مجله علمی تنش‌های محیطی در علوم گیاهی
جلد ۱، شماره ۱، پاییز ۱۳۸۸

اثر کاربرد غلظت‌های مختلف پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاه دارویی خردل (*Sinapis alba* L.) در شرایط تنش خشکی

مهدی رحمانی[۱]*، داوود حبیبی[۲]، امیرحسین شیرانی‌راد[۳]، جهانفر دانشیان[۳]،
سید علیرضا ولد آبادی[۴]، مسعود مشهدی اکبر بوجار[۵]، امیرحسین خلعتبری[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۳- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
۴- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
۵- استادیار دانشگاه تربیت معلم تهران

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۱۴

چکیده

کمبود آب بیشترین سهم را در کاهش عملکرد گیاهان زراعی دارد. پلیمرها ترکیبات سنتتیک آلی بوده و به صورت مصنوعی تولید می‌شوند. این مواد می‌توانند در تماس با آب آن را به سرعت تا چندین برابر حجم خود جذب و نگهداری کنند. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبی و سوپرجاذب بر عملکرد و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاه دارویی خردل به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش کم آبی در پنج سطح (آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی، قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی، قطع آبیاری از مرحله‌ی خورجین‌دهی، قطع آبیاری از مرحله‌ی پرشدن دانه) و کاربرد پلیمر سوپر جاذب در سه سطح (غلظت ۰، ۵ و ۷ درصد) بودند. نتایج به دست آمده نشان داد که از نظر تمام صفات اندازه‌گیری شده بین سطوح مختلف تنش کم آبی و کاربرد سوپرجاذب اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اثر متقابل تنش کم‌آبی و سوپرجاذب برای هیچ یک از صفات معنی‌دار نبود. باید توجه داشت که که آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A همراه با مصرف غلظت ۷درصد سوپر جاذب بیشترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را به ترتیب به میزان ۵۸۰۳ و ۲۵۷۸۰ کیلوگرم در هکتار و ۲۲/۴۵ درصد به خود اختصاص داد. در عین حال بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عدم محلول‌پاشی اختصاص یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، سوپر جاذب، خردل، عملکرد، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان.

* نگارنده مسئول (Rahmani.Mehdi@Gmail.Com)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خردل[1] با نام علمی *Sinapis alba* L. گیاهی یک ساله و علفی از خانواده چلیپاییان[2] می‌باشد. با توجه به دیدگاه اقتصادی و عملکرد گونه‌های مختلف گیاه خردل، سه گونه‌ی اصلی آن با نام‌های خردل زرد (سفید)، خردل سیاه (فرانسوی) و خردل قهوه‌ای (هندی) در جهان مورد توجه قرار گرفته است. منشاء این گیاه مدیترانه و غرب آسیا گزارش شده است. این گونه با عدد کروموزومی ۲۴ ، *Brassica hirta* نیز نامیده می‌شود. این گیاه در اروپا به خردل سفید و در شمال آمریکا به خردل زرد معروف است. خردل یکی از قدیمی‌ترین و در حال حاضر یکی از گسترده‌ترین ادویه‌های مورد استفاده در جهان می‌باشد. خردل به عنوان یک گیاه دارای ارزش دارویی، تغذیه‌ای و اقتصادی بیش از هزار سال است که در کشورهای اروپایی، آسیایی و شمال آفریقا شناخته شده است. گیاهان خانواده چلیپاییان مانند خردل به دلیل خصوصیات ضد میکروبی ترکیبات گروه ایزوسیانات در مقابل بسیاری از میکرو ارگانیسم‌های بیماری‌زا از قبیل اشرشیاکلی، سالمونلا تیفوموریوم، لیستریا مونوسیتوژنز و غیره و همچنین خواص دارویی ضد سرطان[3] و ضد توموری[4] آن‌ها مورد توجه دانشمندان و محققین قرار گرفته است (شیرانی و دهشیری، ۱۳۷۷ ؛ امیدبیگی، ۱۳۷۹). به هر عامل محیطی که به طور بالقوه برای موجود زنده نامساعد باشد، تنش گفته می‌شود (کوچکی و نصیری، ۱۳۷۳). خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی رشد گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است که تقریباً تولید ۲۵ درصد اراضی جهان را محدود ساخته است (کهن‌مو، ۱۳۷۴ ؛ هاشمی‌دزفولی، ۱۳۷۳). کمبود آب بیشترین سهم را در کاهش عملکرد گیاهان زراعی دارد (عظیم‌زاده، ۱۳۷۱). خشکی می‌تواند در اثر وجود یک یا چند عامل آب و هوایی که موجب کمبود آب در داخل گیاه می‌شوند، به وجود آید (Levit, 1980). کاهش مقدار آب در دسترس گیاه منجر به تنش خشکی و بروز تغییرات نامناسب مرفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاه می‌شود. خسارت وارده به گیاهان زراعی در اثر تنش‌های حرارتی، خشکی و شوری در سطح جهان گسترده‌تر بوده و دلایل زیادی وجود دارد که صرف نظر از نوع تنش، گیاه به صورت مستقیم و غیر مستقیم با تنش خشکی مواجه خواهد شد (هاشمی‌دزفولی و همکاران، ۱۳۷۴).

