

بررسی تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال واشنگتن ناول (*Citrus sinensis* CV. Navel)

سارا خبازی^۱، فرزین عبداللهی^{۲*}، مصطفی قاسمی^۳ و سمیه رستگار^۲

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، ایران
۳. استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۴)

چکیده

کمبود عناصر ریز مغذی یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد کمی و کیفی میوه مرکبات می‌باشد. این پژوهش برای بررسی اثر تیمارهای قبل از برداشت سولفات روی و سولفات منگنز بر کمیت و کیفیت میوه پرتقال نافی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سولفات روی در چهار سطح صفر، ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر و سولفات منگنز در چهار سطح صفر، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر بودند که طی دو مرحله (۱۵ روز قبل از تمام گل و ۱۵ روز بعد از تمام گل) اعمال شدند. نتایج نشان داد هر دو نوع کود مورد استفاده، کیفیت میوه پرتقال را در زمان برداشت، در مقایسه با شاهد بهبود بخشیدند. به طوری که در درختان محلول پاشی شده، تعداد میوه، طول و قطر میوه، وزن میوه، حجم آب میوه، مواد جامد محلول و ویتامین ث بیشتر از درختان شاهد بود. در اغلب صفات مورد ارزیابی، مؤثرترین تیمارها، غلظت ۴ گرم در لیتر سولفات روی + ۱ گرم در لیتر سولفات منگنز بود. هم چنین نتایج اثر متقابل نشان داد که در اغلب صفات مورد بررسی، تیمارهای ترکیبی ۴ گرم سولفات روی + ۱ گرم سولفات منگنز، ۶ گرم سولفات روی + ۱ گرم سولفات منگنز و ۶ گرم سولفات روی + ۴ گرم سولفات منگنز، نتایج بهتری نشان دادند. به طور کلی می‌توان گفت که کاربرد کود سولفات روی و سولفات منگنز در مقایسه با شاهد توانستند کیفیت و کمیت میوه پرتقال را در زمان برداشت افزایش دهند.

واژه‌های کلیدی: سولفات روی، سولفات منگنز، محلول پاشی، مواد جامد محلول، ویتامین ث.

The effect of Zn and Mn micronutrients spraying on some quantitative and qualitative characteristics of Washington Navel orange (*Citrus sinensis* CV. Navel)

Sara Khabazi¹, Farzin Abdollahi^{2*}, Mostafa Ghasemi³ and Somayeh Rastegar²

1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Hormozgan, Iran
3. Assistant Professor, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Qazvin, Iran
(Received: Aug. 11, 2017 - Accepted: Nov. 5, 2017)

ABSTRACT

Micronutrient deficit is the one of major factors in reduction of citrus yield and quality. This study was conducted to investigate the effect of pre harvest treatments of zinc and manganese sulfate on quantity and quality characteristics of Washington Navel orange fruit at harvest time as factorial experiment based on randomized complete block design with three replications. Experimental factors were spraying of zinc sulfate (0, 2, 4 and 6 g lit⁻¹) and manganese sulfate (0, 1, 2 and 4 g lit⁻¹) in two stages, the first stage, 15 days before full bloom (March 2nd) and second stage 15 days after full bloom (April 9th). Results indicated that both zinc sulfate and manganese sulfate could improve the quality of orange fruit in the time of harvest as compared to control. Although, sprayed fruits had higher fruit number, length, diameter and weight, juice content, total soluble solid (TSS), Vitamin C as compared to control. Most effective treatments in all factors were obtained in 4 g lit⁻¹ zinc sulfate + 1 g lit⁻¹ manganese sulfate. Over all, results showed that combined treatment including 4 g lit⁻¹ zinc sulfate + 1 g lit⁻¹ manganese sulfate, 6 g lit⁻¹ zinc sulfate + 1 g lit⁻¹ manganese sulfate and 6 g lit⁻¹ zinc sulfate + 4 g lit⁻¹ manganese sulfate had better results. Generally, both zinc sulfate and manganese sulfate improved fruit quality and quantity during the harvest time compared to the control.

Keywords: Manganese sulfate, spraying, TSS, vitamin C, Zinc sulfate.

* Corresponding author E-mail: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

مقدمه

کمبود عناصر ریزمغذی در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا عامل محدودکننده رشد بسیاری از گیاهان است (Graham *et al.*, 1992). به دلیل کمبود این عناصر، میانگین عملکرد بیشتر محصول‌های باغی پایین بوده و آسیب‌های اقتصادی زیادی را به باغداران می‌رساند. به دلیل اینکه ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده، در بیشتر باغ‌های مرکبات، کمبود عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن، روی و منگنز به دلیل آهکی بودن خاک، حل‌شوندگی پایین عناصر کم‌مصرف، pH بالا، پایین بودن درصد مواد آلی خاک و وجود یون‌های بی‌کربنات در آب‌های آبیاری دیده می‌شود (Malakouti *et al.*, 2005).

روی یکی از عناصر بسیار مهم در رشد گیاه و تشکیل ساختمان گیاه است (Zeng *et al.*, 2011). همچنین از عناصر ریزمغذی بسیار مهم در گیاه می‌باشد که برای تشکیل و تولید میوه مناسب با اندازه مطلوب مورد نیاز است (Hao *et al.*, 2007). علاوه بر این، روی از عناصر کم‌مصرفی می‌باشد که در بسیاری از فعالیت‌های آنزیمی گیاه نقش تسریع‌کننده، فعال‌کننده و یا ساختاری ایفا می‌کند و در ساخته شدن و تجزیه پروتئین‌ها شرکت دارد (Marschner, 2012). مطالعات نشان داده است که سولفات روی از طریق تحریک سنتز آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز منجر به کاهش سطح گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) در پرتقال می‌گردد (Hippler *et al.*, 2015). گیاهان در کمبود روی از نظر ساخت هورمون‌ها به‌ویژه اکسین دچار مشکل می‌شوند و بیشتر نشانه‌های مربوط به کمبود این عنصر در گیاهان مثل کوچک شدن برگ‌های انتهایی، ریزش برگ‌ها، رشد جوانه‌های جانبی در اثر از بین رفتن چیرگی انتهایی و ایجاد حالت جارویی در انتهای شاخه‌ها و نیز کاهش تعداد و رشد میوه را به دلیل کمبود ساخت هورمون اکسین در شرایط کمبود عنصر روی نشان می‌دهند (Marschner, 2012; Razzaq, 2013).

منگنز یکی دیگر از عناصر غذایی کم‌مصرف می‌باشد که نقش اساسی در فرآیندهای گیاهی از جمله فعال کردن سیستم‌های آنزیمی دهیدروژناز، دکربوکسیلاز، کیناز، اکسیداز، پراکسیداز، آرژناز و

فسفوترانسفراز دارد (Taiz & Zeiger 2002). منگنز در فعال کردن دو آنزیم کلیدی فتوسنتز شامل ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز و فسفو اینول پیروات کربوکسیلاز دخیل است. از طرف دیگر به دلیل حضور مولکول منگنز در ساختار کلروفیل، این عنصر نقش اساسی در تشکیل کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز دارد. از این رو کاهش میزان کلروفیل برگ (کلروز شدن) و کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه از علائم اصلی کمبود منگنز در گیاهان است (Hopkins & Hüner, 2008).

