال ماده‌ی خشک به قسمتی از گیاه است که برداشت می‌شود (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۴). افزایش این صفت در آبیاری کامل، به دلیل افزایش تولید دانه می‌باشد، با اعمال تنش خشکی، به دلیل ریزش گل‌ها و غلاف‌ها و همچنین کاهش وزن دانه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد و این کاهش نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیکی بیشتر است، به همین دلیل شاخص برداشت، کاهش می‌یابد و هر چه تنش خشکی شدیدتر گردد شاخص برداشت، کاهش بیشتری نشان می‌دهد (فرنیا و همکاران، ۱۳۸۵). اعمال سیلیکون در این آزمایش باعث افزایش شاخص برداشت شد ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). می‌توان عدم تأثیرپذیری

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص برداشت را حاکی از آن دانست که دو بخش زایشی و رویشی گلرنگ احتمالاً به یک اندازه تحت تأثیر سیلیکون قرار می‌گیرند.

وزن هزار دانه

اثر تنش خشکی ($p<۰/۰۵$) و محلول پاشی اسید سیلیکون ($p<۰/۰۱$) بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۱). مشاهده می‌شود که سطح سوم تنش خشکی (تنش شدید) باعث کاهش ۱۹/۵ درصدی وزن هزار دانه نسبت به سطح اول تنش (عدم تنش) شده است (جدول ۲). ژنوتیپ های مختلف از نظر تجمع ماده خشک و تسهیم آن به اندام های گیاهی تفاوت های زیادی را نشان می‌دهند (Koutroubas *et al*., 2004). تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب عدم رشد دانه در طبق و کاهش دانه‌های تشکیل یافته می‌شود و همچنین اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها بسیار بارز است، چون عملکرد بالقوه بسته به وزن هزار دانه می‌باشد که این موضوع مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). اعمال سیلیکون باعث افزایش معنی‌داری بر وزن هزار دانه شد به طوری که با افزایش مصرف سیلیکون وزن هزار دانه نیز افزایش یافت و بیشترین وزن هزار دانه در سطح سوم سیلیکون (۲میلی‌مولار در متر مربع) مشاهده می‌شود (جدول ۲). طی آزمایشی محققان نتیجه گرفتند مصرف سیلیکون باعث جهت‌گیری برگ‌ها در مقابل آفتاب و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه می‌شود (Epsein & bloom, 2005). در آزمایشی که صباح و همکاران (۱۳۹۰) بر روی گندم انجام دادند، بیان کردند که که با افزایش مصرف سیلیکون وزن هزار دانه نیز افزایش می یابد.

تعداد دانه درطبق

اثر تنش خشکی ($p<۰/۰۱$) و محلول پاشی اسید سیلیکون ($p<۰/۰۵$) بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). که سطح سوم کم آبیاری (تنش شدید) با میانگین ۱۷/۶۶ عدد باعث کاهش ۶۴ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به سطح اول کم آبیاری (عدم تنش) شده است (جدول ۴). کوچکی و سرمدنیا (۱۳۸۲) گزارش کردند ماده خشک ذخیره شده در بذر عمدتاً نتیجه فتوسنتز انجام شده می‌باشد، بنابراین در اثر تنش خشکی تعداد سلول‌های بنیادی کاهش می‌یابد و تعداد دانه در طبق کمتری تولید می‌گردد.

توکلی زینالی (۱۳۸۱) گزارش کرد عدم آبیاری گلرنگ در مرحله گلدهی و قبل از آن موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد اثر بیشتری بر تعداد دانه خواهد گذاشت. کاهش تعداد دانه در طبق در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت کاهش اسمیلات‌ها به واسطه کاهش سطح برگ گیاه و فتوسنتز در مرحله پر شدن دانه باشد.

