Archive of SID

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 2, Summer 2019 (101 - 116)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.259655.654484

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸ (ص۱۱۶- ۱۰۱)

اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر برخی صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکرد روغن گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

مهدی پناهیان کیوی
عضو هیات علمی گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۰۹)

چکیده

آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در اردبیل اجرا گردید تا شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و عملکرد روغن گشنیز در واکنش به محلول‌پاشی روی و محدودیت آب ارزیابی شوند. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح آبیاری (آبیاری بعد از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و سه سطح محلول‌پاشی روی (شاهد (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی با غلظت سه در هزار (Zn_1) و محلول‌پاشی با غلظت شش در هزار (Zn_2) در مراحل پنج برگی و گل‌دهی کامل بودند. تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. کاهش فراهمی آب، به افت محتوای نسبی آب برگ و شاخص کلروفیل برگ منجر شد؛ با این حال، محتوای پرولین برگ، تحت شرایط آبیاری محدود افزایش یافت. میانگین شاخص کلروفیل برگ به‌طور معنی-داری با کاربرد روی با غلظت شش در هزار نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. کاهش دسترسی به آب به افت میانگین ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و عملکرد دانه منجر گردید. محلول‌پاشی با روی با غلظت شش در هزار موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته و عملکرد دانه شد. درصد روغن دانه گشنیز تحت تنش خشکی افزایش یافت، ولی عملکرد روغن در نتیجه تنش کم‌آبی کاهش پیدا کرد. عملکرد روغن با کاربرد روی با غلظت شش در هزار افزایش معنی‌داری یافت. در همه صفات مورد بررسی، 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 آب و هوا و خاک مشابه محل اجرای طرح برای بهبود تولید عملکرد دانه و روغن گشنیز تأکید کرد. این امر در شرایط محدودیت آب دارای اهمیت بیشتری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، عملکرد روغن، گشنیز، محلول‌پاشی روی، صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی.

Effect of water deficit stress and foliar application of zinc sulfate on physiological and morphological traits and oil yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.)

Mehdi Panahyan kivi
Department of Agronomy Payame Noor, University.Tehran.Iran
(Received: June 12, 2018 – Accepted: July 31, 2018)

ABSTRACT

Field experiment was carried out as split-plot based on randomized complete block design with three replications in 2017, to evaluate physiological and morphological performance and oil yield of coriander, in response to water limitation and foliar application of zinc. Treatments were four levels of water supply (irrigation after 70, 100, 130 and 160 mm evaporation from class A pan) and three levels of zinc foliar application (control (foliar application of water), foliar application of zinc with 3 g $ZnSO_4$/L (Zn1) and foliar application of zinc with 6 g $ZnSO_4$/L (Zn2)). Irrigation and foliar application treatments were allocated to main and sub plots, respectively. Decreasing water availability resulted in decreasing leaf relative water content and chlorophyll content. However, proline content of leaves enhanced under limited irrigation conditions. Mean leaf chlorophyll content significantly enhanced by exogenous spray of zinc with 6 g $ZnSO_4$/L, compared with control. Decreasing water supply led to reduction in plant height, stem diameter, number of leaves per plant and grain yield. Foliar application of zinc with 6 g ZnSo4/L caused significant increase in plant height and grain yield. Oil percentage in the grains of coriander increased as a result of water deficit, but grain oil yield decreased with increasing irrigation intervals. Oil yield significantly enhanced by foliar application of zinc with 6 g $ZnSO_4$/L. There was no significant difference between 3 and 6 g $ZnSO_4$/L foliar application of zinc. Therefore, regarding to beneficial effects of zinc on grain and oil yield of coriander, foliar application of 3 g $ZnSO_4$/L recommended for the study area and the similar regions. This would become more important under conditions where water availability is limited.

Keywords: coriander, drought stress, oil yield, zinc foliar application, physiological and morphological traits.

* Corresponding author E-mail: panahyankivi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رشد و قدرت تولید گیاه تحت تأثیر عوامل تنش‌زای زیستی و غیرزیستی مختلف قرار می‌گیرند. کمبود آب یکی از تنش‌های غیرزیستی عمده است که اثرات نامطلوبی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد و تقریباً تولید ۲۵ درصد اراضی جهان را محدود ساخته است (Jaleel *et al*., 2009). عمده مساحت ایران نیز در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (Azarakhshi *et al*., 2013). تنش کم‌آبی زمانی در گیاه رخ می‌دهد که میزان تعرق از سطح برگ‌ها از ظرفیت و توانایی ریشه برای جذب آب از خاک فراتر رفته و شرایط جوی موجب اتلاف مداوم آب از طریق تعرق و تبخیر شود (Jaleel *et al*., 2009)، بنابراین، رقابت بین گیاهان برای کسب آب (به‌دلیل فشار منفی) شروع می‌شود. واکنش گیاهان به تنش خشکی به شدت و مدت تنش، گونه گیاهی و مرحله رشد بستگی دارد (Wang *et al*., 2016). خشکی به‌عنوان یک تنش چند بعدی، اثرات متنوعی روی گیاهان دارد و بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فرایندهای فیزیولوژیکی مرتبط با رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این تنش با کاهش پتانسیل آب سلول و آماس در گیاهان، باعث افزایش غلظت املاح در سیتوسول و ماتریس‌های برون‌سلولی می‌شود. تحت تنش، توسعه سلول کند شده و یا متوقف می‌شود و رشد گیاه به تأخیر می‌افتد. در خشکی طولانی‌مدت، بسیاری از گیاهان آب خود را از دست داده و از بین می‌روند (Lisar *et al*., 2012). خشکی نه تنها روابط آبی گیاه را از طریق کاهش محتوای آب و آماس تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه ضمن محدود ساختن تبادلات گازی، تعرق را کاهش داده و از جذب و تثبیت کربن جلوگیری می‌کند (Lisar *et al*., 2012). تنش خشکی به بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش شدت تعرق، کاهش پتانسیل آب بافت‌های گیاه، کاهش فتوسنتز و مهار رشد، سنتز پروتئین‌ها و mRNA جدید، تشکیل ترکیبات مهارکننده رادیکال (آسکوربات، گلوتاتیون و آلفا توکوفرول) و تجمع املاح منجر شده و بیان ژن‌های ویژه تنش را القا می‌کند. تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن و تشکیل ترکیبات مهارکننده رادیکال، اثرات منفی کم‌آبی را تشدید می‌کند (Lisar *et al*., 2012). کاهش معنی‌دار پارامترهای مختلف رشد تحت تنش کمبود آب در گیاهان دارویی گشنیز (Nourzad *et al*., 2014) و شوید (Setayesh-mehr & Ganjali, 2013) گزارش شده است. گیاهان دارویی بخش مهمی از تنوع زیستی موجود در بسیاری از مناطق جهان را شامل می‌شوند. وجود ترکیبات فعال زیستی حاصل از گیاهان در ۲۵ تا ۵۰ درصد داروهای تجویز شده در دنیا حاکی از ارزش اقتصادی قابل توجه گیاهان دارویی در جوامع بشری می‌باشد (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 و در کشورهای حاشیه مدیترانه و جنوب شرقی آسیا به‌صورت گیاهی پائیزه 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 درصد لینالول[1] است و در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی به‌کار گرفته می‌شود. روغن دانه آن در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (Omidbeigi, 2000). در طب سنتی از گشنیز به‌عنوان هضم‌کننده غذا، اشتها آور، ضد نفخ، برطرف کننده دردهای عضلانی و آرام‌بخش استفاده می‌شود (Omidbeigi, 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). در کنار تأثیر اقلیم، حاصلخیزی خاک در امر تولید گیاهان زراعی نقش کلیدی ایفا می‌کند (Piikki *et al*., 2015). مطالعات متعددی تأیید کننده اهمیت تقویت تغذیه معدنی این گیاهان در جهت کاهش اثرات نامطلوب عوامل تنش‌زای محیطی بر رشد و تولید انها است (Tavallali *et al*., 2009 ;Bagci *et al*., 2007 ;Thalooth *et al*., 2006).