در مجموع مطالعات محدودی در رابطه با تأثیر روی و منگنز بر ویژگی‌های کمی و کیفی مرکبات انجام شده است. کمبود روی در مرکبات باعث ایجاد میوه‌های کوچک، صاف و رنگ‌پریده با پوست نازک می‌شود و گوشت میوه تمایل به چوبی شدن، خشکی و بی‌مزگی دارد (Mohamed *et al.*, 1994). کاربرد سولفات روی از طریق بهبود فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز در برگ، منجر به افزایش تولید زیست‌توده و عملکرد میوه در پرتقال می‌گردد (Hippler *et al.*, 2015). از طرف دیگر، محلول پاشی درختان با ترکیب‌های دارای روی موجب افزایش مقدار آسکوربیک اسید و درصد آب میوه ارقام پرتقال می‌شود (Ahmad & Abdel, 1995). آزمایشی که براساس تأثیر عنصر روی بر تشکیل میوه لیموترش انجام شد، نشان داد که مصرف روی به صورت محلول پاشی سولفات روی، باعث افزایش معنی‌دار تعداد و وزن میوه و در مجموع عملکرد آن نسبت به شاهد می‌گردد. در این آزمایش تیمار ۰/۴ درصد سولفات روی بهترین تیمار بود (Supriya *et al.*, 1993). در مطالعه‌ای، محلول پاشی درخت لیمو با غلظت ۰/۵ درصد سولفات روی باعث افزایش عملکرد و ویتامین ث (آسکوربیک اسید) و کل مواد جامد محلول (TSS) و اسید کل شد (Singh *et al.*, 1989). محلول پاشی منگنز در درختان دارای کمبود، باعث افزایش معنی‌دار مواد جامد قابل حل کل در آب میوه ارقام مرکبات می‌شود (Quin, 1996). براین اساس، به نظر می‌رسد که اعمال تغذیه مناسب در باغات و استفاده از عناصر روی و منگنز، با توجه به نقشی که در تعداد میوه و افزایش کیفیت درونی آن دارا است، می‌تواند راهکاری

هدف از این پژوهش مطالعه اثر تیمارهای قبل از برداشت سولفات روی و سولفات منگنز بر کمیت و کیفیت میوه پرتقال نافی در منطقه کازرون بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در باغ تجاری تحقیقاتی در منطقه کازرون استان فارس در سال‌های ۹۵-۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف سولفات روی (۰، ۱، ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر) و سولفات منگنز (۰، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر) با ۳ تکرار بودند. در این پژوهش تعداد ۴۸ اصله درخت ۸ ساله پرتقال رقم نافی (واشنگتن ناول) که در شرایط رشد یکسان بودند، به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شدند. با توجه به اینکه درختان مرکبات چندساله و دارای ریشه‌های عمیق هستند و عملکرد میوه متأثر از محتوای مواد آلی و عناصری چون فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم است؛ لذا آزمون خاک و نمونه برداری از اهمیت زیادی برخوردار است. برای این منظور، از ۱۰ تا ۲۰ نقطه باغ و در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری نمونه گرفته شد. سپس ۶۰۰ گرم از نمونه خاک به آزمایشگاه آب و خاک ارسال و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). غلظت‌های کود سولفات روی و منگنز بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و توصیه‌های کودی به کار رفت (Malakouti *et al.*, 2005). تیمارهای کودی بر روی درختان پرتقال نافی به صورت محلول‌پاشی و با استفاده از محلول‌پاش ۲۰ لیتری در دو مرحله ۱۵ روز قبل از تمام‌گل (۱۲ اسفند ۱۳۹۴) و ۱۵ روز بعد از تمام گل (۲۰ فروردین ۱۳۹۴) اعمال شد (Maurer & Truman, 2000). میوه‌ها در نیمه دوم آبان‌ماه در زمان رسیدن تجاری برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه باغبانی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند. در پایان آزمایش صفات تعداد میوه، وزن میوه، طول و قطر میوه، مقدار آب میوه، مواد جامد محلول (TSS) و ویتامین ث ارزیابی شدند.

مؤثر در راستای بالابردن عملکرد و افزایش کیفیت و کمیت محصول مرکبات باشد که مزایای اقتصادی زیادی در بر خواهد داشت (Mohamed *et al.*, 1994). در مطالعه‌ای (Tadayon & Rastgar, 2005) تیمارهای ۰، ۲ و ۴ گرم در لیتر سولفات روی و ۰، ۱ و ۲ گرم در لیتر سولفات منگنز و ۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر سولفات منیزیم در سه سطح را بر روی پرتقال محلی جهرم آزمایش کردند و مشاهده کردند که برهمکنش محلول‌پاشی روی و منگنز باعث افزایش معنی‌دار غلظت ویتامین ث و کل مواد جامد محلول در میوه می‌شود. علاوه بر این محلول‌پاشی سولفات منگنز به‌تنهایی نیز موجب افزایش معنی‌دار میزان مواد جامد محلول کل میوه شد که بهترین تیمار، غلظت ۴ در هزار سولفات روی و ۱ در هزار سولفات منگنز بود. طی پژوهشی که Embleton *et al.* (1965) انجام دادند، بالاترین میزان افزایش در محصول مرکبات زمانی به‌دست می‌آید که میزان هر دو عنصر روی و منگنز در برگ افزایش یابد. از طرف دیگر، محلول‌پاشی روی نشان داد که این عنصر در بهبود عملکرد و کیفیت میوه نارنگی، از طریق افزایش آب میوه، pH، کل مواد جامد محلول (TSS) و آسکوربیک‌اسید و بیشترین کنترل را بر ریزش بیش از حد قبل از رسیدن میوه نقش داشته است (Yasin Ashraf *et al.*, 2013).

با توجه به ارزش اقتصادی مرکبات و همچنین پتانسیل بالقوه‌ای که ایران در تولید این محصول دارد، سطح زیر کشت و تولید این محصول در حال افزایش است. پرتقال نافی (*Citrus sinensis* CV. Navel) رقمی زودرس است که با دارا بودن کیفیت درونی بالا و طعم و مزه مطبوع، برای کشت در منطقه جنوب مناسب است؛ لذا ضرورت دارد با در اختیار قرار دادن به اندازه و به‌موقع عناصر ریزمغذی، از جمله روی و منگنز، سعی در افزایش کیفیت و کمیت محصول پرتقال نافی در نواحی جنوبی کشور شود. بنابراین