اعمال سیلیکون باعث افزایش تعداد دانه در کپسول شد. بیشترین تعداد دانه در کپسول در سطح سوم سیلیکون (۲ میلی‌مولار در متر مربع) با میانگین ۸۸/۴۷ مشاهده می‌شود (جدول ۴). نتایج آزمایش Ma (2004) نشان میدهد مصرف سلیکون اثرات تنش خشکی را کاهش میدهد و همچنین منجر به افزایش رشد ساقه، برگ و دیگر اندام های گیاه نظیر تعداد دانه در طبق میگردد. نتایج آزمایش صباح و همکاران (۱۳۹۰) روی گندم نشان می دهد که مصرف سیلیکون باعث افزایش تعداد دانه در سنبله گندم می شود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شاخص کلروفیل تحت تأثیر تنش در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). در مطالعه حاضر کلروفیل در اثر تنش حدود ۱۱/۱۸ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۴). در شرایط تنش اکسنده و تنش های محیطی

Archive of SID

www.SID.ir

مانند خشکی میزان تولید رادیکال های فعال و در نتیجه پراکسیداسیون لپیدی افزایش می یابد و مشخص شده است که تخریب کلروفیل نتیجه پراکسیداسیون لپیدهای غشاء می باشد (Gong *et al*., 2005).

در مورد محلول پاشی با افزایش مصرف سیلیکون غلظت کلروفیل گیاه نیز افزایش یافته است. در مطالعه حاضر سطح سوم سیلیکون (۲ میلی مولار) دارای بیشترین کلروفیل (۸۸/۴۷) نسبت به سطوح دیگر آن می‌باشد (جدول ۴). Mussa (2006) طی آزمایشی که انجام داد به این نتیجه رسید که تحت شرایط تنش میزان کلروفیل کاهش می یابد ولی مصرف سلیکون سبب افزایش کلروفیل در گیاه می شود. در این آزمایش اثرات متقابل تنش خشکی و سیلیکون از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند.

آنتی اکسیدان کاتالاز CAT و پراکسیداز

اثر تنش کم آبیاری، محلول‌پاشی اسید سیلیکون ($p<۰/۰۱$) و اثر متقابل تنش سیلیکون ($p<۰/۰۵$) بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار شد (جدول ۳). تنش شدید باعث کاهش ۵۳/۳ درصدی این آنزیم نسبت به شاهد شده است (جدول ۴). اعمال سیلیکون باعث افزایش آنزیم کاتالاز شده است، که با افزایش محلول پاشی از صفر به ۲ میلی‌مولار، آنزیم کاتالاز را ۳۷/۵ درصد افزایش داده است (جدول ۴). بیشترین میزان آنزیم کاتالاز در اثر متقابل تنش در اسید سیلیکون زمانی حاصل شد که غلظت ۲ میلی مولار اسید سیلیکون در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی شد و معادل ۰/۰۰۲۱ میکرو مول بر میلی گرم پروتئین گردید (شکل ۱).

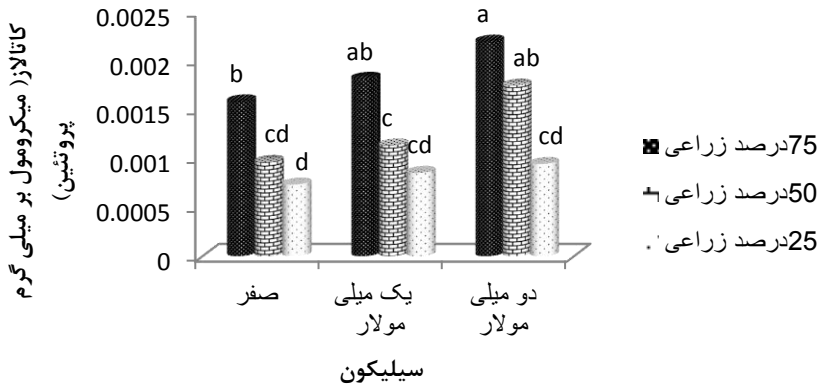
اثر کم آبیاری و محلول‌پاشی اسید سیلیکون ($p<۰/۰۱$) بر آنزیم پراکسیداز نیز معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را در تنش شدید (۰/۰۰۱۴ میکرومول بر میلی گرم پروتئین) مشاهده می‌کنیم که باعث افزایش ۵۲/۱ درصدی شده است (جدول ۴). سیلیکون در مطالعه حاضر نیز همچون کاتالاز باعث افزایش آنزیم پراکسیداز شده است. افزایش اعمال سیلیکون از صفر به ۲ میلی‌مولار، میزان آنزیم پراکسیداز را ۳۸/۴ درصد افزایش یافته است.

