Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 3, Autumn 2018 (779-790)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.238139.1286

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷ (ص ۷۹۰-۷۷۹)

بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال واشنگتن‌ناول (*Citrus sinensis* CV. Navel)

سارا خبازی[۱]، فرزین عبدالهی[۲*]، مصطفی قاسمی[۳] و سمیه رستگار[۲]

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد 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: ۱۳۹۶/۸/۱٤)

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 سولفات‌روی و سولفات‌منگنز بر کمیت و کیفیت میوه پرتقال نافی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سولفات‌روی در چهار سطح صفر، ۲، ٤ و ٦ گرم در لیتر و سولفات‌منگنز در چهارسطح صفر، ۱، ۲ و ٤ گرم در لیتر بودند که طی دو مرحله (۱۵روز قبل از تمام‌گل و ۱۵روز بعد از تمام‌گل) اعمال شدند. نتایج نشان داد هر دو نوع کود مورد استفاده، کیفیت میوه پرتقال را در زمان برداشت، در مقایسه با شاهد بهبود بخشیدند. به‌طوری‌که در درختان محلول‌پاشی 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 ٤ گرم در لیتر سولفات‌روی + ۱ گرم درلیتر سولفات‌منگنز بود. هم‌چنین نتایج اثر متقابل نشان داد که در اغلب صفات مورد بررسی، تیمارهای ترکیبی ٤ گرم سولفات‌روی + ۱ گرم سولفات‌منگنز، ٦ گرم سولفات‌روی + ۱ گرم سولفات‌منگنز و ٦ گرم سولفات‌روی + ٤ گرم سولفات‌منگنز، نتایج بهتری نشان دادند. به‌طورکلی می‌توان گفت که کاربرد کود سولفات‌روی و سولفات‌منگنز در مقایسه با شاهد توانستند کیفیت و کمیت میوه پرتقال را در زمان برداشت افزایش دهند.

واژه‌های کلیدی: سولفات‌روی، سولفات‌منگنز، محلول‌پاشی، 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 Khabazi[1], Farzin Abdollahi[2*], Mostafa Ghasemi[3] and Somayeh Rastegar[2]

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 Extention 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 stage15 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

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کمبود عناصر ریزمغذی در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا عامل محدودکننده رشد بسیاری از گیاهان است (Graham *et al*., 1992). به‌دلیل کمبود این عناصر، میانگین عملکرد بیشتر محصول‌های باغی پایین بوده و آسیب‌های اقتصادی زیادی را به باغداران می‌رساند. به‌دلیل اینکه ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده، در بیشتر باغ‌های مرکبات، کمبود عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن، روی و منگنز به‌دلیل آهکی‌بودن خاک، حل‌شوندگی پایین عناصرکم‌مصرف، pH بالا، پایین‌بودن درصد مواد آلی‌خاک 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 ساخته‌شدن و تجزیه پروتئین‌ها شرکت دارد (Marschner, 2012). مطالعات نشان داده است که سولفات‌روی 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 کوچک‌شدن برگ‌های انتهایی، ریزش برگ‌ها، رشد جوانه‌های جانبی در اثر از بین‌رفتن چیرگی انتهایی و ایجاد حالت جارویی در انتهای شاخه‌ها و نیز کاهش تعداد و رشد میوه را به‌دلیل کمبود ساخت هورمون اکسین در شرایط کمبود عنصر روی نشان می‌دهند (Marschner, 2012; Razzaq, 2013).

