

تأثیر محلول پاشی سولفات آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و عملکرد اسانس گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

بهنام رستمی^۱، کمال سادات اسیلان^۲، سعید یوسف‌زاده^{۳*} و سیروس منصورفر^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه پیام نور کرج

۲ و ۳. دانشیار و استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱۲)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد کمی و کیفی گشنیز آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور مرند اجرا شد. تیمارها شامل شاهد، محلول پاشی آهن (در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و مرحله‌های ساقه‌دهی + گلدهی)، محلول پاشی روی (در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و مرحله‌های ساقه‌دهی + گلدهی)، محلول پاشی آهن و روی (در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و مرحله‌های ساقه‌دهی + گلدهی) بودند. نتایج نشان داد، محلول پاشی بر همه صفات مورد بررسی به جز شمار شاخه‌های فرعی تأثیر معنی‌دار داشت. کاربرد آهن و روی ویژگی‌های گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد بهبود داد. بالاترین ارتفاع، شمار شاخه فرعی، وزن خشک کل، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد اسانس از محلول پاشی ترکیبی آهن و روی در هر دو مرحله ساقه‌دهی و گلدهی به دست آمد. محلول پاشی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی در مقایسه با تیمار شاهد عملکرد دانه را بیش از دو برابر افزایش داد. بیشترین و کمترین عملکرد اسانس (۳/۳۱ و ۱/۱۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از کاربرد تیمارهای محلول پاشی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی و تیمار شاهد به دست آمد. در کل نتایج نشان داد، محلول پاشی ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی می‌تواند عملکرد کمی و کیفی گیاه گشنیز را بهبود داده و به عنوان یک راهکار مدیریتی مناسب استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد اسانس، گشنیز، متابولیت‌های ثانویه، مرحله‌های رشد رویشی و زایشی.

Effect of foliar application of iron and zinc sulfate on quantitative traits and essential oil yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.)

Behnam Rostami¹, Kamal-sadat Asilan², Saeed Yousefzadeh^{3*} and Sirus Mansorifar⁴

1. M. Sc. Student of Agronomy, Payamee Noor University, Karaj, Iran

2, 3. Associate Professor and Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

(Received: Jun. 28, 2016 - Accepted: Oct. 3, 2016)

ABSTRACT

In order to investigation of effect of iron and zinc sulfate on quantitative and qualitative yield of coriander, an experiment was conducted as randomized complete block design with three replications during 2015 on the Research Field of Payam Noor University of Marand. Treatments consisted of control, foliar application of iron (in stem elongation, flowering and stem elongation + flowering stages), foliar application of zinc (in stem elongation, flowering and stem elongation + flowering stages) and foliar application of iron and zinc (in stem elongation, flowering and stem elongation + flowering stages). Results showed that foliar application had significant effect on all studied traits except number of lateral branches. The application of iron and zinc improved plant traits in comparison to control. The highest values of plant height, number of lateral branch per plant, total dry weight, 1000-seed weight, seed yield and essential oil yield were gained of foliar application of iron and zinc in both stem elongation and flowering stages. Foliar application of Fe + Zn in stem elongation and flowering stages more than twice increased grain yield compare to control treatment. The highest and the lowest essential oil yield (3.31 and 1.11 kg/ha) was gained in application of Fe + Zn (in stem elongation and flowering stages) and control treatments respectively. In general, results showed that simultaneous foliar application of iron and zinc in stem elongation and flowering stages can be improved quantitative and qualitative yield of coriander which could be used as a suitable management strategy.

Keywords: Coriander, essential oil yield, secondary metabolites, vegetative and reproductive stages.

* Corresponding author E-mail: s_yousefzadeh@pnu.ac.ir

مقدمه

تغذیه کانی‌ها همگام با دسترسی به آب، رقم مناسب، کنترل بیماری، حشرات و علف‌های هرز نقش مهمی در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارند. در این میان، اگرچه عنصرهای غذایی ریزمغذی در میزان بسیار کم مورد نیاز گیاه هستند، ولی نقش اساسی در واکنش‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فرایندهای سوخت‌وساز (متابولیکی) گیاهان دارند و منجر به افزایش کمی و کیفی محصول آن‌ها می‌شوند (Kamkar et al., 2011). آهن یکی از عنصرهای ضروری، کم‌مصرف و کم‌تحرک برای گیاهان است. این عنصر بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسایش (اکسیداسیون) و احیاء بوده و برای ساخت سبزینه (کلروفیل) مورد نیاز است (Kafi, 2008). در شرایط کمبود آهن، میزان نورساخت (فتوسنتز) و سرعت تثبیت دی‌اکسید کربن در واحد سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه از ذخیره نشاسته و قند در برگ‌ها کاسته می‌شود که این امر موجبات کاهش وزن هزاردانه و عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Ravi et al., 2008). عنصر روی نیز از عنصرهای کم‌مصرف بوده که در ساخت (سنتز) تریپتوفان، پیش ماده اکسین، طول عمر رنگ‌دانه‌های سبزینه و پیری برگ، سوخت‌وساز کربوهیدرات‌ها، تقسیم یاخته‌ای، طویل شدن یاخته و ساخت پروتئین‌ها در گیاهان اثرگذار است (Hemant Ranjan, 1996). عنصرهای ریزمغذی به‌ویژه روی و آهن به‌طور گسترده‌ای در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل تثبیت آن‌ها توسط خاک، بالا بودن pH و درصد بالای کربنات کلسیم این خاک‌ها، به‌سرعت به شکل غیرقابل جذب برای گیاه تبدیل می‌شوند و کمبود آن‌ها در گیاهان ظاهر می‌شود (Malakooti et al., 2008). بنابراین برای برطرف کردن نیاز گیاه به عنصرهای غذایی و افزایش عملکرد و کیفیت محصول در این مناطق، به دلیل کارایی پایین مصرف خاکی، تغذیه برگی سودمند و مؤثر است (Marschner, 1995). تغذیه برگی، روشی برای کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک و در نتیجه کاهش خطرهای زیست‌محیطی از جمله کاهش آلودگی خاک و آب است (Kannan, 2010). با این روش تغذیه می‌توان عنصرهای ریزمغذی را در سریع‌ترین زمان در اختیار گیاه قرار داد و همچنین

