Archive of SID

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۲، صفحه ۳۲۲-۳۰۹ (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.122718.2362
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.309.94.2.1575.1610

اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد ماده خشک و اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) تحت تنش خشکی

مهدی پناهیان کیوی[1*]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، پست الکترونیک: panahyankivi@gmail.com

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: آذر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۷

چکیده

به‌دلیل بحران آب آبیاری و لزوم مدیریت منابع آب و نیز نقش مثبت عناصری مانند روی در کاهش اثرهای منفی تنش خشکی، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی تعاونی یاشیل باخار اردبیل اجرا شد. در این پژوهش، عملکرد و اجزای آن و تولید اسانس گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) در واکنش به محلول‌پاشی سولفات روی در شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح آبیاری (آبیاری بعد از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و سه سطح محلول‌پاشی سولفات روی (شاهد (محلول‌پاشی با آب) و محلول‌پاشی با غلظت‌های سه (Zn_1) و شش (Zn_2) در هزار) بودند. تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب اُفت تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیکی و دانه گردید. محلول‌پاشی با سولفات روی در سطح Zn2 موجب افزایش معنی‌دار تعداد چتر در بوته (۱۰/۷)، عملکرد بیولوژیکی (۲۱/۱٪) و محصول دانه (۲۱/۲٪) شد. درصد اسانس دانه گشنیز تحت تنش خشکی ۴۹/۲٪ افزایش یافت، ولی عملکرد اسانس (۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار) در نتیجه تنش خشکی کاهش پیدا کرد. عملکرد اسانس با کاربرد روی با غلظت شش در هزار ۲۷/۴٪ افزایش معنی‌داری یافت. تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری بین سطوح محلول‌پاشی سه و شش در هزار روی وجود نداشت. بنابراین، محلول‌پاشی روی با غلظت سه در هزار در مناطق با شرایط آب و هوایی و خاک مشابه محل اجرای طرح برای بهبود تولید محصول و اسانس گشنیز توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تعداد چتر در بوته، گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، محدودیت آب، محلول‌پاشی.

مقدمه

گیاهان دارویی بخش مهمی از تنوع زیستی موجود را در بسیاری از مناطق جهان شامل می‌شوند. وجود ترکیب‌های فعال بیولوژیکی حاصل از گیاهان در ۲۵ تا ۵۰ درصد داروهای تجویز شده در دنیا حکایت از ارزش اقتصادی قابل توجه گیاهان دارویی در جوامع بشری دارد (Olle & Bender, 2010).

گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L. گیاهی علفی و یک‌ساله از تیره چتریان و با دوره رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز است که در بسیاری از کشورها به‌عنوان گیاهی بهاره

www.SID.ir

Archive of SID

و در کشورهای حاشیه مدیترانه و جنوب‌شرقی آسیا به‌صورت گیاهی پاییزه کشت می‌شود. این گیاه گرمادوست بوده و در انواع خاک‌ها می‌روید. سرشاخه‌های گشنیز به‌صورت تازه در سالاد و سوپ و دانه آن در صنایع غذایی و به‌عنوان چاشنی مصرف می‌شود. اسانس گشنیز حاوی ۵۰٪ لینالول (Linalool) است و در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود. روغن دانه آن در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (Omidbaigi, 2000). در طب سنتی از گشنیز به‌عنوان هضم‌کننده غذا، اشتهاآور، ضدنفخ، برطرف‌کننده دردهای عضلانی و آرام‌بخش استفاده می‌شود (Omidbaigi, 2000). سابقه کشت این گیاه در ایران بسیار طولانی است. اندام‌های هوایی آن اغلب به‌صورت تازه برداشت و به بازار مصرف عرضه می‌شود (Sharififar *et al*., 2007).

تنش خشکی همانند سایر تنش‌های محیطی (شوری، گرما و سرما) رشد و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند. گیاهان زمانی با کمبود آب مواجه می‌شوند که سرعت تعرق بیش از سرعت جذب آب باشد (Yeganehpoor *et al*., 2017). فتوسنتز، رشد سلول و بافت‌ها ازجمله فرایندهای فیزیولوژیکی هستند که تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. کمبود آب موجب کاهش قابلیت آب خاک، اُفت محتوای آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش کارآیی فتوسنتز مزرعه‌ای می‌شود (Wang *et al*., 2016). Yeganehpoor و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش رشد، تولید ماده خشک و نیز تعداد چتر در بوته به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین اجزای عملکرد دانه می‌شود. تنش خشکی سبب اُفت عملکرد و اجزای عملکرد دانه و نیز محتوای اسانس دانه گشنیز شده است (Nourzad *et al*., 2014).

برای کاهش اثرهای نامطلوب تنش خشکی در گیاهان، از روش‌های مختلفی مانند کاربرد هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد، تغذیه معدنی با عناصر پرمصرف و کم‌مصرف و پیش‌تیمار بذر استفاده می‌شود (Yeganehpoor *et al*., 2017). مطالعات متعددی تأییدکننده اهمیت تقویت تغذیه معدنی این گیاهان در جهت کاهش اثرهای نامطلوب عوامل تنش‌زای محیطی بر رشد و تولید آنهاست (Tavallali *et al*., 2009؛ Bagci *et al*., 2007؛ Thalooth *et al*., 2006).

در میان عناصر غذایی کم‌مصرف، روی در تحمل گیاه به تنش‌های محیطی بیش از سایر عناصر دخالت دارد (Karami *et al*., 2016). روی ازجمله عناصر ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است که به‌صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود و دارای نقش‌های فیزیولوژیکی متعددی در گیاهان عالی می‌باشد. این عنصر به‌عنوان فعال‌کننده برخی آنزیم‌های حیاتی گیاه مانند کربنیک‌آنهیدراز، دهیدروژناز، آلکالین فسفاتاز، فسفولیپازها و RNA پلی‌مرازها عمل کرده (Akhtar *et al*., 2009) و در متابولیسم پروتئین‌ها، قندها، اسیدهای نوکلئیک و چربی‌ها، فتوسنتز و نیز بیوسنتز اکسین نقش دارد (Fang *et al*., 2008).