پلیمرها ترکیبات آلی بوده و به صورت مصنوعی تولید می‌شوند و از پلی آکریلات پتاسیم و کوپلیمرهای پلی اکریل آمید ساخته شده‌اند و می‌توانند در تماس با آب آن را به سرعت تا چندین برابر حجم خود جذب و نگهداری کنند و قابلیت نگهداری آب را در خاک مورد نظر افزایش دهند و در نهایت با کاهش تنش ناشی از خشکی سبب ارتقاء رشد گیاه شوند (روشن،۱۳۸۱). این مواد بی‌بو، بی‌رنگ و بدون خاصیت آلایندگی خاک، آب و بافت گیاه می‌باشند (اله‌دادی، ۱۳۸۱).

پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی که روی گیاه لوبیا قرمز انجام دادند، اظهار داشتند تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص براشت و وزن صد دانه و افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز شده و در حالی که مصرف پلیمر سوپر جاذب به مقدار ۷ درصد برسد، به دلیل کاهش اثر تنش خشکی عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک شاخص براشت و

1- Mustard
2- Cruciferae
3- Ant carcinogenic
4- Inhibitor of tumurgenesis

Archive of SID

www.SID.ir

وزن صد دانه افزایش و فعالیت این آنزیم‌ها کاهش می‌یابد. آن‌ها همچنین بیان نمودند که افزایش آنزیم‌های بالا در شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده‌ی اثر این آن‌ها در کاهش خسارات تنش اکسیداتیو و نقش مهم آن‌ها در مقابله با رادیکال‌های آزاد می‌باشد.

رحمانی (۱۳۸۶) در آزمایش خود بر روی گیاه همیشه بهار بیان کرد که فاکتور زمان آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت داشت. تنش آبی موجب بسته شدن روزنه‌ها شد در نتیجه میزان فتوسنتز، تولید ماده‌ی خشک و در نهایت میزان عملکرد کاهش یافت.

کاهش میزان فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی که بیانگر کاهش مقدار تولید ماده خشک در واحد سطح برگ و در نتیجه کاهش عملکرد می‌باشد، نشان می‌دهد که در اثر تنش خشکی کارآیی سطح برگ کاهش یافته است (Cox & Jolliff ,1987). کاهش پارامترهای رشدی و عملکرد گیاه تحت شرایط خشکی در سایر گیاهان مانند نعناع(Prasad *et al*., 1996)، گندم (Bajji *et al*., 1996) و ریحان سبز (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۲) نیز گزارش شده است. شریفی (۱۳۸۰) اظهار داشت که تعداد پنجه، سطح برگ، وزن خشک، رشد بخش هوایی، تعداد سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافته است.

Bajji *et al* (1996) اعلام نمودند که تعداد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن خشک اندام هوایی در مرحله‌ی گرده افشانی با تنش خشکی کاهش یافت.

Saleem (2003) بیان کرد که تنش خشکی در گندم، مقدار بیوماس، عملکرد کاه، ارتفاع بوته، طول خوشه و مقدار سنبلچه در خوشه را کاهش می‌دهد.

Jensen *et al* (1996) اعلام داشتند که تنش خشکی، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد در کلزا شده است. عطایی (۱۳۸۳) در آزمایشی که بر روی گیاه نخود انجام داد، اظهار داشت که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپر اسید دیسموتاز را افزایش می‌دهد.

ساعی و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش خشکی نسبت به شاهد به طرز معنی‌داری افزایش می‌یابد. ایشان تعیین سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را به عنوان یک پارامتر برای تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی در سورگوم علوفه‌ای تشخیص دادند.

شکروی (۱۳۸۴) اظهار داشت که در گیاه آفتابگردان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز تحت اعمال تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری می‌یابد.

عمان و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌شود. از این رو می‌توان از این آنزیم‌ها به عنوان شاخصی برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی در آفتابگردان آجیلی استفاده کرد. Jensen *et al* (1996) اظهار داشتند که با افزایش تنش خشکی، پس از ۲۴ ساعت میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه افزایش می‌یابد.

نتایج به دست آمده از بررسی انجام شده توسط روشن (۱۳۸۱) بر روی گیاه بادام زمینی حاکی از آن بود که کاربرد سوپر جاذب سبب کاهش میزان آب آبیاری شده و همچنین افزایش عملکرد بادام‌زمینی به میزان ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. بنابراین مصرف این ماده می‌تواند نقش

Archive of SID

www.SID.ir

مهمی در بهبود صفات کمی و کیفی گیاهان تولیدی داشته باشد.

Specht *et al* (1996) در طی بررسی‌هایی بر روی لوبیا قرمز به این نتیجه دست یافتند که مصرف پلیمر سوپرجاذب، برخی از صفات همچون عملکرد دانه و شاخص برداشت را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. شفیعی (۱۳۸۱) بر اساس تحقیقات صورت گرفته در رابطه با پلیمر سوپر جاذب بیان کرد که با استفاده از این مواد می‌توان علاوه بر رشد بهتر گیاه و کاهش تأثیر منفی نمک خاک بر گیاه تا حدود ۵۰٪ در مصرف آب نیز صرفه‌جویی کرد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و سوپر جاذب بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی خردل این تحقیق در سال زراعی ۸۷-۸۶ در محل مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در شهرستان ماهدشت کرج اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پنج سطح تنش کم آبی (آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی، قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی، قطع آبیاری از مرحله‌ی خورجین‌دهی و قطع آبیاری از مرحله مرحله‌ی پر شدن دانه) و سه سطح کاربرد سوپر جاذب (غلظت ۰، ۵ و ۷ درصد) بودند. هر تکرار شامل ۱۵ کرت آزمایشی و هر کرت آزمایشی شامل سه پشته با فاصله ۶۰ سانتی‌متر و به طول ۴ متر بود. در روی هر پشته دو خط کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد که کشت بذرها روی ردیف با فواصل یک سانتی‌متری و بیشترین عمق تا دو سانتی‌متر انجام گرفت. که البته این مقدار بذر بیش از تراکم مطلوب و برای اطمینان از سطح سبز بهینه کاشته شد، تا بعد از سبز شدن بذور، با انجام عملیات تنک کردن، تراکم مطلوب در سطح آزمایش به دست آید. بین تکرارها ۶ متر فاصله برای ایجاد نهرهای آبیاری در نظر گرفته شد.

