

نشریه پژوهشی:

تأثیر اوره و سولفات آهن بر عملکرد و کیفیت میوه لیموشیرین (*Citrus limettioides* Tan.) در شرایط خاک‌های آهنی شهرستان جهرم

سید عبدالحسین محمدی جهرمی^۱، عبدالحسین ابوطالبی جهرمی^{۲*}، وحید عبدوسی^۳ و علیرضا طلائی^۴
۱ و ۳. دانشجوی دکتری و استادیار، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. دانشیار، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران
۴. استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۱۳)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر عناصر نیتروژن و آهن در جهت افزایش کمی و کیفی میوه، روی درختان لیموشیرین شش ساله با پایه مکزیکن‌لایم در جهرم انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار و هر تکرار شامل یک درخت لیموشیرین انجام شد. در مهرماه محلول‌پاشی اوره و سولفات آهن با غلظت‌های صفر، ۳ و ۵ گرم درلیتر، هر یک به تنهایی و ترکیبی، قبل از وارد شدن درخت به مرحله گل‌انگیزی روی درختان هدف انجام گرفت. براساس نتایج، مقادیر مختلف اوره و نیز اثر متقابل آن با سولفات آهن بر همه صفات کمی و کیفی میوه در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت. سولفات آهن بر pH، اسید کل، ویتامین ث، متوسط وزن میوه و عملکرد در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری نشان داد. بیش‌ترین میزان عملکرد تک درخت (۲۰۳ کیلوگرم)، درصد آب میوه (۴۵/۴ درصد) و ویتامین ث (۴۴/۲۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) از کاربرد ترکیبی اوره ۵ و سولفات آهن ۳ گرم درلیتر به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسید کل، عملکرد درخت، مرکبات، ویتامین ث.

Investigation of urea foliar application and iron sulfate on the yield and fruit quality of sweet lime (*Citrus limettioides* Tan.) in calcareous soil conditions

Sayed Abdulhossein Mohammadi Jahromi¹, Abolhossein Aboutalebi Jahromi^{2*}, Vahid Abdoosi³ and Alireza Talaie⁴
1, 3. Ph.D. Candidate and Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Associate Professor, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran

4. Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: June 23, 2020- Accepted: Oct. 04, 2020)

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of nitrogen and iron elements on increasing the quantity and quality of the 6-old-years sweet lime trees budded on Mexican lime rootstock in Jahrom. The experiment was performed as factorial arrangement in the randomized complete blocks design with 9 treatments and three replications and each replicate having one sweet lime tree. The foliar application of urea and iron sulfate was done at concentrations of 0, 3 and 5 g/l, alone and their combined treatments, before flower induction of the trees, in October. Based on the results, different amounts of urea and its interaction with iron sulfate, had significant effect on all quantitative and qualitative traits of sweet lime fruit at $p < 0.05$. Iron sulfate had significant effect ($p < 0.05$) on pH, total acid, vitamin C, fruit weight, yield. The highest yield of single tree (203 kg), juice percentage (45.4) and vitamin C (44.26 mg/100 ml fruit juice) were obtained from the combined treatment of nitrogen 5 g/l and iron 3 g/l concentration.

Keywords: Citrus, total acid, tree yield, vitamin C.

* Corresponding author E-mail: aa84607@gmail.com

مقدمه

مرکبات از خانواده Rutaceae، زیرخانوادهی Aurantioideae و جنس Citrus می‌باشد. لیموشیرین (*Citrus limetta*) یکی از گونه‌های جنس سیتروس با نام انگلیسی Sweet Lime یا Sweet Lemon می‌باشد. این گیاه از نظر گرده‌افشانی، خودگشن، دگرگشن و پارتنوکارپ است (Fotuhi Qazvini & Fatahi moghadam., 2016).

سطح بسیار وسیعی از خاک‌های اراضی تحت کشت محصولات کشاورزی در جنوب کشور آهکی بوده و در نتیجه جذب عناصری مانند روی، فسفر، آهن و ... در این خاک‌ها به‌کندی انجام می‌گیرد که از مشکلات کشاورزی این مناطق محسوب می‌گردد. برخی از این عناصر، نقش عمده‌ای در القاء و تشکیل گل دارند. بروز کلروز در خاک‌های آهکی تنها به خاطر عدم وجود و یا مقدار اندک عناصر مذکور نمی‌باشد بلکه حلالیت بسیار پائین ترکیبات و کانی‌های حاوی عناصر مذکور در این خاک‌ها باعث کاهش غلظت این عناصر در محلول خاک می‌گردد. وجود آهک و یون کلسیم فراوان، باعث می‌شود جذب عناصر کم‌مصرف، با مشکلات انجام گیرد. از طرفی در خاک‌های آهکی زیادی یون بی‌کربنات، ضمن افزایش pH خاک باعث کاهش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف، به خصوص آهن می‌گردد (Hao et al., 2007).