برای تأمین نیاز غذایی گیاهان زراعی، از میان روش‌های مصرف کود (مصرف خاکی، محلول‌پاشی، مصرف کود همراه آب آبیاری و غیره) در مورد عناصر کم‌تحرک در خاک مانند منگنز، روی، آهن و مولیبدن، محلول‌پاشی مؤثرترین شیوه است (Karami *et al*., 2016).

محلول‌پاشی گشنیز با سولفات روی در مراحل رشد رویشی و گلدهی موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، درصد اسانس گیاه و نیز تعداد چتر در بوته شده که یکی از دلایل اصلی افزایش عملکرد دانه در این گیاه گزارش شده است (Said-Al-Ahl & Omer, 2009). Akhtar و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی روی از منبع سولفات اثر مطلوبی بر افزایش تعداد و عملکرد برگ نعناع نسبت به تیمار شاهد داشته است. محلول‌پاشی روی با تعدیل اثرهای منفی تنش خشکی در گلرنگ، عملکرد دانه و روغن را در این گیاه افزایش داده است (Movahhedy-Dehnavy *et al*., 2009).

با توجه به اینکه محتوای اسانس گشنیز در واکنش به تنش خشکی و کاربرد عنصر روی ارزیابی نگردیده است، در این پژوهش سعی شد که اثر محلول‌پاشی این عنصر تحت تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و نیز عملکرد اسانس مورد بررسی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش مزرعه‌ای

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی تعاونی یاشیل باخار در اردبیل اجرا گردید. این محل با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریای آزاد، دارای زمستان‌های خیلی سرد و بهار و تابستان‌های معتدل است. میانگین کمینه و بیشینه دمای سالانه در طی یک دوره ۱۵ ساله به‌ترتیب ۷/۱ و ۸/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه حدود ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

خصوصیات خاک مزرعه

به‌منظور بررسی وضعیت خاک قطعه زمین مورد نظر در مزرعه، نمونه خاکی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ درج شده است. براساس نتایج تجزیه خاک، محتوای روی خاک بسیار کمتر از نیاز گیاهان تیره چتریان برای رشد و تولید عملکرد مطلوب است. مقدار مورد نیاز عنصر روی در خاک برای رشد مطلوب گشنیز ۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (Yeganehpoor *et al*., 2017).

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک

کلاس بافت‌خاک	اجزای‌معدنی‌خاک (٪)			عناصر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)				نیتروژن‌کل (٪)	کربنات‌کلسیم معادل (٪)	کربن‌آلی (٪)	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH گل‌اشباع	عمق (cm)
	شن	سیلت	رس	Fe	Zn	K	P						
لوم شنی	۶۱	۲۵	۱۴	۸/۶	۰/۹۲	۳۱۸	۱۷/۷	۰/۰۶	۸/۴۴	۰/۸۵	۱/۱۸	۷/۷۶	۳۰-۰

عملیات مزرعه‌ای

شخم زمین محل اجرای آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۴ انجام شد. عملیات تکمیلی تهیه زمین (دیسک) و کرت‌بندی نیز در بهار سال ۱۳۹۵ انجام شد. هر واحد آزمایشی دارای هشت ردیف کاشت سه متری بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۴۰ بوته در مترمربع) و فاصله دو کرت مجاور از هم یک متر و فاصله تکرارها از یکدیگر ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت، به‌عنوان حاشیه لحاظ گردید. بذر گشنیز مورد استفاده در این تحقیق از بخش گیاهان دارویی مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه تهیه شد که توده بومی و مورد کشت منطقه است. بذرها در تاریخ ۱۲ اردیبهشت‌ماه در شیارهایی به عمق دو تا سه سانتی‌متر کشت شدند.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فواصل آبیاری (I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) به‌عنوان عامل اصلی (سطح آبیاری I_1 به‌عنوان آبیاری مطلوب (بدون تنش خشکی) و سایر سطوح آبیاری به‌عنوان تیمارهای تنش خشکی در نظر گرفته شدند (Yeganehpoor *et al*., 2017)) و محلول‌پاشی با سولفات روی با غلظت‌های سه در هزار (Zn_1) و شش در هزار (Zn_2) (Said-Al-Ahl & Omer, 2009) از منبع نمک سولفات روی (با فرمول شیمیایی $ZnSo_4.6H_2O$ ساخت شرکت Merck آلمان و با درصد خلوص ۹۹/۵) و شاهد (محلول پاشی با آب) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، بوته‌ها تنک گردیده و پس از آن، آبیاری‌ها براساس تیمارهای مورد نظر و میزان تبخیر از تشتک انجام شد. محلول پاشی در دو نوبت (پنج برگی و گلدهی کامل به‌منظور اطمینان از اثربخشی کامل تیمار محلول پاشی سولفات روی

www.SID.ir

Archive of SID

(Salaton *et al*., 2005)) و هر بار صبح زود و قبل از طلوع آفتاب و در زمان‌هایی که وزش باد وجود نداشت، با سم‌پاش دستی انجام شد. وجین علف‌های هرز همه کرت‌های آزمایشی، به‌صورت دستی و در چندین نوبت انجام شد. برداشت گشنیز در نیمه دوم مردادماه سال ۱۳۹۵ (۱۶ مرداد ماه)، زمانی که چترهای اصلی کاملاً رسیده بودند و رنگ آنها به زرد تغییر یافته بود، به‌صورت دستی انجام گردید.

صفات مورد بررسی

این صفات شامل تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در هر چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه بودند. در پایان دوره رشد برای تعیین اجزای عملکرد، از هر کرت ۱۰ بوته برداشت شد و تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در هر چتر ثبت گردید. سپس دانه‌های هر بوته به‌طور کامل از چترها جدا گردید و تعداد دانه در بوته شمارش شد. سپس از هر واحد آزمایشی ۱۰ نمونه صدتایی دانه گشنیز شمارش شد و میانگین وزن آنها به‌عنوان وزن هزاردانه ثبت گردید. همچنین برای تعیین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در واحد سطح، بوته‌های موجود در یک مترمربع از خطوط میانی هر کرت به روش دستی کف‌بر و برداشت گردیدند و پس از خشک شدن در سایه و هوای آزاد، در گونی‌هایی کوبیده شدند تا دانه آنها جدا شود. سایر بخش‌های گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و عملکرد بیولوژیکی در هر کرت با افزودن وزن دانه محاسبه شد. پس از تعیین عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز محاسبه گردید.