در هر تکرار بین کرت‌ها سه پشته نکاشت برای جلوگیری از نشت آب آبیاری هر کرت، به کرت‌های مجاور ایجاد شد. برای آماده‌سازی زمین قبل از اجرای آزمایش، زمین مورد نظر آبیاری شد و بعد از گاورو شدن، به وسیله‌ی گاو آهن برگردان‌دار شخم عمیق زده شد، سپس برای خرد شدن کلوخه‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین گفته شده دو دیسک عمود بر هم زده شد و عملیات تسطیح پس از آن انجام شد. سپس مزرعه به وسیله‌ی فاروئر با فواصل ۶۰ سانتی‌متری جوی و پشته‌سازی شد و جوی‌های آبیاری اصلی در بالا و پایین هر تکرار به وسیله‌ی نهرکن ایجاد شد. قبل از انجام کاشت نمونه‌برداری مرکب خاک از اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر انجام و نسبت به تعیین بافت خاک و میزان عناصر غذایی موجود در آن اقدام شد. کمبود عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد قبل از انجام عمل دیسک به وسیله کودپاش سانتریفیوژ به خاک اضافه شد که شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریبل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود (نیتروژن مصرفی برای تأمین نیازهای اولیه گیاه بود). پس از آماده‌سازی زمین ابتدا غلظت‌های مورد نیاز ژل سوپر جاذب تهیه شد. ابتدا به وسیله‌ی ترازوی دقیق آزمایشگاهی مقدار مورد نیاز هر خط سنجیده شده و درون سطلی قرار گرفت و مقدار آب مورد نیاز توسط استوانه مدرج به آن اضافه شده و برای تهیه‌ی ژل سوپر جاذب هر خط مدت زمان ۲۰ دقیقه لازم است تا آب کافی جذب کند. سپس به وسیله‌ی فاروئر دستی

Archive of SID

www.SID.ir

شیارهای عمیقی در دو طرف پشته ایجاد شد و ژل سوپر جاذب هر خط به طور یکنواخت درون شیار مربوطه قرار گرفت و با مقداری خاک روی ژل پوشانده شده و بذرها روی آن قرار گرفته و دوباره روی آن با خاک پوشانده شد و پس از انجام عملیات کاشت نسبت به آبیاری مزرعه اقدام شده و با فاصله زمانی کوتاهی دومین آبیاری برای بالا بردن درصد جوانه‌زنی انجام گرفت. آبیاری کرت‌ها بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A صورت گرفت و پس از مشاهده هر یک از مراحل اقدام به قطع آبیاری کرت‌های مربوطه شد.

پس از برداشت همه‌ی بوته‌های هر کرت آزمایشی صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن صد دانه اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در مساحت ۷/۲ مترمربع، بوته‌های هر کرت آزمایشی به طور جدا گانه کف بر شدند و برای خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت به ۱۲ درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری شدند. پس از گذشت یک هفته، قبل از جدا کردن دانه از خورجین، وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، خورجین، دانه) تعیین و به عنوان عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار، ثبت شد، سپس به وسیله‌ی کمباین، اقدام به جداسازی دانه‌ها از خورجین شد. پس از جدا کردن دانه‌ها از خورجین، وزن دانه با ترازوی دقیق و با دقت یک هزارم گرم توزین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ۱۰ روز پس از شروع پر شدن دانه‌ها، در هنگام صبح و قبل از گرم شدن هوا از برگ هر کرت آزمایشی طبق نقشه‌ی آزمایش نمونه‌برداری شد. سعی بر آن بود که برگ‌ها کاملاً جوان و گسترده باشند. نمونه برگ در درون کیسه‌های مخصوصی که برای این کار آماده شده بود، قرار گرفت و در یخدانی که کف آن از یخ پوشیده شده بود، قرار داده شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و میزان فعالیت SOD ،CAT و GPX اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثر فاکتور تنش کم آبی بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر از تشتک با ۵/۴۸۹ تن در هکتار به دست آمد که با سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی پر شدن دانه با ۵/۲۲۱ تن در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفتند. کمترین عملکرد دانه نیز با ۲/۴۵۲ تن در هکتار از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی به بعد به دست آمد که با قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی با ۲/۹۲۱ تن در هکتار در گروه آماری آخر قرار گرفتند (جدول ۳). تنش کم آبی سبب کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ‌ها، کاهش تعداد برگ‌ها و از همه مهم‌تر کاهش میزان فتوسنتز در طول مرحله‌ی تنش شد. علاوه بر این تنش کم آبی موجب بسته شدن روزنه‌ها شد، در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش یافته و در نهایت تولید ماده‌ی خشک و میزان عملکرد کاهش یافت.

نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از تحقیقات پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)، رحمانی (۱۳۸۶)، شریفی (۱۳۸۰)، Gupta *et al* (2001) ، Saleem (2003) و Jensen *et al* (1996) برابری دارد. اثر کاربرد سوپر جاذب بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از غلظت ۷ درصد سوپر جاذب با ۴/۳۲۳ تن در هکتار به دست آمد که با غلظت ۵ درصد سوپر

Archive of SID

www.SID.ir

جاذب با ۳/۹۹۴ تن در هکتار در یک گروه مشابه قرار گرفتند و کمترین عملکرد دانه نیز با ۳/۶۳۸ تن در هکتار از عدم مصرف سوپر جاذب حاصل شد که با غلظت ۵ درصد سوپر جاذب با ۳/۹۹۴ تن در هکتار در گروه مشابه قرار گرفتند (جدول ۳). روند تغییرات عملکرد دانه از تعداد خورجین در گیاه پیروی کرد به‌طوری که در مقادیر بالاتر مصرف سوپر جاذب بیشترین عملکرد دانه به دست آمد. کاربرد سوپر جاذب همچنین سبب افزایش طول دوره‌ی پر شدن دانه‌ها شد که منجر به افزایش انتقال مواد آسیمیلاسیون در اندام‌های رویشی می‌شود. در زمان شروع نمو زایشی، تشکیل دانه‌ها و دوره پر شدن دانه‌ها با انتقال مواد آسیمیلاسیون از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی افزایش عملکرد بذر را موجب خواهد شد. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های Specht *et al* (1996)، پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) و روشن (۱۳۸۶) برابری دارد.

اثر متقابل تنش کم آبی و کاربرد سوپر جاذب بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با ۵/۸۰۳ تن در هکتار از آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با برخی از سطوح در گروه آماری همانندی جای گرفتند. کمترین عملکرد دانه در هکتار نیز از قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی و نبود مصرف سوپر جاذب با ۲/۳۲۴ تن در هکتار به دست آمد (جدول ۳). اثرسوپر جاذب بر عملکرد دانه با افزایش شدت تنش افزایش یافت، به طوری که در تنش شدید تأثیر سوپر جاذب بر عملکرد دانه قابل توجه بود.

عملکرد بیولوژیک

اثر فاکتور تنش کم آبی بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک از آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر از تشتک با ۲۵/۰۸ تن در هکتار به دست آمد که همراه با قطع آبیاری از مرحله‌ی پر شدن دانه با ۲۴/۰۲ تن در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفتند. کمترین عملکرد بیولوژیک نیز با ۱۵/۷۱ تن در هکتار از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی به بعد به دست آمد که با سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی با ۱۶/۷۶ تن در هکتار در گروه آماری آخر قرار گرفتند (جدول ۳). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از تحقیقات پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)، رحمانی (۱۳۸۶)، شریفی (۱۳۸۰)، Gupta *et al* (2001)، (2003) Saleem و Jensen *et al* (1996) مطابقت دارد.

اثر کاربرد سوپر جاذب بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک از غلظت ۷ درصد سوپر جاذب با ۲۱/۳۳ تن در هکتار به دست آمد که به همراه غلظت ۵ درصد سوپر جاذب با ۲۰/۵۴ تن در هکتار در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند و کمترین عملکرد بیولوژیک نیز با ۱۹/۵۰ تن در هکتار از عدم مصرف سوپر جاذب بود که همراه با کاربرد غلظت ۵ درصد سوپر جاذب با ۲۰/۵۴ تن در هکتار در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۳). کاربرد سوپر جاذب همچنین موجب افزایش طول دوره‌ی رشد گیاه شد که منجر به افزایش انتقال مواد آسیمیلاسیون در اندام‌های رویشی شد.

نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)،

Archive of SID

www.SID.ir

روشن (۱۳۸۶) و Specht *et al* (1996) مطابقت دارد.

اثر متقابل تنش کم آبی و کاربرد سوپر جاذب بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۱). هر چند مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک با ۲۵/۷۸ تن در هکتار از آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با شماری از سطوح در گروه آماری مشابه گرفتند. کمترین عملکرد بیولوژیک در هکتار نیز از قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی و عدم مصرف سوپر جاذب با ۱۵/۵۱ تن به دست آمد که با تعدادی از سطوح در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۳). تأثیرپذیری سوپر جاذب بر عملکرد بیولوژیک با افزایش شدت تنش افزایش یافت به طوری که در تنش شدید تأثیر سوپر جاذب بر عملکرد بیولوژیک قابل توجه بود.

شاخص برداشت

اثر فاکتور تنش کم آبی بر شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با ۲۱/۸۴ درصد از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد که با سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی پر شدن دانه با ۲۱/۷۵ درصد در گروه آماری برتر قرار گرفتند. کمترین شاخص برداشت نیز مربوط به قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی با ۱۵/۵۷ درصد بود که در گروه آخر آماری قرار گرفت (جدول ۳). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از تحقیقات پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)، رحمانی (۱۳۸۶)، شریفی (۱۳۸۰) و Gupta *et al* (2001) مطابقت دارد.

