

Two-year study on the role of balanced fertilization in orange fruit yield increase and tolerance to frost in

Kaveh Yasini^{1*}, Mohammad Jafar Malakouti², Ali Asadi kangarshahi³, Saied Rodbar⁴

1- M.Sc. Agricultural Graduate, Tarbiat Modares faculty of Agriculture, Tehran, Iran.
Kavehyasini25@gmail.com

2- Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
mjmalakouti@modares.ac.ir

3- Assistant Professor of Soil and Water Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Mazandaran, Iran.
kangarshahi@gmail.com

4- M.Sc., Agricultural Graduate, Ghaemshahr Azad University, Mazandaran, Iran.
saeedroudbari@gmail.com

Received Date: 2020/02/28

Accepted Date: 2020/09/27

Abstract

Introduction: One of the strategies for improving citrus yield and fruit tolerance to frost in citrus gardens is practicing balanced fertilization. So that if the concentration of each element is lower than the optimum concentration, the yield of the plant will be reduced. Therefore, the aim of this study was to investigate the role of optimum fertilizer application on increasing quantitative and qualitative yield of oranges and also resistance to cold stress.

Material and methods: In order to investigate the role of balanced fertilization on some of the characteristics of citrus fruits, including increased resistance to frost, a two-year trial was conducted on Thomson and Bloody Thomson with two treatments and five repetition in the years of 2016-17 and 2017-18 in a citrus garden in Neka city in Mazandaran province. treatments included, T₁= control (Traditional fertilization method, i.e. every year in late autumn, 2 kg of urea, 1 kg of triple superphosphate per tree, along with animal manure under droppers) and T₂= balanced fertilization according to the soil and leaf analysis results, i.e. every year in late autumn, 2 kg ammonium sulfate, 1.5 kg potassium sulfate 1 kg magnesium sulfate and 0.5 kg zinc sulfate mixed with animal manure and surface soil with deep placement under droppers. It should be noted that in both years, the same fertilizer sources were used. Also, in the summer of second year, for each tree, 0.5 kg of soluble potassium sulfate with zinc (SSOP+Zn-EDTA) was used in two split times (July and August).

Results and discussion: The results revealed that **a)** In the first year, while the average yield in T₁ for Thompson Blood Orange and Thompson Novell Orange were 40 and 75 kg, in T₂, it increased up to 72 and 175 kg per tree and in the second year, also these figures were increased significantly from 80 and 140 kg and 155 and 305 kg per tree, respectively. In both years, the differences were significant at 1% level. The main reason for this performance in the second year was due to split application of SSOP+Zn during the summer. **b)** While the average dry matter percentage for Thompson Blood Orange and Thompson Novell Orange for the first year in T₁ were 15.6 and 22%, in T₂ they were increased to 17.1 and 24.4%, respectively. For the second year, they were increased from 18.1 and 22.3% in T₁ to 20 and 25.2% in T₂, respectively. **c)** While frost tolerance in Thompson Blood Orange and Thompson Novell Orange during the first year in were 0 and -1 degrees Celsius in T₁, frost tolerance were increased in T₂ up to -2 and -5 degrees Celsius. In the second year, these figures were changed from -1 and -3 to -4 and -9, respectively. One of the main reasons for this improvement in frost tolerance of citrus fruits was due to increase in their dry matter percentage and positive effects split application of K and Zn fertilizers.

Conclusions: While the superiority of balanced fertilization has been proven, it is highly recommended that for producing valuable citrus fruits, this practice should be generalized in all citrus gardens.

Keywords: Thomson and Blood Thomson oranges, yield increase, frost tolerance, dry matter content, SSOP+Zn-EDTA.

مطالعه دو ساله تاثیر تغذیه متعادل بر عملکرد، کیفیت و تحمل به تنش سرما در میوه پرتقال

*^۱ کاوه یاسینی ، محمدجعفر ملکوتی ، علی اسدی کنگرشاهی ، سعید رودباری^۴
۱- کارشناسی ارشد، دانش آموخته‌ی کشاورزی، دانشکده کشاورزی تربیت مدرس، تهران، ایران
Kavehyasini25@gmail.com
۲- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
mjmalakouti@modares.ac.ir
۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، مازندران، ایران
kangarshahi@gmail.com
۴- کارشناسی ارشد، دانش آموخته‌ی کشاورزی، دانشگاه آزاد قائمشهر، مازندران، ایران
saeedroudbari@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۹

چکیده

این آزمایش در دو سال بر روی ارقام تامسون ناول و تامسون خونی (مورو)، با دو تیمار و پنج تکرار در سال‌های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در استان مازندران انجام شد. تیمارها در سال اول شامل تیمار اول= شاهد (کوددهی سنتی مطابق عرف باغدار شامل دو کیلوگرم اوره، یک کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به ازای هر درخت همراه با کود حیوانی) و تیمار دوم= مصرف بهینه کودی مطابق نتایج تجزیه‌های خاک و برگ (دو کیلوگرم سولفات آمونیوم + یک و نیم کیلوگرم سولفات پتاسیم + یک کیلوگرم سولفات منیزیم + نیم کیلوگرم سولفات روی، مخلوط با کود حیوانی و خاک سطحی که به صورت چالکود) بود. در سال دوم آزمایش، در تیمار دوم، علاوه بر کودهای فوق، ۵۰۰ گرم سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی (SSOP+ Zn- EDTA) همراه با آب آبیاری به صورت دوبار سرک در تیر و مرداد مصرف شد. نتایج در سال اول نشان داد که میانگین عملکرد در تیمار شاهد برای پرتقال رقم مورو و تامسون ناول به ترتیب، به ۴۰ و ۷۵ کیلوگرم به ازای هر درخت بود، اما در تیمار کودی، عملکرد پرتقال مورو و تامسون ناول به ترتیب به ۷۲ و ۱۷۵ کیلوگرم به ازای هر درخت افزایش یافت. در سال دوم آزمایش عملکرد پرتقال مورو و تامسون ناول در شاهد و تیمار کودی به ترتیب از ۸۰ و ۱۴۰ کیلوگرم به ۱۵۵ و ۳۰۵ کیلوگرم به ازای هر درخت افزایش یافت. همچنین در سال اول میانگین درصد ماده خشک پرتقال مورو و تامسون ناول به ترتیب از ۱۵/۶ و ۲۲ درصد در شاهد، به ۱۷/۱ و ۲۴/۴ درصد در تیمار کودی رسید و در سال دوم، از ۱۸/۱ و ۲۲/۳ درصد در شاهد به ۲۰ و ۲۵/۲ درصد در تیمار کودی افزایش یافت. تحمل به تنش سرما میوه پرتقال مورو و تامسون ناول در سال اول، در شاهد به ترتیب صفر و ۱- و در تیمار کودی ۲- و ۵- درجه سانتی‌گراد بود اما در سال دوم از ۱- و ۳- درجه سانتی‌گراد در شاهد به ۴- و ۹- درجه سانتی‌گراد در تیمار کودی رسید. با توجه به نتایج این پژوهش رعایت اصول مصرف بهینه کودی برای کلیه باغ‌های مرکبات کشور توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: پرتقال، مصرف بهینه کودی، سولفات پتاسیم حاوی کلات روی (SSOP+Zn-EDTA)، ماده خشک، تحمل به تنش سرما.

