

اثر تنش خشکی و محلول پاشی سولفات روی 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 به صورت اسپلیت پلات 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی روی (شاهد (محلول پاشی با آب)، محلول پاشی با غلظت سه در هزار (Zn_1) و محلول پاشی با غلظت شش در هزار (Zn_2)) در مراحل پنج برگی و گل‌دهی کامل بودند. تیمارهای آبیاری و محلول پاشی به ترتیب 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 به طور معنی‌داری 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. محلول پاشی 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 محلول پاشی سه و شش در هزار روی وجود نداشت؛ بنابراین، محلول پاشی 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، محلول پاشی 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 $ZnSO_4/L$ (Zn_1) and foliar application of zinc with 6 g $ZnSO_4/L$ (Zn_2)). 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 $ZnSO_4/L$ 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.

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 (به دلیل 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 بسته شدن 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^۱ 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 آنها است (Tavallali *et al.*, 2009; Bagci *et al.*, 2007). (Thalooth *et al.*, 2006).

محللول پاشی مؤثرترین شیوه است (Karami *et al.*, 2016). بنابراین، با بهره‌گیری از این روش می‌توان تا حد قابل توجهی 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 محللول-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 درآمد. 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 سالانه ۴۰۰ میلی‌متر است (Azarakhshi *et al.*, 2013).

خصوصیات خاک مزرعه

به منظور 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.

برای انجام فعالیت‌های طبیعی فیزیولوژیکی گیاهان عناصر کم‌مصرف به اندازه 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، آهکی بودن و pH بالای خاک‌های برخی مناطق موجب کاهش ترکیبات محللول 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 به خصوص روی در چنین شرایطی امری بدیهی است. روی از جمله عناصر ضروری کم-مصرف برای گیاهان است که به صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود و دارای نقش‌های فیزیولوژیکی متعددی در گیاهان عالی می‌باشد. این عنصر به عنوان فعال‌کننده برخی آنزیم‌های حیاتی گیاه مانند کربنیک‌آنهدراز، دهیدروژناز، آلکالین فسفاتاز، فسفولیپازها و RNA پلی‌مرازها عمل کرده و در متابولیسم 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 روش‌های مصرف کود (مصرف خاکی، محللول‌پاشی، مصرف کود همراه آب آبیاری و غیره) در مورد عناصر کم-مصرف در خاک مانند منگنز، روی، آهن و مولیبدن،

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

صورت گرفت. عملیات تکمیلی تهیه زمین (دیسک) و کرت‌بندی نیز در بهار سال ۱۳۹۵ انجام شد. هر واحد

عملیات مزرعه‌ای

شخم زمین محل اجرای آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۴

که در آن F_w وزن تازه، D_w وزن خشک و T_w وزن آماس نمونه می باشد.

پرولین

برای استخراج پرولین برگ از روش Bates *et al.* (1973) استفاده شد. ۱/۲۵ گرم ناین هیدرین با ۳۰ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰ میلی لیتر اسید فسفریک شش مولار به طور کامل و در حرارت ملایم حل شد. در مرحله گلدهی، ۵۰۰ میلی گرم از بافت تر گیاه با نیتروژن مایع به طور کامل پودر شده و سپس با ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد به خوبی ساییده شد. این محلول به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت. ۲ میلی لیتر از عصاره حاصل از سانتریفیوژ با ۲ میلی لیتر محلول ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال مخلوط شد و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم (۱۰۰ درجه سانتی گراد) قرار گرفت. پس از آن، برای متوقف نمودن واکنش، لوله های آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام یخ قرار گرفتند. سپس ۴ میلی لیتر تولوئن به محتویات هر لوله اضافه گردید و به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به شدت 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 به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SPEKOL 1500 در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین گردید. در شروع کار با اسپکتروفتومتر، تولوئن به عنوان شاهد استفاده شد و محلول های استاندارد پرولین قرائت شدند و معادله رگرسیون بین اعداد قرائت شده و غلظت محلول های استاندارد تعیین گردید. غلظت پرولین در هر نمونه بر اساس جذب و غلظت های معین موجود در منحنی استاندارد بر اساس میلی گرم در گرم وزن تر محاسبه شد.