اثر فاکتور سوپر جاذب بر شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با ۱۹/۷۶ درصد از سطح مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با سطح غلظت ۵ درصد سوپر جاذب با ۱۸/۹۵ درصد در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند. کمترین شاخص برداشت با ۱۸/۲۴ درصد از نبود مصرف سوپر جاذب به دست آمد که با سطح غلظت ۵ درصد سوپر جاذب در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۳). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) و Specht *et al* (1996) برابری دارد. اثر متقابل تنش کم آبی و کاربرد سوپر جاذب بر شاخص برداشت نیز معنی‌دار نشد. مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با ۲۲/۴۵ درصد از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با تعدادی از سطوح در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند. کمترین شاخص برداشت نیز با ۱۴/۹۹ درصد از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی و عدم مصرف سوپر جاذب حاصل شد که با شماری از سطوح در یک گروه مشابه قرار گرفتند (جدول ۳).

وزن صد دانه

اثر فاکتور تنش کم آبی بر وزن صد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین وزن صد دانه با ۰/۷۹۱ گرم از آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک به دست آمد که با قطع آبیاری از مرحله‌ی پر شدن دانه با ۰/۷۸۸ گرم در گروه آماری اول جای گرفتند و کمترین مقدار وزن صد دانه با ۰/۶۰۳ گرم از

Archive of SID

www.SID.ir

تیمار قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی حاصل شد که با قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی با ۰/۶۳۵ گرم در گروه آماری آخر قرار گرفتند (جدول ۳). تنش کم آبی سبب کاهش وزن صد دانه شد، به طوری که با افزایش شدت تنش از وزن دانه بیشتر کاسته شد. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از تحقیقات پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)، رحمانی (۱۳۸۶) و شریفی (۱۳۸۰) مطابقت دارد.

اثر کاربرد سوپر جاذب بر وزن صد دانه در سطح ۵ درصد معنی‌داری شد (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین وزن صد دانه با ۰/۷۲۳ گرم از مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با سطح غلظت ۵ درصد سوپر جاذب به میزان ۰/۷ در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند. کمترین وزن صد دانه با ۰/۶۷۹ گرم از عدم کاربرد سوپر جاذب به دست آمد که با مصرف غلظت ۵ درصد سوپر جاذب در گروه آماری آخر قرار گرفتند (جدول ۳). افزایش مصرف سوپر جاذب سبب توسعه‌ی بیشتر اندام‌های رویشی شد. به این لحاظ در مصرف مقادیر بالاتر سوپر جاذب بیشترین وزن خشک نیز به دست آمد. بنابراین گیاه با تولید مواد آسیمیلاتی بیشتر مواجه شد و توانست مواد بیشتری را به دانه‌ها بفرستد و در نتیجه وزن صد دانه افزایش یافت. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) و Specht *et al* (1996) مطابقت دارد.

اثر متقابل تنش کم آبی و کاربرد سوپر جاذب بر وزن صد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین وزن صد دانه با ۰/۸۰۱ گرم از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک و مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با شماری از سطوح در گروه آماری مشابه قرار گرفتند. کمترین میزان وزن صد دانه با ۰/۵۸۲ گرم از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی و عدم مصرف سوپر جاذب به دست آمد که با تعدای از سطوح در گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۳).

با افزایش شدت تنش نقش سوپر جاذب در وزن صد دانه افزایش یافت به طوری که در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین وزن صد دانه از کاربرد غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با غلظت ۵ درصد سوپر جاذب در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند.

جدول ۱– تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی و پلیمرهای سوپر جاذب بر برخی از صفات گیاه خردل

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	وزن صد دانه
بلوک	۲	۰/۰۳۰^{ns}	۰/۵۸۰^{ns}	۰/۳۲۸^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
تنش کم آبی	۴	۱۶/۴۰۵**	۱۵۸/۲۶۱**	۶۸/۷۶۹**	۰/۰۶۷**
سوپر جاذب	۲	۱/۷۶۲**	۱۲/۶۲۶*	۸/۶۶۰*	۰/۰۰۷*
اثر متقابل	۸	۰/۰۵۱^{ns}	۰/۷۶۵^{ns}	۰/۱۵۶^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}
اشتباه	۲۸	۰/۲۸۰	۳/۰۰۶	۲/۳۳۰	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۲۸	۸/۴۸	۸/۰۴	۶/۵۷

ns ، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳– مقایسه میانگین اثرساده و متقابل تنش کم آبی و پلیمرهای سوپر جاذب بر برخی از صفات گیاه خردل