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک باغ مورد مطالعه

Table 1. Physico-chemical characteristics of soil of under study garden

Soil texture	EC (dSm ⁻¹)	pH	Cu	Mn	Fe	Zn	K	P	Total N Organic C	
									mg kg ⁻¹	
Silty loam	0.63	7.72	0.8	5.1	9.7	0.6	152.7	36.7	0.10	0.83

$$AA = (V \times F \times Y \times 100) / (W \times T) \quad (1)$$

که در آن AA، میزان اسیدآسکوربیک در هر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه است، V میلی لیتر ایندوفنل مصرف شده در تیتراسیون، F عامل ایندوفنل که برای محلول استاندارد اسیدآسکوربیک برابر با ۰/۲۵ است، Y میلی لیتر حجم مخلوط میوه و اسید متافسفریک که برابر با ۶ است، W گرم وزن نمونه که برابر با ۱ گرم است و T میلی لیتر حجم نمونه برای تیتراسیون که برابر با ۵ است. اطلاعات به دست آمده، از طریق برنامه آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفته و میانگین ها از طریق آزمون LSD در سطح آماری ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سولفات روی و سولفات منگنز و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر اغلب صفات کمی و کیفی اثر معنی دار داشتند (جدول ۲). به گونه‌ای که سولفات روی بر تمامی صفات کمی و کیفی از جمله تعداد میوه در هر درخت، وزن میوه، طول و قطر میوه، مقدار آب میوه، مواد جامد محلول و ویتامین ث، در سطح ۱ درصد اثر معنی دار داشت. اگرچه اثر سولفات منگنز بر تعداد میوه معنی دار نبود، ولی بر صفات وزن میوه، قطر میوه، مقدار آب میوه و ویتامین ث در سطح ۱٪ و طول میوه و مواد جامد محلول در سطح ۵٪ معنی دار بود. اثر بر هم کنش سولفات روی و منگنز بر وزن میوه، مقدار آب میوه و میزان ویتامین ث در سطح ۱٪ و بر تعداد میوه، قطر میوه و مواد جامد محلول در سطح ۵٪ معنی دار بود.

برای اندازه‌گیری طول و قطر میوه از کولیس با دقت ۰/۰۱ بر حسب میلی‌متر استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقدار آب میوه پس از آگیری میوه‌ها، مقدار آن توسط استوانه مدرج و بر حسب میلی‌لیتر تعیین شد. برای اندازه‌گیری تعداد میوه، در هر درخت دو سمت شمالی و جنوبی آن انتخاب شده و در هر سمت در یک مساحت مشخص تعداد میوه‌ها شمارش شدند. برای اندازه‌گیری وزن میوه، از هر تکرار به‌طور تصادفی تعداد ۱۰ عدد میوه انتخاب شد و وزن هر کدام اندازه‌گیری و سپس میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هر میوه در نظر گرفته شد.

میزان مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر (Refractometer) دیجیتالی مدل DBR95 تعیین و نتایج به صورت درجه بریکس بیان شد. واحد بریکس برابر با گرم قند موجود در ۱۰۰ گرم عصاره می‌باشد. لازم به ذکر است پس از هر بار قرائت، باید رفراکتومتر را با آب مقطر شستشو داده و سپس خشک و تمیز نمود.

ویتامین ث (میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه) موجود در میوه‌ها به‌روش تیتراسیون با ۲،۶ دی کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان اسید آسکوربیک مقدار ۱ سی‌سی از آب میوه را با ۵ سی‌سی متافسفریک مخلوط کرده و پس از سانتیفریوژ به مدت ۳ دقیقه، محلول رویی را برداشته و با ایندوفنل تیترو می‌کنیم. ظهور رنگ ارغوانی نشان‌دهنده پایان تیتراسیون است. عدد مربوط به میزان ایندوفنل مصرفی را یادداشت نموده و در رابطه (۱) قرار داده تا میزان ویتامین ث تعیین گردد (Saini *et al.*, 2001).

جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر سولفات روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی میوه پرتقال واشنگتن ناول

Table 2. Variance analysis (mean of squares) of effect of Zn and Mn sulfate on quantitative characteristics of Washington Novel fruits

Sources of Variances	df	Fruit number (South direction)	Fruit number (North direction)	Fruit weight	Fruit length	Fruit diameter	Fruit juice content	Total soluble solids	Vitamin C
Zn sulfate (A)	3	234.47**	241.29**	3670.47**	1.72**	1.98**	1263.25**	5.20**	2.32**
Mn sulfate (B)	3	5.57 ^{ns}	13.35 ^{ns}	628.66**	0.88*	0.72**	537.47**	1.43*	0.847**
Block	2	6.44 ^{ns}	10.19 ^{ns}	96.51 ^{ns}	0.03	0.13 ^{ns}	4.64 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.077 ^{ns}
A × B	9	26.08*	13.96*	639.08**	0.45 ^{ns}	0.22*	304.71**	0.796*	0.859**
Error	30	10.06	5.60	74.99	0.25	0.077	63.60	0.332	85.11
CV %		24.99	18.66	3.15	5.88	3.30	6.12	9.41	12.98

ns, **, *: Non-significant, and significant differences at 1 and 5% of probability levels, respectively.

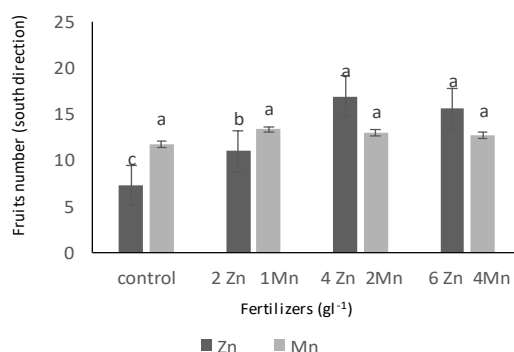
ns, **, *: Non-significant, and significant differences at 1 and 5% of probability levels, respectively.

تعداد میوه

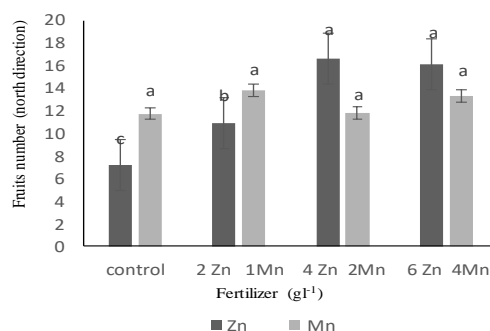
این مطالعه نشان داد که کاربرد سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار تعداد میوه در مقایسه با شاهد گردید به طوری که بیشترین تعداد میوه در سطوح ۴ و ۶ گرم در لیتر مشاهده شد. در حالی که سولفات منگنز تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (شکل‌های ۱ و ۲). مشابه این نتایج Swietlik & Iaduk (1991) بیان کردند که غلظت خیلی پایین سولفات روی نمی‌تواند تأثیر معنی‌داری بر عملکرد میوه و سطح تاج درخت مرکبات و گریپ‌فروت بگذارد؛ اما در محلول‌پاشی با غلظت مناسب می‌تواند کمبود روی را جبران کند و باعث افزایش عملکرد و تعداد میوه شود. برخی مطالعات نشان داده‌اند که احتمالاً سولفات روی از طریق افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ موجب افزایش تعداد میوه پرتقال می‌شود (Lolaei *et al.*, 2014).