1. Linalool

www.SID.ir

Archive of SID

برای انجام فعالیت‌های طبیعی فیزیولوژیکی گیاهان عناصر کم‌مصرف به‌اندازه عناصر پرمصرف اهمیت دارند. برای افزایش تولید در واحد سطح و افزایش ارزش غذایی محصولات کشاورزی، مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (Singh *et al*., 2017). شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک ایران، مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی، آهکی‌بودن و pH بالای خاک‌های برخی مناطق موجب کاهش ترکیبات محلول عناصر کم-مصرف در خاک شده است؛ بنابراین، جذب عناصر کم-مصرف اغلب کمتر از نیاز گیاه بوده و در نتیجه رشد و تولید مطلوب گیاه را با مشکل مواجه می‌سازد (Karami *et al*., 2016). در نتیجه، کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به‌خصوص روی در چنین شرایطی امری بدیهی است. روی از جمله عناصر ضروری کم-مصرف 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، آلکالین‌فسفاتاز، فسفولیپازها و RNA پلی‌مرازها عمل کرده و در متابولیزم پروتئین‌ها، قندها، اسیدهای نوکلئیک و چربی‌ها، فتوسنتز و نیز بیوسنتز اکسین نقش دارد (Fang *et al*., 2008). در میان عناصر غذایی کم-مصرف، روی در تحمل گیاه به تنش‌های محیطی بیش از سایر عناصر دخالت دارد (Karami *et al*., 2016). برای تأمین نیاز غذایی گیاهان زراعی، از میان روش-های مصرف کود (مصرف خاکی، محلول‌پاشی، مصرف کود همراه آب آبیاری و غیره) در مورد عناصر کم-تحرک در خاک مانند منگنز، روی، آهن و مولیبدن، محلول‌پاشی مؤثرترین شیوه است (Karami *et al*., 2016). بنابراین، با بهره‌گیری از این روش می‌توان تا حد قابل‌توجهی کمبود این عناصر را در گیاه جبران کرد و کمیت و کیفیت محصول را بهبود بخشید. با توجه به اینکه عملکرد روغن گشنیز در واکنش به تنش کمبود آب و کاربرد عنصر روی ارزیابی نگردیده است، در این پژوهش سعی می‌شود که اثر محلول-پاشی این عنصر تحت تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی واکنش‌های فیزیولوژیکی، صفات مورفولوژیکی و نیز عملکرد روغن مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش مزرعه‌ای

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی تعاونی یاشیل باخار اردبیل به اجرا در آمد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۵۰ متر بوده و در ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه دارای زمستان‌های خیلی سرد و تابستان‌های معتدل با میانگین بارندگی سالیانه ۴۰۰ میلی‌متر است (Azarakhshi *et al*., 2013).

خصوصیات خاک مزرعه

به‌منظور بررسی وضعیت خاک قطعه زمین مورد نظر در مزرعه، نمونه خاکی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ درج شده است. بر اساس نتایج تجزیه خاک، محتوای روی خاک بسیار کم‌تر از نیاز گیاهان تیره چتریان برای رشد و تولید عملکرد مطلوب است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical analysis of the site experiment soil

Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N (%)	EC (dS/m)	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	Depth (cm)
8.6	0.92	318	17.7	0.06	1.18	Sandy loam	61	25	14	7.76	0-30

عملیات مزرعه‌ای

شخم زمین محل اجرای آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۴ صورت گرفت. عملیات تکمیلی تهیه زمین (دیسک) و کرت‌بندی نیز در بهار سال ۱۳۹۵ انجام شد. هر واحد

www.SID.ir

Archive of SID

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.

طرح آزمایشی مورد استفاده

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. 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 و محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه در هزار (Zn_1) و شش در هزار (Zn_2) از منبع نمک سولفات‌روی (Salaton *et al.*, 2005) و شاهد (محلول‌پاشی با آب) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. محلول‌پاشی در دو نوبت پنج برگی و گل‌دهی کامل (به‌منظور اطمینان از اثر بخشی کامل تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی (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 گرفت. حجم محلول‌پاشی، ۱۰۰۰ لیتر برای هر هکتار در نظر گرفته شد که محاسبه حجم نهایی محلول‌پاشی بر اساس نسبت مساحت کرت‌های آزمایشی به مساحت یک هکتار مزرعه صورت گرفت. وجین علف‌های هرز همه کرت‌های آزمایشی، به‌صورت دستی و در چندین نوبت انجام شد. برداشت گشنیز در نیمه دوم مرداد ماه سال ۱۳۹۵، زمانی که چترهای اصلی کاملاً رسیده بودند، صورت گرفت.

صفات مورد بررسی

محتوای نسبی آب برگ

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از روش Ritchie *et al.* (1990) و از رابطه زیر برای محاسبه استفاده شد:

$$RWC= (F_W-D_W) / (T_W-D_W) \times ۱۰۰$$

که در آن F_W وزن تازه، D_W وزن خشک و T_W وزن آماس نمونه می‌باشد.

پرولین

برای استخراج پرولین برگ از روش Bates *et al.* (1973) استفاده شد. ۱/۲۵ گرم نین‌هیدرین با ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک شش مولار به‌طور کامل و در حرارت ملایم حل شد. در مرحله گلدهی، ۵۰۰ میلی‌گرم از بافت تر گیاه با نیتروژن مایع به‌طور کامل پودر شده و سپس با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد به‌خوبی ساییده شد. این محلول به‌مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت. ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصل از سانتریفیوژ با ۲ میلی‌لیتر محلول نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال مخلوط شد و به‌مدت یک ساعت در حمام آب گرم (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت. پس از آن، برای متوقف نمودن واکنش، لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام یخ قرار گرفتند. سپس ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محتویات هر لوله اضافه گردید و به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به‌شدت به هم زده شد و ۲۰ دقیقه به حال سکون رها گردید. در نهایت قسمت رویی قرمز رنگ که شامل تولوئن و پرولین بود جدا شد و جذب آن به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SPEKOL 1500 در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین گردید. در شروع کار با اسپکتروفتومتر، تولوئن به‌عنوان شاهد استفاده شد و محلول‌های استاندارد پرولین قرائت شدند و معادله رگرسیون بین اعداد قرائت شده و غلظت محلول‌های استاندارد تعیین گردید. غلظت پرولین در هر نمونه بر اساس جذب و غلظت‌های معین موجود در منحنی استاندارد بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن تر محاسبه شد.