تغذیه برگی می‌تواند در رشد و افزایش عملکرد گیاهان نیز مؤثر باشد. بررسی انجام شده روی گیاه اسفرزه نشان داد، تأثیر محلول پاشی عنصرهای ریزمغذی (آهن، روی و منگنز) بر عملکرد زیست‌توده (بیوماس) و دانه، عملکرد لعاب (موسیلاژ)، شمار دانه در سنبله و وزن هزاردانه معنی‌دار بود (Ramroudi et al., 2011). در بررسی دیگری محلول پاشی آهن عملکرد ماده خشک و تر و همچنین درصد اسانس نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) را در چین اول نسبت به شاهد افزایش داد (Zehtab-Salmasi et al., 2008). محلول پاشی گشنیز با روی و آهن در مرحله‌های رشد رویشی و گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه و عملکرد دانه شد و کاربرد همراه آهن + روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت (Said-Al Ahl & Omer, 2009). محققان در نتایج بررسی‌های خود بیان کردند، محلول پاشی سولفات آهن و روی عملکرد دانه، تورم دانه و درصد لعاب را در گیاه اسفرزه افزایش داد (Zehtab-Salmasi et al., 2012). Nasiri & Najafi (2015) در نتایج آزمایش دیگری در گیاه بابونه مشاهده کردند، محلول پاشی آهن و روی کیفیت و کمیت عملکرد گیاه را افزایش داد.

یافته‌های محققان نشان داد کاربرد آهن، روی، بر و منیزیم به‌طور معنی‌داری شمار چتر در بوته را در گیاه گشنیز افزایش داد. در این تحقیق کاربرد عنصر روی در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بذر، وزن خشک ساقه و برگ شد (Rahimi et al., 2009). در نتایج پژوهشی دیگر محلول پاشی آهن در گیاه گشنیز میزان نورساخت خالص و ویژگی‌های رشدی آن را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Sinta et al., 2015).

گشنیز با نام انگلیسی Coriander و نام علمی *Coriandrum sativum* L. گیاهی است یک‌ساله از خانواده چتریان *Apiaceae* به ارتفاع ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و با طول دوره رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز که در بسیاری از کشورها به‌عنوان گیاهی بهاره و در برخی کشورهای مدیترانه و جنوب شرقی آسیا به‌صورت گیاهی زمستانه کشت می‌شود (Omidbeyghi, 1994). سرشاخه‌های آن به‌صورت تازه در سالاد و سوپ و اسانس میوه آنکه ۵۰ درصد ترکیب لینالول دارد، در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. در طب سنتی از خواص

گیاهچه‌ها حفظ شدند. عملیات وجین علف‌های هرز نیز در چهار مرحله و به‌صورت دستی انجام شد. پس از کاشت یک مرحله آبیاری برای استقرار بوته‌ها صورت پذیرفت و تا زمان استقرار بوته‌ها هر سه روز یک‌بار آبیاری انجام شد. پس از آن به فاصله هر شش روز یک‌بار آبیاری تکرار شد. در اول مردادماه در مرحله ساقه‌دهی و در هجدهم مردادماه در اوایل گلدهی گیاهان با سولفات روی و سولفات آهن که در آب مقطر حل شده بودند (تهیه‌شده از شرکت آرمان سبز آدینه با نام تجاری Van Iperen محصول کشور هلند) با غلظت ۴ در هزار در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی در اوایل صبح محلول‌پاشی شدند. تیمار شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شد. پس از هر محلول‌پاشی، مزرعه آبیاری شد. پس از اینکه بذره‌های گیاهان به مرحله رسیدگی کامل رسیدند، در تاریخ هشتم شهریور برداشت از مزرعه انجام شد. در این بررسی صفاتی مانند ارتفاع بوته، شمار شاخه فرعی در بوته، شمار چتر در بوته، وزن خشک کل، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس ارزیابی شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه پنج نمونه دویست بذری از هر کرت شمارش و وزن شدند. آنگاه میانگین آن‌ها در عدد ۵ ضرب شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، از خطوط میانی هر کرت معادل ۱ مترمربع، بوته‌ها به روش دستی برداشت و پس از جدا کردن چترهای حاوی بذر از آن‌ها، دانه‌ها جدا شدند (Darzi et al., 2009).