منگنز یکی دیگر از عناصرغذایی کم‌مصرف می‌باشد که نقش اساسی در فرآیندهای گیاهی از جمله فعال‌کردن سیستم‌های آنزیمی دهیدروژناز، دکربوکسیلاز، کیناز، اکسیداز، پراکسیداز، آرژناز و فسفوترانسفراز دارد (Taiz & Zeiger 2002). منگنز در فعال‌کردن دو آنزیم کلیدی فتوسنتز شامل ریبولوز بیس‌فسفات کربوکسیلاز و فسفو اینول پیروات کربوکسیلاز دخیل است. از طرف دیگر به‌دلیل 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 چوبی‌شدن، خشکی و بی‌مزگی دارد (Mohamed *et al*., 1994). کاربرد سولفات‌روی 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، محلول‌پاشی درختان با ترکیب‌های دارای روی موجب افزایش مقدار آسکوربیک‌اسید و درصد آب میوه ارقام پرتقال می‌شود (Ahmad & Abbdel, 1995). آزمایشی که براساس تأثیر عنصر روی بر تشکیل میوه لیموترش انجام شد، نشان داد که مصرف روی به‌صورت محلول‌پاشی سولفات‌روی، 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، محلول‌پاشی درخت لیمو با غلظت ۰/۵ درصد سولفات‌روی باعث افزایش عملکرد و ویتامین ث (آسکوربیک‌اسید) و کل مواد جامد محلول (TSS) و اسیدکل شد (Singh *et al*., 1989). محلول‌پاشی منگنز در درختان دارای کمبود، باعث افزایش معنی‌دار موادجامد قابل حل کل در آب میوه ارقام مرکبات می‌شود (Quin, 1996). براین اساس، به‌نظر 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 سولفات‌روی و ۰، ۱ و ۲ گرم در لیتر سولفات‌منگنز و ۰، ۵ و ۱۰ گرم در لیتر سولفات‌منیزیم 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 سولفات‌منگنز به‌تنهایی نیز موجب افزایش معنی‌دار میزان مواد جامد محلول کل میوه شد که بهترین تیمار، غلظت ۴ در هزار سولفات‌روی و ۱ در هزار سولفات‌منگنز 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 هدف از این پژوهش مطالعه اثر تیمارهای قبل از برداشت سولفات‌روی و سولفات‌منگنز 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 به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف سولفات‌روی (۰، ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر) و سولفات‌منگنز (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، به‌صورت کاملا 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 نمونه‌برداری از اهمیت زیادی برخوردار است. برای این منظور، از ۱۰ تا ۲۰ نقطه باغ و در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری 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 سولفات‌روی و منگنز بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و توصیه‌های کودی به‌کار رفت (Malakouti *et al*., 2005). تیمارهای کودی بر روی درختان پرتقال نافی به‌صورت محلول‌پاشی و با استفاده از محلول‌پاش ۲۰ لیتری در دو مرحله‌ی 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 قطرمیوه، مقدار آب میوه، مواد جامد محلول (TSS) و ویتامین ث ارزیابی شدند.

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

Archive of SID

www.SID.ir

برای اندازه‌گیری طول و قطر میوه از کولیس با دقت ۰/۰۱ برحسب میلی‌متر استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقدار آب میوه پس از آبگیری میوه‌ها، مقدار آن توسط استوانه مدرج و برحسب 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 هرکدام اندازه‌گیری و سپس میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هر میوه درنظر گرفته شد.

میزان مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر (Refractometer) دیجیتال 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 آسکوربیک‌اسید در ۱۰۰ گرم نمونه) موجود در میوه‌ها به‌روش تیتراسیون با ۲،۶ دی کلروفنل‌ایندوفنل اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان اسید آسکوربیک مقدار ۱ سی‌سی از آب میوه را با ۵ سی‌سی متافسفریک مخلوط کرده و پس از سانتریفیوژ به‌مدت ۳ دقیقه، محلول رویی را برداشته و با ایندوفنل تیتر 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):