شاخص کلروفیل برگ

بدین منظور از کلروفیل‌سنج قابل حمل SPAD-502 (SPAD-502- Minolta, Co. Japan) که شاخص کلروفیل برگی را نشان می‌دهد، استفاده شد. اندازه-

www.SID.ir

Archive of SID

گیری‌ها قبل از آبیاری و در ابتدای گلدهی گشنیز انجام شد و محتوای کلروفیل برگ‌های بالغ و سالم بالایی، میانی و پایینی پنج گیاه از هر کرت ثبت گردید. در نهایت، میانگین ۱۵ عدد به‌دست آمده به‌عنوان شاخص کلروفیل برگ هر کرت در نظر گرفته شد.

صفات مورفولوژیکی

در زمان رسیدگی دانه‌ها، ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی برداشت گردید. نمونه‌برداری به گونه‌ای صورت گرفت که نمونه‌ها نماینده‌ای از هر واحد آزمایشی باشند. پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته (توسط خط‌کش) و قطر ساقه (توسط کولیس)، تعداد برگ‌ها و شاخه‌های فرعی در بوته شمارش شد.

عملکرد دانه

همچنین برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، بوته‌های موجود در یک متر مربع از خطوط میانی هر کرت به‌روش دستی، کف‌بر و برداشت گردیدند و پس از خشک‌شدن در سایه و هوای آزاد، در گونی‌هایی کوبیده شدند تا دانه آنها جدا شود.

درصد و عملکرد روغن

تعیین درصد روغن گشنیز با روش AOAC[۲] (1990) و با استفاده از دستگاه سوکسله انجام شد. عملکرد روغن نیز از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به‌دست آمد.

تجزیه‌های آماری

پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال‌بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها انجام گرفت تا در صورت نیاز، تبدیل داده مناسب صورت گیرد. از نرم‌افزارهای MSTAT-C و SPSS Ver.۲۱ برای انجام تجزیه‌های آماری استفاده شد. میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید.

۱- Association of Official Analytical Chemists

نتایج و بحث

بین سطوح آبیاری از نظر محتوای نسبی آب برگ اختلاف معنی‌دار وجود داشت، اما اثر تیمار محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمارها بر محتوای نسبی آب برگ غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). برگ‌های گیاهان آبیاری‌شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر (I_1)، از بالاترین محتوای نسبی آب برگ برخوردار بودند. هر چند از این نظر تفاوت معنی‌داری بین I_1 و I_2 وجود نداشت. تحت تیمارهای I_3 و I_4 محتوای نسبی آب برگ به‌ترتیب ۷/۲ و ۱۰/۴ درصد کمتر از سطح اول آبیاری (I_1) به‌دست آمد. بین I_3 و I_4 هم از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (نمودار ۱). چون محتوای نسبی آب برگ در برگیرنده میزان آب موجود در برگ بوده و فعالیت متابولیکی بافت‌ها را منعکس می‌کند، افزایش تنش به کاهش محتوای نسبی آب برگ منجر می‌گردد. کاهش محتوای نسبی آب برگ به‌دلیل محدودیت آب نمایانگر کاهش فشار آماس در سلول‌های گیاهی است و این امر به کاهش رشد منجر می‌شود. کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت تنش خشکی در گیاهان دارویی رزماری[۳] (Munne-Bosch *et al.*, 1999) و بادرنجبویه[۴] (Abbaszadeh *et al.*, 2008) نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲، اثر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی و نیز اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر غلظت پرولین برگ معنی‌دار بودند. تنش شدید خشکی موجب افزایش معنی‌دار محتوای پرولین برگ گردید. بیشترین محتوای پرولین برگ در سطح آبیاری I_4 و تیمار شاهد محلول‌پاشی (محلول‌پاشی با آب) به‌دست آمد. به‌طور کلی، محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار در همه سطوح آبیاری منجر به کاهش محتوای پرولین برگ شد، ولی اثر این سطوح محلول‌پاشی در کاهش محتوای پرولین برگ در سطوح آبیاری I_3 و I_4 بارزتر بود. بین سطوح تیماری محلول‌پاشی روی با غلظت‌های سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار ۲).

۱- *Rosmarinus officinalis* L.
۲- *Melissa officenalis* L.

www.SID.ir

Archive of SID

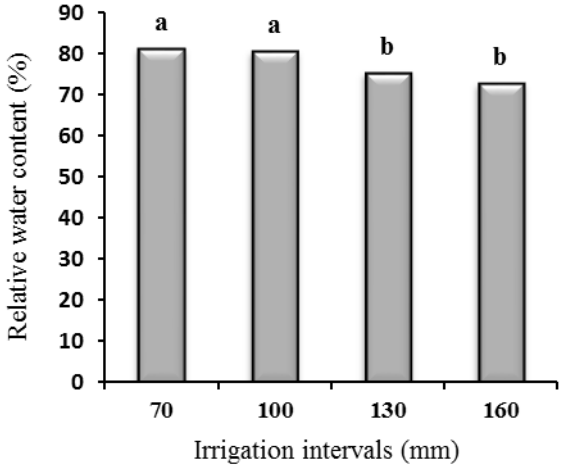
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی، موفولوژیکی و عملکرد دانه گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی

Table 2. Analysis of variance for morphological and physiological traits and grain yield of coriander under drought stress and foliar application treatments

SOV	df	Mean of squares							
		Relative water content	Proline	Chlorophyll content	Plant height	Stem diameter	Leaf per plant	Lateral branch	Grain yield
Replication	2	7.56	2380.3	13.237	15.87	0.041	2.18	0.163	3851.8
Irrigation (I)	3	154.12 **	157007.2 **	74.22 **	611.74 **	0.463 **	47.94 **	7.709 **	464011.5 **
Error (a)	6	9.49	150.63	12.552	5.86	0.056	0.139	0.001	3867.6
Foliar (F)	2	8.41	19882.5 **	49.889 **	295.91 **	0.078	3.21	0.168	16771.1 *
F × I	6	2.97	2764.6 **	1.789	3.44	0.018	0.809	0.044	758.3
Error (b)	16	11.37	402.97	3.032	9.88	0.065	8.17	0.112	4083.1
C.V (%)		4.35	4.4	7.07	7.61	9.47	15.03	5.72	16.46

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability level, respectively.