به‌منظور تعیین میزان اسانس از بذره‌های گیاه، از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه و با استفاده از روش تقطیر با آب به‌وسیله دستگاه کلونجر اسانس‌گیری به عمل آمد. عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس به دست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه آماری SAS و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، استفاده شد.

گشنیز به‌عنوان هضم‌کننده غذا، ضد نفخ، اشتهاآور، برطرف‌کننده دردهای عضلانی و آرامبخش استفاده می‌شود (Sefidkon, 1999). با توجه به اهمیت گشنیز به‌عنوان یک گیاه دارویی و همچنین تأثیر آهن و روی بر تغذیه، سوخت‌وساز و رشد و نمو گیاهان، هدف از این تحقیق بررسی و ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی در مرحله‌های رویشی و زایشی بر ویژگی‌های کمی و عملکرد اسانس گشنیز است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت صحرایی در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور مرند با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه، ۲۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۵ درجه، ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. بر پایه آمار هواشناسی، این منطقه با میانگین ۳۵۷ میلی‌متر بارندگی سالانه رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک سرد داشته و میانگین دمای سالیانه آن ۱۱/۳ درجه سلسیوس است. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل شاهد، محلول‌پاشی آهن (در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و مرحله‌های ساقه‌دهی + گلدهی)، محلول‌پاشی روی (در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و مرحله‌های ساقه‌دهی + گلدهی)، محلول‌پاشی آهن و روی (در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و مرحله‌های ساقه‌دهی + گلدهی) بودند. هر کرت آزمایشی دارای پنج ردیف کاشت بافاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین هر بوته ۱۰ سانتی‌متر بود. طول هر کرت ۲ متر و فاصله بین کرت‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد. بذره‌های مورد استفاده از توده محلی موجود در بازار شهرستان مرند تهیه شد. بذره‌های گیاه با تراکم بالاتر از مطلوب در تاریخ ۳۱ اردیبهشت به‌صورت شیاری و به عمق ۲-۱ سانتی‌متر کشت شد. در مرحله چهار برگی بوته‌های اضافی تنک‌شده و قوی‌ترین

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

Table 1. Soil physical and chemical properties

Soil texture	Ec (dSm ⁻¹)	pH	Organic carbon (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Sandy loam	1.20	7.71	1.79	0.14	129	491	10.05	0.34	0.92	16.21

نتایج و بحث

ساقه‌دهی در مقایسه با مرحله گلدی ارتفاع گیاهان را افزایش دادند.

به نظر می‌رسد آهن به دلیل افزایش ساخت سبزینه و بهبود نورساخت، مواد نورساختی بیشتری را به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها فرستاده و در نتیجه ارتفاع گیاه را افزایش داده است. همچنین به دلیل نقش عنصر روی در تولید هورمون اکسین، تقسیم یاخته‌ای و طویل شدن یاخته، کاربرد آن ارتفاع گیاه را افزایش داده است (Broadley et al., 2007). عنصرهای روی و آهن در کنار همدیگر تأثیر مثبتی در افزایش ارتفاع داشتند. تأثیر مثبت کاربرد روی و آهن در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) و گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) گزارش شده است (Rezaee Chianeh et al., 2015; Miransari et al., 2015). در نتایج بررسی دیگری گزارش شد، کمبود روی به علت تأثیر سو بر زیست‌ساخت (بیوسنتز) اکسین، می‌تواند باعث کاهش ارتفاع ساقه و عملکرد گیاه شود (Ghaffari-Malayeri et al., 2012).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، تیمار محلول پاشی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدی بر ارتفاع بوته و وزن هزاردانه در سطح آماری ۵ درصد و بر شمار چتر، ماده خشک گیاه، عملکرد بذر، درصد و عملکرد اسانس در سطح آماری ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت. شمار شاخه‌های فرعی تحت تأثیر تیمارهای محلول پاشی قرار نگرفت (جدول ۲).