شاخص کلروفیل برگ

بدین منظور از کلروفیل سنج قابل حمل SPAD-502 (SPAD-502- Minolta, Co. Japan) که شاخص کلروفیل برگ را نشان می دهد، استفاده شد. اندازه-

آزمایشی دارای هشت ردیف کاشت سه متری بود. فاصله بین ردیف های کاشت ۲۵ سانتی متر و فاصله بوته ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر (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 سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت، به عنوان حاشیه لحاظ گردید.

طرح آزمایشی مورد استفاده

آزمایش به صورت کرت های 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 : به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A) به عنوان عامل اصلی و محلول پاشی با روی با غلظت های سه در هزار (Zn_1) و شش در هزار (Zn_2) از منبع نمک سولفات روی (Salaton *et al.*, 2005) و شاهد (محلول پاشی با آب) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. محلول پاشی در دو نوبت پنج برگی و گل دهی کامل (به منظور اطمینان از اثر بخشی کامل تیمار محلول پاشی سولفات روی (Salaton *et al.*, 2005) و هر بار صبح زود و قبل از طلوع آفتاب و در زمان هایی که وزش باد وجود نداشت، با سم پاش دستی انجام گرفت. حجم محلول پاشی، ۱۰۰۰ لیتر برای هر هکتار در نظر گرفته شد که محاسبه حجم نهایی محلول پاشی بر اساس نسبت مساحت کرت های آزمایشی به مساحت یک هکتار مزرعه صورت گرفت. وجین علف های هرز همه کرت های آزمایشی، به صورت 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

به منظور اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ، از روش Ritchie *et al.* (1990) و از رابطه زیر برای محاسبه استفاده شد:

$$RWC = (F_w - D_w) / (T_w - D_w) \times 100$$

نتایج و بحث

بین سطوح آبیاری از نظر محتوای نسبی آب برگ اختلاف معنی‌دار وجود داشت، اما اثر تیمار محلول-پاشی و اثر متقابل تیمارها بر محتوای نسبی آب برگ غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). برگ‌های گیاهان آبیاری-شده 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_2 و I_4 محتوای نسبی آب برگ به ترتیب ۷/۲ و ۱۰/۴ درصد کمتر از سطح اول آبیاری (I_1) به دست آمد. بین I_3 و I_4 هم از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (نمودار ۱). چون محتوای نسبی آب برگ در برگ‌گیرنده 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 به دلیل 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^۱ (Munne-Bosch et al., 1999) و بادرنجبویه^۲ (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) به دست آمد. به طور 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).

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 به دست آمده به عنوان شاخص کلروفیل برگ هر کرت در نظر گرفته شد.

صفات مورفولوژیکی

در زمان رسیدگی دانه‌ها، ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی برداشت گردید. نمونه برداری 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 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.

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 حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست آمد.

تجزیه‌های آماری

پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن 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- *Rosmarinus officinalis* L.

۲- *Melissa officinalis* L.

۱- Association of Official Analytical Chemists

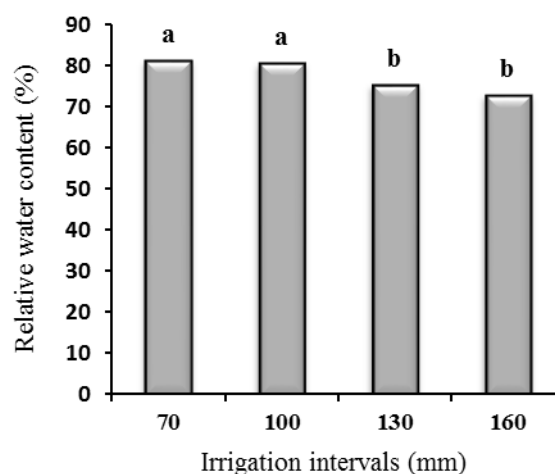
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و عملکرد دانه گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری و محلول پاشی