$$AA= (V\times F\ Y\times 100) /(W \times T) \quad (۱)$$

که در آن AA، میزان اسیدآسکوربیک در هر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه است، V میلی‌لیتر ایندوفنل مصرف‌شده در تیتراسیون، F عامل ایندوفنل که برای محلول استاندارد اسیدآسکوربیک برابر با ۰/۲۵ است، Y میلی‌لیتر حجم مخلوط میوه و اسید متافسفریک که برابر با ۶ است، W گرم وزن نمونه که برابر با ۱ گرم است و T میلی‌لیتر حجم نمونه برای تیتراسیون که برابر با ۵ است. اطلاعات به‌دست‌آمده، از طریق برنامه آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرارگرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون LSD در سطح آماری ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سولفات‌روی و سولفات‌منگنز و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر اغلب صفات کمی وکیفی اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۲). به‌گونه‌ای که سولفات‌روی بر تمامی صفات کمی و کیفی از جمله تعداد میوه در هردرخت، وزن میوه، طول و قطر میوه، مقدار آب میوه، مواد جامدمحلول و ویتامین‌ث، در سطح ۱ درصد اثر معنی‌دار داشت. اگرچه اثر سولفات‌منگنز بر تعداد میوه معنی‌دار 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٪ معنی‌دار بود. اثر بر هم‌کنش سولفات‌روی 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٪ معنی‌دار بود.

جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر سولفات‌روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی میوه پرتقال واشنگتن‌ناول

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

Sources of Variances	df	Fruit number (South direction)	Fruit number (North direction)	Fruit weight	Fruit lenght	Fruit diameter	Fruit juice content	Total soluable 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^{ns}	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، ** و *: نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

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

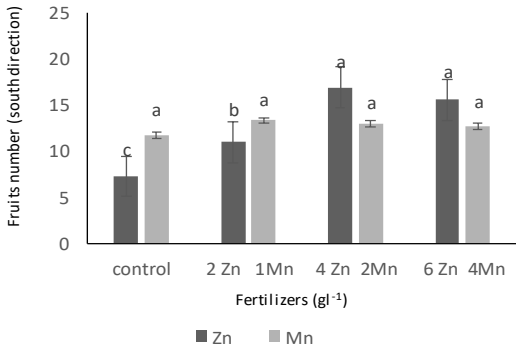
Archive of SID

www.SID.ir

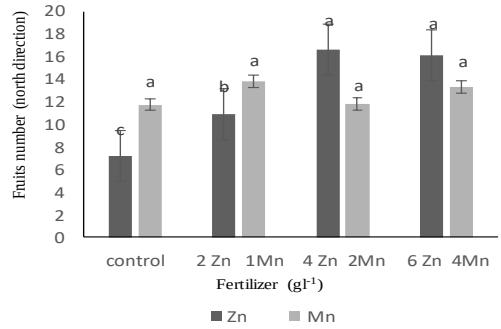
تعداد میوه

این مطالعه نشان داد که کاربرد سولفات‌روی باعث افزایش معنی‌دار تعداد میوه در مقایسه با شاهد گردید به‌طوری‌که بیشترین تعداد میوه در سطوح ۴ و ۶ گرم در لیتر مشاهده شد. درحالی‌که سولفات‌منگنز تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (شکل‌های ۱ و ۲). مشابه این نتایج Swietlik & laduk (1991) بیان کردند که غلظت خیلی پایین سولفات‌روی 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 سولفات‌روی از طریق افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ موجب افزایش تعداد میوه پرتقال می‌شود (Lolaei *et al*., 2014).

اثر برهمکنش بین سطوح مختلف سولفات‌روی و سولفات‌منگنز نشان داد که در سطوح پایین سولفات‌روی (۰ و ۲گرم در لیتر)، کاربرد سولفات‌منگنز تأثیر معنی‌داری در افزایش تعداد میوه در مقایسه با شاهد نداشت. در هر سطح کود سولفات‌منگنز، با افزایش میزان روی، تعداد میوه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت؛ به‌طوری که بیشترین تعداد میوه هنگام کاربرد ۱ گرم سولفات‌منگنز همراه با کاربرد ۴ گرم در لیتر سولفات‌روی به‌دست آمد (جدول۴). اهمیت روی به‌دلیل نقشی است که در تولید هورمون اکسین دارد، تولید این هورمون سبب افزایش سطح برگ و نهایتا تعداد میوه در هر درخت می‌شود (Marschner, 2012; Razzaq, 2013). از طرف دیگر، برخی مطالعات نشان داده‌اند که محلول‌پاشی سولفات‌روی، 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 سولفات‌روی همراه با اسیدبوریک ۰/۵ در هزار باعث افزایش معنی‌دار درصد تشکیل میوه می‌شود.