مقدمه

استان مازندران یکی از قطب‌های کشاورزی ایران است، این استان مقام اول سطح زیرکشت و تولید مرکبات در کشور را دارد (اسدی کنگرشاهی، ۱۳۹۸)، به طوری که بیش از ۴۰ درصد مرکبات کشور در این منطقه تولید می‌شود. مطالعات شبکه‌ای خاک‌های استان مازندران نشان داده است که مقدار پتاسیم در لایه سطحی خاک باغ‌های این منطقه از حدود ۶۰ تا بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳). بنابراین مدیریت مصرف پتاسیم در این مناطق از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است

پتاسیم به مقدار زیاد در برگ و بافت میوه مرکبات وجود دارد. یکی از وظایف اصلی پتاسیم، فعال‌سازی برخی آنزیم‌ها است بیشتر پتاسیم به شکل یونی، به عنوان یون محلول، برای حفظ تورژسانس سلول در سلول‌های جوان و سلول‌های نگهدارنده عمل می‌کند و مقدار کمی از آن در مولکول‌های کمپلکس وجود دارد (Obreza and Morgan, 2011). کمبود پتاسیم موجب کاهش میزان فتوسنتز برگ، افزایش حساسیت درختان به تنش‌های زنده و غیرزنده، کاهش تولید کربوهیدرات‌ها، کاهش تشکیل میوه، تشدید ریزش میوه، افزایش چین‌خوردگی آلبدو و افزایش پارگی پوست میوه مرکبات می‌شود (اسدی کنگرشاهی و همکاران، ۱۳۸۰). همچنین، کمبود پتاسیم موجب کاهش عملکرد و کیفیت میوه مرکبات می‌شود. کاهش غلظت پتاسیم به کمتر از حد مطلوب در درختان مرکبات، ابتدا موجب کاهش رشد رویشی و زایشی (بدون بروز علائم کمبود ظاهری) می‌شود. عدم مصرف مناسب پتاسیم در درختان مرکبات با عملکرد زیاد می‌تواند موجب بروز علائم کمبود در اواخر تابستان و اوایل پاییز شود. با کمبود پتاسیم در برگ، ابتدا علائم برگ‌گی به شکل زرد شدن نوک و حاشیه برگ‌های مسن ظاهر می‌شود و سپس توسعه می‌یابد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).

درختان مرکبات نیاز نسبتاً زیادی به پتاسیم برای

دستیابی به عملکرد و بهبود کیفیت بویژه برای مصارف تازه خوری دارند. برای برداشت ۲۴ تن پرتقال والنسیا ازت ۴۴، فسفر چهار، پتاسیم ۴۳، کلسیم ۱۹ و منیزیم چهار کیلوگرم و حدود یک کیلوگرم نیز ریزمغذی‌ها نیاز می‌باشند. مصرف پتاسیم در سطوح بالای پتاسیم، میزان عصاره و اسید سیتریک را در میوه افزایش داد (ملکوتی، ۱۳۸۰). در آزمایشی که بر روی ۱۶۰ اصله درخت نارنگی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جهرم انجام گرفت ملاحظه گردید که، تیمار ۸۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار عملکرد را نسبت به شاهد ۳۰ درصد افزایش داده و مصرف آهن نیز موجب ۵۰ درصد اضافه محصول نسبت به تیمار بدون آهن گردید. در آزمایش با سطوح مختلف آب مصرفی و به همراه تیمارهای مختلف سولفات پتاسیم (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ گرم به ازاء هر درخت) در جهرم مشاهده شد که با مصرف ۵۰۰ گرم سولفات پتاسیم برای هر درخت می‌توان نیاز آبی درختان پرتقال را به مقدار قابل توجهی کاهش داد بدون این که بر کمیت و کیفیت محصول تاثیر معنی‌داری داشته باشد (دانش‌نیا و رستگار، ۱۳۷۷). گزارش‌های اسدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که غلظت روی در برگ حدود ۵۷ درصد مرکبات مازندران زیر حد مطلوب است. مصرف تلفیقی کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی علاوه بر خنثی‌سازی پیامدهای مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی و فسفاتی، نقش بسیار مهمی در اصلاح آوندهای گیاهی و کاهش نفوذپذیری دیواره سلولی گیاه، کاهش تنش‌های زنده و تنش‌های غیرزنده، افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی و همچنین در ارتقای سطح سلامت جامعه دارند. بنابراین، مصرف بهینه کودهای شیمیایی به‌ویژه مصرف سولفات پتاسیم محلول ویژه کود آبیاری محتوی کلات روی (تولید داخل) به صورت سرک یا کود آبیاری متناسب با فنولوژی رشد با رعایت جنبه‌های اقتصادی می‌تواند در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و افزایش تحمل درختان به تنش سرما و یخبندان موثر باشد (ملکوتی، ۱۳۹۷).

است. در ایران مصرف کودهای نیتروژنی و فسفوری، بیش از حد بوده و کودهای پتاسیمی و ریزمغذی‌ها کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. درحالی که در کشورهایی که از نظر کشاورزی پیشرفته محسوب می‌شوند، نسبت مصرف کودهای پتاسیمی و فسفوری به هم نزدیک‌تر است. رشد و عملکرد درختان میوه در معرض تنش‌های محیطی، به توانایی آنها برای توسعه مکانیسم‌های سازگاری برای اجتناب یا تحمل تنش بستگی دارد. شواهد مختلف نشان می‌دهد که وضعیت تغذیه‌ای درختان، بر توانایی سازگاری و تحمل آنها به وضعیت‌های نامساعد محیطی تأثیر دارد. به طور کلی، از عناصر غذایی ضروری گیاهان، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، روی و بور در سازگاری و تحمل درختان میوه به تنش‌های محیطی، اهمیت بیشتری دارند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵).