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 **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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



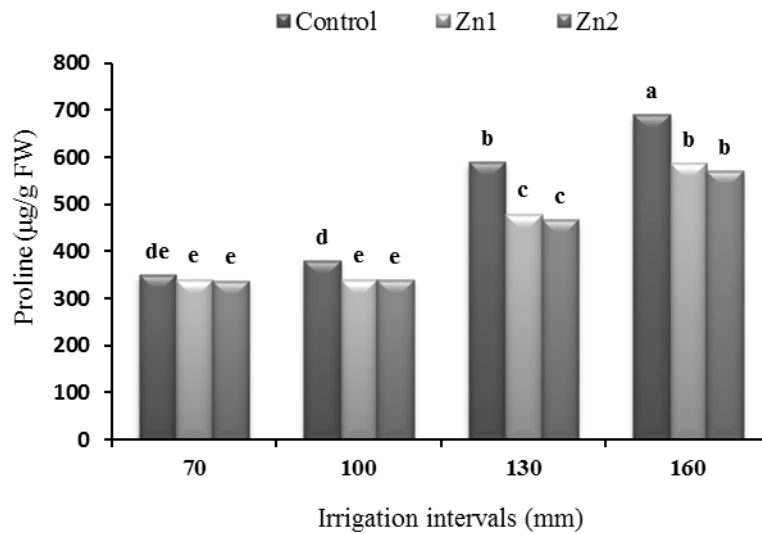
نمودار ۱- محتوای نسبی آب برگ گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار 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).

فرایندهای زیستی سازگاری درون سلولی 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.

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



نمودار ۲- محتوای پرولین برگ گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری در واکنش به تیمار محلول پاشی حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار 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

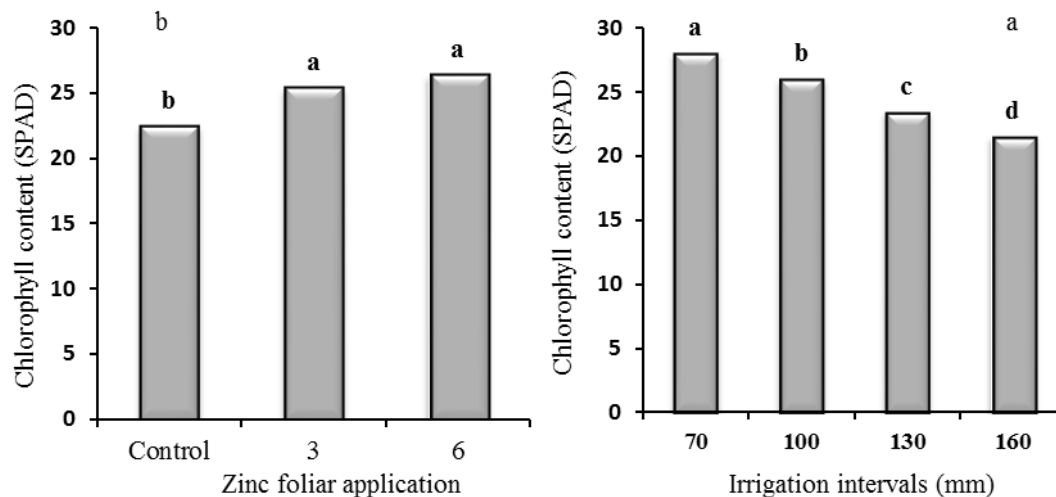
Zn₁ و Zn₂: به ترتیب محلول پاشی با روی با غلظت‌های سه و شش در هزار