شکل ۱. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی 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



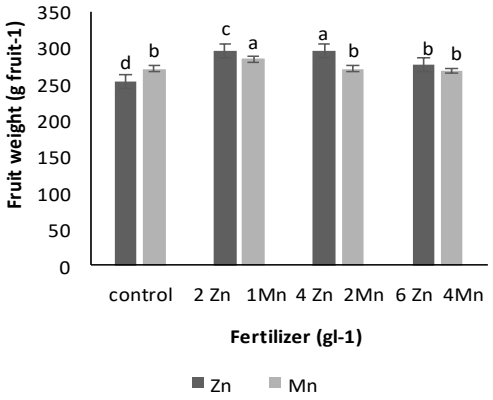
شکل۲. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی و منگنز بر تعداد میوه (سمت شمال). سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 2. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruits number (north direction). Levels of each factor compared separately

Archive of SID

www.SID.ir

وزن میوه

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



شکل ۳. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی 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

اگرچه هر سه سطح سولفات‌منگنز باعث افزایش معنی‌دار وزن میوه در مقایسه با شاهد گردید؛ اما تفاوت معنی‌داری بین آنها به‌دست نیامد (شکل۳). کاربرد سولفات‌منگنز به‌تنهایی نتوانست باعث بهبود وزن میوه گردد و کاربرد همزمان دو ترکیب سولفات‌روی و سولفات‌منگنز باعث افزایش معنی‌دار وزن میوه در مقایسه با کاربرد جداگانه سولفات‌منگنز شد (جدول۳). به‌طوری‌که در هر سطح سولفات‌منگنز، با افزایش میزان سولفات‌روی وزن میوه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت و در اغلب موارد بیشترین وزن میوه در سطح ۴ گرم در لیتر سولفات‌روی تعیین شد. مشابه این نتایج Lolaei *et al.* (2014) گزارش دادند، تیمار ۴ میلی‌گرم در لیتر سولفات‌روی بیشترین میزان وزن میوه در مقایسه با شاهد داشته است. به‌نظر می‌رسد که از آنجاکه روی در ساختار آنزیم کربنیک‌انهیدراز 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 توام سولفات‌روی و سولفات‌منگنز باعث کاهش وزن میوه در مقایسه با سولفات‌روی به‌تنهایی گردید (جدول ۳). از طرف دیگر در سطوح پایین سولفات‌روی، با افزایش میزان سولفات‌منگنز وزن میوه افزایش یافت؛ اما در سطوح بالاتر (۴ و ۶ گرم در لیتر) کاربرد مقادیر زیاد (۲ و ۴ گرم در لیتر) سولفات‌منگنز باعث کاهش وزن میوه شد. این نتایج بیانگر این موضوع است که احتمالاً کاربرد مقادیر زیاد سولفات‌منگنز همراه با سولفات‌روی اثر آنتاگونیسمی بر وزن میوه پرتقال دارد. در مجموع بیشترین (۳۲۱/۷ گرم) وزن میوه هنگام کاربرد ۴ گرم در لیتر سولفات‌روی همراه با ۱ گرم در لیتر سولفات‌منگنز اندازه‌گیری شد. درحالی‌که Bacha *et al.* (1995) طی مطالعات خود بر روی انگور به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی عناصر روی و منگنز در زمان‌های مختلف باعث افزایش عملکرد محصول، وزن و اندازه آن می‌شود.

طول و قطر میوه

نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت سولفات‌روی و سولفات‌منگنز طول و قطر میوه در مقایسه با شاهد افزایش یافت. در بین سطوح مختلف سولفات‌روی بیشترین طول و قطر میوه در غلظت ۴ گرم در لیتر مشاهده شد که در اغلب موارد با سایر سطوح سولفات‌روی تفاوت معنی‌دار داشت، درحالی‌که در بین سطوح سولفات‌منگنز بیشترین طول و قطر میوه درغلظت ۱ گرم در لیتر به‌دست آمد که با سطوح صفر (شاهد) و ۴ گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل‌های ۴ و ۵).