استان فارس با داشتن ۱۶ هزار و ۳۶۸ هکتار سطح کشت و تولید ۵۷۸۲۳۱ تن لیموشیرین، ۹۱ درصد لیموشیرین ایران را تأمین می‌کند (Ahmadi et al., 2017). جهرم یکی از شهرهای جنوبی استان فارس است که در مدار ۵۳ درجه و ۳۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی و بلندی ۱۰۵۰ متری از سطح دریا واقع شده است. سطح زیر کشت مرکبات جهرم ۲۵۰۰۰ هکتار با میزان تولید یک میلیون تن می‌باشد. این شهر با سطح زیرکشت ۱۱ هزار و ۵۰۰ هکتار و تولید ۴۸۰ هزار تن لیموشیرین، بزرگ‌ترین مرکز تولید این محصول در جهان است (Ahmadi et al., 2017). در مناطق نیمه‌گرمسیری گل‌دهی در مرکبات پس از سپری شدن دوران نونهالی و قرارگرفتن در معرض دمای

پایین و روز کوتاه از فصل زمستان رخ می‌دهد (Altman & Goren, 1974; Guardiola et al., 1982; Moss, 1969; Nebauer et al., 2006; Valiente & Albrigo, 2004). عدم تناوب باردهی و پتانسیل عملکرد بالا در گیاه لیموشیرین از ویژگی‌های این گونه مرکبات است که در بسیاری از مناطق تحت کشت، برداشت ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلوگرم محصول از یک گیاه در یک سال گزارش شده است (Anonymous, 2019). باردهی لیموشیرین از تمام گونه‌های مرکبات بیش‌تر است (Aboutalebi & Hassanzadeh, 2007).

آهن یکی از مهم‌ترین عناصر نقش‌آفرین در فعل و انفعال‌های اکسیداسیون و احیا در گیاهان می‌باشد و با توجه به این‌که بیش از ۸۵ درصد آهن سلول با کلروپلاست در ارتباط است، بنابراین باعث افزایش اسیمیلات‌ها شده و در افزایش عملکرد نقش دارد (Mengel & Kirby, 1987). بین غلظت آهن و عملکرد گیاه یک رابطه خطی معنی‌دار وجود دارد به نحوی که با مصرف آهن، میزان کلروفیل افزایش یافته و در نتیجه فتوسنتز راندمان بهتری می‌یابد و در نهایت منجر به افزایش رشد رویشی در گیاه و افزایش سطح کربن‌گیری گیاه و تولید کربوهیدرات بیش‌تر و افزایش میزان ماده خشک در گیاه می‌گردد (Amaliotis et al., 2002). با مصرف و محلول‌پاشی آهن در درخت انار، میزان ماده‌سازی خالص در فتوسنتز (اسیمیلاسیون) در گیاه افزایش یافت و باعث تأثیر مثبت بر سنتز و فعالیت کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز شد (Davarpanah et al., 2013). گزارشی از بررسی اثر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و تعدادی از عناصر ریزمغذی از جمله آهن بر ویژگی‌های کمی و کیفی انگور عسگری حاکی از آن بود که تیمار محلول‌پاشی آهن باعث افزایش وزن و حجم حبه انگور شد (Piri et al., 2005). وجود میزان کافی آهن باعث افزایش باز شدن روزنه‌ها می‌شود که حاکی از اثرات آهن در سنتز کلروفیل است. افزایش کلروفیل به‌ویژه نوع a باعث افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن و بالا رفتن توان فتوسنتزی و در نتیجه تخصیص اسیمیلات‌های بیش‌تر برای متابولیسم تولید کربوهیدرات در گیاه

انجام شده در آمریکا تنها یک مرتبه محلول پاشی زمستانه نیتروژن (قبل از گل دهی) از منبع اوره (۱۶۰ گرم نیتروژن برای هر درخت) در پرتقال واشنگتن ناول موجب افزایش عملکرد و تعداد میوه هر درخت و درشتی میوه شد (Lovatte, 1999). محلول پاشی کود اوره با بیورت کم در مرکبات در زمان های قبل از گل دهی، در مرحله گل دهی و در مرحله رشد میوه، موجب افزایش گل دهی، تشکیل میوه و در نتیجه عملکرد و کیفیت میوه و کاهش سال آوری شده است (Lovatte, 1999).