مدیریت مناسب تغذیه و بهبود وضعیت تغذیه‌ای درختان میوه، برای افزایش تحمل آن‌ها به شرایط بحرانی محیطی ضروری است. به طور کلی، اختلال در وضعیت تغذیه‌ای درختان، خسارت ناشی از تنش‌های محیطی را تشدید می‌کند. مهمترین دلیل تشدید خسارت تنش‌ها به علت فراهمی ناکافی عناصر معدنی، افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن، اکسیداسیون نوری لیپیدها و رنگدانه‌های کلروپلاست است. به طور کلی، تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنزیم‌های اکسید کننده NADPH و ضعیف شدن سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان در میزان خسارت سلول‌ها ناشی از تنش سرمای اهمیت بسیار زیادی دارند. از آنجایی که تهیه ناکافی پتاسیم و روی، موجب افزایش فعالیت آنزیم NADPH اکسیداز می‌شود، بنابراین کمبود این عناصر، تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن را در درختان در معرض تنش سرما، به طور فزاینده‌ای تشدید می‌کند. همچنین با کمبود این عناصر در درختان تحت تنش سرما، تولید گونه‌های فعال اکسیژن به علت اختلال در انتقال الکترون فوتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن، افزایش می‌یابد. بررسی‌های میدانی متعدد نشان داده است که پتاسیم و

از طرفی رخداد تنش‌های سرما و یخبندان هر چند سال درمیان (۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵)، موجب خسارت‌های شدیدی به باغ‌های مرکبات منطقه شد و اقتصاد باغداران و پایداری تولید را تحت تأثیر قرار داد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵). به طور کلی بیشتر گزارش‌ها نشان می‌دهند که نقش و اهمیت تنش‌های محیطی در کاهش جهانی تولید محصول به طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. مقایسه کاهش پتانسیل عملکرد بیشتر محصولات کشاورزی توسط تنش‌های زنده و غیرزنده نشان می‌دهد که سهم تنش‌های غیرزنده در کاهش عملکرد، بسیار بیشتر از تنش‌های زنده است. از طرفی برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند که حداقل ۶۰ درصد از خاک‌های تحت کشت محصولات کشاورزی در جهان، مشکلات محدود کننده رشد ناشی از کمبود یا سمیت عناصر غذایی دارند. تلفیق چنین مشکلات تغذیه‌ای با دیگر تنش‌های محیطی عامل عمده کاهش شدید تولید محصول در جهان هستند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).

به طور معمول روش‌های محافظت از سرمازدگی شامل روش‌های غیرفعال و فعال تقسیم می‌شوند. روش‌های غیر فعال به مجموعه عملیات مدیریتی کف باغ از جمله مدیریت بهینه تغذیه است در طی فصل رشد انجام می‌شود و موجب افزایش تحمل درختان به تنش‌های محیطی می‌شود و در واقع یک عامل بازدارنده یا پیش‌گیرانه عمل می‌کنند. اما روش‌های فعال، در زمان رخداد تنش سرما و یخبندان انجام می‌شود موقتی است و نیاز به زیرساخت، هزینه انرژی و کارگری را دارند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۵).

مصرف بهینه کودی به‌ویژه مدیریت مصرف کودهای پتاسیمی، منیزیمی و روی، یکی از مهم‌ترین عوامل برای افزایش تولید و تحمل درختان به تنش‌های محیطی است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). گزارش‌های ملکوتی (۱۳۸۰ و ۱۳۹۷) نشان می‌دهد که مصرف کود در ایران نامتعادل است و بیشتر کودهای مصرفی، اوره و سوپرفسفات‌تریپل

شیمیایی خاک مانند شوری، کربنات کلسیم معادل، pH، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شد (باشور و سایه، ۲۰۰۷). نمونه‌های برگ در اواخر مردادماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳، جلد اول) و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در آن‌ها اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). نتایج آزمون خاک و برگ درختان قبل از انجام آزمایش، به ترتیب در جدول‌های یک و دو نشان داده شده است. آزمایشی با دو تیمار و پنج تکرار به مدت دو سال صورت گرفت. تیمارهای کودی شامل: تیمار اول: کوددهی سنتی مطابق عرف باغداران منطقه (دو کیلوگرم اوره و یک کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به ازای هر درخت). تیمار دوم: مصرف بهینه کودها براساس نتایج تجزیه خاک، برگ و میانگین عملکرد میوه درختان (دو کیلوگرم سولفات آمونیوم، یک و نیم کیلوگرم سولفات پتاسیم، یک کیلوگرم سولفات منیزیم و نیم کیلوگرم سولفات روی به ازای هر درخت)، بودند. کودهای شیمیایی با کود حیوانی و خاک سطحی به خوبی مخلوط شده و سپس به صورت چالکود در یک سوم حاشیه خارجی تاج درختان در زیر قطره چکان‌ها قرار داده شدند. لازم به ذکر است در تیمار دوم آزمایش، در تابستان سال دوم ۵۰۰ گرم سولفات پتاسیم محلول حاوی کلات روی (SSOP + Zn) به ازاء هر درخت همراه با آب آبیاری به صورت کود آبیاری مصرف شد. در کلیه درختان در طول فصل رشد، عملیات کف باغ مانند مبارزه با علف‌های هرز و آبیاری (قطره‌ای) به‌طور یکسان انجام شد. عملکرد متوسط، ماده خشک (با تهیه برش‌های نازک از میوه و قرار دادن به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد) و تحمل به تنش سرما، به‌عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد. برای مقایسه تیمارها از آزمون T-test و نرم‌افزار آماری SAS برای تجزیه تحلیل

روی در تحمل درختان به تنش‌های سرما و یخبندان بسیار موثر هستند و در طول فصل زمستان، درختان مرکبات با کمبود روی، حساس‌تر به تنش سرما و یخبندان هستند (Snyder and Melo-Abreu, 2005؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳).