Zn₁ and Zn₂: foliar application of zinc with 3 and 6 g ZnSO₄/L respectively

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

استفاده از تابش نور را پایین می‌آورد. به دلیل این که جذب انرژی مزاد توسط دستگاه فتوسنتزی، اغلب تولید گونه‌های فعال اکسیژن را تحریک می‌کند که این وضعیت با تخریب رنگیزه‌های جذب کننده نور تا حدودی قابل کنترل است (Mafakheri *et al.*, 2010). از لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین سطوح محلول-پاشی سه و شش در هزار روی برای شاخص کلروفیل برگ گشنیز وجود نداشت (نمودار b³) بنابراین، روی به میزان قابل توجهی 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.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص کلروفیل برگ (جدول ۲)، اثر آبیاری و محلول پاشی بر این صفت معنی دار به دست آمد. اثر متقابل تیمارها بر شاخص کلروفیل برگ گشنیز غیرمعنی دار به دست آمد. با کاهش آب قابل دسترس برای گیاه، شاخص کلروفیل برگ گشنیز کاهش یافت. میانگین این شاخص در سطح اول (I₁) آبیاری بیشتر از سایر سطوح تیمار آبیاری بود (نمودار a³). محلول-پاشی با روی با غلظت شش در هزار را نسبت به شاهد ۱۷/۴ درصد افزایش داد. بین سطوح محلول پاشی سه و شش در هزار روی تفاوت معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار b³). 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 این که در گشنیز تجمع پرولین مکانیزم دفاعی مهمی تحت تیمارهای آبیاری محدود است (نمودار ۲)، پیش ماده گلوتامات در بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شده است. کاهش کلروفیل ناشی از تنش خشکی،



نمودار ۳- تغییرات شاخص کلروفیل برگ گشنیز در سطوح مختلف آبیاری (a) و محلول پاشی (b) نمودار ۳- تفاوت نشانگر اختلاف معنی دار 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

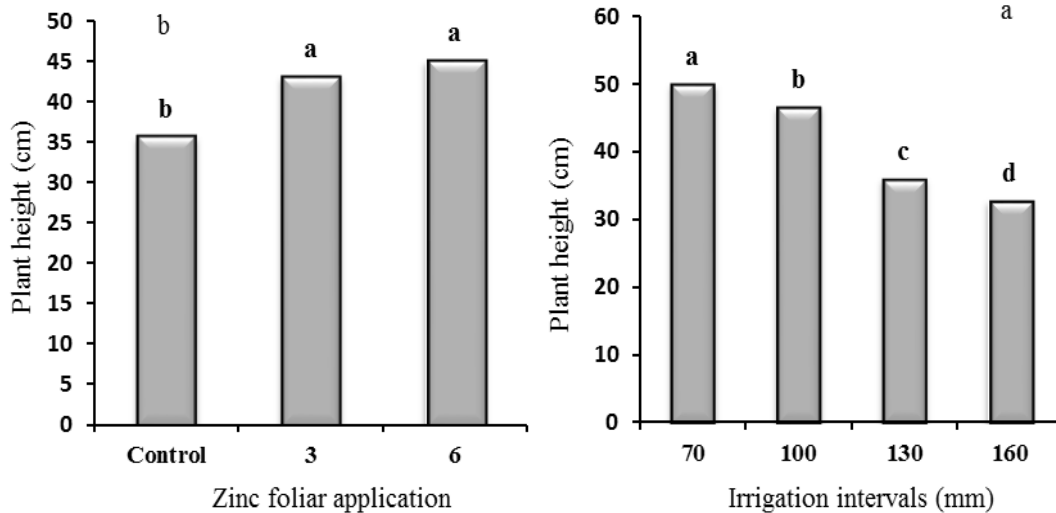
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

نقش دارد که تولید کربوهیدرات، پروتئین و ساخت DNA را تحریک می کنند. 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 به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول پاشی از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری \times محلول پاشی بر این صفت غیرمعنی دار به دست 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_2 و I_1 و نیز I_3 و I_4 اختلاف معنی داری 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 کم آبی و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول مرتبط است (Davatgar *et al.*, 2009). اثر آبیاری بر تعداد برگ در بوته معنی دار به دست آمد. اما اثر محلول پاشی و اثر متقابل آبیاری \times محلول پاشی بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۲). با کاهش آب قابل دسترس برای گیاه، تعداد برگ در