با انجام محلول پاشی اوره، تحمل گیاه در برابر تنش افزایش یافته و همچنین درصد جذب آن تا ۷۰ درصد افزایش می یابد. محلول پاشی نیتروژن در بهار موثرتر از استفاده از آن در خاک است و باعث افزایش تشکیل میوه و عملکرد می شود (Andrews, 2002). گزارش تحقیقات از محلول پاشی نیتروژن بر درختان انگور حاکی از افزایش عملکرد و اندازه میوه بود و به طور کلی کاربرد برگی عناصر غذایی و کودها می تواند باعث بهبود عملکرد و افزایش کیفیت محصولات مختلف مانند انگور شود (Crespan, 2010). محلول پاشی اوره در ماه های نوامبر تا فوریه (گل انگیزی تا تمایز) به طور معنی داری عملکرد را افزایش داد (Ali, 1992). محلول پاشی نیتروژن و عناصر ریزمغذی در درختان پرتقال واشنگتن ناول موجب افزایش تشکیل میوه، بریکس، ویتامین ث و حجم میوه شده و تأثیر معنی داری در کاهش ریزش میوه داشته است (Ahmad et al., 1995). گزارش شده است که دادن کود نیتروژنه در زمستان باعث افزایش درصد گل های دوجنسی و کاهش ریزش گل در لیموشیرین می شود (Sing, 1961). با توجه به نتایج مطالعات سایر محققین، هدف این تحقیق بررسی تأثیر محلول پاشی اوره و سولفات آهن به تنهایی و ترکیبی در اواسط پاییز بر افزایش عملکرد لیموشیرین در شهرستان جهرم می باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش در باغ بزرگ تحقیقاتی مرکبات مربوط به دانشگاه آزاد اسلامی جهرم که شامل بخش های

می شود (Shiemshi, 1976). گزارش حاصل از نتایج بررسی تأثیر آهن بر روند رشد زایشی مرکبات نشان داد که آهن از طریق تأثیر بر میزان رشد رویشی باعث افزایش عملکرد شده و اثری بر تغییر جنسیت گل ندارد (El-kassas & El-shasly, 1987).

نیتروژن یک عنصر معدنی است که بیشترین استفاده را در درختان مرکبات جهت تولید برگ، گل و میوه دارد، اگرچه از عناصر کلسیم و پتاسیم نیز در مقادیر زیاد استفاده می شود. نیتروژن یک جزء کلیدی در کودهایی است که در مرکبات استفاده می شود و بیشترین تأثیر را بر رشد، ظاهر و تولید میوه با کیفیت در مقایسه با هر عنصر دیگری دارد (Thomas et al., 2008). نواحی وسیعی از خاک های کشور ما به ویژه در جنوب کشور و بالاحص منطقه فارس را خاک های آهکی تشکیل می دهند و با وجود pH بالا و آهک فراوان، فراهمی بسیاری از عناصر پرمصرف و اغلب عناصر کم مصرف کاهش می یابد و کاربرد خاکی این عناصر نیز مشکلات خاص خود را دارد. از این رو، تأثیر محلول پاشی نیتروژن در تغذیه گیاه در مقایسه با اضافه کردن به خاک بیش تر است. نیاز به نیتروژن در گیاه در طی دوره گل دهی و تشکیل میوه به حداکثر می رسد. زیاد شدن میزان نیتروژن در جوانه های گل باعث افزایش عمر تخمک و مدت زمان گرده افشانی و تلقیح می شود. در نتیجه تشکیل میوه ها بیش تر، اندازه آن ها درشت تر و عملکرد نیز بیش تر می شود (Albrigo & Syvertsen, 2001).

محققان گزارش نموده اند که کاربرد نیتروژن به فرم اوره و به صورت محلول پاشی موجب افزایش عملکرد، بهبود رنگ میوه، کنترل رشد رویشی و کاهش آبشویی آن می شود (Salem et al., 2004). کارایی و سودمندی کاربرد برگی نیتروژن از طریق محلول پاشی روی درختان میوه خصوصاً مرکبات توسط بسیاری از محققین دنیا گزارش شده است. کاربرد برگی نیتروژن (اوره) یکی از اجزای مهم برنامه های کوددهی مرکبات در فلوریدای آمریکا و سایر مناطق مرکبات خیز دنیا است، زیرا با این روش شست و شوی نیترات و ورود آن به آب زیرزمینی کاهش می یابد (Bondada, 2001). بر اساس تحقیق

درصد (Brix 0-80%) ساخت کشور سنگاپور استفاده شد و میانگین اعداد اندازه‌گیری شده به عنوان درصد بریکس بیان شد. جهت تعیین pH آب میوه از دستگاه pH متر دیجیتالی هوربا ساخت ژاپن استفاده شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون، ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق و تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال با استفاده از معرف فنل فتالین انجام شد. میزان اسید موجود در عصاره برحسب گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محاسبه شد (Ahmed et al., 1995).