ارتفاع بوته

بیشترین ارتفاع بوته از محلول پاشی همزمان آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدی (۳۸/۲۳ سانتی‌متر) به دست آمد. بدون محلول پاشی آهن و روی (تیمار شاهد) کمترین ارتفاع بوته (۲۸/۷۱ سانتی‌متر) را در گیاهان تولید کرد (جدول ۳). کاربرد تیمارهای روی و آهن به‌طور همزمان در مرحله‌های گلدی و ساقه‌دهی و کاربرد روی و آهن در مرحله

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی گشنیز تحت تأثیر کودهای سولفات آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدی

Table 2. Analysis of variance of quantitative and qualitative traits of coriander affected by iron and zinc sulfate fertilizers in stem elongation and flowering stages

SOV	df	Mean squares							
		Plant height	Number of lateral branch per plant	Number of umbels per plant	Total dry weight	1000-seed weight	Seed yield	Essential oil content	Essential oil yield
Replication	3	12.59	3.54	0.22	179341.42	0.56	108882.35	0.2	0.13
Treatment	10	33.17*	1.35	2.1**	981387.94**	1.51*	10264.28**	0.002**	1.25**
Error	18	12.72	0.64	0.54	202126.26	0.61	15627.55	0.0002	0.09
CV		10.97	12.42	9.85	14.02	8.8	11.99	8.64	14.65

*, **: Significantly different at 1 and 5% probability levels, respectively

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات کمی و عملکرد اسانس گشنیز تحت تأثیر کودهای سولفات آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدی

Table 3. Mean comparison of quantitative and essential oil yield of coriander affected by iron and zinc sulfate fertilizers in stem elongation and flowering stages

Treatments (Foliar application)	Plant height (Cm)	Number of lateral branch per plant	Number of umbels per plant	Total dry weight Kg/ha	1000-seed weight (g)	Seed Yield (Kg/ha)	Essential oil content (%)	Essential oil yield (Kg/ha)
Control	26.42f	5.35f	6.28d	2027.3f	8.03c	708.4g	0.156f	1.11g
Stem elongation	33.19bc	5.95de	8.38a	3116.7de	8.25c	886.8f	0.192d	1.71f
Fe Flowering	28.71e	6.42c	7.38c	2884.1e	9.49a	970e	0.195d	1.89de
Stem elongation + flowering	33.23bc	7.25a	8.27ab	3318.2cd	9.76a	1092.1cd	0.208c	2.3c
Stem elongation	34.23b	6.61bc	8.28ab	3389.9bc	8.24c	967.9e	0.177e	1.7f
Zn Flowering	32.09cd	6.61bc	6.42d	2920.5e	9.01b	1037.6de	0.19d	1.97d
Stem elongation + flowering	34.28b	6.19cd	7.95b	3627.4b	8.8b	1204.8b	0.228b	2.73b
Stem elongation	34.31b	5.71fe	8.46a	3442bc	8.06c	1005.7e	0.173e	1.74ef
Fe+Zn Flowering	30.33ed	7.04ab	7.14c	3094de	9.47a	1130.7c	0.24a	2.72b
Stem elongation + flowering	38.23a	7.42a	8.48a	4240.2a	9.77a	1419.4a	0.233ab	3.31a

در هر ستون میانگین‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک، اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% of probability level.

شمار شاخه فرعی

به‌رغم معنی‌دار نشدن جدول تجزیه واریانس نتایج مقایسه میانگین نشان داد، همسان با ارتفاع بوته بیشترین و کمترین شمار شاخه فرعی به ترتیب از محلول‌پاشی همزمان آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی و بدون محلول‌پاشی به دست آمد. در این زمینه نتایج بررسی‌ها نشان داد، در گیاه کاسنی (*Cichorium inyubus* L.) کاربرد همزمان نانو کود روی و آهن در مقایسه با کاربرد این کودها به‌صورت منفرد و بدون کاربرد آن (تیمار شاهد) شمار شاخه‌های فرعی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Sepehri & Vaziri Amjad, 2015). در تحقیقی دیگر کاربرد ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن در گیاه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*) شمار شاخه‌های فرعی را نسبت به گیاهان شاهد، دو برابر افزایش داد (Moghaddam *et al.*, 2015). نتایج همسانی در گیاه گشنیز نیز گزارش شد (Said-Al Ahl & Omer, 2009). به نظر می‌رسد به‌واسطه وجود آهن نورساخت گیاه بهبود پیدا کرده و عنصر روی از راه تولید هورمون اکسین رشد رویشی و شاخه‌دهی را افزایش داده است.

شمار چتر در بوته

محلول‌پاشی همزمان آهن و روی به ترتیب در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی + ساقه‌دهی و مرحله گلدهی بیشترین شمار چتر در بوته را تولید کردند. کمترین شمار چتر در بوته در نتیجه بدون محلول‌پاشی روی و آهن در گیاهان به دست آمد. با توجه به نتایج تأثیر محلول‌پاشی روی و آهن در مرحله‌های ساقه‌دهی، ساقه‌دهی + گلدهی در مقایسه با مرحله گلدهی بیشتر بود. به نظر می‌رسد روی از راه تولید هورمون اکسین باعث افزایش رشد رویشی و شاخه‌دهی شده است و آهن با افزایش نورساخت و تثبیت دی‌اکسید کربن شمار چتر در بوته را افزایش داده است. در این زمینه محققان در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند محلول‌پاشی همراه کلات آهن و روی در گیاه کاسنی شمار آکن در بوته را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Sepehri & Vaziriamjad, 2015). در تحقیقی دیگر کاربرد تیمار ترکیبی آهن و

روی در مقایسه با کاربرد آن‌ها به‌طور منفرد شمار کاپیتول در بوته را در گیاه همیشه‌بهار به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Rezaee Chianeh *et al.*, 2015). نتایج همسانی نیز در سیاه‌دانه گزارش شده است (Shabanzadeh *et al.*, 2011).