برای استخراج اسانس دانه، ۱۰۰ گرم دانه گشنیز آسیاب شد. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و به‌وسیله دستگاه کلونجر (مدل British Pharmacopa) انجام گردید. مدت زمان استخراج اسانس هر نمونه حدود ۲/۵ تا ۳ ساعت بود و پس از توزین اسانس استخراج شده، درصد وزنی اسانس دانه محاسبه گردید.

$$\text{درصد اسانس} = \frac{\text{وزن اسانس (گرم)}}{\text{وزن خشک ماده اولیه (گرم)}} \times ۱۰۰$$

عملکرد اسانس نیز از حاصل‌ضرب درصد اسانس و عملکرد دانه بدست آمد.

تجزیه‌های آماری

پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف انجام شد تا در صورت نیاز، تبدیل داده مناسب انجام شود. از نرم‌افزار MSTAT-C نسخه ۱/۴۲ و SPSS نسخه ۲۱ برای انجام تجزیه‌های آماری استفاده شد. میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵٪ مقایسه گردید.

نتایج

تعداد چتر در بوته

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر تیمار آبیاری یا محلول‌پاشی سولفات روی بر تعداد چتر در بوته گشنیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌داری بود ولی اثر متقابل آبیاری و محلول پاشی سولفات روی بر تعداد چتر در بوته معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱- الف) نشان داد که تعداد چتر در بوته با کاهش آب قابل دسترس برای گیاه کاهش یافت. تعداد چتر در بوته تحت تیمار $I_۴$ (آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر) ۴۳/۴٪ کمتر از تیمار $I_۱$ بود. تیمارهای محلول‌پاشی تعداد چتر در بوته را نسبت به شاهد (محلول پاشی با آب) به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. به طوری که بیشترین تعداد چتر در بوته (۱۰/۷) بر اثر محلول پاشی روی با غلظت شش در هزار حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۶/۶٪ افزایش نشان داد. البته بین سطوح محلول پاشی غلظت‌های سه و شش در هزار روی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۱- ب).

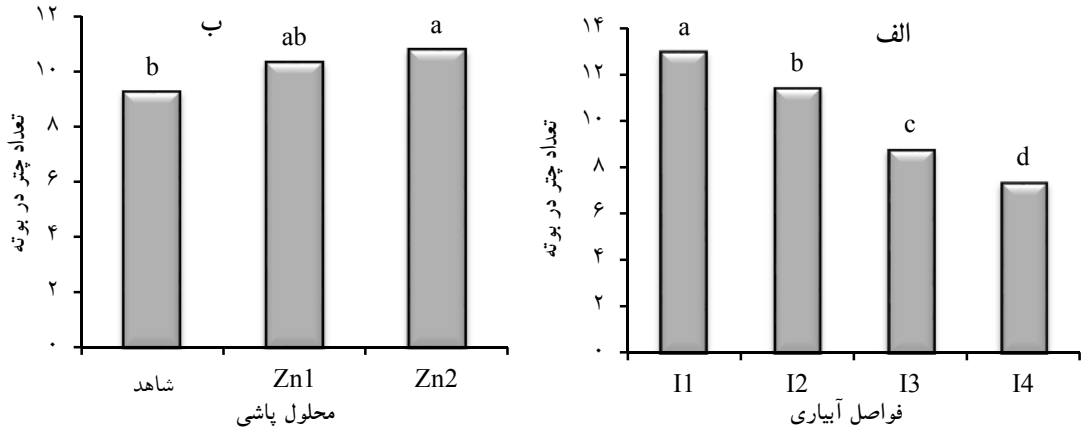
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	شاخص برداشت‌دانه
تکرار	۲	۰/۲۲۹ns	۰/۴۴۱ns	۱۷۰/۹۷ns	۰/۰۴۴ns	۱۰۶۳۴۳/۳ns	۳۸۵۱/۸ns	۰/۰۵۳ns
آبیاری (I)	۳	۵۸/۱۰۷**	۲۹/۶۱**	۲۲۰۲۷/۸۷**	۲۵/۳۵۶**	۱۷۵۸۷۳۶۰/۸**	۴۶۴۰۱۱/۵**	۰/۰۱۱ns
خطای اصلی	۶	۰/۸۲۴	۰/۴۵۵	۲۷۵/۵۲	۰/۰۴۴	۱۲۱۶۴۰/۹	۳۸۶۷/۶	۰/۲۹۸
محلول‌پاشی (F)	۲	۷/۵*	۰/۴۶۹	۱۵۲۹/۴۹**	۰/۱۷۹ns	۶۲۰۸۶۲/۲*	۱۶۷۷۱/۱*	۰/۰۱۱ns
F × I	۶	۰/۲۴۶ns	۰/۰۱۶ns	۳۶/۸۲ns	۰/۰۱۹ns	۲۶۹۵۵/۵ns	۷۵۸/۳ns	۰/۰۲۳ns
خطای فرعی	۱۶	۱/۸۷۹	۱/۲	۲۰۹/۸۴	۰/۲۲۹	۱۶۱۰۵۸/۳	۴۰۸۳/۱	۰/۵۹۹
ضریب‌تغییرات (٪)		۱۳/۵۵	۸/۹۲	۱۱/۳۴	۶/۷۴	۱۶/۷۹	۱۶/۴۶	۴/۷۶

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪



شکل ۱- اثر تیمار آبیاری و محلول‌پاشی بر تعداد چتر در بوته گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

Zn_1 و Zn_2: به‌ترتیب محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار

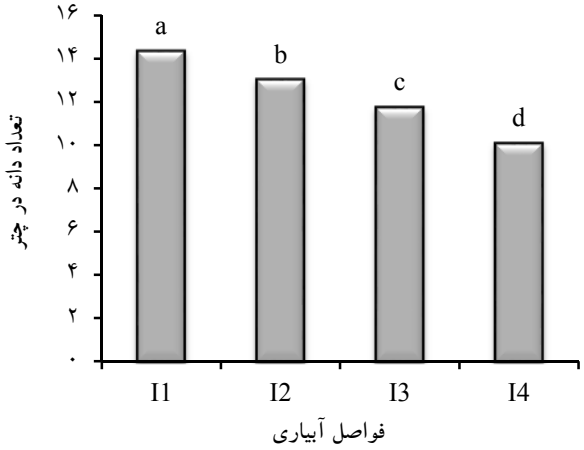
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