ال‌اسکوربات یا ویتامین ث در طول موج ۵۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Dynamica (HALO×B-10) فرائت شد (Bor et al., 2006). برای محاسبه ویتامین ث نمونه‌ها، از منحنی استاندارد اسکوربیک اسید استفاده شد. جهت اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از دستگاه سفتی‌سنج دستی میوه (پنترومتر) مدل FTO11 (0-11Lbs) ساخت کشور چین با پروب شماره ۸ استفاده شد. در زمان برداشت محصول هر ۳ درخت به‌طور جداگانه برداشت و به‌وسیله‌ی ترازوی دیجیتالی ۶۰۰ کیلوگرمی بی‌نظیر مدل SB وزن شد و پس از محاسبه میانگین، میزان عملکرد به‌صورت میانگین با واحد کیلوگرم ثبت شد. وزن هر میوه با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای این منظور از هر تکرار ۱۵ میوه به‌طور تصادفی برداشت و پس از توزین، میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن یک میوه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان عصاره میوه، ۱۵ میوه به‌طور تصادفی از هر تکرار برداشت و هرکدام پس از وزن با ترازوی دیجیتالی با استفاده از آب‌میوه‌گیری دستی، عصاره آن استخراج و مجدداً با ترازوی دیجیتالی وزن شد. با محاسبه درصد نسبت وزن عصاره به وزن اولیه میوه و ضرب عدد به‌دست آمده در عدد ۱۰۰، درصد عصاره میوه محاسبه شد.

داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS نسخه 9.1، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه آماری شده و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون حداقل تفاوت میانگین حفاظت‌شده (PLSD) صورت گرفت و برای رسم

احداث شده از گونه‌های مختلف مرکبات و دارای خاکی سیلتی لومی با میزان آهک کل ۴۶ درصد و آهک فعال کمتر از ۱۰ درصد است، با مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۱۱۷۹ متر ارتفاع بالاتر از سطح دریا انجام شد. با در نظر گرفتن وضعیت قلیایی خاک منطقه و الهام گرفتن از نتایج تحقیقات سایر محققین، نسبت به تهیه سولفات آهن ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ۱۸ درصد با جرم مولکولی ۲۷۸ و حلالیت ۶۰۰ گرم در لیتر و pH ۳ تا ۴ شرکت یورو سالدیز هلند و اوره $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ ۴۶ درصد با جرم مولکولی ۶۰/۶ و حلالیت ۱۰۸۰ گرم در لیتر و بیورت ۱/۱ شرکت خدمات حمایتی ساخت پتروشیمی شیراز با توجه به غلظت تیمارها (صفر، ۳، ۵ و ۸ گرم در لیتر اوره و سولفات آهن به صورت تکی و ترکیبی) نسبت به آماده‌سازی هر تیمار به‌صورت محلول در آب اقدام و با استفاده از یک سمپاش موتوری نسبت به محلول‌پاشی در زمان مقرر اقدام شد.

محلول‌پاشی قبل از وارد شدن گیاه به مرحله گل‌انگیزی از تاریخ ۱۵ تا ۲۰ مهرماه بر روی درختان هدف انجام گرفت. براساس آزمایش‌های انجام شده، زمان گل‌انگیزی لیموشیرین در منطقه جهرم در محدوده اوایل ماه آبان تا نیمه آذرماه تعیین شده است (محمدی، گزارش منتشر نشده). این آزمایش شامل ۹ تیمار و ۳ تکرار و هر تکرار شامل یک درخت لیموشیرین (۲۷ درخت) با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو باغ مجزا با شرایط مدیریتی یکسان به عنوان گروه‌های A و B انجام گرفت. عملیات داشت به‌طور عادی و یکنواخت برای همه درختان دنبال شد. در ابتدای آبان‌ماه سال بعد و با شروع برداشت محصول، میزان عملکرد، میانگین وزن تک میوه، میزان کل مواد جامد محلول، میزان اسید کل، pH آب میوه، میزان ویتامین‌ث، درصد آب میوه و و سفتی بافت میوه هر دو گروه A و B مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای انجام آزمایش‌های کمی و کیفی میوه، از هر درخت سه نمونه یک کیلوگرمی میوه برداشت شد.