وزن خشک کل

بیشترین و کمترین وزن خشک گیاه (۴۲۴۰/۲ و ۲۰۲۷/۳ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از محلول‌پاشی آهن + روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی و بدون محلول‌پاشی به دست آمد. به‌طوری‌که محلول‌پاشی آهن + روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی در مقایسه با بدون محلول‌پاشی بیش از دو برابر وزن خشک گیاه را افزایش داد. با توجه به نتایج محلول‌پاشی همزمان در هر دو مرحله و محلول‌پاشی منفرد در مرحله ساقه‌دهی در مقایسه با مرحله گلدهی وزن خشک کل بیشتری را تولید کرد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی باعث افزایش وزن در قسمت‌های رویشی گیاه می‌شود. در مرحله گلدهی محلول‌پاشی با تأثیر بر پر شدن دانه، وزن هزاردانه را افزایش می‌دهد. افزایش عملکرد زیست‌توده با کاربرد عنصرهای ریزمغذی دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش زیست‌ساخت اکسین در حضور عنصر روی، افزایش نورساخت به‌واسطه افزایش غلظت سبزینه، افزایش جذب نیتروژن و فسفر، افزایش فعالیت ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز اشاره کرد (Kamkar *et al.*, 2011; Malakooti *et al.*, 2008). با توجه به نتایج، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع گیاه و وزن خشک گیاه ($r=0.83^{**}$) مشاهده شد (جدول ۴). محلول‌پاشی با آهن و روی با بهبود شرایط تغذیه‌ای با افزایش فراهمی مواد غذایی باعث افزایش ارتفاع، شمار چتر در گیاه و شمار شاخه فرعی در نهایت زیست‌توده گیاه را افزایش داده است. محققان گزارش کردند، محلول‌پاشی گشنیز با روی و آهن در مرحله‌های رشد رویشی، گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه و عملکرد دانه شد و کاربرد همراه آهن + روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت

هزاردانه تولید شد. در شرایط کمبود آهن، میزان نورساخت و سرعت تثبیت دی‌اکسید کربن در واحد سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه از ذخیره نشاسته و قند در برگ‌ها کاسته می‌شود که این امر موجبات کاهش وزن هزاردانه و عملکرد دانه را فراهم می‌کند (Ravi *et al.*, 2008). عنصر روی در نورساخت، تقسیم یاخته‌ای و طویل شدن یاخته، حفظ ساختمان و عملکرد غشای یاخته‌ای و هورمون تحریک‌کننده رشد و باروری (گلدهی و میوه دهی) گیاهان شرکت دارد (Oshodi *et al.*, 1993). در این زمینه نتایج تحقیقات دیگری نشان داد، در گیاهان محلول پاشی شده با آهن در مقایسه با گیاهان شاهد وزن هزاردانه ۳۰ درصد افزایش یافت (Rezaee Chianeh *et al.*, 2015). در بررسی دیگری محلول پاشی همزمان نانو کودهای آهن و روی بیشترین وزن هزاردانه را در مقایسه با تیمار شاهد در گیاه کاسنی تولید کرد (Sepehri & Vaziri, 2015). نتایج همسانی در گیاه سیاه‌دانه (Shabanzadeh *et al.*, 2011) و گیاه اسفرزه (Ramroudi *et al.*, 2011) گزارش شده است.

عملکرد دانه

محلول پاشی ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی در مقایسه با همه تیمارها به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را افزایش داد. همسان با وزن خشک کل بدون محلول پاشی عملکرد دانه را در مقایسه با محلول پاشی ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی بیش از دو برابر کاهش داد.

(Said-Al Ahl & Omer, 2009). در تحقیقی دیگر محلول پاشی با عنصرهای کم‌مصرف (آهن، روی و بُر) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد تر و خشک گیاه دارویی نعناع فلفلی نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول پاشی) شد (Zehtab-Salmasi *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد کمبود آهن با کاهش نورساخت رشد گیاه را کاهش داده و باعث کاهش عملکرد زیست‌توده و در نهایت وزن خشک کل شده است. نتایج همسانی در گیاه کاسنی مشاهده شد (Sepehri & Vaziriamjad, 2015).