سطح زیرکشت مرکبات در استان مازندران بیش از ۱۲۰ هزار هکتار و تولید سالانه آن حدود سه میلیون تن است که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد آن پرتقال از جمله تامسون ناول است. بنابراین این رقم یک ترکیب خیلی مهم از صنعت مرکبات استان مازندران است. هر سال بخشی از این تولید برای تنظیم بازار مصرف، انبار و ذخیره می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۷). با توجه به این که پژوهشی مدون در رابطه با نقش مصرف بهینه کودی (تغذیه متعادل)، در رابطه با افزایش درصد ماده خشک و در نهایت رابطه آن با سرمازدگی انجام نشده است لذا این پژوهش به منظور بررسی تاثیر تغذیه متعادل (مصرف بهینه کودی)، در افزایش عملکرد افزایش درصد ماده خشک و افزایش تحمل میوه پرتقال به تنش سرما در یکی از باغ‌های مرکبات شهرستان نکاء (باغ مرکبات آقای رودباری) به مدت دو سال انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اهمیت جایگذاری صحیح کودها (پتاسیم، منیزیم و روی) و تأثیر تغذیه بهینه در افزایش عملکرد کمی و کیفی میوه و همچنین تحمل درختان مرکبات به تنش سرما، یک باغ بارده مرکبات (شامل ارقام پرتقال تامسون ناول و خونی مورو) در شهرستان نکاء واقع در شرق استان مازندران به گونه‌ای انتخاب شد که درختان آن از نظر سن و اندازه تقریباً یکسان (۱۵ ساله) باشند و همچنین از مدیریت کف باغ یکنواختی برخوردار باشند. قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک و برگ از درختان مطابق روش‌های استاندارد تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳، جلد اول) و سپس برخی ویژگی‌های

روی و مس به ترتیب زیاد، خیلی زیاد، زیاد و کم هستند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳ جلد اول). نتایج تجزیه برگ نیز نشان می‌دهد که در رقم تامسون ناول غلظت پتاسیم و روی کمتر از حد مطلوب و غلظت سایر عناصر در حد مطلوب بود همچنین در رقم مورو غلظت نیتروژن، پتاسیم و روی کمتر از حد مطلوب و غلظت سایر عناصر در حد مطلوب بود. بنابراین برای تامین نیاز نیتروژن، منیزیم، پتاسیم مقدار نیم کیلوگرم سولفات روی به صورت چالکود در قالب تیمار کودی مصرف شد.

داده‌ها استفاده شد و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از اجرای آزمایش به ترتیب در جدول‌های یک، دو و سه آورده شده است. این نتایج نشان داد که خاک آهکی است و برای درختان مرکبات، قابلیت استفاده فسفر، پتاسیم و منیزیم در خاک به ترتیب در دامنه زیاد، بهینه و کم قرار دارند و همچنین قابلیت استفاده عناصر کم مصرف آهن، منگنز،

جدول ۱ - نتایج تجزیه خاک (قبل از انجام آزمایش)

Table 1- Results of soil physico-chemical analysis

Depth	EC	pH	Soli texture	O.C.	P	K	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
cm	dS m ⁻¹			%	mg/kg						
0-30	1.60	7.70	Clay loam	1.80	32	230	425	6.9	2.2	5.5	0.2
30-60	1.63	7.76	Clay loam	0.94	10.3	145	356	5.6	1.9	4.8	0.2

جدول ۲ - نتایج تجزیه برگ باغ تامسون (قبل از آزمایش)

Table 2. Results of Thomson Garden Leaf Analysis

Concentration	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu
	mg/g					mg/kg			
leaf	27	2.2	11.5	3.4	5.45	102	27	32	19

جدول ۳ - نتایج تجزیه برگ باغ مورو (قبل از آزمایش)

Table 3. Results of Moro Garden Leaf Analysis

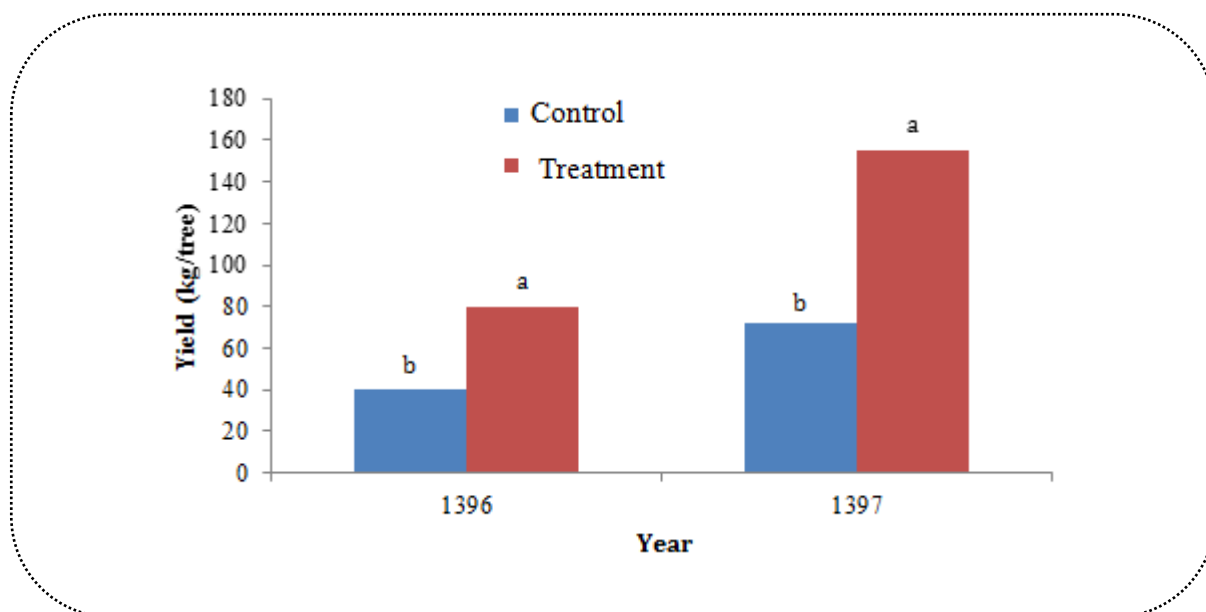
Concentration	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu
	mg/g					mg/kg			
leaf	21.9	2.6	11.11	3.31	5.04	130	25	35	22

افزایش از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین میانگین عملکرد در سال‌های اول و دوم آزمایش در درختان پرتقال تامسون ناول از ۷۵ و ۱۴۰ کیلوگرم در شاهد به ترتیب به ۱۷۵ و ۳۰۵ کیلوگرم به ازای هر درخت