این آنزیم قادر است بدون نیاز به عامل احیاء کننده H_2O_2 موجود در سلول را به H_2O و O_2 تبدیل کند (Turkan *et al*., 2005). کاتالاز علاوه بر اینکه H_2O_2 را از محیط حذف میکند کمبود اکسیژن حاصل از واکنش ملر را نیز جبران می نماید (Arora *et al*., 2000). محققان گزارش کردند که تنش شوری باعث کاهش در فعالیت آنزیم های CAT و SOD می گردد، در حالی که در تیمار سیلیکون فعالیت این دو آنزیم افزایش پیدا کرد. آنان بیان داشتند افزایش این آنزیم ها تحت تیمار سیلیکون باعث کاهش در محتوای H_2O_2 سلول می گردد، در نتیجه مانع از خسارت اکسید کننده ناشی از H_2O_2 باعث افزایش در وزن خشک گوجه فرنگی تحت تنش شوری می گردد (AL-Aghabary *et al*., 2004).

Shalini & Duey (2003) بیان کردند که اکسیدازها از جمله آنزیم‌هایی به شمار می‌روند که نقش بسیار مهمی در پاسخ به تنش‌های غیر زستی دارند و تحت تنش فعال می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- اثرات متقابل تنش خشکی و سیلیکون بر فعالیت آنزیم کاتالاز

درصد روغن

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان می‌دهد هیچکدام از تیمارهای اعمال شده بر درصد روغن از لحاظ آماری تأثیرمعنی‌داری نداشتند (جدول ۳). در مورد تأثیر تنش خشکی بر درصد روغن گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد. اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود، بنابراین آسیب دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل کننده در اثر تنش خشکی، بعید به نظر می‌رسد. از این رو کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی است (Johnson & Wax, 1978). فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند درصد روغن تحت تأثیر تنش خشکی و عوامل محیطی قرار نمی‌گیرد افت درصد روغن در اثر تنش خشکی شدید در مقایسه با تنش خشکی ملایم نسبتاً بالاتر است که نشان می‌دهد، اگر شدت تنش زیاد نباشد، تأثیر چندانی بر درصد روغن دانه نخواهد داشت.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه نشان داد که اگرچه دور آبیاری می‌تواند بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه گلرنگ تأثیر بگذارد، ولی میزان تأثیر آن بر هر یک از ویژگی‌ها متفاوت بود.

محلول‌پاشی اسید سیلیکون موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، کلروفیل، آنزیم کاتالاز و پراکسیداز شده در حالیکه بر درصد روغن و شاخص برداشت تأثیر معنی داری نداشت ولی تنش خشکی باعث کاهش ۲۵ درصدی شاخص برداشت گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- تجزیه واریانس برخی خصوصیات کمی گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی و سیلیکون

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۱۹۷/۱۴**	۲۲۱۶۳۸/۹۲**	۵۵۵۸۴/۰۳**	۳۴/۷۶*	۲۲۲/۴۸*
تنش خشکی	۲	۱۸۸۹/۵۹**	۱۷۲۰۰۱/۳۷**	۴۸۳۰۲۷/۳۷**	۲۸۰/۹۰**	۲۳۸/۰۳*
سیلیکون	۲	۱۶۸۱/۸۱**	۱۲۹۰۴۷/۲۵**	۲۹۳۱۲/۷۰*	۰/۹۹^{ns}	۱۱۲۰/۵۹**
تنش × سیلیکون	۴	۲۷/۵۳^{ns}	۳۸۱۱/۰۹^{ns}	۹۰۷/۰۹^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۱۴۷/۳۷^{ns}
خطا	۱۶	۹۹/۹۸	۱۲۳۰۳/۸۴	۵۰۲۰/۷۸	۷/۲۲	۴۸/۷۳
ضریب تغییرات (٪)	_	۱۰/۳۰	۳/۳۱	۵/۳۷	۶/۸۵	۱۵/۸۱

ns ، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول۲- مقایسه میانگین برخی خصوصیات کمی گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی و سیلیکون