وزن هزاردانه

با توجه به نتایج مقایسه میانگین، کاربرد تیمار ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی بیشترین وزن هزاردانه را در گیاهان تولید کرد. این در حالی بود که بین تیمارهای محلول پاشی آهن در مرحله گلدهی، محلول پاشی آهن در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی و نیز محلول پاشی همراه آهن و روی در مرحله گلدهی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد محلول پاشی ترکیبی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی و محلول پاشی منفرد در مرحله گلدهی در مقایسه با مرحله ساقه‌دهی تأثیر مطلوبی در افزایش وزن هزاردانه داشته است. کاربرد ترکیبی آهن و روی به‌طور همزمان در هر دو مرحله بالاترین (۹/۷۷ گرم) وزن هزاردانه را تولید کرد. به احتمال روی و آهن در کنار هم با اثر هم‌افزایی، باعث افزایش وزن هزاردانه شده است. بدون کاربرد تیمارهای روی و آهن (۸/۳۰ گرم) کمترین وزن

جدول ۴. همبستگی بین صفات کمی و عملکرد اسانس گشنیز تحت تأثیر کودهای سولفات آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی

Table 4. Correlation between quantitative traits and essential oil yield of coriander affected by iron and zinc sulfate fertilizers in stem elongation and flowering stages

Treatment	Plant height	Number of lateral branch	Number of umbels	1000-seed weight	Total dry weight	Seed yield	Essential oil content	Essential oil yield
Plant height	1							
Number of lateral branch	-0.14	1						
Number of umbels	0.56**	-0.04	1					
1000-seed weight	0.29	0.47**	0.01	1				
Total dry weight	0.83**	0.25	0.54**	0.16	1			
Seed Yield	0.63**	0.28	0.29	0.37	0.78**	1		
Essential oil content	0.30	0.37	0.17	0.29	0.50**	0.65**	1	

*, **: Correlation is significant at the 5 and 1% level.

* و **: همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

روی تأثیری مثبتی در افزایش درصد اسانس داشت. نتایج بررسی‌ها نشان داد، کاربرد ریزمغذی آهن در مقایسه با تیمار شاهد درصد و عملکرد اسانس را در گیاه ریحان مقدس به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Moghaddam *et al.*, 2015). در تحقیقی دیگر کاربرد ریزمغذی‌های آهن و روی درصد اسانس گیاه آنیسون را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (Nategi *et al.*, 2015). عامل‌های زیادی وجود دارد که سبب تغییر در کمیت و کیفیت اسانس در گیاهان دارویی می‌شود یکی از آن‌ها کاربرد عنصرهای غذایی است. گیاهان دارویی در طول دوره رشد برای تولید مناسب اسانس و مواد مؤثره به میزان کافی عنصرهای ریزمغذی نیاز دارند، به‌طوری‌که تأمین این عنصرهای میزان و عملکرد اسانس را تا حد زیادی افزایش می‌دهند (Shabanzadeh *et al.*, 2011). اسانس‌ها از گروه شیمیایی ترپن‌ها هستند و یا منشأ ترپنی دارند. نورساخت و تولید فراورده‌های نورساختی رابطه مستقیمی با تولید اسانس در گیاهان دارند. همبستگی بین نورساخت و تولید اسانس نشان می‌دهد، گلوکز به‌عنوان پیش ماده مناسب برای تأمین NADPH و ATP در ساخت اسانس به‌ویژه مونوترپن‌ها عمل می‌کند (Dubey *et al.*, 2003). تثبیت CO_2 متابولیت‌های اولیه و سوخت‌وساز ساکاروز ارتباط نزدیکی با انباشت اسانس در گیاهان دارند. به دلیل نقش عنصر روی در نورساخت و سوخت‌وساز ساکاریدها و نقش آهن در افزایش توان نورساختی و پیش‌سازهای ترکیب‌های فنولی مورد نیاز در ساخت اسانس‌ها میزان اسانس در نتیجه کاربرد این عنصرها بهبود می‌یابد (Dubey *et al.*, 2003). این دو عنصر در کنار هم با بهبود شرایط رشدی گیاه باعث بهبود درصد اسانس در گیاه شده است.

عملکرد اسانس

بیشترین و کمترین عملکرد اسانس (۳/۳۱ و ۱/۱۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از کاربرد تیمارهای محلول‌پاشی ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی و تیمار شاهد به دست آمد. به‌طوری‌که محلول‌پاشی همزمان آهن و روی در

به نظر می‌رسد کاربرد همزمان این دو ریزمغذی در دو مرحله بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه داشته است. کاربرد آهن و روی در مرحله ساقه‌دهی با افزایش رشد و افزایش نورساخت در گیاه و با بهبود پر شدن دانه در مرحله گلدهی منجر به افزایش عملکرد دانه شده است. در این زمینه محققان در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، تأثیر محلول‌پاشی عنصرهای ریزمغذی (آهن، روی و منگنز) بر عملکرد دانه، شمار دانه در سنبله و وزن هزاردانه اسفرزه معنی‌دار بود و تیمار محلول‌پاشی با روی بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد، به‌طوری‌که عملکرد آن ۲۲ درصد بیشتر از شاهد بود (Ramroudi *et al.*, 2011). در نتایج بررسی دیگری بالاترین عملکرد دانه در گیاه همیشه‌بهار از کاربرد ترکیبی عنصرهای روی و آهن به دست آمد، به‌طوری‌که در مقایسه با تیمار شاهد بیش از ۳۰ درصد افزایش عملکرد به دست آمد (Rezaee *et al.*, 2015). با توجه به نتایج همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک کل و عملکرد دانه ($r=0.87^{**}$) مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی آهن و روی با افزایش رنگ‌دانه‌های نورساختی، میزان سبزینه، سرعت تثبیت دی‌اکسید کربن باعث افزایش نورساخت شده است. در نتیجه به دلیل افزایش وزن خشک کل، دوام سطح برگ، تولید کربوهیدرات در برگ‌ها و ذخیره‌سازی آن در دانه باعث افزایش وزن هزاردانه و عملکرد دانه شده است. نتایج همسانی در گیاه اسفرزه (Zehtab-Salmasi *et al.*, 2012) و گیاه بابونه آلمانی (Nasiri *et al.*, 2015) گزارش شد.