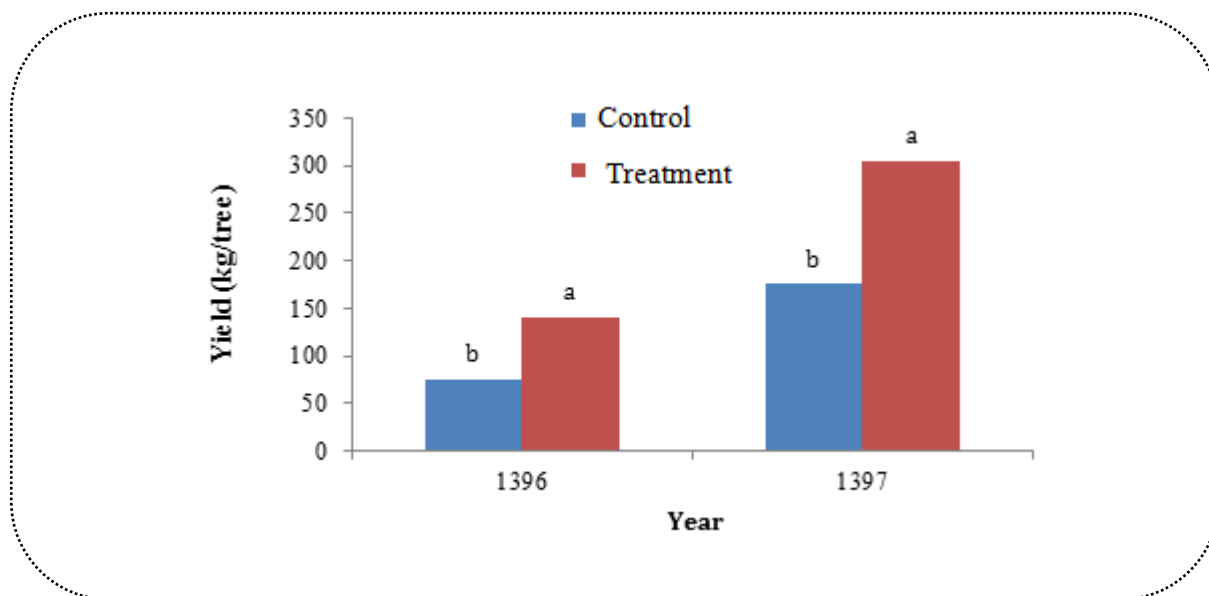
عملکرد: میانگین عملکرد درختان مورو نشان داد که عملکرد در شاهد از ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب به ۷۲ و ۱۵۵ کیلوگرم به ازای هر درخت در تیمار کودی افزایش یافت (شکل ۱) که این

مصرف بهینه کاهش یافته است. با توجه به نتایج آزمون خاک و برگ غلظت پتاسیم و روی کمتر از حد مطلوب بود که در شاهد به عنوان عرف منطقه از کودهای حاوی این عناصر استفاده نشد و در تیمار بهینه کودی مورد استفاده قرار گرفتند که طبق قانون حداقل لیبیک، کمبود این دو عنصر در شاهد می‌تواند به کاهش عملکرد منجر شده باشد. همچنین به نظر می‌رسد که افزایش فتوسنتز در نتیجه استفاده از روی می‌تواند ضمن افزایش سطح برگ، عملکرد میوه را نیز افزایش دهد. در حضور روی غلظت پروتئین در گیاه افزایش می‌یابد که به دنبال آن می‌تواند عملکرد گیاه را نیز افزایش دهد. با افزایش روی، تولید تریپتوفان و هورمون‌های رشد اکسین و ایندول استیک اسید (IAA) افزایش می‌یابد که اکسین در فتوسنتز و رشد و توسعه برگ و ساقه نقش دارد. برای ساخته شدن IAA وجود تریپتوفان الزامی است. با افزایش روی، غلظت IAA افزایش یافته و کلروفیل بیشتری ساخته شده، پیری به تأخیر افتاده و میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد. با افزایش کلروفیل، بازدهی کلروپلاست‌ها در جذب انرژی خورشیدی نیز افزایش می‌یابد (Marschner, ۱۹۹۵ و Alloway, ۲۰۰۴).

در تیمار کودی افزایش یافت و این تفاوت از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۲). دلیل عمده افزایش عملکرد در هر دو رقم در سال دوم، به احتمال زیاد تناوب باردهی و مصرف سرک کود (SSOP+ Zn- EDTA) است. ملکوتی و شهابیان (۱۳۷۷) گزارش کردند که یکی از مهمترین دلایل پایین بودن عملکرد هکتاری مرکبات در شمال کشور، به رغم حاصلخیز بودن خاکهای زیرکشت و بارندگی مناسب، عدم رعایت اصول مصرف بهینه کودی است. این نتایج همچنین با گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و همکاران (۱۳۸۶) مطابقت دارد. پتاسیم عنصری است که در انتقال قندها به میوه نقش داشته و نقش قابل توجهی در بزرگ شدن میوه و به دنبال آن افزایش عملکرد دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). لذا استفاده از پتاسیم در تغذیه بهینه می‌تواند از جمله دلایل افزایش عملکرد میوه باشد. همچنین زیادی بالای بودن غلظت فسفر در خاک (جدول ۱) و استفاده از آن در شاهد (عرف زارع) از جذب عناصر کم مصرفی مانند روی که دارای کمبود در خاک نیز بود (جدول ۱) جلوگیری کرده و از این طریق نیز عملکرد در شاهد در مقایسه با تیمار



شکل ۱. تاثیر تیمار کودی بر میانگین عملکرد پرتقال مورو
 Fig. 1. The effect of fertilizer treatment on average yield of Morro oranges



شکل ۲. تأثیر تیمار کودی بر میانگین عملکرد پرتقال تامسون ناول

Fig. 2. The effect of fertilizer treatment on average yield of Thomson Novell oranges

جدول ۴. تأثیر تیمار کودی بر اندازه میوه (گرم به ازای هر میوه)

Table 4. The effect of fertilizer treatment of fruit weight (g/fruit)

Cultivar	Treatment	Year	
		1396	1397
Morro	Control	180b	206b
	Balanced fertilizer	240a	350a
Thomson Novell	Control	195b	240b
	Balanced fertilizer	251a	393a