تیمار	ارتفاع (cm)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	عملکرد دانه (Kg/ha)	شاخص برداشت (٪)	وزن هزار دانه (gr)
		تنش خشکی			
FC %۷۵	۱۰۹/۸۸a	۳۵۱۰/۶۷a	۱۵۴۹/۲۲a	۴۴/۱۶۳a	۴۷/۴۴۴a
FC ٪۵۰	۹۹/۸۸b	۳۲۷۱/۴۴b	۱۳۱۶/۶۷b	۴۰/۳۳۸b	۴۶/۷۷۸a
FC %۲۵	۸۱/۳۳c	۳۲۷۱/۰۰b	۱۰۸۵/۸۹c	۳۳/۱۵۹c	۳۸/۲۲۲b
		سطوح سیلیکون			
شاهد	۸۴/۷۷b	۳۲۲۸/۸۹c	۱۲۶۱/۸۹b	۳۸/۹۹۸a	۳۲/۴۴۴c
۱ mm/m^2	۹۴/۵۵b	۳۳۵۶/۰۰b	۱۳۱۴/۰۰ab	۳۹/۰۶۰a	۴۵/۳۳۳b
۲ mm/m^2	۱۱۱/۷۷a	۳۴۶۸/۲۲a	۱۳۷۵/۸۹a	۳۹/۶۰۲a	۵۴/۶۶۷a

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳ - تجزیه واریانس برخی خصوصیات کیفی گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی و سیلیکون

تیمار	تعداد دانه در طبق	کلروفیل (Spad)	کاتالاز (میکرومول بر میلی گرم پروتئین)	پراکسیداز (میکرومول بر میلی گرم پروتئین)	درصد روغن
			تنش خشکی		
FC %۷۵	۴۹/۲۲a	۸۱/۹۵a	۰/۰۰۱۸a	۰/۰۰۰۶۷c	۳۳/۳۰a
FC ٪۵۰	۳۵/۲۲b	۸۱/۰۶a	۰/۰۰۱۲b	۰/۰۰۱۰b	۳۳/۶۳a
FC %۲۵	۱۷/۶۶c	۷۲/۷۸b	۰/۰۰۰۸۴c	۰/۰۰۱۴a	۳۲/۲۱a
			سطوح سیلیکون		
شاهد	۷۰/۳۳c	۰/۰۰۱۰c	۰/۰۰۱۰c	۳۲/۱۲a	۱۹۴۲/۱ c
۱ mm/m^2	۷۷/۰۰b	۰/۰۰۱۲b	۰/۰۰۱۲b	۳۳/۲۳a	۳۰۱۲/۸b
۲ mm/m^2	۸۸/۴۷a	۰/۰۰۱۶a	۰/۰۰۱۶a	۳۳/۷۸a	۴۱۰۶/۷ a

ns ، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول۴- مقایسه میانگین برخی خصوصیات کیفی گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی و سیلیکون

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در طبق	کلروفیل	کاتالاز	پراکسیداز	درصد روغن
تکرار	۲	۹۲/۹۲ ^{ns}	۳۸/۷۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۰۰۱**	۹/۲۷^{ns}
تنش خشکی	۲	۲۲۴۹/۹۲**	۲۳۰/۰۰**	۰/۰۰۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۰۱**	۴/۹۷^{ns}
سیلیکون	۲	۱۱۰/۰۳*	۷۵۸/۱۰**	۰/۰۰۰۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۰۰۰۶**	۶/۴۸^{ns}
تنش × سیلیکون	۴	۲۰/۹۲^{ns}	۳۴/۷۷^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۷*	۰/۰۰۰۰۰۰۰۹^{ns}	۵/۶۵^{ns}
خطا	۱۶	۲۷/۴۶	۳۳/۶۰	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۹	۸/۵۱
ضریب تغییرات (درصد)	_	۱۵/۳۹	۷/۳۷	۹/۶۶	۸/۹۱	۸/۸۲