تعداد دانه در چتر

بین سطوح آبیاری از نظر تعداد دانه در چتر اختلاف معنی‌دار وجود داشت، اما اثر تیمار محلول پاشی سولفات روی و اثر متقابل تیمارها بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). تشدید کم‌آبی به اُفت میانگین تعداد دانه در چتر منجر شد. تعداد دانه در چتر در تیمار I_1 به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر فواصل آبیاری بود (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID



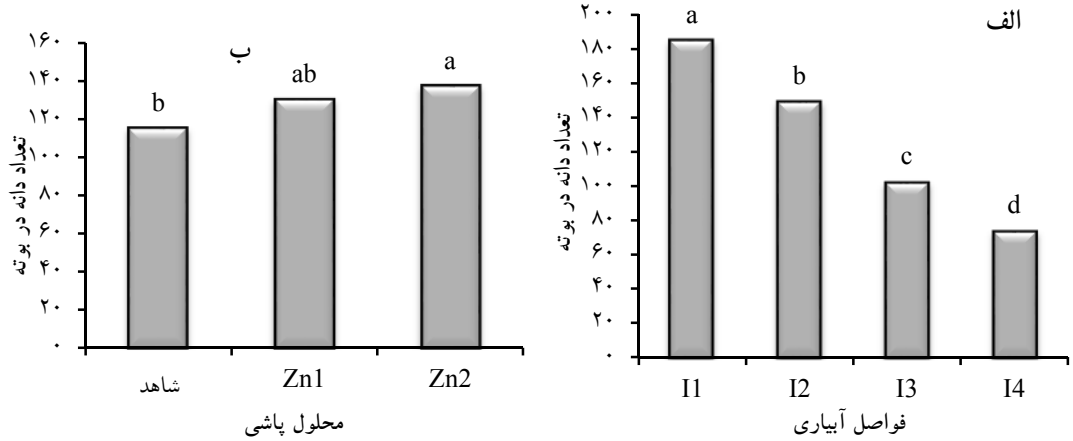
شکل ۲- اثر تیمار آبیاری بر تعداد دانه در چتر گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول پاشی با سولفات روی قرار گرفت، ولی اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین تعداد دانه در بوته با افزایش فواصل آبیاری کاهش یافت. تحت تیمارهای I_2، I_3 و I_4 تعداد دانه در بوته به‌ترتیب ۱۴/۴٪، ۴۴/۷٪ و ۶۰/۲٪ کمتر از سطح اول آبیاری (I_1) بدست آمد (شکل ۳- الف). بیشترین تعداد دانه در بوته در نتیجه محلول پاشی روی با غلظت شش در هزار بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت. البته بین سطوح تیماری محلول پاشی سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۳- ب).



شکل ۳- اثر تیمار آبیاری و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در بوته گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

Zn_1 و Zn_2: به‌ترتیب محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار

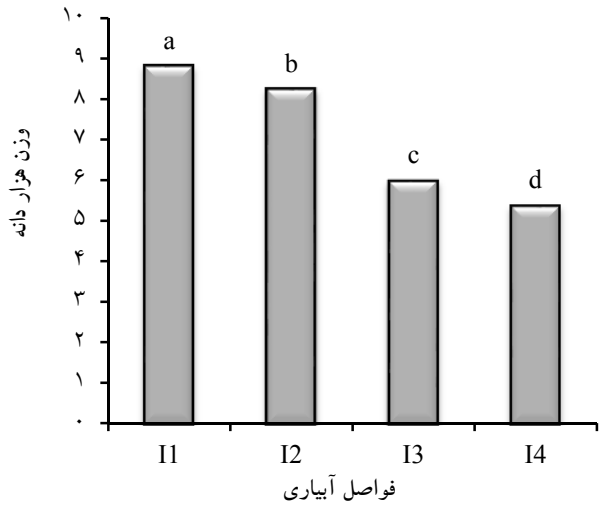
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

www.SID.ir

Archive of SID

وزن هزاردانه

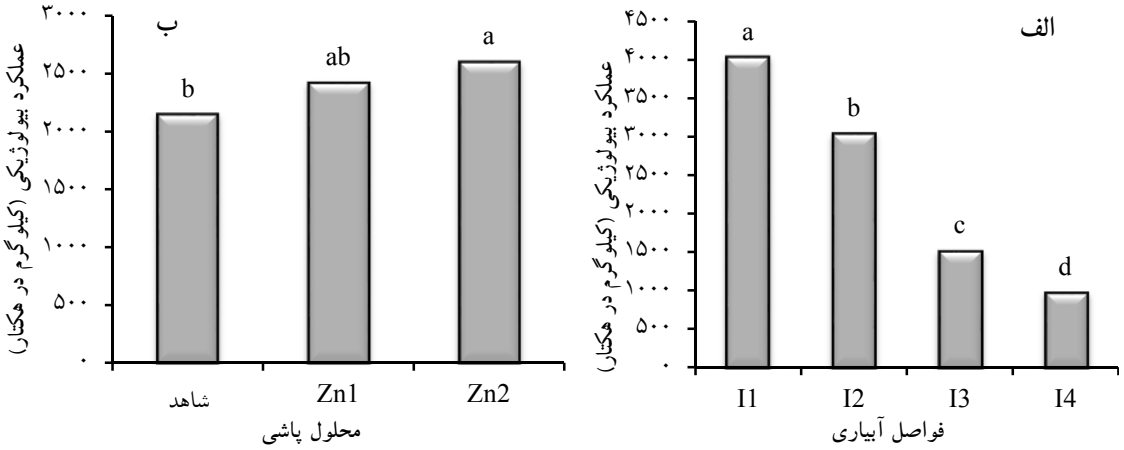
براساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. البته بین سطوح مختلف تیمار محلول‌پاشی سولفات روی از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری × محلول پاشی بر وزن هزاردانه گشنیز معنی‌دار نبود. وزن هزاردانه در تیمار I_1 به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر فواصل آبیاری بود (شکل ۴).



شکل ۴- اثر تیمار آبیاری بر وزن هزاردانه گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).