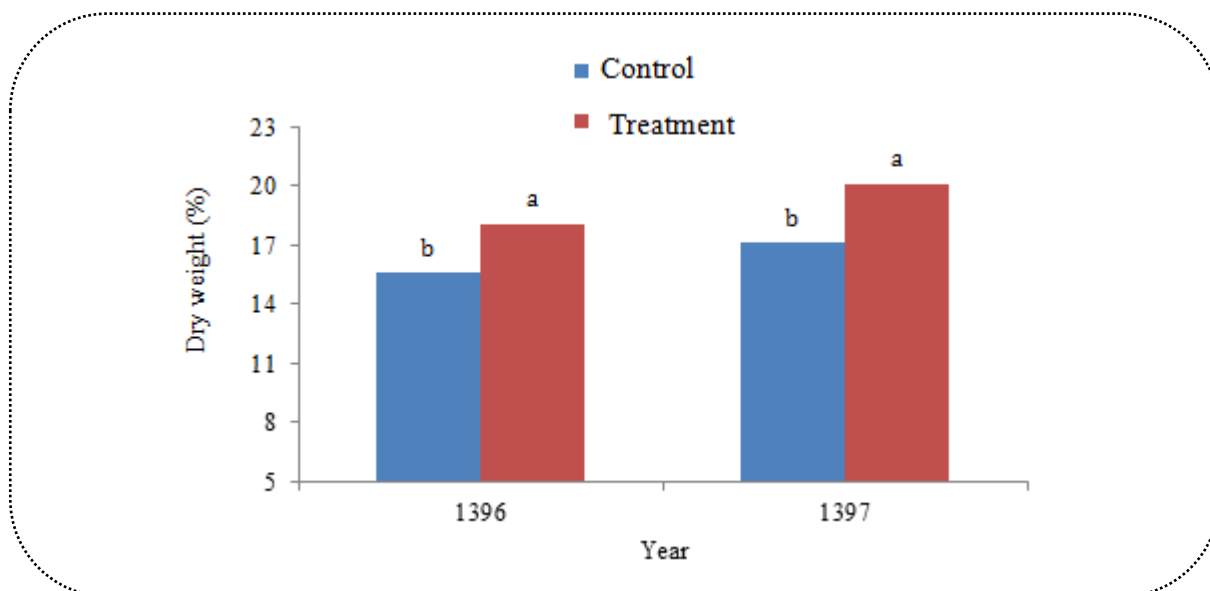
آنجا که اندازه هر میوه نیز در بازارپسندی و به دنبال آن فروش میوه نقش قابل توجهی دارد، لذا مصرف بهینه کودی ضمن افزایش عملکرد به بازارپسندی آن نیز کمک کرده است.

درصد ماده خشک: میانگین درصد ماده خشک پرتقال مورو از ۱۵/۶ و ۱۸/۱ درصد در سال اول و دوم آزمایش در شاهد به ۱۷/۱ و ۲۰ درصد تیمار کودی افزایش یافت و این اختلاف از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار بود (شکل ۳). در رقم تامسون ناول نیز میانگین درصد ماده خشک در تیمار شاهد سال اول و دوم به ترتیب ۲۲ و ۲۲/۳ درصد بود که در تیمار کودی به ترتیب به ۲۴/۴ و

در تأیید نتایج عملکرد هر درخت، همچنین نتایج اندازه میوه نیز نشان داد که میانگین وزن میوه پرتقال خونی مورو در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۱۸۰ و ۲۰۶ گرم بود که با اعمال تیمار کودی به ۲۴۰ و ۳۵۰ گرم افزایش یافت که در هر دو سال، اختلاف در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۴). میانگین وزن میوه پرتقال تامسون ناول در درختان شاهد در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۱۹۵ و ۲۴۰ کیلوگرم بود و در تیمار کودی به ۲۵۱ و ۳۹۳ گرم در ارتقاء یافت و این اختلاف در سطح یک درصد معنی دار شد. با توجه به موارد گفته در نقش عناصر در افزایش عملکرد، لذا این افزایش قابل توجیه است. همچنین از

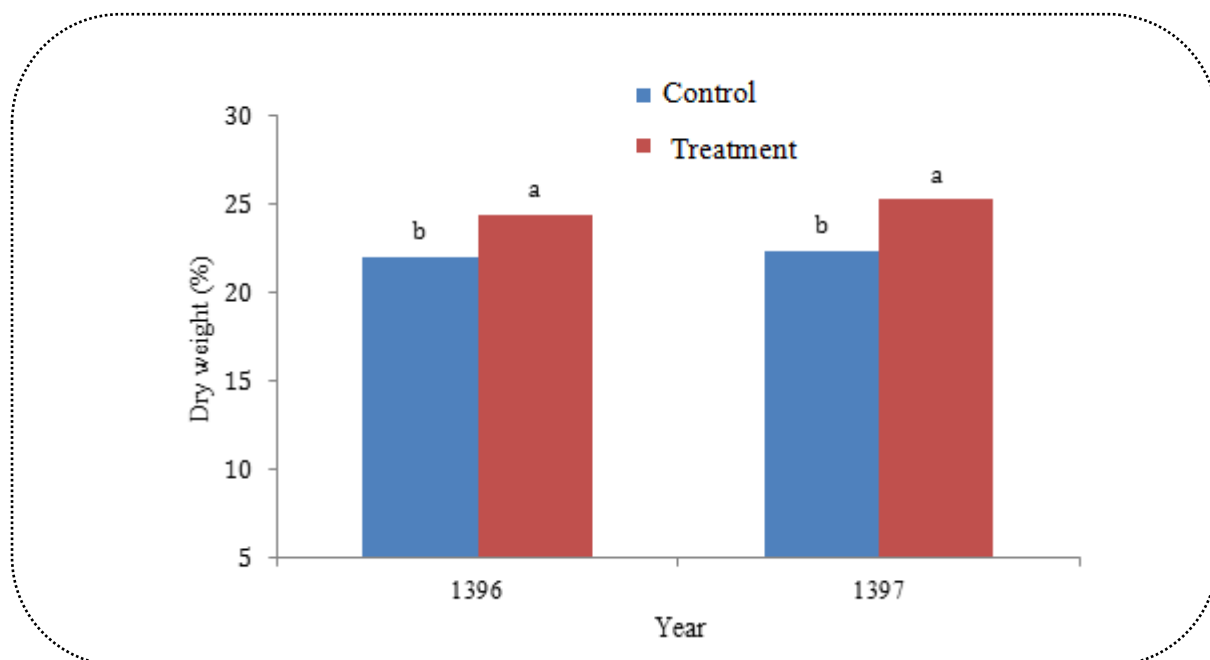
پژوهش با گزارش‌های امیری و همکاران (۱۳۸۱) مطابقت دارد. افزایش درصد قندها در حضور پتاسیم، کاهش آب میوه به دلیل مصرف کمتر کودهای نیتروژنی می‌تواند از جمله دلایل افزایش درصد ماده خشک میوه باشد.