نمودار ۱- محتوای نسبی آب برگ گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری

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

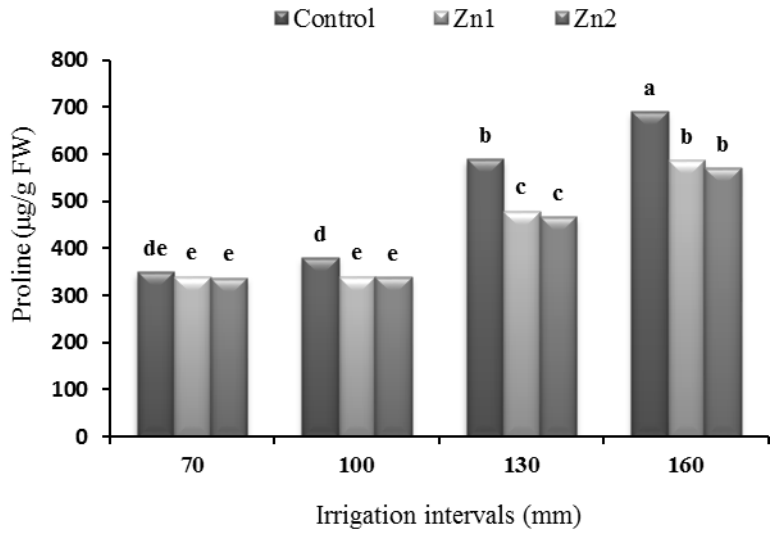
Figure 1. Effect of irrigation treatments on relative water content of coriander

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

بر اساس نظر Wang *et al.* (2016) تجمع پرولین، پاسخ متابولیکی گیاهان عالی به کمبود آب است. غلظت‌های بالای پرولین تحت تنش خشکی برای گیاهان مفید می‌باشد، زیرا پرولین در پتانسیل اسمزی و در نتیجه تنظیم اسمزی برگ شرکت می‌کند. همچنین پرولین می‌تواند از پروتئین‌ها و آنزیم‌ها محافظت کرده و نیز پایداری غشا را تحت شرایط گوناگون افزایش دهد. افزایش تجمع پرولین تحت تنش خشکی ناشی از افزایش فعالیت آنزیم پرولین-سنتتاز یا کاهش اکسیداسیون گلوتامات و یا کاهش دخالت آن در سنتز پروتئین است. تجمع پرولین در واکنش به افت پتانسیل آب سلول، یکی از مهم‌ترین فرایندهای زیستی سازگاری درون‌سلولی است (Seki *et al.*, 2007). Khan *et al.* (2004)گزارش کردند که محتوای پرولین برگ نخود تحت تنش خشکی نسبت به آبیاری مطلوب افزایش یافته است، ولی کاربرد روی موجب افت محتوای پرولین در سطوح آبیاری تنش شدید خشکی شده است. این محقق عنوان نمود که روی با تعدیل اثر تنش خشکی سبب شده تا از نیاز گیاه برای صرف انرژی در مکانیزم‌های دفاعی مانند تجمع مواد تنظیم کننده اسمزی کاسته شود. نتایج مشابهی توسط Karami *et al.* (2016) مبنی بر تغییر محتوای پرولین سویا در غلظت‌های مختلف روی گزارش شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲- محتوای پرولین برگ گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری در واکنش به تیمار محلول‌پاشی

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

Figure 2. Proline content of leaves of coriander under different irrigation intervals in response to zinc foliar application

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

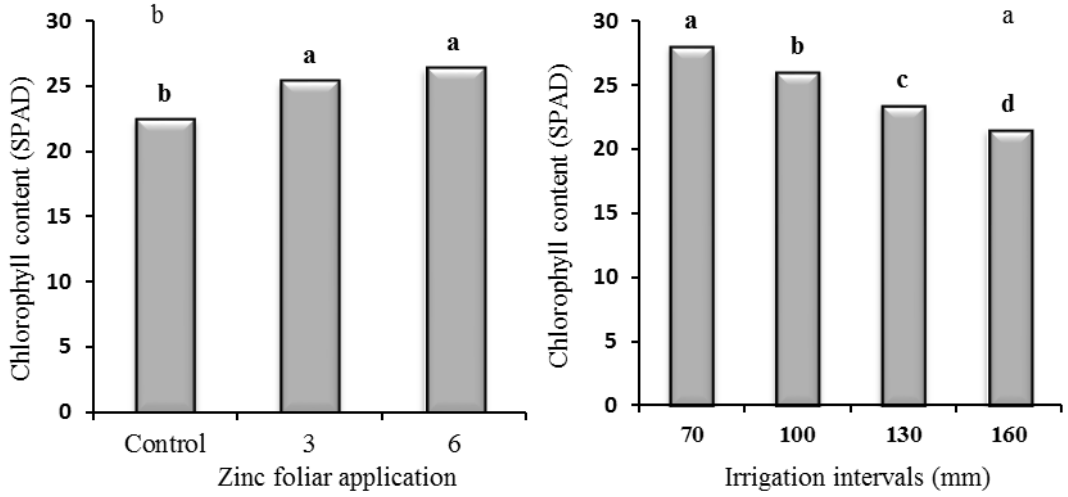
Zn_1 and Zn_2: foliar application of zinc with 3 and 6 g $ZnSo_4$/L respectively

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص کلروفیل برگ (جدول ۲)، اثر آبیاری و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار به‌دست آمد. اثر متقابل تیمارها بر شاخص کلروفیل برگ گشنیز غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. با کاهش آب قابل دسترس برای گیاه، شاخص کلروفیل برگ گشنیز کاهش یافت. میانگین این شاخص در سطح اول (I_1) آبیاری بیشتر از سایر سطوح تیمار آبیاری بود (نمودار a۳). محلول-پاشی با روی با غلظت شش در هزار را نسبت به شاهد ۱۷/۴ درصد افزایش داد. بین سطوح محلول‌پاشی سه و شش در هزار روی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار b۳). یکی از عوامل کاهش کلروفیل، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیزکننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش خشکی است (Hafeez *et al.*, 2013). به دلیل این‌که در گشنیز تجمع پرولین مکانیزم دفاعی مهمی تحت تیمارهای آبیاری محدود است (نمودار ۲)، پیش‌ماده گلوتامات در بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شده است. کاهش کلروفیل ناشی از تنش خشکی، استفاده از تابش نور را پایین می‌آورد. به‌دلیل این‌که جذب انرژی مازاد توسط دستگاه فتوسنتزی، اغلب تولید گونه‌های فعال اکسیژن را تحریک می‌کند که این وضعیت با تخریب رنگیزه‌های جذب‌کننده نور تا حدودی قابل کنترل است (Mafakheri *et al.*, 2010). از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین سطوح محلول-پاشی سه و شش در هزار روی برای شاخص کلروفیل برگ گشنیز وجود نداشت (نمودار b۳) بنابراین، روی به‌میزان قابل‌توجهی در افزایش شاخص کلروفیل برگ گشنیز مؤثر واقع شد که بیانگر نقش کلیدی روی در بیوسنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی است. عنصر روی با دخالت در تنظیم غلظت‌های سیتوپلاسمی عناصر، در بیوسنتز کلروفیل و کاروتنوئید نقش بارزی ایفا می‌کند (Sadeghzadeh, 2013) که در نهایت برای دستگاه فتوسنتزی سیستم گیاهی مطلوب خواهد بود (Hafeez *et al.*, 2013). افزایش محتوای کلروفیل با مصرف روی در لوبیا (Hacisalihoglu & Lamply, 2009) و گندم (Ai-Qing *et al.*, 2011) نیز گزارش شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۳- تغییرات شاخص کلروفیل برگ گشنیز در سطوح مختلف آبیاری (a) و محلول‌پاشی (b)

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

Figure 3. Effect of irrigation treatments (a) and zinc foliar application (b) on chlorophyll content of leaves of coriander

Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

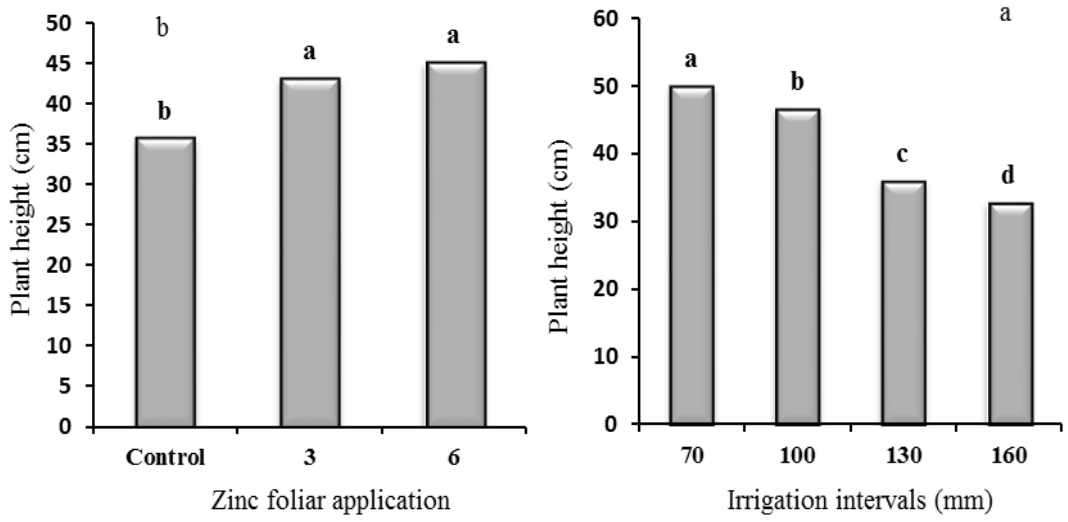
ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی قرار گرفت، ولی اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲). میانگین ارتفاع بوته گیاهان با افزایش فواصل آبیاری کاهش نشان داد. تحت تیمارهای I_2، I_3 و I_4 ارتفاع بوته به‌ترتیب ۶/۷، ۲۷/۹ و ۳۴/۴ درصد کمتر از سطح اول آبیاری (I_1) به‌دست آمد (نمودار a۴). بیشترین میانگین ارتفاع بوته در نتیجه محلول‌پاشی با روی با غلظت شش در هزار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت. بین سطوح تیماری محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار b۴). ارتفاع بوته در طول دوره رشد نقش اساسی در قرار دادن برگ‌ها در معرض نور، سایه‌اندازی روی گیاهان رقیب و توسعه ساختارهای زایشی گیاه دارد (Jones, 2004). کاهش ارتفاع بوته بر اثر کم‌آبی ممکن است به‌دلیل کاهش یا ممانعت از تقسیم یا طویل شدن سلولی باشد (Davatgar *et al*., 2009). افزایش ارتفاع بوته بر اثر مصرف روی را می‌توان به نقش مؤثر این عنصر در رشد و نمو گیاه نسبت داد. به‌عنوان مثال روی در متابولیسم RNA و مقدار ریبوزوم در سلول‌های گیاهی نقش دارد که تولید کربوهیدرات، پروتئین و ساخت DNA را تحریک می‌کنند. از طرف دیگر روی در تشکیل و ساخت پیش ماده تولید اکسین (تریپتوفان) در گیاهان شرکت دارد (Fang *et al*., 2008).

بر اساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، قطر ساقه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول‌پاشی از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. میانگین قطر ساقه گشنیز با کاهش آب قابل دسترس برای گیاه کاهش یافت. قطر ساقه تحت تیمار I_3 و I_4 به ترتیب ۱۰/۶ و ۱۳/۱ درصد کمتر از تیمار I_1 بود. بین سطوح آبیاری I_1 و I_2 و نیز I_3 و I_4 اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (نمودار ۵). در شرایط کمبود آب، قطر ساقه نیز همانند ارتفاع بوته کاهش یافت که این امر با کاهش فشار آماس تحت تنش کم‌آبی و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ‌شدن سلول مرتبط است (Davatgar *et al*., 2009). اثر آبیاری بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار به‌دست آمد. اما اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). با کاهش آب قابل دسترس برای گیاه، تعداد برگ در

www.SID.ir

Archive of SID

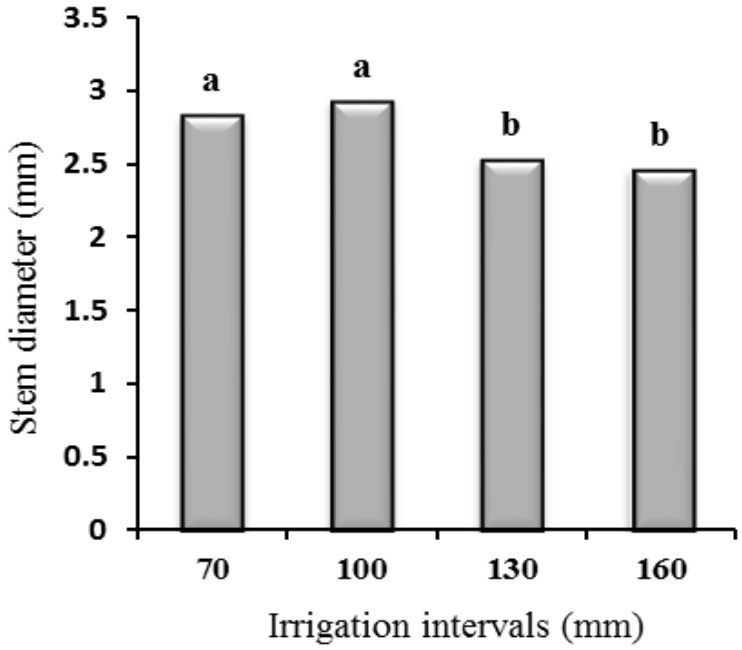
بوته هم کاهش نشان داد، به‌طوری‌که میانگین تعداد برگ تحت تیمارهای I_2، I_3 و I_4 به‌ترتیب ۳/۲، ۱۵/۷ و ۲۳/۲ درصد کمتر از تیمار I_1 بود. بین سطوح آبیاری I_1 و I_2 و نیز I_3 و I_4 اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (نمودار ۶). کاهش تعداد برگ با تشدید کم‌آبی یکی از مکانیزم‌های تحمل خشکی است که بسته به شدت و دوام خشکی در کاهش اتلاف آب تعرقی مؤثر است (Jones, 2004).



نمودار ۴- میانگین ارتفاع بوته گشنیز تحت فواصل مختلف آبیاری (a) و محلول‌پاشی (b)

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

Figure 4. Effect of irrigation (a) and zinc foliar application (b) treatments on plant height of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).