شکل ۵- اثر تیمار آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیکی گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

Zn_1 و Zn_2: به‌ترتیب محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

www.SID.ir

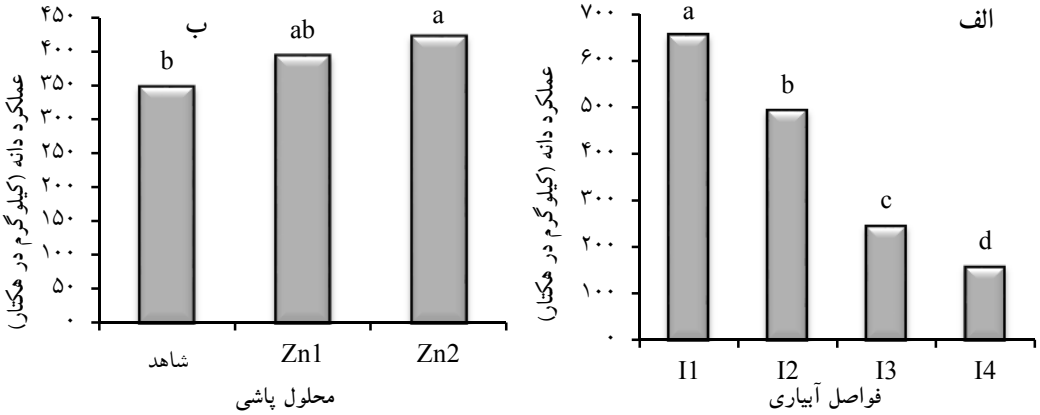
Archive of SID

عملکرد بیولوژیکی

اثر آبیاری و محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد بیولوژیکی گشنیز معنی‌دار بدست آمد. اثر متقابل این تیمارها برای این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). در بررسی فواصل مختلف آبیاری، بیشترین عملکرد بیولوژیکی به گیاهان آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر مربوط بود. آبیاری گیاهان با فواصل ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به کاهش ۲۴/۵، ۶۲/۳ و ۷۵/۷ درصدی عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با سطح اول آبیاری (I_1) منجر گردید (شکل ۵- الف). محلول‌پاشی روی با غلظت شش در هزار منجر به تولید بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۲۶۰۰ گرم در مترمربع) شد که نسبت به شاهد عملکرد بیولوژیکی را ۲۱/۱٪ افزایش داد. البته بین سطوح محلول‌پاشی روی با غلظت‌های سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۵- ب).

عملکرد دانه

براساس نتایج مندرج در جدول ۲، بین سطوح آبیاری و محلول پاشی سولفات روی از نظر محصول دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی برای محصول دانه گشنیز غیرمعنی‌دار بدست آمد. تحت تنش خشکی ملایم (I_2)، متوسط (I_3) و شدید (I_4)، محصول دانه به‌ترتیب ۲۴/۵٪، ۶۲/۳٪ و ۷۵/۷٪ کمتر از آبیاری مطلوب (I_1) بود (شکل ۶- الف). محلول پاشی روی با غلظت شش در هزار بیشترین محصول دانه را تولید کرد که نسبت به شاهد ۲۱/۲٪ افزایش را در این صفت ایجاد نمود. بین سطوح محلول پاشی روی با غلظت‌های سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۶- ب).



شکل ۶- اثر تیمار آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

Zn_1 و Zn_2: به‌ترتیب محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

شاخص برداشت

شاخص برداشت دانه گشنیز تحت تأثیر آبیاری و محلول پاشی با سولفات روی قرار نگرفت (جدول ۲). در گیاهان زراعی تولیدکننده دانه، شاخص برداشت معیاری از کارایی تسهیم مواد فتوسنتزی و ماده خشک به بخش‌های اقتصادی و مورد نظر از لحاظ عملکرد است که می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی قرار گیرد. پایداری شاخص برداشت فاکتور کلیدی و مهم در عملکرد محصول است (Awan *et al*., 2009).

www.SID.ir

Archive of SID

درصد اسانس

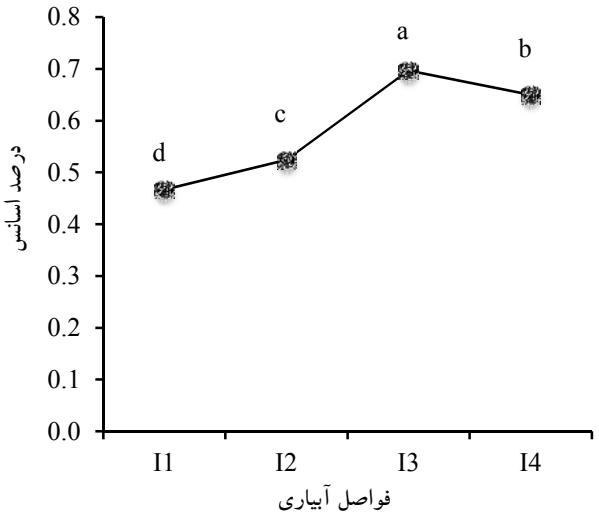
بین تیمارهای آبیاری از نظر درصد اسانس دانه گشنیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر اصلی محلول پاشی با سولفات روی و اثر متقابل تیمارها بر درصد اسانس غیرمعنی‌دار بدست آمد (جدول ۳).

میانگین درصد اسانس دانه گشنیز با افزایش فواصل آبیاری تا آبیاری با فاصله ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر (I_3) افزایش یافت، ولی تحت تنش شدید کمبود آب (I_4) اُفت پیدا کرد. البته درصد اسانس تحت تیمار I_3، ۴۹/۲٪ بیشتر از تیمار I_1 بود (شکل ۷).