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

بهدانی، م. ع. و ب. ا، موسوی فر. ۱۳۹۰. اثر کم آبیاری بر انتقال مجدد و وزن خشک اندام‌های گیاهی سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۳ (۳): ۲۸۹-۲۷۷.

توکلی زینلی، ا. ۱۳۸۱. اثر قطع آبیاری در مراحل رشد گیاه بر عملکرد دانه، روغن و اجزای عملکرد آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

پازکی، ع. ر. ۱۳۸۹. اثر مقادیر ژئولیت و تنش کم آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا (*Brassica napus* L.) در منطقه شهر ری. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۶ (۱): ۱۶-۱.

جزائری نوش آبادی، م. ر. و ع. م. رضایی. ۱۳۸۵. ارزیابی روابط بین پارامترها در رقم جو دو سر در تنش‌های آبی و شرایط بدون تنش. مجله علم و متابولیسم کشاورزی، ۱۱ (۱): ۲۷۸-۲۶۵.

خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۳. زراعت نباتات صنعتی. جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. چاپ هفتم. ۵۷۱ ص.

داوودی فرد، م.، د. حبیبی، پ. پاک نژاد، ف. فاضلی و ف. فرهانی پاد. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر باکتری های محرک رشد و محلئل پاشی اسیدهای آمینه اسید سیلیسیک بر روی فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان تحت شرایط تنش خشکی در گیاه گندم. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۶ (۴): ۳۶-۱۱.

فرخی نیا، م.، م. رشدی، ب. پاسبان اسلام و ر. ساسان دوست. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی صفات رویشی گلرنگ بهاره. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۲ (۵): ۱-۱۱.

فرخی نیا، م.، م، رشدی.، ب، پاسبان اسلام و ر، ساسان دوست. ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲ (۳): ۵۴۵-۵۵۳.

فرنیا، ا.، ق. نورمحمدی، ا. نادری، ف. درویش و ا. مجیدی هروان. ۱۳۸۵. تأثیرتنش خشکی و نژادهای باکتری Bradyrhizobium japonicum بر عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در سویا (رقم کلارک) در بروجرد. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۸. (۳): ۲۱۴-۲۰۱.

کافی، م. و م. رستمی. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش های زراعی ایران، ۵ (۱): ۱۳۲-۱۲۱.

کوچکی، ع. و ج. خلقانی. ۱۳۷۴. شناخت مبانی تولید محصولات زراعی (نگرشی اکوفیزیولوژیک). (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کوچکی، ع. و غ. ح. سرمدنیا. ۱۳۸۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ دهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

محمدی، ص.، ع. سپهری، م. ع. ابوطالبیان و ج. حمزِئی. ۱۳۹۰. تأثیر سیلیکون بر عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی پایان دوره رشد، ششمین همایش ایده های نو در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی.

Archive of SID

www.SID.ir

موسوی‌فر، ب. ا.، م. ع. بهدانی. و م. الاحمدی. ۱۳۸۸. پاسخ ارقام گلرنگ بهاره به فواصل مختلف آبیاری در شرایط آب و هوایی بیرجند. مجموعه مقالات همایش منطقه ای بحران آب و خشکسالی، ۶۷۰-۶۷۵.

هاشمی تنکابنی، م. ۱۳۷۴. آزمایش روغن‌ها و چربی‌ها. مرکز نشر دانشگاهی تهران. چاپ دوم.

Abel, G. H. 1976. Effects of irrigation regimes, planting dates, nitrogen levels and row spacing on safflover cultivars. Agronomy Journal. 68: 448-451.

Abolhasani, K. and G. Saeni. 2006. Investigation of agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. J. of Agri. Sci. and natural resources. 13(4): 100-108. Acad. Press. New York.