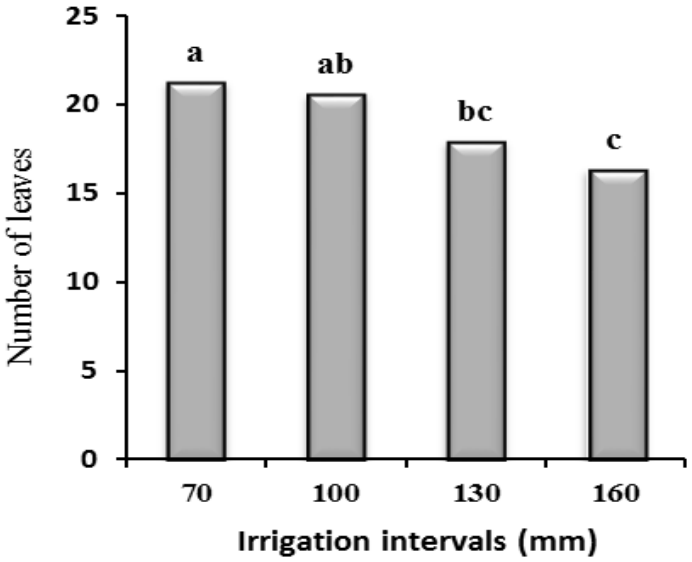
نمودار ۵- میانگین قطر ساقه گشنیز تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

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

Figure 5. Effect of irrigation treatments on stem diameter of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۶- میانگین تعداد برگ در بوته گشنیز در واکنش به تیمار آبیاری
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

Figure 6. Effect of irrigation treatments on number of leaves per plant of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

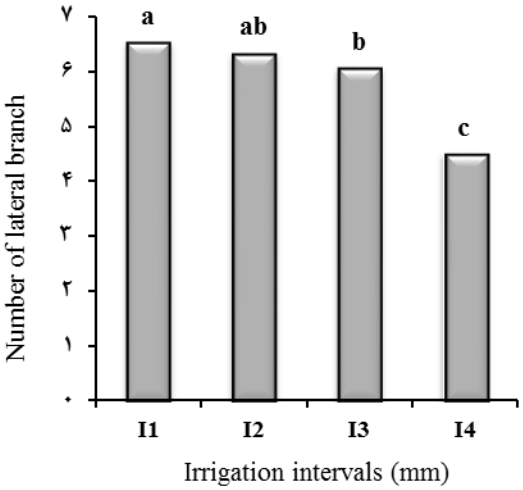
واکنش مورفولوژیکی اولیه به تنش خشکی، یک مکانیزم اجتناب از طریق تنظیم سرعت و میزان رشد گیاه مانند کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه و تولید بیوماس است (Lei *et al*., 2006). تولید و عملکرد گیاه تحت تنش کم‌آبی به‌شدت با فرایندهای تقسیم و توزیع زمانی ماده خشک در ارتباط است (Jones, 2004). گیاه با اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به ریشه، منبع تأمین آب در شرایط کم‌آبی را تقویت می‌کند. کاهش تعداد برگ و توسعه سطح برگ و در نتیجه کاهش نور دریافتی در اثر تنش کمبود آب به کاهش تولید ماده خشک منجر می‌شود (Jaleel *et al*., 2009). کاهش تعداد برگ تحت تنش کم‌آبی در گل جعفری[5] (Riaz *et al*., 2013) و لوبیا (Ghanbari *et al*., 2013) نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، تعداد شاخه فرعی در بوته گشنیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول‌پاشی از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. در بررسی فواصل مختلف آبیاری، بیشترین تعداد شاخه فرعی به گیاهان آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر مربوط بود. آبیاری گیاهان با فواصل ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به کاهش ۳۱/۱ درصدی تعداد شاخه فرعی در مقایسه با سطح اول آبیاری (I_1) منجر گردید. با این‌حال، بین تیمارهای I_1 و I_2 اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (نمودار ۷). کاهش تعداد شاخه فرعی تحت شرایط خشکی نوعی سازگاری به این محیط است که از این طریق گیاه تلاش می‌کند تا آب را برای مراحل بحرانی‌تر نمو نظیر مرحله گلدهی حفظ نماید. بنابراین نتایج این بررسی نشان می‌دهد که کاهش تعداد شاخه فرعی گشنیز در وضعیت کم‌آبی نوعی سازوکار سازگاری در این گیاه است. محققان در گیاه دارویی رزماری نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند (Sanchez-Blanco *et al*., 2006). آبیاری گاوزبان در شرایط مطلوب (عدم تنش)، موجب تولید تعداد ساقه فرعی بیشتری در مقایسه با شرایط تنش متوسط و شدید شده است (Baljani *et al*., 2010). بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲، بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی از نظر محصول دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی برای

5. *Tagetes erecta* L.

www.SID.ir

Archive of SID

محصول دانه گشنیز غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. تحت تنش کم‌آبی ملایم (I_2)، متوسط (I_3) و شدید (I_4)، محصول دانه به‌ترتیب ۲۴/۵، ۶۲/۳ و ۷۵/۷ درصد کمتر از آبیاری مطلوب (I_1) بود (نمودار a۸). محلول-پاشی روی با غلظت شش در هزار بیشترین محصول دانه را تولید کرد که نسبت به شاهد ۲۱/۲ درصد افزایش را در این صفت ایجاد نمود.



نمودار ۷- اثر تیمار آبیاری بر تعداد شاخه فرعی در بوته گشنیز

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

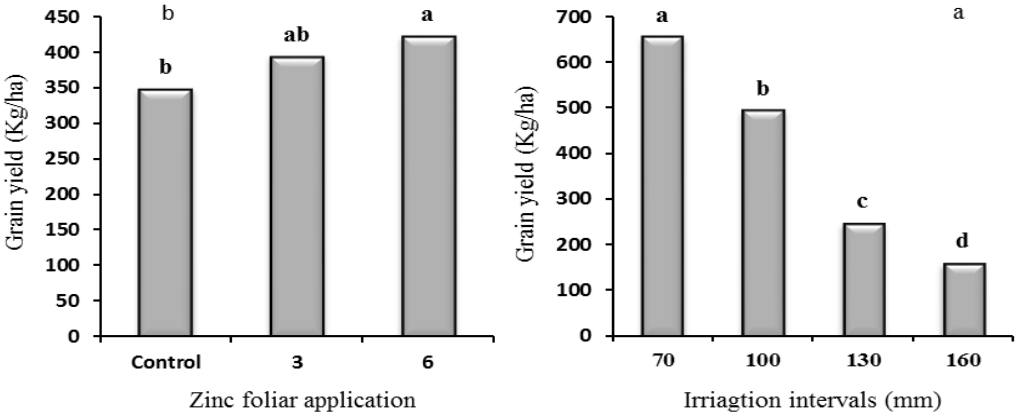
Figure 7. Effect of irrigation treatments on number of lateral branch per plant of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

بین سطوح محلول‌پاشی روی با غلظت‌های سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار b۸). در شرایط کم‌آبی، روزنه‌های گیاه نیمه بسته یا بسته می‌شوند که این امر موجب کاهش جذب CO_2 می‌شود. از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می‌کند و تحت تنش، تعداد برگ خود را کاهش می‌دهد که این امر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افت انتقال مواد به دانه‌ها منجر می‌شود (Belin *et al.*, 2010) که نتیجه آن کاهش وزن هزار دانه، تعداد دانه و در نهایت محصول دانه (نمودار a۸) است. افت محصول دانه با افزایش فواصل آبیاری در گیاهان دارویی سیاه‌دانه (رضاپور و همکاران، ۱۳۹۰) 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). بر اساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) درصد روغن دانه گشنیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول‌پاشی از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. درصد روغن دانه گشنیز با افزایش فواصل آبیاری تا تنش ملایم (I_2) افزایش یافت، ولی تحت تنش متوسط (I_3) و شدید خشکی (I_4) افت پیدا کرد (نمودار ۹). میانگین درصد روغن دانه گشنیز در این بررسی ۱۲-۹ درصد بود (نمودار ۹). تحت تنش خشکی، دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد و در نتیجه از مقدار انتقال فراورده‌های فتوسنتزی به دانه کاسته می‌شود. به‌دلیل همبستگی منفی که بین درصد روغن و پروتئین دانه وجود دارد، با افزایش درصد پروتئین دانه تحت شرایط کمبود آب، از میزان روغن دانه کاسته می‌شود. چون در شرایط تنش، به واسطه کاهش فتوسنتز خالص و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، از وزن دانه کاسته می‌شود و نسبت پروتئین دانه به روغن افزایش می-

www.SID.ir

Archive of SID

یابد، در نتیجه درصد روغن دانه کاهش پیدا می‌کند (Fanaei *et al*., 2015). کاهش درصد روغن دانه با تشدید کم‌آبی در گلرنگ (Fanaei *et al*., 2015) و آفتابگردان (Alahdadi *et al*., 2011) نیز گزارش شده است.