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد و عملکرد اسانس دانه گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۰/۰۰۱۱ ns	۰/۱۷۵ ns
آبیاری (I)	۳	۰/۱۰۳ **	۷/۳۵۱ **
خطای اصلی	۶	۰/۰۰۰۶	۰/۱۱۸
محلول‌پاشی (F)	۲	۰/۰۰۱۳ns	۰/۷۸۵ **
F × I	۶	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۳۵ns
خطای فرعی	۱۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۹۹
ضریب تغییرات (٪)		۵/۹۲	۳/۵۸

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪



شکل ۷- اثر تیمار آبیاری بر درصد اسانس گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

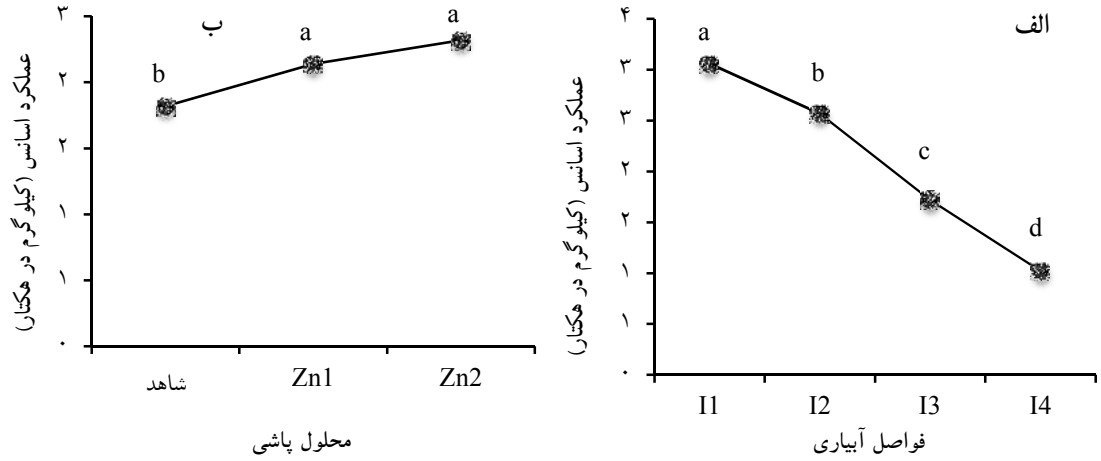
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد اسانس

براساس نتایج مندرج در جدول ۳، بین سطوح آبیاری و محلول پاشی سولفات روی از نظر عملکرد اسانس در واحد سطح اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری × محلول پاشی برای عملکرد اسانس غیرمعنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد اسانس گشنیز (۳/۰۶ کیلوگرم در هکتار) از دانه گیاهان آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر (I_1) بدست آمد و با تشدید کم آبی میانگین عملکرد اسانس کاهش نشان داد، به نحوی که تحت تیمار I_4 به ۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار رسید (شکل ۸- الف). بیشترین عملکرد اسانس از سطح محلول پاشی شش در هزار روی حاصل شد که نسبت به شاهد ۲۷/۴٪ افزایش نشان داد. البته بین سطوح محلول پاشی روی با غلظت‌های سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۸- ب).



شکل ۸- اثر تیمار آبیاری بر عملکرد اسانس گشنیز

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A

Zn_1 و Zn_2: به‌ترتیب محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

بحث

یکی از دلایل کاهش تعداد چتر در بوته تحت تنش خشکی، به‌طور عمده از کاهش فرایندهای مرتبط با رشد و در نهایت اُفت میزان ماده خشک گیاه ناشی از این عوامل تنش‌زاست. زیرا ماده خشک یکی از معیارهای کاربردی در تعیین بازتاب گیاه به انواع شرایط محیطی است (Lambers *et al.*, 2008). Karami (۲۰۱۱) هم کاهش تعداد سرشاخه گلدار گاوزبان تحت تنش خشکی را گزارش نموده است. در گشنیز نیز محلول پاشی روی موجب بهبود رشد و نیز تعداد چتر در بوته شده که یکی از دلایل اصلی افزایش عملکرد دانه در این گیاه گزارش شده است (Said-Al-Ahl & Omer, 2009). تعداد چتر در بوته از این نظر که به‌طور مستقیم در محصول دانه گشنیز نقش دارد از صفات بسیار مهم به‌شمار می‌آید. بنابراین، هر گونه افزایش در تعداد چتر منجر به افزایش محصول گشنیز می‌شود. ارتقای صفات رشدی گیاه ازجمله تعداد چتر در بوته در نتیجه کاربرد روی ممکن است به‌دلیل افزایش شدت فتوسنتز و فعالیت‌هایی باشد که منجر به افزایش تقسیم سلول‌ها و طویل شدن آنها می‌شود (Singh *et al.*, 2017).

تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه در چتر گردید که

www.SID.ir

Archive of SID

دلیل آن احتمالاً پژمردگی کلاله، پسابیدگی دانه‌های گرده و عدم رشد لوله‌های گرده می‌باشد که تعداد دانه در چتر را کاهش داده است (Wang *et al*., 2016). Thalooth و همکاران (۲۰۰۶) عنوان نمودند که کمبود مواد قابل انتقال در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی باعث سقط دانه در نیام می‌شود. در گیاه دارویی انیسون تنش خشکی تعداد چتر، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترهای فرعی وزن هزاردانه و عملکرد دانه را کاهش داده است (Heidari *et al*., 2012).

کاهش محتوای نسبی آب برگ بر اثر تنش خشکی موجب کاهش تعداد برگ، اُفت فتوسنتز و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی می‌گردد، در نتیجه تولید دانه بارور را کاهش می‌دهد، بنابراین تعداد دانه در واحد سطح کاهش می‌یابد (Lambers *et al*., 2008). تغذیه گیاه با روی، به دلیل افزایش ذخیره کربوهیدرات‌های دانه گرده موجب افزایش طول عمر دانه گرده شده، در نتیجه به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل تعداد دانه بیشتری در گیاه می‌انجامد (Hafeez *et al*., 2013). Nourzad و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که تنش خشکی شدید سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در گشنیز می‌شود. گزارش‌های دیگر نیز مؤید اثر کاهشی تنش خشکی بر تعداد دانه‌های تشکیل شده در بوته است. به‌عنوان مثال در گیاه اسفرزه، افزایش فواصل آبیاری منجر به کاهش تعداد دانه در بوته گردیده است (Koocheki *et al*., 2007).

تشدید کم‌آبی منجر به کاهش وزن هزاردانه گشنیز شد. در شرایط کمبود آب، به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه اُفت ورود و تثبیت دی‌اکسیدکربن در فرایند فتوسنتز و کاهش تولید مواد فتوسنتزی و مصرف ترکیب های‌آلی در جهت تنظیم اسمزی، تولیدات فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها ارسال می‌گردد که نتیجه آن اُفت وزن هزاردانه گیاه است. به همین دلیل، عوامل تنش‌زا مانند کمبود آب در طول رشد گیاه به‌طور معمول تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را کاهش داده و منجر به تولید دانه کمتر و اغلب کوچکتر می‌شوند (Wang *et al*., 2016). از سویی انطباق دوره پر شدن دانه گشنیز با روزهای گرم اواسط تیر و اوایل مرداد به تشدید اثرهای کمبود آب و در نتیجه به کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش وزن هزاردانه در این گیاه انجامید.