اثر برهمکنش بین سطوح مختلف سولفات روی و سولفات منگنز نشان داد که در سطوح پایین

سولفات روی (۰ و ۲ گرم در لیتر)، کاربرد سولفات منگنز تأثیر معنی‌داری در افزایش تعداد میوه در مقایسه با شاهد نداشت. در هر سطح کود سولفات منگنز، با افزایش میزان روی، تعداد میوه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین تعداد میوه هنگام کاربرد ۱ گرم سولفات منگنز همراه با کاربرد ۴ گرم در لیتر سولفات روی به‌دست آمد (جدول ۴). اهمیت روی به‌دلیل نقشی است که در تولید هورمون اکسین دارد، تولید این هورمون سبب افزایش سطح برگ و نهایتاً تعداد میوه در هر درخت می‌شود (Marschner, 2012; Razzaq, 2013). از طرف دیگر، برخی مطالعات نشان داده‌اند که محلول‌پاشی سولفات روی، احتمالاً از طریق کاهش ریزش قبل از برداشت میوه، باعث افزایش تعداد میوه در درختان مرکبات می‌گردد (Razzaq *et al.*, 2013). از طرفی Seedkolai *et al.* (2015) گزارش کردند که کاربرد غلظت سه در هزار سولفات روی همراه با اسیدبوریک ۰/۵ در هزار باعث افزایش معنی‌دار درصد تشکیل میوه می‌شود.



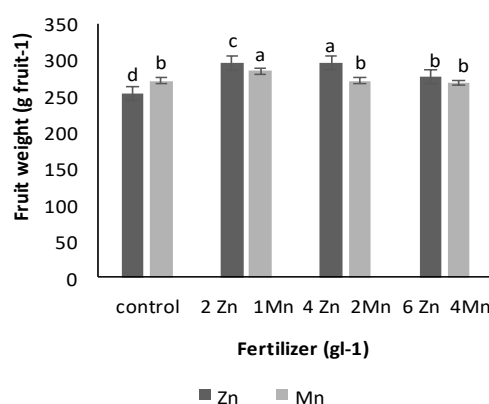
شکل ۱. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر تعداد میوه (سمت جنوب). سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 1. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruits number (south direction). Levels of each factor compared separately



شکل ۲. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر تعداد میوه (سمت شمال). سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 2. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruits number (north direction). Levels of each factor compared separately

وزن میوه

نتایج نشان داد که کاربرد سولفات روی و سولفات منگنز باعث افزایش معنی دار وزن میوه نسبت به شاهد شدند. در بین سطوح مختلف سولفات روی بیشترین وزن میوه در غلظت ۴ گرم در لیتر به دست آمد که با سایر سطوح سولفات روی و شاهد تفاوت معنی دار داشت (شکل ۳). مشابه این نتایج Razzaq *et al.* (2013) نشان دادند که محلول پاشی سولفات روی با غلظت ۰/۶ درصد باعث افزایش معنی داری وزن میوه نارنگی در مقایسه با سایر غلظت‌ها و شاهد می‌شود.



شکل ۳. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر وزن میوه. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.

Figure 3. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruit weight. Levels of each factor compared separately

که از آنجا که روی در ساختار آنزیم کربنیک‌انهدراز که برای سنتز کلروفیل ضروری است شرکت دارد (Alloway, 2008) و همچنین نقش کلیدی که در بیوسنتز هورمون اکسین دارد (Castro, 1997; Hewit, 1993)، کمبود آن می‌تواند از طریق کاهش فتوسنتز و رشد موجب کاهش عملکرد میوه گردد.

کاربرد توأم سولفات روی و سولفات منگنز باعث کاهش وزن میوه در مقایسه با سولفات روی به تنهایی گردید (جدول ۳). از طرف دیگر در سطوح پایین سولفات روی، با افزایش میزان سولفات منگنز وزن میوه افزایش یافت؛ اما در سطوح بالاتر (۴ و ۶ گرم در لیتر) کاربرد مقادیر زیاد (۲ و ۴ گرم در لیتر) سولفات منگنز باعث کاهش وزن میوه شد. این نتایج بیانگر این موضوع است که احتمالاً کاربرد مقادیر زیاد سولفات منگنز همراه با سولفات روی اثر آنتاگونیسمی بر وزن میوه پرتقال دارد. در مجموع بیشترین (۳۲۱/۷ گرم) وزن میوه هنگام کاربرد ۴ گرم در لیتر سولفات روی همراه با ۱ گرم در لیتر سولفات منگنز اندازه‌گیری شد. در حالی که (Bacha *et al.* 1995) طی مطالعات خود بر روی انگور به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی عناصر روی و منگنز در زمان‌های مختلف باعث افزایش عملکرد محصول، وزن و اندازه می‌شود.

طول و قطر میوه

نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت سولفات روی و سولفات منگنز طول و قطر میوه در مقایسه با شاهد افزایش یافت. در بین سطوح مختلف سولفات روی بیشترین طول و قطر میوه در غلظت ۴ گرم در لیتر مشاهده شد که در اغلب موارد با سایر سطوح سولفات روی تفاوت معنی دار داشت، در حالی که در بین سطوح سولفات منگنز بیشترین طول و قطر میوه در غلظت ۱ گرم در لیتر به دست آمد که با سطوح صفر (شاهد) و ۴ گرم در لیتر تفاوت معنی داری نداشت (شکل‌های ۴ و ۵).

در اغلب سطوح کود سولفات روی (به استثنای ۴ گرم در لیتر) با افزایش میزان سولفات منگنز تغییر معنی داری در طول میوه مشاهده نشد (جدول ۳). بیشترین طول

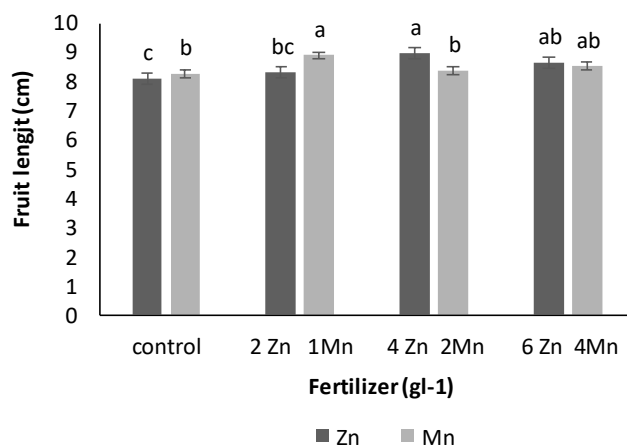
اگرچه هر سه سطح سولفات منگنز باعث افزایش معنی دار وزن میوه در مقایسه با شاهد گردید؛ اما تفاوت معنی داری بین آنها به دست نیامد (شکل ۳). کاربرد سولفات منگنز به تنهایی نتوانست باعث بهبود وزن میوه گردد و کاربرد همزمان دو ترکیب سولفات روی و سولفات منگنز باعث افزایش معنی دار وزن میوه در مقایسه با کاربرد جداگانه سولفات منگنز شد (جدول ۳). به طوری که در هر سطح سولفات منگنز با افزایش میزان سولفات روی وزن میوه به طور معنی دار افزایش یافت و در اغلب موارد بیشترین وزن میوه در سطح ۴ گرم در لیتر سولفات روی تعیین شد. مشابه این نتایج Lolaei *et al.* (2014) گزارش دادند، تیمار ۴ میلی‌گرم در لیتر سولفات روی بیشترین میزان وزن میوه در مقایسه با شاهد داشته است. به نظر می‌رسد

سولفات روی و ۱ گرم سولفات منگنز به دست آمد که با تمام تیمارها تفاوت معنی دار داشت (جدول ۳). در تأیید این نتایج، مطالعات نشان دادند که محلول پاشی سولفات روی باعث افزایش معنی دار طول و قطر میوه در پرتقال (Ahmad & Abbdel, 1995) و نارنگی (Razzaq, 2013) در مقایسه با شاهد می گردد.