ارتفاع بوته به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول پاشی قرار گرفت، ولی اثر متقابل آبیاری \times محلول پاشی بر این صفت غیرمعنی دار به دست 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 به ترتیب ۶/۷، ۲۷/۹ و ۳۴/۴ درصد کمتر از سطح اول آبیاری (I_1) به دست آمد (نمودار ۴a). بیشترین میانگین ارتفاع بوته در نتیجه محلول پاشی با روی با غلظت شش در هزار به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری داشت. بین سطوح تیماری محلول پاشی با روی با غلظت های سه و شش در هزار تفاوت معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار ۴b). ارتفاع بوته در طول دوره رشد نقش اساسی در قرار دادن برگ ها در معرض نور، سایه اندازی روی گیاهان رقیب و توسعه ساختارهای زایشی گیاه دارد (Jones, 2004). کاهش ارتفاع بوته بر اثر کم آبی ممکن است به دلیل کاهش یا ممانعت از تقسیم یا طویل شدن سلولی باشد (Davatgar *et al.*, 2009). افزایش ارتفاع بوته بر اثر مصرف روی را می توان به نقش مؤثر این عنصر در رشد و نمو گیاه نسبت داد. به عنوان مثال روی در متابولیسم RNA و مقدار ریبوزوم در سلول های گیاهی

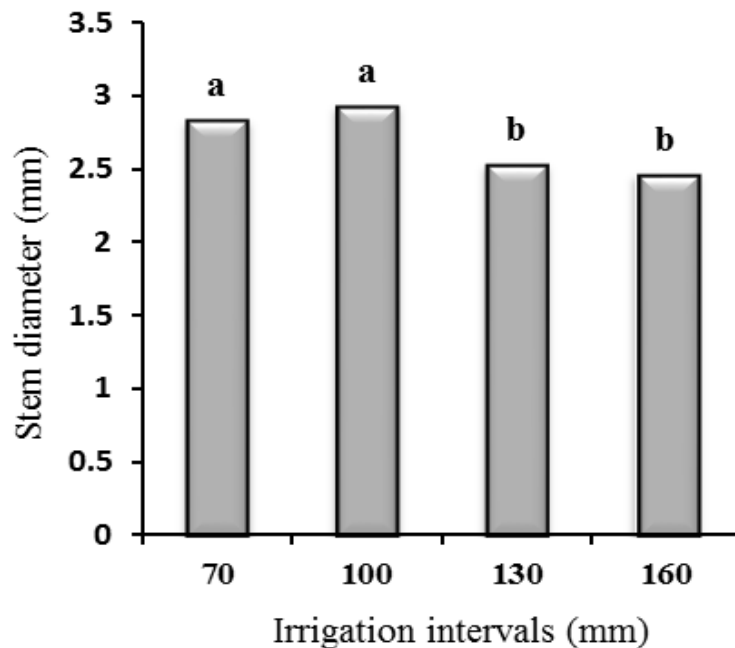
مشاهده نشد (نمودار ۶). کاهش تعداد برگ با تشدید کم‌آبی یکی از مکانیزم‌های تحمل خشکی است که بسته به شدت و دوام خشکی در کاهش اتلاف آب تعرقی مؤثر است (Jones, 2004).

بوته هم کاهش نشان داد، به طوری که میانگین تعداد برگ تحت تیمارهای I_۲، I_۳ و I_۴ به ترتیب ۳/۲، ۱۵/۷ و ۲۳/۲ درصد کمتر از تیمار I_۱ بود. بین سطوح آبیاری I_۲ و I_۳ و نیز I_۳ و I_۴ اختلاف معنی‌داری از این نظر