۲۵/۲ درصد افزایش یافت. در سال اول، اختلاف بین شاهد و تیمار کودی ۲/۴ درصد و در سال دوم آزمایش به حدود سه درصد افزایش یافت. این اختلاف از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۴). نتایج این



شکل ۳. تاثیر تیمار کودی بر میانگین درصد ماده خشک میوه پرتقال رقم مورو

Table 3. Effect of fertilizer treatment on average dry matter average of Morro oranges



شکل ۴. تاثیر تیمار کودی بر میانگین درصد ماده خشک میوه پرتقال رقم تامسون ناول

Table 4. Effect of fertilizer treatment on average dry matter average of Thomson Novell oranges

قند میوه: میانگین قند میوه پرتقال رقم تامسون خونی (مورو) در تیمار شاهد در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰/۸ و ۱۱/۳ درصد و در تیمار کودی به ۱۱/۹ و ۱۲/۷ درصد افزایش یافت که از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی-دار شد. در پرتقال رقم تامسون ناول، قند میوه در شاهد، در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰/۱ و ۹/۹ درصد بود و در تیمار کودی به ۱۱/۹ و ۱۳/۴ درصد افزایش یافت و از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی-دار بود (جدول ۶). پتاسیم در افزایش فشار اسمزی در لوله‌های غربالی و در نتیجه جریان مواد فتوسنتزی از برگ به میوه نقش زیادی دارد. بنابراین پتاسیم در ورود ساکارز از برگ‌ها به آوند آبکش نقش زیادی دارد. لذا در شاهد که دارای پتاسیم کمتر از حد مطلوب است (با توجه به جدول آزمون خاک-جدول ۱) کمبود پتاسیم باعث انتقال کمتر قندها به میوه شده است در حالی که در تیمار مصرف بهینه کودی حضور پتاسیم علاوه بر بهبود فتوسنتز از طریق باز و بسته شدن روزنه‌ها و غیره، به انتقال بهتر قندها نیز کمک کرده است و سبب افزایش قند میوه شده است.

تحمل به تنش سرما و یخبندان: نتایج این پژوهش نشان داد که در تیماری که بیشترین ماده خشک داشت بیشترین مقاومت به سرمازدگی نیز حاصل شد. همچنین رقم پرتقال تامسون مقاومت بیشتری نسبت به تامسون خونی نسبت به سرمازدگی داشت (جدول ۵). مصرف کودهای سولفات پتاسیم حاوی کلات روی، سولفات منیزیم به همراه سولفات روی موجب افزایش درصد ماده خشک میوه شد. با افزایش غلظت عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و کاهش درصد آب در درون سلول‌های میوه به ویژه مرکبات، مقاومت میوه‌ها نسبت به سرما به طور نسبی افزایش می‌یابد و رابطه مثبتی بین افزایش درصد ماده خشک میوه و مقابله با سرمازدگی وجود دارد. عنصر روی و منیزیم نقش قابل توجهی در افزایش غلظت پروتئین در میوه دارند (ملکوتی، ۱۳۹۷) لذا افزایش غلظت پروتئین در نتیجه حضور این عناصر نیز می‌تواند به افزایش مقاومت گیاه به سرما کمک کند. همچنین عنصر پتاسیم به دلیل تأثیر در نقطه انجماد مایع واکوئل‌ها مقاومت سلول‌ها را در مقابل یخبندان زیاد می‌کند.

جدول ۵. تأثیر تیمار کودی بر تحمل میوه به تنش سرما (درجه سانتی‌گراد)

Table 5. Effect of fertilizer treatment on fruit tolerance to cold stress ($^{\circ}$ C)

Cultivar	Treatment	Year	
		1396	1397
Morro	Control	0a	-1a
	Balanced fertilizer	-2b	-4b
Thomson Novell	Control	-1a	-3a
	Balanced fertilizer	-5b	-9b

جدول ۶. تأثیر تیمار کودی بر قند میوه (درصد)

Table 6. Effect of fertilizer treatment on fruit sugar (%)

Cultivar	Treatment	Year	
		1396	1397
Morro	Control	10.8b	11.3b
	Balanced fertilizer	11.9a	12.7a
Thomson Novell	Control	10.1b	9.9b
	Balanced fertilizer	11.9a	13.4a

مقابل تنش به جای افزایش غلظت پرولین افزایش پتاسیم در سلول‌ها را جایگزین این فرایند می‌کنند. آن‌ها گزارش کردند که دلیل این امر احتمالاً به دلیل مصرف بالاتر ATP (۷۰-۸۰) به ازای هر پرولین تولیدی) در مقایسه با فرایند جایگزینی پتاسیم (۳-۴) ATP به ازای جایگزینی هر یون پتاسیم) می‌باشد (عسکری و همکاران، ۱۳۹۶). لذا از آنجا که پتاسیم در تیمارهای مصرف بهینه در دسترس گیاه قرار داشت لذا به نظر می‌رسد این عامل نیز نقش مهمی در کاهش غلظت پرولین داشته است.