تنش کم آبی	سوپر جاذب	عملکرد دانه (ton/hect)		عملکرد بیولوژیک (ton/hect)		شاخص برداشت (٪)		وزن صد دانه (g)	
I_1		a	۵/۴۸۹	a	۲۵/۰۹	a	۲۱/۸۴	a	۰/۹۷۱۴
I_2		c	۲/۴۵۲	c	۱۵/۷۱	c	۱۵/۵۷	c	۰/۶۰۳۳
I_3		c	۲/۹۲۱	c	۱۶/۷۶	b	۱۷/۳۰	c	۰/۶۳۵۷
I_4		b	۳/۸۴۲	b	۲۰/۷۱	b	۱۸/۴۵	b	۰/۶۸۶۲
I_5		a	۵/۲۲۱	a	۲۴/۰۲	a	۲۱/۷۵	a	۰/۷۸۸۳
	S_0	b	۳/۶۳۸	b	۱۹/۵۰	b	۱۸/۲۴	b	۰/۶۷۹۵
	S_1	ab	۳/۹۹۴	ab	۲۰/۵۴	ab	۱۸/۹۵	ab	۰/۷۰۰۴
	S_2	a	۴/۳۲۳	a	۲۱/۳۳	a	۱۹/۷۶	a	۰/۷۲۳۱
I_1	S_0	abc	۵/۱۱۶	ab	۲۴/۰۶	ab	۲۱/۳۲	ab	۰/۷۸۰۷
	S_1	ab	۵/۵۴۷	a	۲۵/۴۱	ab	۲۱/۷۶	ab	۰/۷۹۲۳
	S_2	a	۵/۸۰۳	a	۲۵/۷۸	a	۲۲/۴۵	a	۰/۸۰۱۳
I_2	S_0	h	۲/۳۲۴	e	۱۵/۵۱	f	۱۴/۹۹	f	۰/۵۸۲۳
	S_1	gh	۲/۴۳۱	e	۱۵/۷۹	ef	۱۵/۳۷	f	۰/۶۰۳۳
	S_2	gh	۲/۶۰۱	e	۱۵/۸۲	def	۱۶/۳۵	ef	۰/۶۲۴۳
I_3	S_0	gh	۲/۵۹۱	e	۱۵/۸۶	def	۱۶/۳۰	ef	۰/۶۱۵۳
	S_1	fgh	۲/۹۱۴	de	۱۶/۶۹	cdef	۱۷/۴۲	def	۰/۶۳۲۳
	S_2	fgh	۳/۲۵۷	de	۱۷/۷۴	cde	۱۸/۱۹	def	۰/۶۵۹۳
I_4	S_0	efg	۳/۳۸۸	cd	۱۹/۲۹	cdef	۱۷/۵۱	def	۰/۶۵۶۷
	S_1	def	۳/۸۶۴	bc	۲۰/۹۶	cd	۱۸/۳۶	cde	۰/۶۸۹۳
	S_2	cde	۴/۲۷۳	bc	۲۱/۸۷	bc	۱۹/۴۹	bcd	۰/۷۱۲۷
I_5	S_0	bcd	۴/۷۶۸	ab	۲۲/۷۷	ab	۲۱/۱۰	abc	۰/۷۶۲۳
	S_1	abc	۵/۲۱۵	ab	۲۳/۸۷	ab	۲۱/۸۳	ab	۰/۷۸۴۷
	S_2	ab	۵/۶۷۹	a	۲۵/۴۳	ab	۲۲/۳۱	a	۰/۸۱۸۰

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

آنزیم کاتالاز (CAT) : اثر عامل تنش کم آبی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با میزان فعالیت ۱۸۲ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری برتر جای گرفت و کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با میزان فعالیت ۱۰۱ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک حاصل شد که با سطوح قطع آبیاری از مرحله‌ی پر شدن دانه با میزان فعالیت ۱۰۷/۲ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین و قطع آبیاری از مرحله‌ی خورجین‌دهی با میزان فعالیت ۱۱۲/۵ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین در گروه آماری آخر جای گرفتند (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)، ساعی و همکاران (۱۳۸۴)، عطایی (۱۳۷۹) و عمان و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد.

اثر فاکتور کاربرد سوپر جاذب بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با میزان فعالیت ۱۳۷/۸ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از عدم مصرف سوپر جاذب به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری برتر جای گرفت و کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با میزان فعالیت ۱۱۸/۷ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با سطح مصرف غلظت ۵ درصد سوپر جاذب با میزان فعالیت ۱۲۳/۵ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین در گره آماری آخر جای گرفتند (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

اثر متقابل تنش کم آبی و کاربرد سوپر جاذب بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با میزان فعالیت ۲۰۶/۱ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی و عدم مصرف سوپر جاذب به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری برتر قرار گرفت. کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با میزان فعالیت ۹۳/۹۰ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک و مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با شماری از سطوح در گروه آماری یکسانی قرار گرفتند (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب افزایش مصرف سوپر جاذب تأثیر قابل توجهی نسبت به عدم مصرف نداشت اما در تنش متوسط و شدید افزایش مصرف سوپر جاذب سبب کاهش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز شد.

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD): اثر عامل تنش کم آبی بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با میزان فعالیت ۴۰۸۱ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری برتر قرار گرفت و کمترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با میزان فعالیت ۱۷۷۶ واحد فعالیت بین‌المللی بر

Archive of SID

www.SID.ir

میلی‌گرم پروتیین از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک حاصل شد که با سطح قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه با میزان فعالیت ۱۹۸۷ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین در گروه آماری مشابهی جای گرفتند (جدول ۴).

نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)، عطایی (۱۳۷۹)، عمان و همکاران (۱۳۸۴) و Jin *et al* (2006) مطابقت دارد.

اثر فاکتور کاربرد سوپر جاذب بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با میزان فعالیت ۲۹۱۰ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از عدم مصرف سوپر جاذب به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری برتر قرار گرفت و کمترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با میزان فعالیت ۲۳۰۸ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با سطح کاربرد غلظت ۵ درصد سوپر جاذب با میزان فعالیت ۲۴۸۸ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین در آماری آخر جای گرفتند (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

اثر متقابل تنش کم آبی و کاربرد سوپر جاذب بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با میزان فعالیت ۵۲۳۱ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی و عدم مصرف سوپر جاذب به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری برتر قرار گرفت و کمترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با میزان فعالیت ۱۷۰۶ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک و مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که با شماری از سطوح در گروه آماری یکسانی قرار گرفتند (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب افزایش مصرف سوپر جاذب تأثیر قابل توجهی نسبت به نبود مصرف نداشت اما در تنش متوسط و شدید افزایش مصرف سوپر جاذب سبب کاهش میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز شد.

آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPX): اثر عامل تنش کم آبی بر میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میزان فعالیت ۴۱/۳۹ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی به دست آمد که به تنهایی در گروه آماری اول قرار گرفت و کمترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میزان فعالیت ۳۲/۴۴ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک حاصل شد که با سطح قطع آبیاری از مرحله‌ی پر شدن دانه با میزان فعالیت ۳۲/۴۶ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین در گروه آماری آخر جای گرفتند (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵)، شکروی (۱۳۸۴)، عمان و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد.

اثر فاکتور کاربرد سوپر جاذب بر میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در سطح ۵ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میزان فعالیت ۳۷/۰۹ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از عدم مصرف سوپر جاذب به دست آمد که با سطح کاربرد غلظت ۵ درصد سوپر جاذب با میزان فعالیت ۳۶/۷۳ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین در گروه آماری برتر جای گرفتند و کمترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میزان فعالیت ۳۴/۳۷ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد که به تنهایی در گروه آخر جای گرفت (جدول ۴). نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از آزمایش‌های پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

اثر متقابل تنش کم‌آبی و کاربرد سوپر جاذب بر میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز معنی‌دار نشد (جدول ۲). هر چند مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میزان فعالیت ۴۳/۶ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از تیمار قطع آبیاری از مرحله‌ی ساقه‌دهی و عدم مصرف سوپر جاذب به دست آمد. کمترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز با میزان فعالیت ۳۱/۰۳ واحد فعالیت بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتیین از سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک و مصرف غلظت ۷ درصد سوپر جاذب به دست آمد (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب افزایش مصرف سوپر جاذب تأثیر قابل توجهی نسبت به عدم مصرف نداشت اما در تنش متوسط و شدید افزایش مصرف سوپر جاذب سبب کاهش میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز شد.

جدول ۲– تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی و پلیمرهای سوپر جاذب بر برخی از صفات گیاه خردل

منبع تغییرات	درجه آزادی	آنزیم کاتالاز	آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز	آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز
بلوک	۲	۴۸۸/۲۸۲^{ns}	۱۲۰۷۳۸۰/۴۶۷^{ns}	۲/۶۶۱^{ns}
تنش کم آبی	۴	۹۷۲۰/۸۹۶**	۷۵۰۶۸۲۴/۹۱۱**	۱۲۹/۶۴۵**
سوپر جاذب	۲	۱۴۸۶/۱۰۴**	۱۴۳۲۷۰۴/۸**	۳۲/۷۴۴*
اثر متقابل	۸	۱۸۴/۹۷۹^{ns}	۵۰۷۶۴۲/۰۷۸^{ns}	۶/۹۰۴^{ns}
اشتباه	۲۸	۲۴۲/۲۵۶	۲۲۵۴۲۶/۵۸۶	۶/۱۳۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۲۹	۱۸/۴۸	۶/۸۷

ns ، * و ** به ترتیب بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴– مقایسه میانگین اثر ساده و متقابل سطوح تنش کم آبی و سوپر جاذب بر برخی صفات خردل

تنش کم آبی	سوپر جاذب	آنزیم کاتالاز (u/mg.protein)		آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (u/mg.protein)		آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (u/mg.protein)	
I_1		۱۰۱/۰	c	۱۷۷۶	d	۳۲/۴۴	c
I_2		۱۸۲/۰	a	۴۰۸۱	a	۴۱/۳۹	a
I_3		۱۳۰/۶	b	۲۶۸۹	b	۳۷/۸۳	b
I_4		۱۱۲/۵	c	۲۳۱۱	bc	۳۶/۱۸	b
I_5		۱۰۷/۲	c	۱۹۸۷	cd	۳۲/۴۶	c
	S_0	۱۳۷/۸	a	۲۹۱۰	a	۳۷/۰۹	a
	S_1	۱۲۳/۵	b	۲۴۸۸	b	۳۶/۷۳	a
	S_2	۱۱۸/۷	b	۲۳۰۸	b	۳۴/۳۷	b
I_1	S_0	۱۰۷/۵	d	۱۸۲۴	e	۳۳/۹۷	cde
	S_1	۱۰۱/۶	d	۱۷۹۸	e	۳۲/۳۳	de
	S_2	۹۳/۹۰	d	۱۷۰۶	e	۳۱/۰۳	e
I_2	S_0	۲۰۶/۱	a	۵۲۳۱	a	۴۳/۶۰	a
	S_1	۱۷۳/۶	b	۳۷۷۲	b	۴۱/۲۰	ab
	S_2	۱۶۶/۴	b	۳۲۴۲	bc	۳۹/۳۷	ab
I_3	S_0	۱۴۷/۲	bc	۲۹۸۲	bcd	۳۷/۲۳	bc
	S_1	۱۲۳/۱	bc	۲۶۰۹	cde	۳۹/۵۷	ab
	S_2	۱۲۱/۵	bc	۲۴۷۷	cde	۳۶/۷۰	bcd
I_4	S_0	۱۱۸/۶	d	۲۴۳۱	cde	۳۸/۲۷	bc
	S_1	۱۱۰/۷	d	۲۳۰۵	de	۳۷/۹۳	bc
	S_2	۱۰۸/۱	d	۲۱۹۶	de	۳۲/۳۳	de
I_5	S_0	۱۰۹/۷	d	۲۰۸۴	de	۳۲/۳۷	de
	S_1	۱۰۸/۲	d	۱۹۵۵	e	۳۲/۶۰	de
	S_2	۱۰۳/۷	d	۱۹۲۰	e	۳۲/۴۰	de

حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

الهدادی، ا. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب بر کاهش تنش خشکی در گیاهان، دومین دوره تخصصی، آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر پتروشیمی ایران.