در اغلب سطوح کود سولفات‌روی (به‌استثنای ۴ گرم در لیتر) با افزایش میزان سولفات‌منگنز تغییر معنی‌داری در طول میوه مشاهده نشد (جدول ۳). بیشترین طول

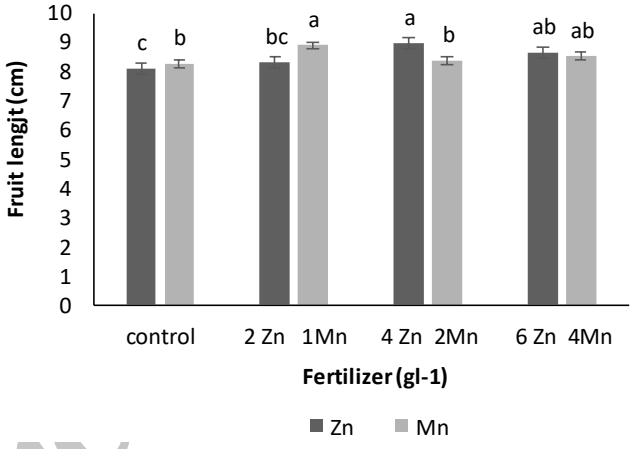
Archive of SID

www.SID.ir

میوه در سطح ۴ گرم در لیتر سولفات‌روی همراه با کاربرد ۱ گرم در لیتر سولفات‌منگنز به‌دست آمد. درحالی‌که در اغلب موارد در هر سطح کود سولفات‌منگنز، افزایش سولفات‌روی باعث افزایش معنی‌دار طول میوه شد. این موضوع بیانگر تأثیر بیشتر عنصر روی در افزایش طول میوه در مقایسه با منگنز می‌باشد (جدول ۳).

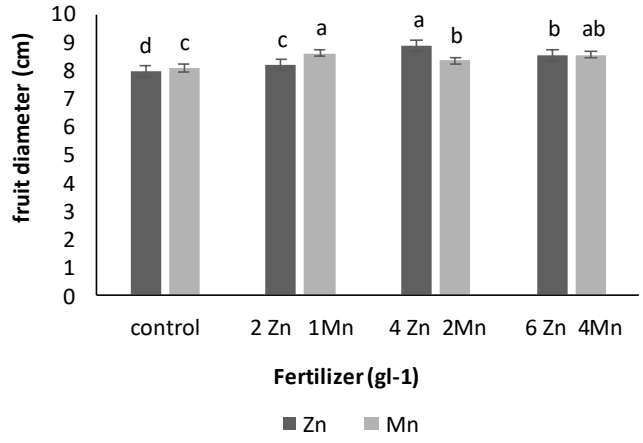
در شرایط عدم کاربرد سولفات‌روی، افزایش سولفات‌منگنز باعث افزایش معنی‌دار قطر میوه در مقایسه با شاهد شد. در سطوح ۲ و ۶ گرم در لیتر سولفات‌روی، کاربرد منگنز تأثیر معنی‌داری بر قطر میوه پرتقال نداشت؛ اما کاربرد این عنصر همراه با غلظت ۴ گرم در لیتر سولفات‌روی اثر معنی‌داری بر قطر میوه داشت. در مجموع در بین تمام تیمارها، بیشترین قطر میوه هنگام کاربرد تلفیقی ۴ گرم سولفات‌روی و ۱ گرم سولفات‌منگنز به‌دست آمد که با تمام تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳). در تأیید این نتایج، مطالعات نشان دادند که محلول‌پاشی سولفات‌روی باعث افزایش معنی‌دار طول و قطر میوه در پرتقال (Ahmad & Abbdel, 1995) و نارنگی (Razzaq, 2013) در مقایسه با شاهد می‌گردد.