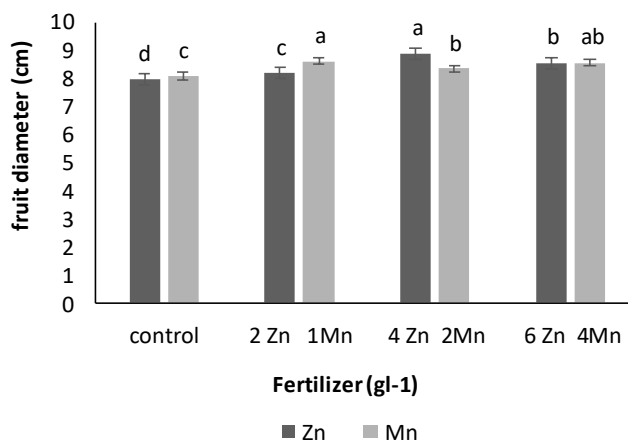
به نظر می رسد افزایش طول و قطر میوه ناشی از کاربرد سولفات روی، به دلیل نقشی است که روی در سنتز اکسین و در نتیجه تحریک رشد سلولی ایفا می کند (Castro, 1997; Hewit, 1993). از طرف دیگر سولفات روی در بسیاری از فعالیت های آنزیمی گیاه که در سنتز پروتئین ها دخالت دارند نقش تسریع کننده، فعال کننده و یا ساختاری بازی می کند (Hopkins & Hüner, 2008; Marschner, 2012).

میوه در سطح ۴ گرم در لیتر سولفات روی همراه با کاربرد ۱ گرم در لیتر سولفات منگنز به دست آمد. در حالی که در اغلب موارد در هر سطح کود سولفات منگنز، افزایش سولفات روی باعث افزایش معنی دار طول میوه شد. این موضوع بیانگر تأثیر بیشتر عنصر روی در افزایش طول میوه در مقایسه با منگنز می باشد (جدول ۳).

در شرایط عدم کاربرد سولفات روی، افزایش سولفات منگنز باعث افزایش معنی دار قطر میوه در مقایسه با شاهد شد. در سطوح ۲ و ۶ گرم در لیتر سولفات روی، کاربرد منگنز تأثیر معنی داری بر قطر میوه پرتقال نداشت؛ اما کاربرد این عنصر همراه با غلظت ۴ گرم در لیتر سولفات روی اثر معنی داری بر قطر میوه داشت. در مجموع در بین تمام تیمارها، بیشترین قطر میوه هنگام کاربرد تلفیقی ۴ گرم



شکل ۴. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر طول میوه. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 4. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruit length. Levels of each factor compared separately.



شکل ۵. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر قطر میوه. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 5. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruit diameter. Levels of each factor compared separately.

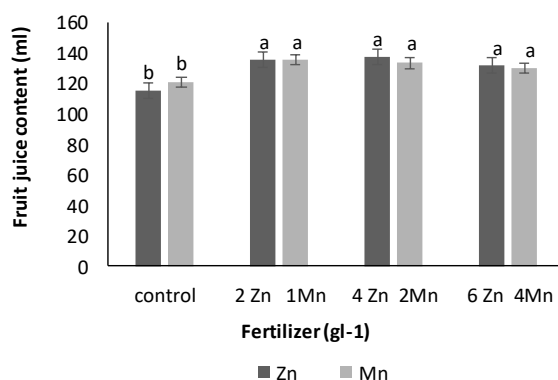
مقدار آب میوه

مقایسه سطوح مختلف سولفات روی و منگنز نشان داد که کاربرد این دو عنصر باعث افزایش معنی دار مقدار آب میوه در مقایسه با شاهد می گردد؛ ولی با این وجود تفاوت معنی داری بین سطوح آنها مشاهده نگردید (شکل ۶). در بررسی نتایج اثر متقابل سطوح سولفات روی و منگنز، بیشترین مقدار آب میوه (۱۵۴/۳۴ میلی لیتر) در تیمار کاربرد ۴ گرم سولفات روی و ۱ گرم سولفات منگنز به دست آمد. در هر سطح سولفات روی با افزایش میزان منگنز، مقدار آب میوه افزایش یافت. در شرایط عدم کاربرد سولفات روی، سولفات منگنز باعث افزایش معنی دار مقدار آب میوه در مقایسه با شاهد شد. در سطوح ۲ و ۴ گرم سولفات روی به ترتیب بیشترین میزان مقدار آب میوه در سطوح ۲ و ۱ گرم در لیتر سولفات منگنز مشاهده شد. در حالی که در سطح ۶ گرم سولفات روی، منگنز نتوانست تأثیر معنی داری بر مقدار آب میوه داشته باشد. در شرایط عدم کاربرد سولفات منگنز (صفر گرم در لیتر) سولفات روی باعث افزایش معنی دار مقدار آب میوه در مقایسه با شاهد شد، هرچند تفاوت معنی داری بین سه سطح کود سولفات روی وجود نداشت. در سطوح ۱ و ۲ گرم سولفات روی، کاربرد منگنز باعث افزایش معنی دار مقدار آب میوه شد؛ در حالی که در سطح ۴ گرم در لیتر سولفات منگنز، کاربرد سولفات روی تأثیر معنی داری بر مقدار آب میوه نداشت. مطالعات مختلف بیانگر تأثیر مثبت کاربرد روی و منگنز بر مقدار آب میوه است. به طوری که

Dorostkar (1996) به این نتیجه رسید که با محلول پاشی روی و منگنز در هنگام متورم شدن جوانه، حجم میوه و حجم آب میوه افزایش می یابد. از طرفی مطالعات Rastegar (2006)، Arzani & Akhlaghi- (2005) و Amiri (2000)، Tadayon & Rastgar (2005) و Jahanbean *et al* (2009) نشان دادند که کاربرد سولفات روی باعث افزایش اندازه، وزن و مقدار آب میوه در مرکبات می شود. محلول پاشی درختان پرتقال دارای کمبود روی در اوایل بهار، موجب افزایش مقدار آب میوه شده است (Dixi & Gamdagin, 1978).