درصد اسانس

تیمارهای محلول‌پاشی همزمان آهن و روی در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی همزمان آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی بیشترین درصد اسانس را به خود اختصاص دادند. کمترین درصد اسانس از بدون محلول‌پاشی به دست آمد. کاربرد تیمار ترکیبی آهن + روی در مرحله گلدهی در مقایسه با تیمار شاهد بیش از ۵۰ درصد اسانس را افزایش داد. همسان با عملکرد دانه تأثیر کاربرد همزمان آهن و

ساقه‌دهی و گلدهی یک اثر هم‌افزایی در افزایش عملکرد اسانس داشته است. به عبارت دیگر با افزایش فراهمی این عناصر با بهبود نورساخت و تأثیر در رشد و نمو با افزایش عملکرد دانه در نهایت عملکرد اسانس افزایش یافته است. در این زمینه نتایج بررسی‌های دیگری نشان داد، تیمار محلول پاشی آهن عملکرد اسانس گیاه نعنا را تا دو برابر در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (Pandel *et al.*, 2011). نتایج همسانی در گیاه ریحان مقدس (Moghaddam *et al.*, 2015) و گیاه شوید (Miransari *et al.*, 2015) نیز گزارش شد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، همه صفات مورد بررسی (به جز شمار شاخه فرعی) در این تحقیق تحت تأثیر محلول پاشی با عنصرهای روی و آهن قرار گرفت. کاربرد تیمار ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی در مقایسه با دیگر تیمارها همه ویژگی‌های کمی و عملکرد اسانس گیاه گشنیز را بهبود داد. بنابراین محلول پاشی با عنصرهای روی و آهن می‌تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی مناسب برای دستیابی به عملکرد بهینه دانه و اسانس گیاه دارویی گشنیز استفاده شود.

مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی در مقایسه با تیمار شاهد نزدیک به دو برابر عملکرد اسانس را افزایش داد. محلول پاشی روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی با محلول پاشی همزمان روی و آهن در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی پس از تیمار محلول پاشی ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی در گروه آماری بعدی قرار گرفتند. هرچند اختلاف آماری معنی‌داری بین این دو تیمار مشاهده نشد. با توجه به نتایج محلول پاشی ترکیبی روی و آهن در هر دو مرحله و یا کاربرد منفرد این عناصر در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی اثر بهتری در افزایش عملکرد اسانس داشته است. همچنین به دلیل بالا بودن بیشتر ویژگی‌های مورد بررسی و وجود ارتباط بین وزن خشک کل، عملکرد دانه و درصد اسانس در اثر کاربرد تیمار محلول پاشی ترکیبی آهن و روی در مرحله‌های ساقه‌دهی و گلدهی بالا بودن عملکرد اسانس منطقی به نظر می‌رسد. به طوری که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با درصد اسانس ($r=0/65^{**}$) و عملکرد اسانس با عملکرد اسانس ($r=0/93^{***}$) مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد محلول پاشی ترکیبی روی و آهن در مرحله‌های

REFERENCES

- Broadley, M. R., Philip, J. W., Hammond, J. P., Zelko, I. & Alexander, L. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, 173, 677-702.
- Darzi, M. T., Ghalavand, A. & Rajali, F. (2009). The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(1), 1-19. (in Farsi)
- Dubey, V. S., Bhalla, R. & Lithra, R. (2003). Sucrose mobilization in relation to essential oil biogenesis during palmarosa (*Cymbopogon martini* Roxb. WATS. Var. motia) inflorescence development. *Boisiences*, 28(4), 479-487.
- Ghaffari Malayeri, M., Akbari, G. A. & Mohammadzadeh, A. (2012). The reaction yield and yield components of maize to soil application and foliar consumption. *Iranian Agriculture Research*, 2(10), 368-373. (in Farsi)
- Hemant Ranjan, A. (1996). Physiology and biochemical Significance of Zinc in plants. *Advancement in Micronutrient Research*, 151-178.
- Kafi, M., Lahoti, M., Zand, A., Sharifi, H. R. & Goldani, M. (2008). *Plant physiology*. Publications University of Mashhad. (in Farsi)
- Kamkar, B., Safahani-Langerodi, A. R. & Mohammadi, R. (2011). The use of nutrients in crop plants. Publication university of Mashhad. 500 p. (in Farsi)
- Kannan, S. (2010). Foliar fertilization for sustainable crop production, sustainable agriculture reviews, 1, genetic engineering, biofertilization. *Soil quality and Organic Farming*, 4(5), 371-402.
- Malakooti, M. G., Keshavarz, P. & Karimian, N. (2008). *Comprehensive approach to diagnosis and optimum fertilizer recommendation for sustainable agriculture*. Tarbiat Modarres University Press, 7th edition. pp, 775. (in Farsi)
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Second edition, Academic Press Limited. Harcourt Brace and Company, Publishers, London, pp. 347-364.