به‌نظر می‌رسد افزایش طول و قطر میوه ناشی از کاربرد سولفات‌روی، به‌دلیل نقشی است که روی در سنتز اکسین و درنتیجه تحریک رشد سلولی ایفا می‌کند (Castro, 1997; Hewit, 1993). از طرف دیگر سولفات‌روی در بسیاری از فعالیت‌های آنزیمی گیاه که در سنتز پروتئین‌ها دخالت دارند نقش تسریع‌کننده، فعال‌کننده و یا ساختاری بازی می‌کند (Hopkins & Hüner, 2008; Marschner, 2012).



شکل ۴. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی و منگنز بر طول میوه. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.

Figure 4. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruit lenght. Levels of each factor compared separately.



شکل۵. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی و منگنز بر قطر میوه. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.

Figure 5. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on fruit diamater. Levels of each factor compared separately.

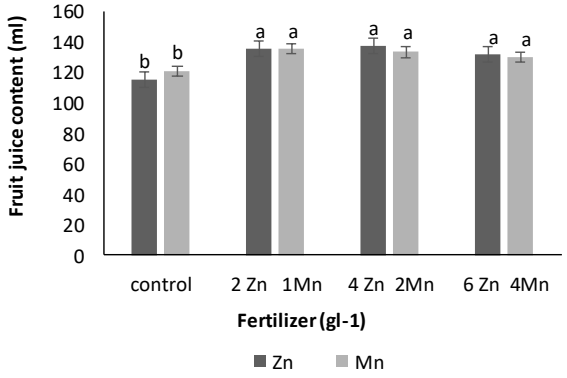
www.SID.ir

مقدار آب میوه

مقایسه سطوح مختلف سولفات‌روی و منگنز نشان داد که کاربرد این دو عنصر باعث افزایش معنی‌دار مقدار آب میوه در مقایسه با شاهد می‌گردد؛ ولی با این وجود تفاوت معنی‌داری بین سطوح آنها مشاهده نگردید (شکل ۶). در بررسی نتایج اثر متقابل سطوح سولفات‌روی و منگنز، بیشترین مقدار آب میوه (۱۵۴/۳۴ میلی‌لیتر) در تیمار کاربرد ۴ گرم سولفات‌روی و ۱ گرم سولفات‌منگنز به‌دست آمد. در هر سطح سولفات‌روی با افزایش میزان منگنز، مقدار آب میوه افزایش یافت. در شرایط عدم کاربرد سولفات‌روی، سولفات‌منگنز باعث افزایش معنی‌دار مقدار آب میوه در مقایسه با شاهد شد. در سطوح ۲ و ۴ گرم سولفات‌روی به‌ترتیب بیشترین میزان مقدار آب میوه در سطوح ۲ و ۱ گرم در لیتر سولفات‌منگنز مشاهده شد. درحالی‌که در سطح ۶ گرم سولفات‌روی، منگنز نتوانست تأثیر معنی‌داری بر مقدار آب میوه داشته باشد. در شرایط عدم کاربرد سولفات‌منگنز (صفر گرم در لیتر) سولفات‌روی باعث افزایش معنی‌دار مقدار آب میوه در مقایسه با شاهد شد، هرچند تفاوت معنی‌داری بین سه سطح کود سولفات‌روی وجود نداشت. در سطوح ۱ و ۲ گرم سولفات‌روی، کاربرد منگنز باعث افزایش معنی‌دار مقدار آب میوه شد؛ درحالی‌که در سطح ۴ گرم در لیتر سولفات‌منگنز، کاربرد سولفات‌روی تأثیر معنی‌داری بر مقدار آب میوه نداشت. مطالعات مختلف بیانگر تأثیر مثبت کاربرد روی و منگنز بر مقدار آب میوه است. به‌طوری‌که Dorostkar (1996) به این نتیجه رسید که با محلول‌پاشی روی و منگنز در هنگام متورم‌شدن جوانه، حجم میوه و حجم آب میوه افزایش می‌یابد. از طرفی مطالعات Rastegar (2006)، Arzani & Akhlaghi-Amiri (2000)، Tadayon & Rastgar (2005) و Jahanbean *et al* (2009) نشان دادند که کاربرد سولفات‌روی باعث افزایش اندازه، وزن و مقدار آب میوه در مرکبات می‌شود. محلول‌پاشی 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 سولفات‌روی و منگنز باعث افزایش موادجامدمحلول در پرتقال شدند و در این بین سولفات‌روی در مقایسه با سولفات‌منگنز تأثیر بیشتری در افزایش این صفت داشت. سطوح مختلف سولفات‌روی باعث افزایش معنی‌دار 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 معنی‌دار این صفت گردید (شکل۷). در تمام سطوح سولفات‌روی به‌استثنای سطح ۴ گرم در لیتر، با افزایش میزان سولفات‌منگنز، تغییر معنی‌داری در مواد جامد محلول مشاهده نشد. کاربرد ۱ گرم در لیتر سولفات‌روی به‌همراه ۴ گرم در لیتر سولفات‌منگنز باعث افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با تمام تیمارها گردید.