نمودار ۸- اثر تیمار آبیاری (a) و محلول‌پاشی (b) بر عملکرد دانه گشنیز

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

Figure 8. Effect of irrigation (a) and zinc foliar application (b) treatments on grain yield of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

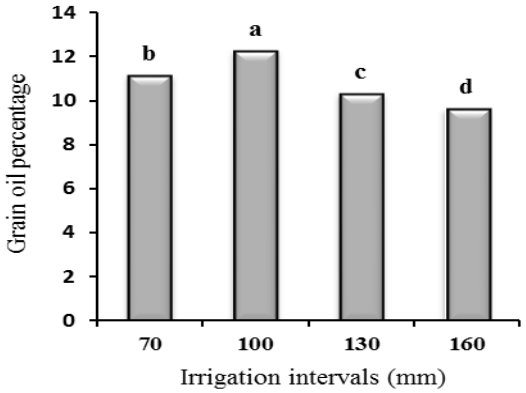
جدول ۳- تجزیه واریانس درصد و عملکرد روغن دانه گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی

Table 3. Analysis of variance grain oil percentage and yield of coriander under drought stress and foliar application treatments

		Mean of squares	
S.O.V.	df	Oil percentage	Oil yield
Replication	2	0.005	47.57
Irrigation (I)	3	11.891 **	6853.66 **
Error (a)	6	0.038	44.77
Foliar (F)	2	0.394	251.62 *
F × I	6	0.055	13.64
Error (b)	16	0.157	55.85
C.V (%)		3.65	17.16

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability level, respectively.



نمودار ۹- درصد روغن دانه گشنیز در سطوح مختلف آبیاری

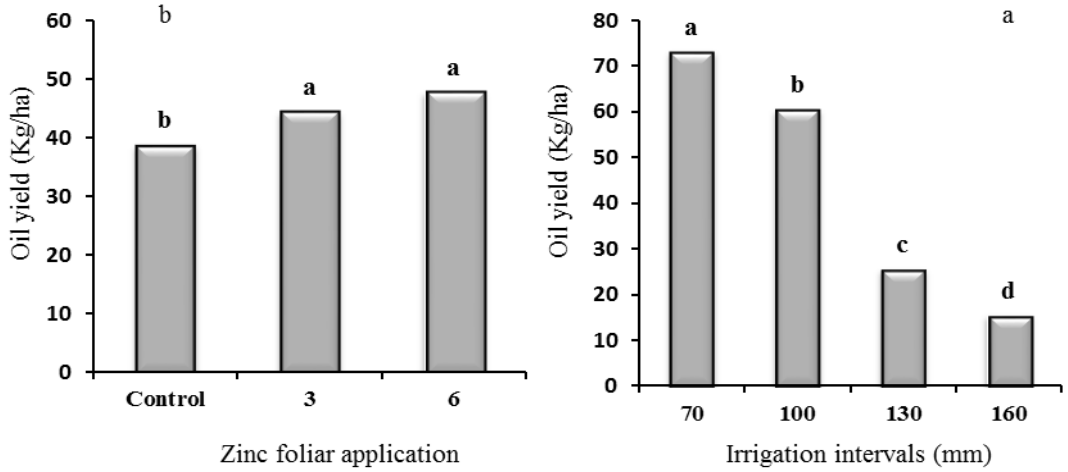
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

Figure 9. Effect of irrigation treatments on oil percentage of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳، بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی از نظر عملکرد روغن در واحد سطح اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی برای عملکرد روغن غیرمعنی‌دار بود. بیشترین عملکرد روغن دانه گشنیز (۷۳/۱ کیلوگرم در هکتار) از دانه گیاهان آبیاری‌شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر (I_1) به‌دست آمد و با تشدید کم‌آبی میانگین عملکرد روغن گشنیز کاهش نشان داد، به‌طوری که تحت تیمار I_4 به ۱۵/۲ کیلوگرم در هکتار رسید (نمودار a۱۰). بیشترین محصول روغن از روی با غلظت شش در هزار حاصل شد که نسبت به شاهد ۲۳/۴ درصد افزایش نشان داد. بین سطوح محلول‌پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار b۱۰). محصول روغن دانه تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه می‌باشد. در این پژوهش، درصد روغن دانه (نمودار ۹) و عملکرد دانه (نمودار a۸) تحت تنش خشکی افت پیدا کردند و در نتیجه محصول روغن کاهش پیدا کرد. کاربرد روی موجب افزایش سطح برگ، بهبود تولید فراورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش تجمع این فراورده‌ها در دانه گیاهان شده و بنابراین سبب افزایش وزن دانه و بهبود محتوای روغن و در نتیجه عملکرد روغن دانه می‌شود (Bahrani & Pourreza, 2014). چون عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به‌دست می‌آید، به‌دلیل اینکه مصرف روی موجب افزایش محصول دانه شده بود (نمودار b۸)، بنابراین محلول‌پاشی روی سبب افزایش عملکرد روغن در واحد سطح گردید. Shubhra *et al.* (2004) دریافتند که محصول دانه و روغن در همیشه بهار در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافته است. به گزارش رحمانی و همکاران (۱۳۸۷)، تنش خشکی به‌دلیل کاهش میزان آب خاک و فعال‌نمودن فرایندهای مختلف در گیاه، که با مصرف انرژی همراه می‌باشد، بر صفات کیفی گیاه همیشه بهار اثر گذاشته و سبب کاهش عملکرد روغن این گیاه شده است. Fanaei *et al.* (2015) طی تحقیقی روی گلرنگ دریافتند که تنش خشکی عملکرد دانه و روغن این گیاه را کاهش می‌دهد، زیرا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این دو صفت وجود دارد.



نمودار ۱۰- اثر تیمار آبیاری (a) و محلول‌پاشی (b) بر عملکرد روغن دانه گشنیز
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

Figure 10. Effect of irrigation (a) and zinc foliar application (b) treatments on grain oil yield of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، محلول‌پاشی سولفات‌روی در رفع اثرات منفی تنش کم‌آبی نقش داشته و کاربرد آن به‌طور مؤثری موجب بهبود صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک و نیز عملکرد دانه گشنیز گردید. می‌توان اظهار داشت که گشنیز گیاهی

www.SID.ir

Archive of SID

حساس به کم‌آبی است و افزایش فواصل آبیاری، رشد، عملکرد دانه و تولید روغن این گیاه دارویی را محدود ساخت. تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری بین سطوح محلول‌پاشی سه و شش در هزار روی وجود نداشت. بنابراین، محلول‌پاشی روی با غلظت سه در هزار می‌تواند رشد، عملکرد دانه و تولید روغن گشنیز را در شرایط آبیاری مطلوب و محدود بهبود بخشد.