پرولین میوه: میانگین مقدار پرولین میوه پرتقال رقم تامسون خونی (مورو) در تیمار شاهد در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰/۸ و ۱۱/۳ درصد و در تیمار کودی به ۱۱/۹ و ۱۲/۷ درصد افزایش یافت که از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). از آنجا که پرولین در شرایط تنش در گیاه تولید می‌شود لذا کاهش غلظت پرولین در تیمار مصرف بهینه کودی می‌تواند نشان‌دهنده مقاومت بیشتر گیاه در نتیجه تنش باشد. نتایج عسکری و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که در برخی موارد گیاهان در

جدول ۷. تاثیر تیمار کودی بر پرولین میوه (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر میوه)

Table 7. Effect of fertilizer treatment on fruit proline (mg/kg fresh fruit weight)

Cultivar	Treatment	Year	
		1396	1397
Morro	Control	1.011b	0.641b
	Balanced fertilizer	1.313a	0.902a
Thomson Novell	Control	1.196b	0.657b
	Balanced fertilizer	1.941a	0.916a

درازمدت نگارندگان، محدوده کفایت غلظت پتاسیم برگ برای درختان مرکبات در شمال کشور حدود ۱/۶-۱/۲ درصد براساس وزن خشک برگ است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳ جلد اول). نتایج این آزمایش با پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (۱۳۹۷) مطابقت دارد که گزارش کردند و پتاسیم یکی از مهمترین عناصری است که در اندازه و کیفیت میوه تاثیر زیادی دارد لذا روش مصرف و همچنین زمان مصرف متناسب با فنولوژی رشد میوه تاثیر زیادی در عملکرد و کیفیت میوه مرکبات دارد. مصرف پتاسیم پس از ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها در طول مرحله توسعه سلول‌ها (فاز دوم رشد میوه)، برای تامین پتاسیم لازم برای رشد و توسعه سلول‌های میوه حیاتی است و از مهمترین مراحل زمانی مصرف پتاسیم برای افزایش اندازه میوه و بهبود کیفیت نارنگی انشو است.

جمع‌بندی

نتایج تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد، ماده خشک، تحمل به تنش سرما، اندازه میوه، قند میوه و مقدار پرولین میوه در سال اول و دوم آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد، ماده خشک، تحمل به تنش سرما، اندازه میوه، قند میوه و مقدار پرولین میوه از تیمار کودی حاصل شد. اما در سال دوم آزمایش، پاسخ به تیمار کودی بیشتر از سال اول آزمایش بود. پاسخ درختان به سرک پتاسیم در مرحله دوم رشد میوه، به فیزیولوژی درختان و احتمالاً شیمی خاک منطقه مربوط می‌شود. در مورد فیزیولوژی درختان، به علت انبساط و توسعه سریع میوه در مرحله دوم رشد، نیاز به پتاسیم و همچنین راندمان جذب آن بسیار بیشتر از اوایل فصل رشد است. اما در مورد شیمی پتاسیم در خاک، کار تحقیقاتی مدونی در منطقه انجام نشده است و نیاز به انجام کارهای پژوهشی بیشتر دارد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، ۱۳۹۳ جلد دوم). با توجه به نتایج کارهای میدانی

منابع

- اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری و مجتبی محمودی. ۱۳۸۰. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها) قسمت اول - عناصر پر مصرف و میان مصرف. نشریه فنی شماره ۲۶۸. نشر آموزش کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری و مجتبی محمودی. ۱۳۸۱. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها): قسمت دوم - عناصر ریزمغذی. نشریه فنی شماره ۲۶۹. نشر آموزش کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد پتاسیم در مراحل مختلف فنولوژی بر عملکرد و کیفیت نارنگی انشو. نشریه پژوهش‌های خاک، جلد ۳۰، شماره ۲، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. ۱۳۹۵. سرمازدگی درختان میوه (مبانی، اصول و راهکارهای عملی کاهش خسارت)، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی و همکاران. ۱۳۹۶. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه درختان مرکبات در شمال و جنوب کشور. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی. ۱۳۹۸. بررسی وضعیت مدیریت منگنز متناسب با مراحل رشد و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت مرکبات شرق مازندران. مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۹ شماره ۵، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی. ۱۳۹۸. مدیریت کوددهی درختان بارده مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی. و نگین. اخلاقی امیری. ۱۳۹۳. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی. و نگین. اخلاقی امیری. ۱۳۹۳. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری و علیرضا فلاح. ۱۳۹۷. راهنمای نمونه‌برداری و تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ برای درختان مرکبات. نشریه فنی ۵۶۱، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
- اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری و محمد جعفر ملکوتی. ۱۳۹۰. تأثیر مصرف چهار ساله روی بر عملکرد و کیفیت پرتقال سانگین. مجله علوم خاک و آب. جلد ۴۲، شماره ۱، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- امامی، عاکفه. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه شماره ۹۸۲، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- دانش‌نیا، عبدالعظیم و حمید رستگار. ۱۳۷۷. بررسی نقش پتاسیم در کاهش آب مصرفی و تأثیر متقابل آب و پتاسیم بر کمیت و کیفیت محصول پرتقال محلی با روش آبیاری قطره‌ای. مجله علمی پژوهشی خاک و آب. شماره ۱۲، جلد ۵. صفحات ۶۲ الی ۷۱. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- عسکری کلسانی، ع. ۱۳۹۶. مطالعه تغییرات بیوشیمیایی و مولکولی تحمل به شوری در لاین‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) پرتوتایی شده با اشعه گاما. رساله دکتری دانشگاه گرگان، گرگان، ایران.
- ملکوتی، محمدجعفر. ۱۳۸۰. گزارش نهایی پروژه شناخت ناهنجاری‌های تغذیای در درختان میوه و ارائه راه حل‌های اجرایی توصیه بهینه کودی برای افزایش تولید و ارتقای کیفی تا حد استاندارد جهانی شماره ثبت ۳۱۳۰۵۳۱۱ سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی تهران، ایران.

ملکوتی، محمدجعفر. ۱۳۹۷. مصرف بهینه کود برای تولید محصولات کشاورزی سالم: تعیین مقدار، نوع و زمان مصرف کودها برای دستیابی به خودکفایی نسبی، امنیت غذایی و افزایش درآمد کشاورزان. "چاپ چهارم با تجدید نظر کلی". خانه کشاورز، شماره ۱۰۴، ۴۲۴ صفحه، انتشارات مبلغان، تهران، ایران.

ملکوتی، محمدجعفر، احمد بای‌بوردی و سید جلال طباطبایی. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود گامی موثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت و کاهش آلاینده‌ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقاء سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی کاربرد. دفتر سبزی و صیفی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی. ۳۳۸ صفحه. تهران، ایران.

Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crops nutrition. International Zinc Association (IZA). Brussels, Belgium. 127 p.

Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition in Higher Plants*. Academic Press, San Diego, CA.

Obreza, T.A. & K.T. Morgan. 2011. Nutrition of Florida Citrus Trees. UF, University of Florida, IFAS Extension.

Snyder, R.L, Melo-Abreu, P.J. 2005. Frost Protection: fundamentals, practice and economics. Volume I, FAO, Rome, Italy.