شکل ۶. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی 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.

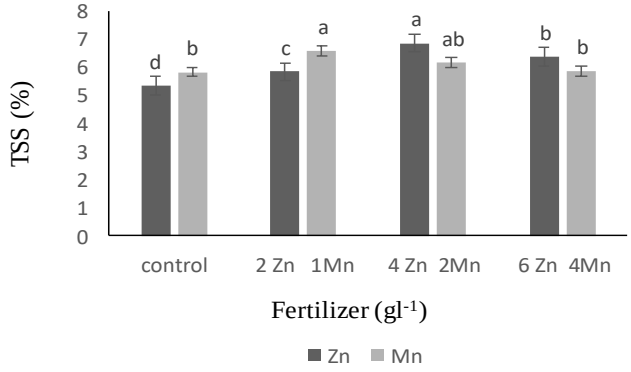
Archive of SID

www.SID.ir

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

ویتامین‌ث

ویتامین ث یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده کیفیت میوه پرنقال است. طبق نتایج به‌دست‌آمده کلیه سطوح محلول‌پاشی، میزان ویتامین‌ث میوه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش دادند (شکل۸). با افزایش میزان سولفات‌روی تا سطح ۲ گرم در لیتر، تفاوت معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد؛ درحالی‌که سطوح بالاتر (۴ و ۶ گرم در لیتر) باعث افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با شاهد گردید. کاربرد سولفات‌منگنز 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؛ به‌طوری که در غلظت ۴ گرم در لیتر سولفات‌منگنز میزان ویتامین ث به‌طور معنی‌دار نسبت به غلظت ۱ گرم در لیتر کاهش یافت (شکل ۸). سولفات‌منگنز به‌تنهایی نتوانست باعث افزایش معنی‌دار ویتامین ث شود، درحالی‌که کاربرد روی در هر سطح سولفات‌منگنز باعث افزایش معنی‌دار ویتامین ث گردید و در هر سطح سولفات‌منگنز کمترین میزان ویتامین ث در شرایط عدم کاربرد سولفات‌روی مشاهده شد (جدول۳). مشابه این پژوهش، محلول‌پاشی روی باعث افزایش میزان آسکوربیک‌اسید (ویتامین‌ث) در پرتقال نافی شد (Nakhlla, 1998). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی با سولفات‌روی می‌تواند به‌طورمعنی‌داری میزان آسکوربیک‌اسید میوه‌های نارنگی کینو را افزایش دهد (Nawaz *et al.*, 2008). از طرفی نشان داده شد که کاربرد توام اسید بوریک ۳٪ و سولفات‌روی ۵٪ در مرحله تشکیل میوه، باعث بهبود کیفیت میوه‌ی نارنگی از طریق افزایش ویتامین ث شده است (Khan *et al.*, 2012). همچنین Alinezhad *et al.* (2012) گزارش کردند که کاربرد سولفات‌روی با غلظت ۴ گرم، باعث افزایش ویتامین‌ث میوه نارنگی کلمانتین می‌شود.