Ahmad, R., S. H. A, Zaheer, and I. S. Ismail. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticom aestivum* L.) Plant Science. 85: 43-50.

AL-Aghabary, K., Z. Zhujun, and S. Qinhua. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plant under salt stress. Plant Nutrition. 27: 21011-2115.

Arora, A., T. M. Byrem, M. G. Nair, and G. M. Strasburg. 2000. Modulation of liposomal memberane fluidity by flavonoids and isoflavonoids. Archives of Biochemistry and Biophysics. 373: 102-109.

Bai, L. and F. Sui. 2006. Effect of soil drought stress on leaf of maize. Pedosphere 16: 326-332.

Beers, G. R. and I. V. Sizer. 1952. Aspectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Biological Chemistry. 195:133-140.

Epstein, E. and A. Bloom. 2005 Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Epstein, E. 1999. Silicon. Plant Physiology. 50: 641-64.

Gong, H., X. Zhu, K. Chen, W. Suomin, and C. H. Zhang. 2005 Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. Plant Science. 169: 313-321.

Gong, H., K. Chen, G. Chen, S. Wang, and C. H. Zhang. 2003: Effects of silicon on growth of wheat under drought. - J. Plant Nutrition. 26:1055-1063.

Jamil, M., S. Rehman, and E. S. Rha. 2007. Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). Pakistan Journal of Botany. 39: 753-760.

Johnson, R. R. and L. M. Wax. 1978. Relationship of soybean germination and vigor tests of field performance. Agron. J. 75: 859-803.

Khiidir, M.O. 1974. Genetic variability and inter-relationship of some quantative character in safflower. Journal Agriculture Science. 83: 107-202.

Kirnak, H., C. Kaya, I. Tas, and D. Higgs. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and qulity in egg plants. Plant physiol. 27: 34-46.

Koutroubas, S. D., D. K. Papacosta, and A. Doitsinis. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research. 90: 263–274.

Kumar, H. 2000. Development potential of safflower in comparision to sunflower. Sesame and safflower news letter. Institute of sustainable agriculture. Spain. 15: 86-89.

Archive of SID

www.SID.ir

Takahashi. 2002 . Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan, Elsevier Science.

Ma, J. F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. Soil Science plant nutr. 50: 11- 18. growing rice plant. Plant Science. 164: 1645-1655.

Turkan, I., M. Bor, F. Ozdermir, and H. Koca. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant P. acutifolius Gray and drought-sensitive P. vulgaris L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science .168: 223-231.

Villalobs, F. J., A. J. Hall, J. T. Ritchie, and F. Orgaz. 1996. Oil crop sun: A development, growth and model of sunflower crop. Agron. J. 88: 403-415.

Zarco Tajada, P. J., J. R. Miller, G. H. Mohammad, T. L. Noland, and P. H. Sampson. 2000. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. Remo. Sens. Environ. 74: 596-608.

Zimmerman, L. H. 1972. Effect of temperature and humidity stress during flowering on safflower. Crop Sciance. 12: 632-640.

Liang, Y., Q. Chen, W. Zhang, and R. Ding. 1996. Exogenous silicon increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in root of salt-stressed bareley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Physiology. 160: 1157-1167.**Ma, J. F. and E.**

Mac Adam, J. W., C. J. Nelson, and R. E. Sharp. 1992. Peroxidase Activity in the leaf elongation zone of tallfescue. Plant Physiology. 99: 872-878.

Mussa, H. R. 2006. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt stressed maize (*Zea mayz* L.). Agriculture and Biology Journal. 2: 293-297.

Paleg, I. G. and D. Aspinal. 1981. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants.

Rostami, M., R. Mirzaei, and M. Kafi. 2003. Assessment of drought resistance in four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars at the germination stage. 7th International conference on development of dryland. 14- 17 September 2003. Tehran. Iran.

Shalini, V. and R. S. Duey. 2003. Lead toxicity induced lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in

Archive of SID

www.SID.ir