به‌دلیل اینکه سنتز املاح سازگار و تجمع آنها به انرژی زیادی نیاز دارد، تجمع املاح تحت تنش خشکی به کاهش یا مهار رشد بخش هوایی منجر می‌شود (Lisar *et al*., 2012). Rontein و همکاران (۲۰۰۲) هم اختصاص شیره پرورده به سازوکارهای دفاعی گیاه را از دلایل کاهش عملکرد بیولوژیکی در شرایط کمبود آب عنوان نموده‌اند. استنباط می‌شود که افزایش عملکرد بیولوژیکی بر اثر محلول‌پاشی با روی به‌دلیل افزایش تعداد چتر (شکل ۱- ب) ناشی از اثر مثبت روی بر آنها باشد. در مورد اثر تحریک‌کنندگی این عنصر بر رشد گیاه دلایل مختلفی ارائه شده است. یکی از نقش‌های اصلی روی در افزایش رشد گیاه، دخالت آن در بیوسنتز اکسین می‌باشد. از سوی دیگر این عنصر از طریق دخالت در متابولیسم نیتروژن، نشاسته و لیپیدها رشد گیاه را سرعت می‌بخشد (Malakouti, 2008). مصرف روی به صورت محلول‌پاشی موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی در گشنیز شده است (Said-Al-Ahl & Omer, 2009).

در شرایط کم‌آبی، روزنه‌های گیاه نیمه‌بسته یا بسته می‌شوند که این امر موجب کاهش جذب CO_2 می‌شود. از سویی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می‌کند و تحت تنش، تعداد برگ خود را کاهش می‌دهد که این امر منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه اُفت انتقال مواد به دانه‌ها می‌شود (Belien *et al*., 2010) که نتیجه آن کاهش وزن هزاردانه (شکل ۴)، تعداد دانه (شکل ۳- الف) و در نهایت محصول دانه (شکل ۶- الف) است. اُفت محصول دانه با افزایش فواصل آبیاری در گیاهان دارویی سیاه‌دانه (Rezapor *et al*., 2011) و زیره سیاه (Laribi *et al*., 2009) نیز گزارش شده است. محلول‌پاشی با روی به میزان ۱/۱ تا ۲/۲ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با مصرف گرانوله آن به مقدار ۱۱/۲ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه بیشتری را در برنج تولید کرد (Salaton *et al*., 2005).

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت نشانگر بخشی از ماده خشک گیاه است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابد و در مدیریت و همچنین به‌نژادی گیاهان زراعی دانه‌ای کوشش می‌شود تا شاخص برداشت به حداکثر ممکن افزایش یابد (Awan *et al*., 2009). شاید عمده‌ترین علت تأثیر نپذیرفتن شاخص برداشت از تنش خشکی را بتوان به این امر نسبت داد که تنش خشکی به همان نسبت که باعث اُفت عملکرد دانه می‌شود، بیوماس گیاه را نیز به همان نسبت کاهش می‌دهد. برخلاف نتایج این تحقیق، Yeganehpoor و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که شاخص برداشت دانه گشنیز به‌طور معنی‌داری تحت تنش خشکی اُفت پیدا کرده است.

گیاهان در هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی اغلب از رشد کمتری نسبت به گیاهان رشد کرده در شرایط مطلوب برخوردار هستند، زیرا در این شرایط مواد پرورده موجود را به افزایش سنتز متابولیت‌های ثانوی اختصاص می‌دهند تا بقای خود را در شرایط سخت محیطی تضمین نمایند که این خود یک سازوکار دفاعی برای گیاه محسوب می‌شود (Bettaieb *et al*., 2009). Nourzad و همکاران (۲۰۱۴) نیز دریافتند که با افزایش شدت تنش خشکی درصد اسانس گشنیز افزایش و عملکرد اسانس کاهش می‌یابد.

با وجود افزایش درصد اسانس تحت تنش خشکی، عملکرد اسانس با افزایش فواصل آبیاری کاهش یافت. درصد اسانس و وزن دانه دو عامل مهم و تعیین‌کننده در عملکرد اسانس دانه می‌باشند. با تشدید کم‌آبی هر چند درصد اسانس افزایش یافت، اما به‌دلیل اُفت عملکرد دانه در این شرایط (شکل ۶- الف)، عملکرد اسانس دانه گشنیز کاهش یافت. Nourzad و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر عملکرد شاخه گل‌دهنده، درصد و عملکرد اسانس دانه گشنیز دارد و بالاترین عملکرد اسانس و ماده خشک در تیمار آبیاری کامل و بیشترین درصد اسانس در تیمار تنش شدید حاصل شده است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که براساس نتایج بدست‌آمده از این تحقیق، محلول‌پاشی سولفات روی به‌طور مؤثری موجب بهبود صفات زراعی گشنیز گردید. بنابراین می‌توان بیان کرد که گشنیز گیاهی حساس به کم‌آبی است و افزایش فواصل آبیاری، رشد، عملکرد دانه و تولید اسانس این گیاه دارویی را محدود نمود. البته تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری بین سطوح محلول پاشی سه و شش در هزار روی وجود نداشت. بنابراین محلول‌پاشی روی با غلظت سه در هزار می‌تواند رشد، عملکرد و تولید اسانس گشنیز را در شرایط آبیاری مطلوب و محدود بهبود ببخشد.