11. Miransari, H., Mehrafarin, A. & Naghdi Badi, H. (2015). Morphophysiological and phytochemical responses of dill (*Anethum graveolens* L.) to foliar application of iron sulfate and zinc sulfate. *Journal of Medicinal Plants*, 14(2), 15-30. (in Farsi)
12. Moghadam, E., Mahmoodi Sourestani, M., Farrokhian Firozi, A., Ramazani, Z. & Eskandari, F. (2015). The effect of foliar application of iron chelate type on morphological traits and essential oil content of holy basil (*Ocimum sanctum*). *Agriculture Crop Management*, 17(3), 595-606. (in Farsi)
13. Nasiri, Y. & Najafi, R. (2015). Effects of soil and foliar applications of iron and zinc on flowering and essential oil of chamomile at greenhouse conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*, 105(1), 33-41. (in Farsi)
14. Nateghi, SH., Pirzad, A. R. & Darvishzadeh, R. (2015). The impact of micronutrient fertilizers, iron and zinc on yield and yield component of anise. *Journal of Horticulture Science*, 29(1), 37-46. (in Farsi)
15. Omidbeygi, R. (1994). Approaches to production and processing of medicinal plants. Astan Quds Razavi publicatin. 349P. (in Farsi)
16. Oshodi, A. A., Olaofe, O. & Hall, G. M. (1993). Amino acid, fatty acid and mineral composition of pigeon pea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 43, 187-191.
17. Pandel, P. Chand, S. Pandey, A. & Patra, D. D. (2011). Effect of sole and conjoint application of iron and manganese on herb yield, nutrient uptake, oil quality via-a-ais their optimal level in spearmint (*Mentha spicata* Linn. Emend. Nathh. cv. Arka). *International of Natural Product and Resources*, 2(2), 242-249.
18. Rahimi, A., Mashyekhi, K., Hemmati, Kh. & Dordipour, A. (2009). Effect of salicylic acid and mineral nutrition on fruit yield and yield components of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Plant Production*, 16(4), 149-156. (in Farsi)
19. Ramroudi, M., Kikhajaleh, M., Galavi, M., Segatoleslami, M. G. & Baradaran, R. (2011). The effect of foliar application of micronutrients and irrigation regimes on yield, quality and quantity traits of *Plantago psyllium* L. *Agroecology journal*, 2(3), 219-226. (in Farsi)
20. Ravi, S., Channal, H. T., Hebsur, N. S., Patil, B. N. & Dharmatti, P. R. (2008). Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal Agriculture Science*, 32, 382-385.
21. Rezaee Chiane, A., Zehtab Salmasi, S., Pirzad, A. & Rahimi, A. (2015). The effect of foliar micronutrients iron, zinc and manganese on yield, yield components, and seed oil, calendula (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Horticulture Science*, 29(1), 95-102. (in Farsi)
22. Said-Al Ahl, H. A. H. & 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.
23. Sefidkon, F. (1999). Investigate of essential oil of coriander in shoots and fruit. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 13, 307-314. (in Farsi)
24. Sepehri, A. & Vaziri Amjad, Z. (2015). The effect of iron and zinc nano fertilizers on quantitative yield of chicory (*cichorium inyubus* L.) in different crop densities. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 25(1), 61-73. (in Farsi)
25. Shabanzadeh, SH., Ramroudi, M. & Galavi, M. (2011). The effect of foliar application of micronutrients on yield and qualitative characteristics of (*Nigella sativa* L.) in different irrigation regimes. *Journal of Crop Protection and Processing*, 1(2), 79-89. (in Farsi)
26. Sinta, L., Vijaykumar, A. & Srimathi, P. (2015). Effect of micronutrient application in coriander (*Coriandrum sativum* L.) cv.Co4. *African Journal of Agriculture Research*, 10(3), 84-88.
27. Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F. & Alyari, H. (2008). Effects of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Plant Science Research*, 1, 24-26.
28. Zehtab-Salmasi, S., Behrouznajhad, S. & Ghasemi-Golezani, K. (2012). Effect of Foliar Application of Fe & Zn on Seed Yield and Mucilage Content of Psyllium at Different Stages of Maturity. *International Conference on Environment, Agriculture and food sciences*, August 11-12, Thailand.