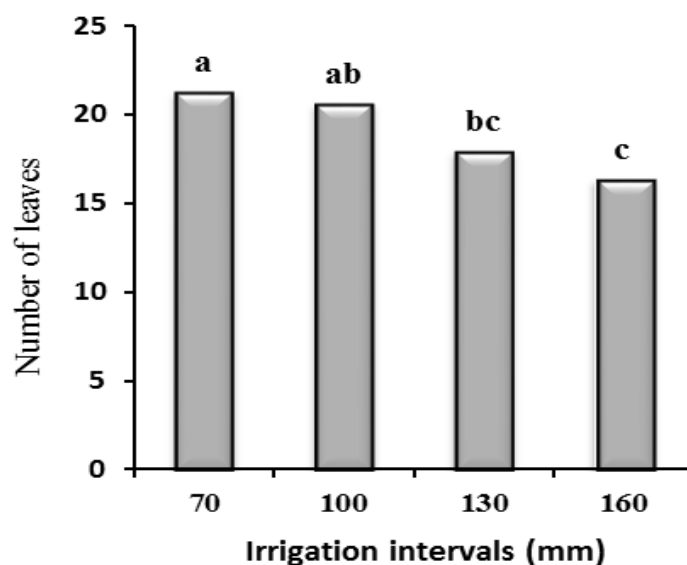
نمودار ۴- میانگین ارتفاع بوته گشنیز تحت فواصل مختلف آبیاری (a) و محلول‌پاشی (b) حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

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).



نمودار ۶- میانگین تعداد برگ در بوته گشنیز در واکنش به تیمار آبیاری حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار 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).

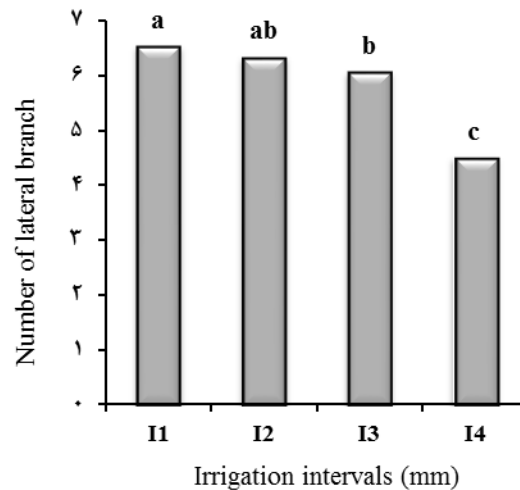
آبیاری، بیشترین تعداد شاخه فرعی به گیاهان آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی متر تبخیر مربوط بود. آبیاری گیاهان با فواصل ۱۶۰ میلی متر تبخیر به کاهش ۳۱/۱ درصدی تعداد شاخه فرعی در مقایسه با سطح اول آبیاری (I_1) منجر گردید. با این حال، بین تیمارهای I_1 و I_7 اختلاف معنی داری از این نظر مشاهده نشد (نمودار ۷). کاهش تعداد شاخه فرعی تحت شرایط خشکی نوعی سازگاری به این محیط است که از این طریق گیاه تلاش می کند تا آب را برای مراحل بحرانی تر نمو نظیر مرحله گلدهی حفظ نماید. بنابراین نتایج این بررسی نشان می دهد که کاهش تعداد شاخه فرعی گشنیز در وضعیت کم آبی نوعی سازوکار سازگاری در این گیاه است. محققان در گیاه دارویی رزماری نیز به نتایج مشابهی دست یافته اند (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 محلول پاشی از نظر محصول دانه اختلاف معنی داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری \times محلول پاشی برای

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 کم آبی به شدت 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 کم آبی را تقویت می کند. کاهش تعداد برگ و توسعه سطح برگ و در نتیجه کاهش نور دریافتی در اثر تنش کمبود آب به کاهش تولید ماده خشک منجر می شود (Jaleel *et al.*, 2009). کاهش تعداد برگ تحت تنش کم آبی در گل جعفری^۵ (Riaz *et al.*, 2013) و لوبیا (Ghanbari *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲)، تعداد شاخه فرعی در بوته گشنیز به طور معنی داری تحت تأثیر آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول پاشی از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری \times محلول پاشی بر این صفت غیرمعنی دار به دست آمد. در بررسی فواصل مختلف

5. *Tagetes erecta* L.