منابع مورد استفاده

- Akhtar, N., Abdul-Matin-Sarker, M., Akhtar, H. and Katrun-Nada, M., 2009. Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, 44: 125-130.
- Awan, I.U., Khan, A., Zareef, M. and Khan, E.A., 2009. Weed management in sunflower with allelopatic water extract and reduced doses of herbicide. Journal of Weed Science Research, 15(1): 19-30.
- Bagci, S.A., Ekiz, H., Yilmaz, A. and Cakmak, I., 2007. Effects of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in Central Anatolia. Journal of Agronomy and Crop Science, 193: 198-206.
- Belien, C., Thomine, S. and Schroeder, J.I., 2010. Water balance and the regulation of stomatal movements: 283-305. In: Pareek, A., Sopory, S.K., Bohnert H.J. and Govindjee, P., (Eds.). Abiotic Stress Adaptation in Plants. Springer, Dordrecht, Netherlands, 526p.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi-Wannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae, 120: 271-275.
- 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. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56: 2079-2084.
- Hafeez, B., Khanif, Y.M. and Saleem, M., 2013. Role of zinc in plant nutrition - a review. American Journal of Experimental Agriculture, 3: 374-391.
- Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakkoli, A. and Saba, J., 2012. Effect of drought stress and harvesting date

www.SID.ir

Archive of SID

amounts of sulfur fertilizer on grain yield, yield components and osmtic adjustment in *Nigella sativa*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 3(53): 384-396.
- Rontein, D., Basset, G. and Hanson, A.D., 2002. Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. Metabolic Engineering, 4: 49-56.
- Said-Al-Ahl, H.A.H. and Omer, E.A., 2009. Effect of spraying with zinc and / or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. Journal of Medicinal Food Plants, 1: 30-46.
- Salaton, N.A., Norman, R.G. and Wilson, C.E., 2005. Effect of zinc source and application time on zinc uptake and grain yield of flood-irrigation rice. Agronomy Journal, 97: 272-278.
- Sharififar, F., Moshafi, M.H. and Mansouri, S.H., 2007. In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant of the essential oil and methanol extract of endemic *Zataria multiflora* Boiss. Food Control, 18: 800-805.
- Singh, G., Sarvanan, S., Rajwat, K.S., Rathore, J.S. and Singh, G., 2017. Effect of different micronutrient on plant growth, yield and flower bud quality of broccoli (*Brassica oleracea*). Current Agriculture Research Journal, 5: 108-115.
- Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A. and Vaezpour, M., 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia Horticulturae, 123: 272-279.
- Thalooth, A.T., Tawfik, M.M. and Mohamed, H.M., 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 2: 37-46.
- Wang, X., Cai, X., Xu, C., Wang, Q. and Dai, S., 2016. Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. International Journal of Molecular Sciences, 17: 1-30.
- Yeganehpoor, F., Zehtab-Salmasi, S., Shafagh-Kolvanagh, J., Ghassemi-Golezani, K. and Dastborhan, S., 2017. Effect of some morphological traits and oil content of coriander seeds in response to bio-fertilizer and salicylic acid under water stress. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 10(1): 140-149.

on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28(1): 121-130.
- Karami, S., 2011. Effect of foliar application of zinc on quantitative and qualitative yield of soybean under water stress. M.Sc dissertation, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.
- Karami, S., Modarres-Sanavy, M., Ghanehpour, S. and Keshavarz, H., 2016. Effect of foliar zinc application on yield and, physiological traits and seed vigor of two soybean cultivars under water deficit. Notulae Scientia Biologicae, 8(2): 181-191.
- Koocheki, A., Tabrizi, L. and Nassiri-Mahallati, M., 2007. The effect of irrigation intervals and manure on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Asian Journal of Plant Science, 6: 1229-1234.
- Lambers, H., Chapin, F.S. and Pons, T.L., 2008. Plant Physiological Ecology. Springer, New York, 605p.
- Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. and Mazrouk, B., 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. Industrial Crops and Products, 30: 372-379.
- Lisar, S.Y.S., Motafakkerazad, R., Hossain, M.M. and Rahman, I.M.M., 2012. Water Stress in Plants: causes, effects and responses: 1-14. In: Rahman, I.M.M., (Ed.). Water Stress. InTech Publications, 312p.
- Malakouti, M.J., 2008. The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 32: 215-220.
- Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mokhtassi-Bidgoli, A., 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crop and Products, 30: 82-92.
- Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. and Daneshfar, E., 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander (*Coriandrum sativum* L.) treated with organic and inorganic fertilizers. Journal of Crops Improvement, 2: 289-302.
- Olle, M. and Bender, I., 2010. The content of oils in umbelliferous crops and its formation. Agronomy Research, 8: 687-696.
- Omidbaigi, R., 2000. Production and Processing of Medicinal Plant (Vol. 3). Astan Quds Razavi Press, 397p.
- Rezapor, A.R., Heidari, M.R., Galavi, M. and Ramrod, M., 2011. Effect of water stress and different

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of zinc sulfate foliar spray on yield, yield components and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under drought stress

M. Panahyan Kivi[1*]

1*- Corresponding author, Department of Agronomy, Payame Noor University, Tehran, Iran
E-mail: panahyankivi@gmail.com

Received: August 2018 Revised: December 2018 Accepted: January 2019

Abstract

Due to the irrigation water crisis and the necessity of water resources management as well as the positive role of elements such as zinc in reducing the negative effects of drought stress, a field experiment was carried out as split plot based on randomized complete block design with three replications in Cooperative research field of Yashil Bakhar, Ardebil in 2017. In this research, yield and its components and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) were investigated in reaction to zinc sulfate foliar spray under drought stress conditions. The experimental factors consisted of four levels of irrigation: irrigation after 70, 100, 130 and 160 millimeter evaporation from class A pan, and three levels of zinc sulfate foliar spray: control (water foliar spray) and foliar spray with three (Zn_1: 3 g $ZnSO_4$/L) and six (Zn_2: 6 g $ZnSO_4$/L) per thousand concentrations. Irrigation and zinc sulfate foliar spray treatments were allocated to the main and sub plots, respectively. The results showed that drought stress reduced the number of umbels per plant, seeds per umbel, seeds per plant, and biological and seed yield. Zinc sulfate foliar spray at Zn_2 level resulted in a significant increase in the number of umbels per plant (10.7), biological (21.1%) and grain (21.2%) yield. Under drought stress conditions, the percentage of coriander seeds essential oil increased by 49.2%, but the essential oil yield (1.02 kg ha^{-1}) decreased. The essential oil yield was significantly increased by 27.4% with zinc sulfate foliar spray at Zn_2 level. There was no statistically significant difference between Zn_1 and Zn_2 levels of zinc sulfate foliar spray. Therefore, 3 g $ZnSo_4$/L foliar spray in areas with climatic conditions and soil similar to the research site is recommended to improve the yield and essential oil of coriander.

Keywords: Essential oil, number of umbels per plant, coriander (*Coriandrum sativum* L.), water deficiency, foliar spray.

www.SID.ir