EFERENCES

1. Abbaszadeh, B., Sharifi-Ashourabadi, E., Lebaschi, M. H., Naderi, M. & Moghadami, F. (2008). The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 23(4), 504-513. (In Farsi)
2. Ai-Qing, Z., Xiao-Hong, T., Xin-Cun, L. & Jeff-Gale, W. (2011). Combined effect of iron and zinc on micronutrient levels in wheat. *Journal of Environmental Biology*, 32, 235-239.
3. Alahdadi, I., Oraki, H. & Parhizkar-Khajani, F. (2011). Effect of water stress on yield and yield components of sunflower hybrids. *African Journal of Biotechnology*, 10(34), 6504-6509.
4. AOAC. (1990). Fatty acids in oil and fats. In: Helrich K. (Ed), *Official methods of analysis*. 15th edition, (pp. 963-964.) USA.
5. Azarakhshi, M., Farzadmehr, L., Eslah, M. & Sahabi, H. (2013). An investigation on trends of annual and seasonal rainfall and temperature in different climatologically regions of Iran. *Journal of Range and Watershed Management*, 66, 1-16. (In Farsi)
6. Bagci, S. A., Ekiz, H., Yilmaz, A. & 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.
7. Bahrani, A. & Pourreza, J. (2014). Effect of micronutrients on seed yield and oil content of *Brassica napus*. *Bangladesh Journal of Botany*, 43, 231-233.
8. Baljani, R., Shekari, F., Saba, J., Afsahi, K. & Shekari, F. (2010). Effects of priming by salicylic acid on growth traits of borago (*Borago officinalis*). *Modern Agriculture Science*, 18, 47-53.
9. Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
10. Belin, C., Thomine, S. & Schroeder, J. I. (2010). Water balance and the regulation of stomatal movements. In: Pareek A., Sopory S.K., Bohnert H.J. and Govindjee (Ed). *Abiotic stress adaptation in plants*. (pp. 283-305.) Springer, Dordrecht, Netherlands.
11. Davatgar, N., Neishabouri, M. R., Sepaskhah, A. R. & Soltani, A. (2009). Physiological and morphological responses of rice (*Oryza sativa* L.) to varying water stress management strategies. *International Journal of Plant Production*, 3, 19-32.
12. Fanaei, H., Keikha, H. & Piri, I. (2015). Effect of seed priming on grain and oil yield of safflower under water deficit conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 2(2), 49-59. (In Farsi)
13. Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X. & 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.
14. Ghanbari, A. A., Shakiba, M. R., Toorchi, M. & Choukan, R. (2013). Morpho-physiological responses of common bean leaf to water deficit. *European Journal of Experimental Biology*, 3, 487-492.
15. Hacisalihoglu, G. & Lamply, A. (2009). Specific changes in leaf characteristics of two bean genotypes as affected by Zn efficiency. Proceeding of *10th International Plant Nutrition Colloquium*. Plant Nutrition for Sustainable Development, August 26-30, UC Davis, USA, pp. 15-23.
16. Hafeez, B., Khanif, Y. M. & Saleem, M. (2013). Role of zinc in plant nutrition - a review. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3, 374-391.
17. Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 100-105.
18. Jones, H. G. (2004). What is Water Use Efficiency? In: Bacon M.A. (Ed). *Water use efficiency in plant biology*. (pp. 27-41.) Blackwell, Oxford.
19. Karami, S. (2011). *Effect of foliar application of zinc on quantitative and qualitative yield of soybean under water stress*. MSc dissertation. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran. (In Farsi)
20. Karami, S., Modarres-Sanavy, M., Ghanehpour, S. & Keshavarz, H. (2016). Effect of foliar zinc application on yield and, physiological traits and seed vigor of two soybean cultivars under water

www.SID.ir

Archive of SID

deficit. *Notulae Scientia Biologicae*, 8(2), 181-191.
21. Khan, H. R., McDonald, G. K. & Rengel, Z. (2004). Zinc fertilization and water stress affects water relations, stomatal conductance and osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant and Soil*, 8, 267-284.
22. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. & 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.
23. Lei, Y., Yin, C. & Li, C. (2006). Differences in some morphological, physiological and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum*, 127, 182-191.
24. Lisar, S. Y. S., Motafakkerazad, R., Hossain, M. M. & Rahman, I. M. M. (2012). Water Stress in Plants: causes, effects and responses. In: Rahman I. (Ed). *Water Stress*. (pp. 1-14.) In Tech Publications.
25. Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. & Sohrabi, Y. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll content in three Chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 4, 580-585.
26. Munne-Bosch, S., Schwarz, K. & Alegre, L. (1999). Alpha-tocopherol protection against drought-induced damage in *Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L. *Zeitschrift fur Naturforschung*, 54, 698-703.
27. Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. & 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. (In Farsi)
28. Olle, M. & Bender, I. (2010). The content of oils in umbelliferous crops and its formation. *Agronomy Research*, 8, 687-696.
29. Omidbeigi, R. (2000). *Production and Processing of Medicinal Plants*. Vol. 3, Astan Quds Razavi Press. (In Farsi)
30. Piikki, K., Winowiecki, L. A., Vagen, T. G., Parker, L. & Soderstorm, M. (2015). The importance of soil fertility constraints in modelling crop suitability under progressive climate change in Tanzania. *Procedia Environmental Sciences*, 29, 199-207.
31. Riaz, A., Younis, A., Taj, A. R., Karim, A., Tariq, U., Munir, S. & Riaz, S. (2013). Effect of drought stress on growth and flowering of marigold. *Pakistan Journal of Botany*, 45, 123-131.
32. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Holaday, A.S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
33. Sadeghzadeh, B. (2013). A review of zinc nutrition and plant breeding. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1, 905-927.
34. Salaton, N. A., Norman, R. G. & 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.
35. Sanchez-Blanco, J., Fernandez, T., Morales, A., Morte, A. & Alarcon, J. J. (2006). Variation in water stress, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glamus deserticola* under drought conditions. *Journal of Plant Physiology*, 161, 675-682.
36. Seki, M., Umezawa, T., Urano, K. & Shinozaki, K. (2007). Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Current Opinion in Plant Biology*, 10, 296-302.
37. Setayesh-mehr, Z. & Ganjali, A. (2013). Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of *Anethum graveolens* L. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 27(1), 27-35.
38. Sharififar, F., Moshafi, M. H. & 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.
39. Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C. L. & Munjal, R. (2004). Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. *Biologia Plantarum*, 48(3), 445-448.
40. Singh, G., Sarvanan, S., Rajwat, K. S., Rathore, J. S. & 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.
41. Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A. & Vaezpour, M. (2009). Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity *in Pistachio*. *Scientia Horticulturae*, 123, 272-279.
42. Thalooth, A. T., Tawfik, M. M. & 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,

www.SID.ir

Archive of SID

37-46.
43. Wang, X., Cai, X, Xu, C., Wang, Q. & Dai, S. (2016). Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 1-30.

www.SID.ir