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.

محصول دانه گشنیز غیرمعنی دار به دست آمد. تحت تنش کم آبی ملایم (I_2)، متوسط (I_3) و شدید (I_4)، محصول دانه به ترتیب ۲۴/۵، ۶۲/۳ و ۷۵/۷ درصد کمتر از آبیاری مطلوب (I_1) بود (نمودار a۸). محلول-



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

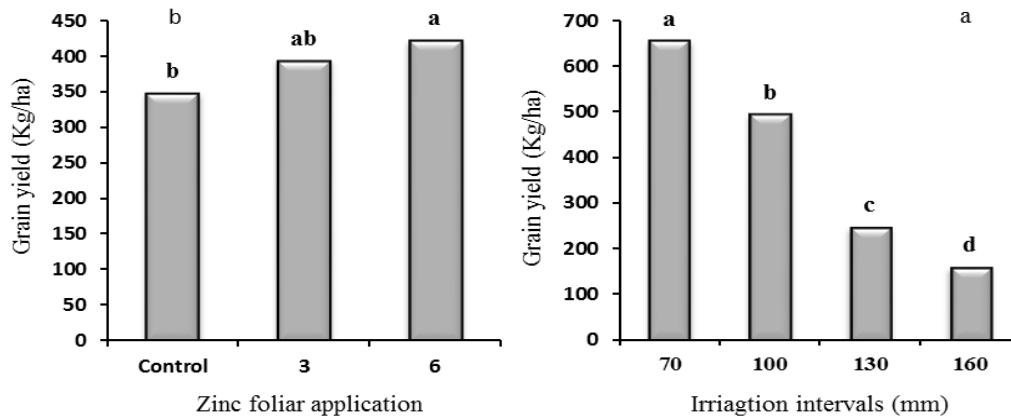
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).

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).

۳) درصد روغن دانه گشنیز به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول پاشی از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری \times محلول پاشی بر این صفت غیرمعنی دار به دست 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 ۹-۱۲ درصد بود (نمودار ۹). تحت تنش خشکی، دوره پر شدن دانه کاهش می یابد و در نتیجه از مقدار انتقال فرآورده های فتوسنتزی به دانه کاسته می شود. به دلیل 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 می شود. چون در شرایط تنش، به واسطه کاهش فتوسنتز خالص و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها، از وزن دانه کاسته می شود و نسبت پروتئین دانه به روغن افزایش می-

بین سطوح محلول پاشی روی با غلظت های سه و شش در هزار تفاوت معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد (نمودار b۸). در شرایط کم آبی، روزه های گیاه نیمه بسته یا بسته می شوند که این امر موجب کاهش جذب CO_2 می شود. از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می کند و تحت تنش، تعداد برگ خود را کاهش می دهد که این امر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افت انتقال مواد به دانه ها منجر می شود (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 سیاه دانه (رضاپور و همکاران، ۱۳۹۰) و زیره سیاه (Laribi *et al.*, 2009) نیز گزارش شده است. محلول پاشی با روی به میزان ۱/۱ تا ۲/۲ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با مصرف گرانبه 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

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



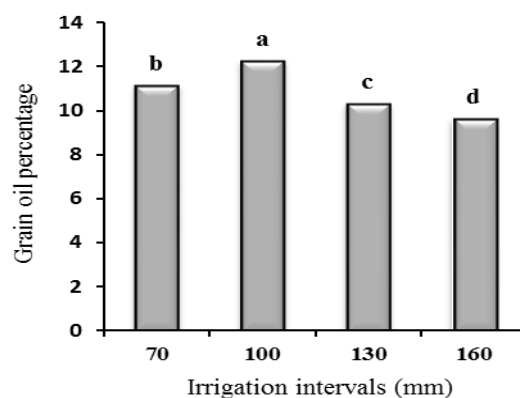
نمودار ۸- اثر تیمار آبیاری (a) و محلول پاشی (b) بر عملکرد دانه گشنیز
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (آزمون دانکن).
Figure 8. Effect of irrigation (a) and zinc foliar application (b) treatments on grain yield of coriander
Different letters indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (Duncan test).