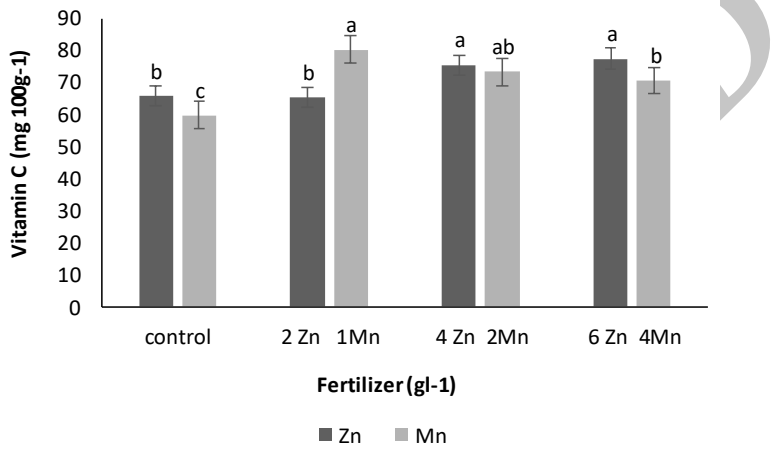
شکل۷. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی و منگنز بر مواد جامد محلول. سطوح هر عامل جداگانه مقایسه شده است.
Figure 7. Effect of different Zn and Mn sulfate levels on TSS. Levels of each factor compared separately.

Archive of SID

www.SID.ir

طبق گزارش Enayati *et al.* (2012) محلول‌پاشی روی به‌میزان ۳ گرم در لیتر باعث افزایش ویتامین ث در رقم کردستان توت‌فرنگی شد. ازآنجاکه روی نقش فعال‌کننده سنتز اکسین را برعهده دارد احتمالاً افزایش سنتز اکسین باعث افزایش ذخیره غلظت آسکوربیک‌اسید در مرکبات می‌گردد (Nawaz *et al.*, 2008).

کاربرد سولفات‌منگنز در تمام سطوح سولفات‌روی (به‌استثنای غلظت ۶ گرم در لیتر) باعث افزایش میزان ویتامین ث شد (جدول ۳). در این بین سطح ۱ گرم در لیتر، مؤثرترین غلظت سولفات‌منگنز در افزایش میزان ویتامین ث بود؛ به‌طوری که بیشترین (۸۴/۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) میزان ویتامین ث در تیمار ۶ گرم در لیتر سولفات‌روی+۱ گرم در لیتر سولفات‌منگنز به‌دست 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 & Homaee, 2003).



شکل ۸. اثر سطوح مختلف سولفات‌روی 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 comtent. Levels of each factor compared separately.

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

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

Zn sulfate (gl^{-1})	Mn sulfate (gl^{-1})	Fruit number (South direction)	Fruit number (North direction)	Fruit weight ($gfruit^{-1}$)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit juice content (ml)	Total soluable 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).

Archive

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

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 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.

REFERENCES

1. 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)
2. 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.
3. Arzani, K. & Akhlaghi-Amiri, N. (2000). Size and quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* L.) As affected by 2-4,d and naphtalene acetic acid (naa).*Seed and plant improvement Journal*, 16, 450-459. (in Farsi)
4. Alloway, B. J. (2008). *Zinc in soil and crop nutrition*. (2nd Ed.). International Zinc Association Brussels, and International Fertilizer, Paris.
5. 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.
6. Castro, J. & Sotomayor, C. (1997). The influence of boron and zinc sprays at bloom time on almond fruit set. *Acta Horticulture*, 470, 402-405.
7. 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.
8. 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).
9. 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.
10. Enayati, N., Shahsavar, 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, "Kurdestan". *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 12,345-354. (in Farsi)
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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 ^{68}Zn Labeling. *PLOS ONE* 10(3), e0116903. doi,10.1371/journal.pone.0116903.
15. Hopkins, W. G. & Hüner, N. P. A. (2008). *Introduction to Plant Physiology*. (4th Ed.). John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
16. Hewitt, E. J. (1993). *Essential nutrient elements for plants in plant physiology*. ABS III, Academic press.
17. 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)

Archive of SID

www.SID.ir

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. & Homaee, 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 ^{54}Mn. 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. Razzaq, 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 Horticulyural 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.

Archive of SID

www.SID.ir