مواد جامد محلول

نتایج نشان داد که سولفات روی و منگنز باعث افزایش مواد جامد محلول در پرتقال شدند و در این بین سولفات روی در مقایسه با سولفات منگنز تأثیر بیشتری در افزایش این صفت داشت. سطوح مختلف سولفات روی باعث افزایش معنی دار مواد جامد محلول در مقایسه با شاهد شد. در بین سطوح مختلف روی بیشترین میزان مواد جامد محلول در تیمار ۴ گرم در لیتر مشاهده شد. این در حالی است که کاربرد مقادیر بیشتر (۶ گرم در لیتر) باعث کاهش معنی دار این صفت گردید (شکل ۷). در تمام سطوح سولفات روی به استثنای سطح ۴ گرم در لیتر، با افزایش میزان سولفات منگنز، تغییر معنی داری در مواد جامد محلول مشاهده نشد. کاربرد ۱ گرم در لیتر سولفات روی به همراه ۴ گرم در لیتر سولفات منگنز باعث افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با تمام تیمارها گردید.



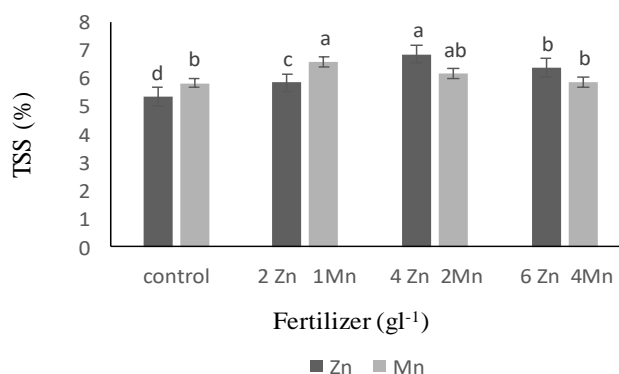
شکل ۶. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر مقدار آب میوه. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است
Figure 6. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruit juice content. Levels of each factor compared separately.

بالاتر (۴ و ۶ گرم در لیتر) باعث افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد گردید. کاربرد سولفات منگنز تا سطح ۱ گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار میزان ویتامین ث در مقایسه با شاهد شد؛ اما در سطوح بالاتر (۲ و ۴ گرم در لیتر) روند کاهشی این صفت مشاهده شد؛ به طوری که در غلظت ۴ گرم در لیتر سولفات منگنز میزان ویتامین ث به طور معنی‌دار نسبت به غلظت ۱ گرم در لیتر کاهش یافت (شکل ۸). سولفات منگنز به تنهایی نتوانست باعث افزایش معنی‌دار ویتامین ث شود، در حالی که کاربرد روی در هر سطح سولفات منگنز باعث افزایش معنی‌دار ویتامین ث گردید و در هر سطح سولفات منگنز کمترین میزان ویتامین ث در شرایط عدم کاربرد سولفات روی مشاهده شد (جدول ۳). مشابه این پژوهش، محلول پاشی روی باعث افزایش میزان آسکوربیک اسید (ویتامین ث) در پرتقال نافی شد (Nakhlla, 1998). همچنین گزارش شده است که محلول پاشی با سولفات روی می‌تواند به طور معنی‌داری میزان آسکوربیک اسید میوه‌های نارنگی کینو را افزایش دهد (Nawaz *et al.*, 2008). از طرفی نشان داده شد که کاربرد توام اسید بوریک ۰.۳٪ و سولفات روی ۰.۵٪ در مرحله تشکیل میوه، باعث بهبود کیفیت میوه نارنگی از طریق افزایش ویتامین ث شده است (Khan *et al.*, 2012). همچنین Alinezhad *et al.* (2012) گزارش کردند که کاربرد سولفات روی با غلظت ۴ گرم، باعث افزایش ویتامین ث میوه نارنگی کلمانتین می‌شود.

در هر سطح سولفات منگنز با افزایش غلظت سولفات روی، مقدار مواد محلول جامد افزایش یافت که در اغلب موارد، این افزایش هنگام کاربرد ۲ یا ۴ گرم در لیتر سولفات روی معنی‌دار بود (جدول ۳). مشابه این نتایج Quin (1996) در پژوهش خود به این نتیجه رسید که با محلول پاشی بر روی در پرتقال، میزان مواد جامد محلول به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. در این راستا Abbdel & Ahmad (1995) گزارش کردند که محلول پاشی روی در پرتقال مواد جامد محلول و قند کل را افزایش داده است. مشابه این نتایج در سایر درختان میوه از جمله توت‌فرنگی (Enayati *et al.*, 2012)، انگور (Perovic, 1988)، انار (Mirzapour & Khoshgofarmanesh, 2013; Hasani *et al.*, 2012) محلول پاشی روی باعث افزایش مواد جامد محلول در میوه می‌شود. به نظر می‌رسد روی از طریق ایفای نقش کلیدی در فتوسنتز (Hopkins & Hüner, 2008)، تحریک سنتز و افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در ساخته شدن پروتئین‌ها باعث افزایش مواد جامد محلول میوه گردد (Marschner, 2012).

ویتامین ث

ویتامین ث یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده کیفیت میوه پرتقال است. طبق نتایج به دست آمده کلیه سطوح محلول پاشی، میزان ویتامین ث میوه را نسبت به شاهد به طور معنی‌دار افزایش دادند (شکل ۸). با افزایش میزان سولفات روی تا سطح ۲ گرم در لیتر، تفاوت معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد؛ در حالی که سطوح

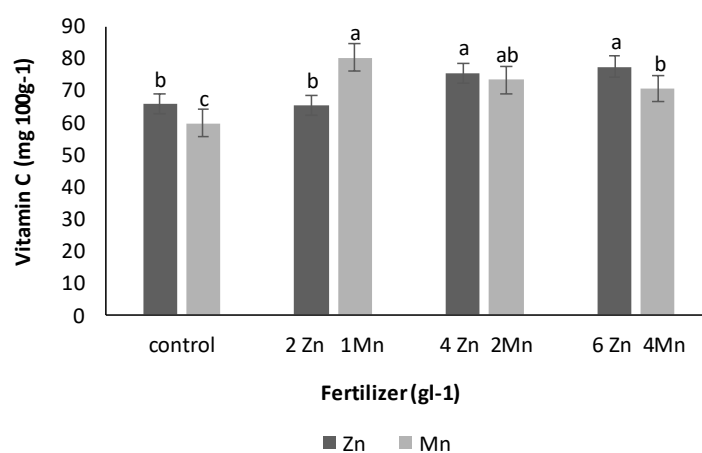


شکل ۷. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر مواد جامد محلول. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 7. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on TSS. Levels of each factor compared separately.

ویتامین ث شد (جدول ۳). در این بین سطح ۱ گرم در لیتر، مؤثرترین غلظت سولفات منگنز در افزایش میزان ویتامین ث بود؛ به طوری که بیشترین (۸۴/۰۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) میزان ویتامین ث در تیمار ۶ گرم در لیتر سولفات روی+۱ گرم در لیتر سولفات منگنز به دست آمد. گزارش شده است که منگنز از طریق شرکت در واکنش‌های انتقال الکترون، فتوسنتز و گلدهی و تولید کلروفیل باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه می‌شود (Malakouti & Homaei, 2003).