امیدبیگی، ر. ۱۳۷۹. تولید و فرآوری گیاهان دارویی، انتشارات استان قدس رضوی، جلد دوم.

پوراسماعیل، پ ، د. حبیبی، م. مشهدی اکبر بوجار. ۱۳۸۵، بررسی استفاده از پلیمر سوپر جاذب آب در افزایش عملکرد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در ارقام مختلف لوبیا قرمز تحت تنش خشکی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

حسنی، ع و ر. امیدبیگی . ۱۳۸۲، اثرات تنش آبی و شوری کلرور سدیم بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان رقم کشکنی لولو، پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

رحمانی، ن. ۱۳۸۶، تأثیر زمان آبیاری و کاربرد نیتروژن بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه بهار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان.

روشن، ب. ۱۳۸۱. بررسی مصرف پلیمر سوپرجاذب بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، دومین دوره تخصصی، آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر جاذب پژوهشگاه پلیمر ایران.

ساعی، م.، د. حبیبی، م. مشهدی‌اکبربوجار، ع. محمودی و م.ر، اردکانی. ۱۳۸۴. تعیین سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به عنوان یک پارامتر در تعیین گونه‌های مقاوم سورگوم علوفه‌ای به تنش خشکی،چکیده مقالات اولین همایش بین‌المللی علوم زیستی ایران.

شریفی، ح. ر. ۱۳۸۰، الگوی رشد و ضرایب تخصیص ماده خشک در ارقام گندم دیم، پایان‌نامه دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

شفیعی، ش. ۱۳۸۱، تأثیر پلیمر سوپر جاذب بر افزایش رطوبت خاک، بازدهی کود، رشد و استقرار گیاه پانیکوم، دومین دوره تخصصی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپر جاذب پژوهشگاه پلیمر ایران.

شکروی، م. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش کم آبی بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام مختلف آفتابگردان آجیلی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

شیرانی‌راد، ا. ح. و ع. دهشیری. ۱۳۷۷، راهنمای کلزا، کاشت، داشت، برداشت، نشر آموزش کشاورزی.

عطائی شیخ، ا. ۱۳۸۳. بررسی تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و سطح فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ارقام مختلف نخود، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

Archive of SID

www.SID.ir

عظیم‌زاده، م. ۱۳۷۱. تعیین الگوی رشد در سه رقم گندم و دو رقم جو، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته زراعت، دانشگاه مشهد.

عمان، ع.، د.حبیبی، م. مشهدی‌اکبر بوجار، و ن. خدابنده. ۱۳۸۴.آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به عنوان شاخصی برای انتخاب ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان برای تحمل به خشکی، فصلنامه تخصصی زراعت و اصلاح نباتات ایران.

کریمی، ا. ۱۳۷۲، بررسی تأثیر ماده اصلاحی ایگتا روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک و رشد گیاه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، گروه خاک شناسی، دانشگاه تهران.

کوچکی، ع و م. نصیری‌محلاتی. ۱۳۷۳. اکولوژی گیاهان زراعی، جلد اول، روابط گیاه و محیط، جهاد دانشگاهی مشهد.

کهن‌مو، م.ا. ۱۳۷۴، بررسی اثر فواصل آبیاری و شیوه توزیع کود ازت بر روند رشد و عملکرد سورگوم علوفه‌ای در کرج، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.

هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۷۳. مفهوم کارآیی مصرف آب، پژوهش و سازندگی، شماره ۲۵ صفحه ۳۷-۳۴.

هاشمی‌دزفولی،ا.، ع. کوچکی و م. بنایان اول. ۱۳۷۴، افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه) جهاد دانشگاهی مشهد.

Bajji, M., S.Lutts , and J.M. Kinet .2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in and conditions. Plant Sci., 160:669-681.

Cox, W. J. and G.D Jolliff .1987. Water relation of sunflower and soybean under irrigated and dryland conditions. Crop Sci . 27:553-557.

Gupta, N.K., S. Gupta, and A. Kumar. 2001. Effect of water stress on physiological attribute and their relationship with growth and yield of wheat cultivars and different stages. Agron. J. and Crop sci. 116:55-62.

Jensen, C.R.,V.O Mogensen , G. Mortensen, and J.K Fieldsend. 1996. Sees glucosinolate ,oil and protein contents of field-grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Res.47: 93-105.

Jin, J ., S.H. Ningwei , B. Jinhe, and G.Junping. 2006. Regulation of ascorbate peroxidase at the transcript level is involved in tolerance to post harvest water deficit stress in the cut Rose (*Rosa hybrida* L.) CV. Samantha.

Levitt, R.H.M. 1980. Responses of plants to Environmental stresses.Vol 2, Water , radiation salt and other stresses. Academic press, New York.

Prasad, A., M .Anwar , D.D. Patra, and D.V. Singh .1996. Tolerance of mint plants to soil salinity. J. Indian Soc. Soil Sci.44(1): 184-186.

Archive of SID

www.SID.ir

Saleem, M. 2003. Response of durum and bread wheat Genotypes to drought stress :Biomass and yield components . Asian Journal of plant Sci . 2(3): 210-213

Specht. S. and J.Harvy. 2000. Use of hydro gels to reduce leafloss and haster root establishment Forest Research.

Archive of SID

www.SID.ir