جدول ۳- تجزیه واریانس درصد و عملکرد روغن دانه گشنیز تحت سطوح مختلف آبیاری و محلول پاشی
Table 3. Analysis of variance grain oil percentage and yield of coriander under drought stress and foliar application treatments

S.O.V.	df	Mean of squares	
		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 **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

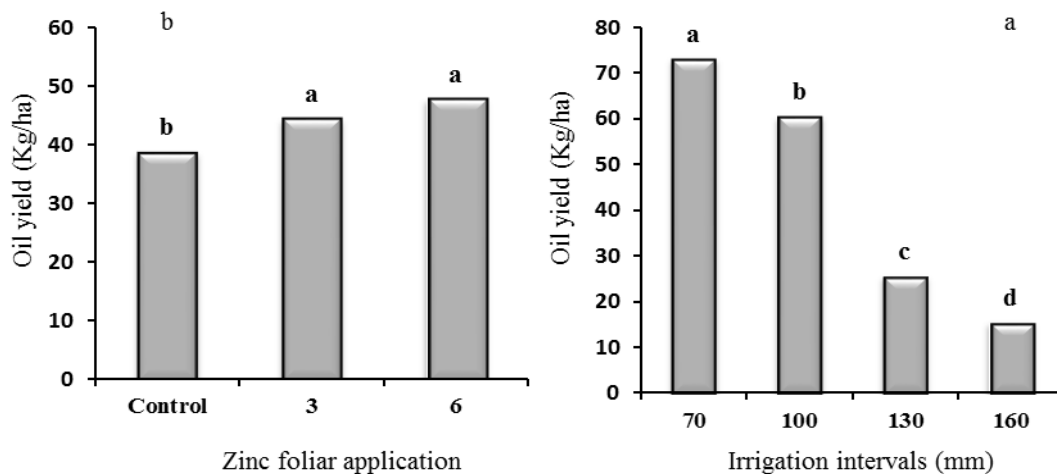
* and **: Significant at 5% and 1% probability level, respectively.



نمودار ۹- درصد روغن دانه گشنیز در سطوح مختلف آبیاری
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار 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).

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 حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست می‌آید، به دلیل اینکه مصرف روغن موجب افزایش محصول دانه شده بود (نمودار ۸b)، بنابراین محصول روغن دانه 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 به دلیل کاهش میزان آب خاک و فعال نمودن 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.

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 آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر (I₁) به دست آمد و با تشدید کم‌آبی میانگین عملکرد روغن گشنیز کاهش نشان داد، به طوری که تحت تیمار I₄ به ۱۵/۲ کیلوگرم در هکتار رسید (نمودار ۱۰a). 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 ۱۰b). محصول روغن دانه تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه می‌باشد. در این پژوهش، درصد روغن دانه (نمودار ۹) و عملکرد دانه (نمودار ۸a) 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



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).

نقش داشته و کاربرد آن به طور مؤثری موجب بهبود صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک و نیز عملکرد دانه گشنیز گردید. می‌توان اظهار داشت که گشنیز گیاهی

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، محلول‌پاشی سولفات روی در رفع اثرات منفی تنش کم‌آبی

بنابراین، محلول پاشی روی با غلظت سه در هزار می-تواند رشد، عملکرد دانه و تولید روغن گشنیز را در شرایط آبیاری مطلوب و محدود بهبود بخشد. حساس به کم آبی است و افزایش فواصل آبیاری، رشد، عملکرد دانه و تولید روغن این گیاه دارویی را محدود ساخت. تفاوت معنی داری از لحاظ آماری بین سطوح محلول پاشی سه و شش در هزار روی وجود نداشت.

REFERENCES

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

- 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., Ramezani, 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. Thalooh, 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,

- 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.