طبق گزارش Enayati *et al.* (2012) محلول پاشی روی به میزان ۳ گرم در لیتر باعث افزایش ویتامین ث در رقم کردستان توت‌فرنگی شد. از آنجاکه روی نقش فعال‌کننده سنتز اکسین را برعهده دارد احتمالاً افزایش سنتز اکسین باعث افزایش ذخیره غلظت آسکوربیک اسید در مرکبات می‌گردد (Nawaz *et al.*, 2008).

کاربرد سولفات منگنز در تمام سطوح سولفات روی (به استثنای غلظت ۶ گرم در لیتر) باعث افزایش میزان



شکل ۸. اثر سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر میزان ویتامین ث میوه. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 8. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruit vitamin C content. Levels of each factor compared separately.

جدول ۳. اثر متقابل سطوح مختلف سولفات روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی میوه پرتقال واشنگتن ناول

Table 3. Interaction effects of different levels of Zn and Mn sulfate on quantitative characteristics of Washington Novel fruits

Zn sulfate (g l ⁻¹)	Mn sulfate (g l ⁻¹)	Fruit number (South direction)	Fruit number (North direction)	Fruit weight (g fruit ⁻¹)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit juice content (ml)	Total soluble solids (%)	Vitamin C (g 100ml ⁻¹)
0	0	3.67 f	4.34g	240.25 f	7.50 c	7.44 f	96.67 e	5.07 c	39.34 c
0	1	9.67 cde	9.00 ef	266.35 de	8.44 bc	8.07 e	126.00 c	5.40 bc	75.67 a
0	2	10.34 cde	5.67 fg	251.23 ef	8.34 bc	8.00 de	111.34 d	5.40 bc	70.34 ab
0	4	5.34 ef	9.76 def	262.24 de	8.24 bc	8.27 cde	128.00 c	5.57 bc	78.00 a
2	0	13.67 bcd	13.34 cde	254.83 ef	8.14 bc	8.14 de	127.34 c	5.54 bc	55.00 bc
2	1	9.00 def	9.67 def	271.29 cd	8.50 b	8.17 de	134.00 c	6.24 b	80.34 a
2	2	9.34 def	10 def	276.83 cd	8.30 bc	8.07 e	149.00ab	6.30 b	71.00 ab
2	4	12.00 bcd	10.67 de	274.47 cd	8.37 bc	8.44 cde	132.67 c	5.37 bc	55.00 bc
4	0	14.00 bcd	15.34 bc	203.85 b	8.93 b	8.30 cde	126.67 c	6.30 b	72.00 ab
4	1	21.34 a	20.34 a	321.16 a	10.00 a	9.54 a	156.34 a	8.37 a	81.34 a
4	2	15.67 abc	15.67 bc	275.97 cd	8.27 bc	8.64 bcd	139.67bc	6.47 b	70.34 ab
4	4	16.67 ab	15.00 bc	285.47 c	8.74 b	9.10 ab	128.67 c	6.40 b	78.67 a
6	0	15.67 abc	14.00 bcd	287.90 c	8.54 b	8.47 cde	132.67 c	6.50 b	73.00 a
6	1	13.34 bcd	16.34 bcd	283.45 c	8.67 b	8.47 bc	128.00 c	6.40 b	84.00 a
6	2	16.67 ab	16.00 bc	281.78 c	8.67 b	8.44 cde	134.67 c	6.50 b	82.00 a
6	4	16.67 ab	18.00 ab	254.20 ef	8.80 b	8.64 bcd	132.67 c	6.20 b	71.00 b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, the means with at least one similar letter do not differ significantly (P=0.05).

نتیجه‌گیری

سولفات‌منگنز و سولفات‌روی باعث افزایش میانگین صفات گردید. در تیمارهای ترکیبی، نقش سولفات‌روی در مقایسه با سولفات‌منگنز در بهبود صفات کمی و کیفی بیشتر بود. مقادیر زیاد سولفات‌منگنز همراه با سولفات‌روی اثر آنتاگونیسمی بر وزن میوه پرتقال دارد به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تمام صفات (به‌استثنای میزان ویتامین ث) بهترین تیمار ترکیبی، کاربرد ۴ گرم در لیتر سولفات‌روی همراه با ۱ گرم در لیتر سولفات‌منگنز بود.

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد سولفات‌روی و منگنز باعث بهبود اکثر صفات کمی و کیفی مورد مطالعه در میوه پرتقال واشنگتون ناول در زمان برداشت در خاک‌های دچار کمبود این عناصر گردید. سولفات‌روی باعث افزایش معنی‌دار تمام صفات کمی و کیفی پرتقال در مقایسه با شاهد گردید. سولفات‌منگنز تمام صفات به‌استثنای تعداد میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در اغلب موارد، کاربرد ترکیبی

REFERENCES

- Ahmad, M. & Abbdel, F. M. (1995). Effect of urea, some micronutrients and growth – regulators foliar spray on the yield, fruit quality, and some vegetative characteristics of Washington navel orange tree. *HortScience*, 30, 774. (in Farsi)
- Alinezhad Jahromi, H., Shirani, E. & Heydari, J. (2012). The effect of naphthalene acetic acid, potassium sulfate and zinc sulfate on quantitative and qualitative characteristics of Cementine tangerine. *Journal of Horticulture Science*, 26, 286-291.
- Arzani, K. & Akhlaghi-Amiri, N. (2000). Size and quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* L.) As affected by 2-4-D and naphthalene acetic acid (naa). *Seed and plant improvement Journal*, 16, 450-459. (in Farsi)
- Alloway, B. J. (2008). *Zinc in soil and crop nutrition*. (2nd Ed.). International Zinc Association Brussels, and International Fertilizer, Paris.
- Bacha, M. A., Sabbah, S. H. & El-Hamady, M. (1995) Effect of foliar applications of iron, zinc and manganese on yield, berry quality and leaf mineral composition of Thompson seedless and Roumy red grape. Cultivars. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 40, 315- 331.
- Castro, J. & Sotomayor, C. (1997). The influence of boron and zinc sprays at bloom time on almond fruit set. *Acta Horticulture*, 470, 402-405.
- Dixi, C. X. and Gamdagin, R. (1978). Effect of foliar application of zinc and iron chlorosis and yield of Kinnow. *Progressive Horticulture*, 10, 13-19.
- Dorostkar, H. (1996). *The effect of foliar application of zinc and nitrogen on the performance and quality of oranges in Jahrom*. M.Sc. thesis. Agriculture College Tehran University, Iran. (In Farsi).
- Embleton, T. W., Wallihan, E. F. & Goodall, G. E. (1965). Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of foliar applied manganese on California lemons. In: *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 86, 253-259.
- Enayati, N., Shahsavari, A. R., Shekafandeh, A. & Mozafari, A. A. (2012). Effects of preharvest spray of zinc and calcium sulphate on fruit quantitative and qualitative traits of strawberry cv, "Kurdistan". *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 12, 345-354. (in Farsi)
- Graham, R. D., Alscher, J. S. & Haynes, S. C. (1992). Selecting Zinc-efficient cereals genotypes for soils of low Zn status. *Plant and Soil*, 146, 241-250.
- Hao, H., Wei, Y., Yang, X., Feng, Y. & Wu, C. (2007). Effects of Different Nitrogen Fertilizer Levels on Fe, Mn, Cu and Zn Concentrations in Shoot and Grain Quality in Rice (*Oryza sativa*). *Rice Science*, 14, 289-294.
- Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G. & Fatahi, R. (2012). Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12, 471-480.
- Hippler, F. W. R., Boaretto, R. M., Quaggio, J. A., Boaretto, A. E., Abreu-Junior, C. H. & Mattos, D. Jr. (2015). Uptake and Distribution of Soil Applied Zinc by Citrus Trees-Addressing Fertilizer Use Efficiency with ⁶⁸Zn Labeling. *PLOS ONE* 10(3), e0116903. doi,10.1371/journal.pone.0116903.
- Hopkins, W. G. & Hüner, N. P. A. (2008). *Introduction to Plant Physiology*. (4th Ed.). John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- Hewitt, E. J. (1993). *Essential nutrient elements for plants in plant physiology*. ABS III, Academic press.
- Jahanbean, R., Yavari, S., Eshghi, S. & Tafazoli, S. (2009). The effect of 2,4-D and K₂SO₄ on quantitative and qualitative characteristics of sweet orange cv. Navel fruits. *Journal of Horticultural Science*, 22, 101-112. (in Farsi)

18. Maurer, M. & Truman, J. (2000). *Effect of Foliar Boron Sprays on Yield and Fruit Quality of Navel Oranges in 1998 and 1999*. 2000 Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report. University of Arizona, College of Agriculture, Tucson.
19. Khan, A. S., Ullah, W., Malik, A. U., Ahmad, R., Saleem, B. A. & Rajwana, I. A. (2012). Exogenous applications of boron and zinc influence leaf nutrient status, tree growth and fruit quality of Feutrell's early (*Citrus reticulata* Blanco). *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 49, 113-119.
20. Lolaei, A., Souri, M. K. & Jorjani, S. (2014). The impact of zinc sulfate on the concentration of leaf nutrients and the yield of citrus sinensis var, Thomson. *Plant and Ecosystem*, 37, 77-84. (in Farsi)
21. Marschner, P. (2012) Marschner's Mineral nutrition of higher plants, 3rd Ed.). Academic press, Elsevier Company, London, UK.
22. Malakouti, M. J. & Homaeae, M. (2003). *Soil fertility in arid and semiarid regions "Problems and Solutions"*. (2nd Ed.). Tarbiat Modarres University Publication. Tehran, Iran. (in Farsi)
23. Malakouti, M. J., Daryashenas, A. M., Rasteghar, H. & Sardouyee, M. R. (2000). Nutritional disorder diagnosis of citrus and its corrections for improving the yield and quality of citrus in Iran. *Journal of Soil and Water*, Special Issue on Balanced Fertilization. Tehran, Iran.
24. Malakouti, M. J., Moshiri, F., Ghaibi, M. N. & Molavi, S. (2005). Optimum Levels of Some Nutrients in Soils and Some Agronomic and Horticultural Crops. Sana Publication. Tehran. 22p. (in Farsi)
25. Mirzapour, M. H. & Khoshgoftarrmanesh, A. H. (2013). Effect of soil and foliar application of iron and zinc on quantitative and qualitative yield of pomegranate. *Journal of Plant Nutrition*, 36, 55-66.
26. Mohamed, F. A., Sharaf, A. N. M. & Mohsen A. M. (1994). Response of orange to foliar application of Manganese using ⁵⁴Mn. In Proceeding of *Nuclear techniques in soil plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation Symposium*, 17-21 Oct. Vienna, Austria, pp. 507-517.
27. Nakhlla, F. G. (1998). *Zinc spray on navel orange in newly reclaimed desert areas and its relation to foliar IAA level and fruit drop*. Bulletin, Faculty of Agriculture, University of Cairo, Egypt 49, 69-88.
28. Nawaz, M. A., Ahmad, W., Ahmad, S. & Khan, M. M. (2008). Role of growth regulators on pre harvest fruit drop, yield and quality in kinnow mandarin. *Pakistan Journal of Botany*, 40, 1971-1981.
29. Perovic N. (1988). Effect of micronutrients applied through leaves in combination with different times and ways of applying phosphorus- potassium fertilizers on yield and quality of grapes. *Arhiv-Za poljoprivredne Nauke*, (Yugoslavia), 49,143-152.
30. Quin, X. (1996). Foliar sprays of B, Zn and Mg and their effects on fruit production and quality of Jincheng orange (*Citrus sinensis*). *Journal of Southwest Agricultural University*, 18, 40-45.
31. Rastegar, S. (2006). *Evaluation of timed application of gibberellic acid and 2,4-D isopropyl ester on fruit quality and juice content in Navel oranges and Clementine mandarin*. M.Sc. thesis. College of Agriculture Shiraz University, Iran. (in Farsi)
32. Razaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M. & Ullah, S. (2013). Foliar application of zinc influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin. *Journal of Plant Nutrition*, 36, 1479-1495.
33. Saini, R. S., Sharma, K. D., Dhankhar, O. P. & Kaushik, R. A. (2001). *Laboratory Manual of analytical techniques in Horticulture*. Agro-Bios Publisher Jodhpur, India.
34. Seedkolai, F., Sadeghi, H. & Moradi, H. (2015). Effects of foliar applications of nitrogen, boron and zinc on auxin contents, fruit set and fruit drop in orange (*Citrus siensis*) cv. *Thompson Navel*. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46, 367-378. (in Farsi)
35. Singh, A. R., Maurya, V. N., Pande, N. C. & Rajput, R. S. (1989). Role of potash and zinc on the biochemical parameters of Kagzi lime (*Citrus aurantifolia* Swingle.). *Haryana Journal of Horticultural Science*, 18, 46-50.
36. Supriya, L., Bhattacharya, R. K. & Langthasa, S. (1993). Effect of foliar application of chelated and non-chelated Zinc on growth and yield of Assam lemon. *Horticulture Journal*, 6, 35-38.
37. Swietlik, D. & LaDuke, J. V. (1991). Productivity, growth, and leaf mineral composition of orange and grapefruit trees foliar-sprayed with zinc and manganese. *Journal of Plant Nutrition*, 14, 129-142.
38. Tadayon, M. S. & Rastgar, H. (2005). Effects of zinc, manganese and magnesium sulfate foliar spray on the fruit yield and quality of Jahrom local orange (*Citrus sinensis* SWING). *Iranian Journal of Horticultuyural Science and Technology*, 5, 201-214. (in Farsi)
39. Taiz, L. & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*. (3rd ed.). Sinauer Associates Publisher. USA.
40. Zeng, X. W., Ma, L. Q. & Qiu, R. L. (2011). Effects of Zn on plant tolerance and non-protein thiol accumulation in Zn hyperaccumulator *Arabis paniculata*. Franch. *Environmental and Experimental Botany*, 70, 227-232.
41. Yasin Ashraf, M., Ashraf, M., Akhtar, M., Mahmood, K. & Saleem, M. (2013). Improvement in yield, quality and reduction in fruit drop in kinnow (*Citrus reticulata* Blanco) by exogenous application of plant Growth regulators, potassium and zinc. *Pakistan Journal of Botany*, 45, 433-440.