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از یک دستگاه انکسارسنج چشمی مدل (MT-098) با دامنه ۸۰-۰

افزایش معنی‌دار میزان ویتامین ث شد ولی افزایش غلظت اوره به ۵ گرم درلیتر کاهش معنی‌دار غلظت ویتامین ث را به دنبال داشت (شکل ۱-D). با افزایش غلظت اوره، وزن تک میوه افزایش معنی‌دار نشان داد، به طوری که بیشترین وزن متوسط میوه (۱۴۴/۱ گرم) در غلظت ۵ گرم درلیتر اوره و کمترین آن در تیمار شاهد (۱۲۲/۴) مشاهده شد (شکل ۱-E). اوره ۳ گرم درلیتر منجر به افزایش معنی‌دار مقدار آب میوه گردید (شکل ۱-F). افزایش غلظت اوره باعث کاهش سفتی پوست میوه گردید (شکل ۱-G). میزان عملکرد تک درخت نیز با افزایش غلظت اوره افزایش نشان داد لیکن این افزایش فقط با تغییر غلظت اوره از صفر به ۳ گرم درلیتر معنی‌دار نشان داد. بالاترین میزان عملکرد تک درخت مربوط به غلظت ۵ گرم درلیتر اوره (۱۹۱ کیلوگرم) و کمترین آن (۱۴۹/۴ کیلوگرم) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱-H). افزایش تولید در بخش کشاورزی و به ویژه در محصولات باغبانی به دلیل تنوع شرایط اقلیمی در کشور به راحتی امکان‌پذیر است. لذا انتخاب صحیح منبع کود نیتروژنی و تنظیم مقدار مصرف و کاربرد بهینه آن و همچنین رفع کمبود عناصر کم‌مصرف می‌تواند به افزایش عملکرد منجر شود. محلول‌پاشی اوره اثر معنی‌داری بر همه صفات مورد بررسی نشان داد. نتایج این آزمایش با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های انجام گرفته توسط دیگران (Salem & Kilany, 2004; Ali, 1992) هم‌خوانی دارد. همچنین با گزارش‌های تحقیقات دیگر (Ahmed *et al.*, 1995; Albrigo & Syvertsen, 2001;) (Crespan *et al.*, 2000; Lovatte, 1999) مبنی بر این که محلول‌پاشی و استفاده از نیتروژن باعث افزایش وزن میوه، درصد آب میوه، افزایش ویتامین ث و عملکرد شد، هم‌سو می‌باشد.

نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. آزمایش در دو باغ مجزا با شرایط مدیریتی یکسان انجام شد و پس از آنالیز مرکب اولیه به دلیل معنی‌دار نشدن اثر مکان در همه صفات مورد بررسی آنالیز بر مبنای میانگین داده‌های دو مکان انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اوره اثر معنی‌داری بر همه صفات مورد بررسی نشان داد. همچنین اثر سولفات آهن بر صفات اسید کل، ویتامین ث، متوسط وزن میوه، pH، زمان رسیدن میوه و عملکرد معنی‌دار بود. در همه صفات مورد بررسی اثر متقابل معنی‌داری بین اوره و سولفات آهن (N×Fe) مشاهده شد (جدول ۱).

اثر اوره بر صفات مورد بررسی

با افزایش مقدار اوره از صفر به ۳ گرم درلیتر مقدار pH عصاره به طور معنی‌داری افزایش یافت لیکن افزایش غلظت اوره از ۳ به ۵ گرم درلیتر تأثیر معنی‌دار نداشت. بیشترین pH در تیمار اوره ۵ گرم درلیتر (۵/۹۳) و کمترین آن در شاهد (۵/۶۴) مشاهده شد (شکل ۱-A). افزایش غلظت اوره از صفر به ۳ گرم درلیتر منجر به کاهش معنی‌دار میزان مواد جامد محلول عصاره میوه شد (۹/۶۷ به ۹/۱۸ درصد) اگرچه با افزایش اوره از ۳ به ۵ گرم درلیتر میزان TSS مجدداً کاهش نشان داد لیکن این کاهش معنی‌دار (۹/۱۸ به ۹ درصد) نبود (شکل ۱-B).

محلول‌پاشی ۳ گرم در لیتر اوره تأثیر معنی‌دار بر میزان اسید کل عصاره میوه نداشت اما با افزایش میزان اوره مصرفی به ۵ گرم در لیتر، میزان اسید کل کاهش معنی‌داری یافت (شکل ۱-C). اوره ۳ گرم درلیتر باعث

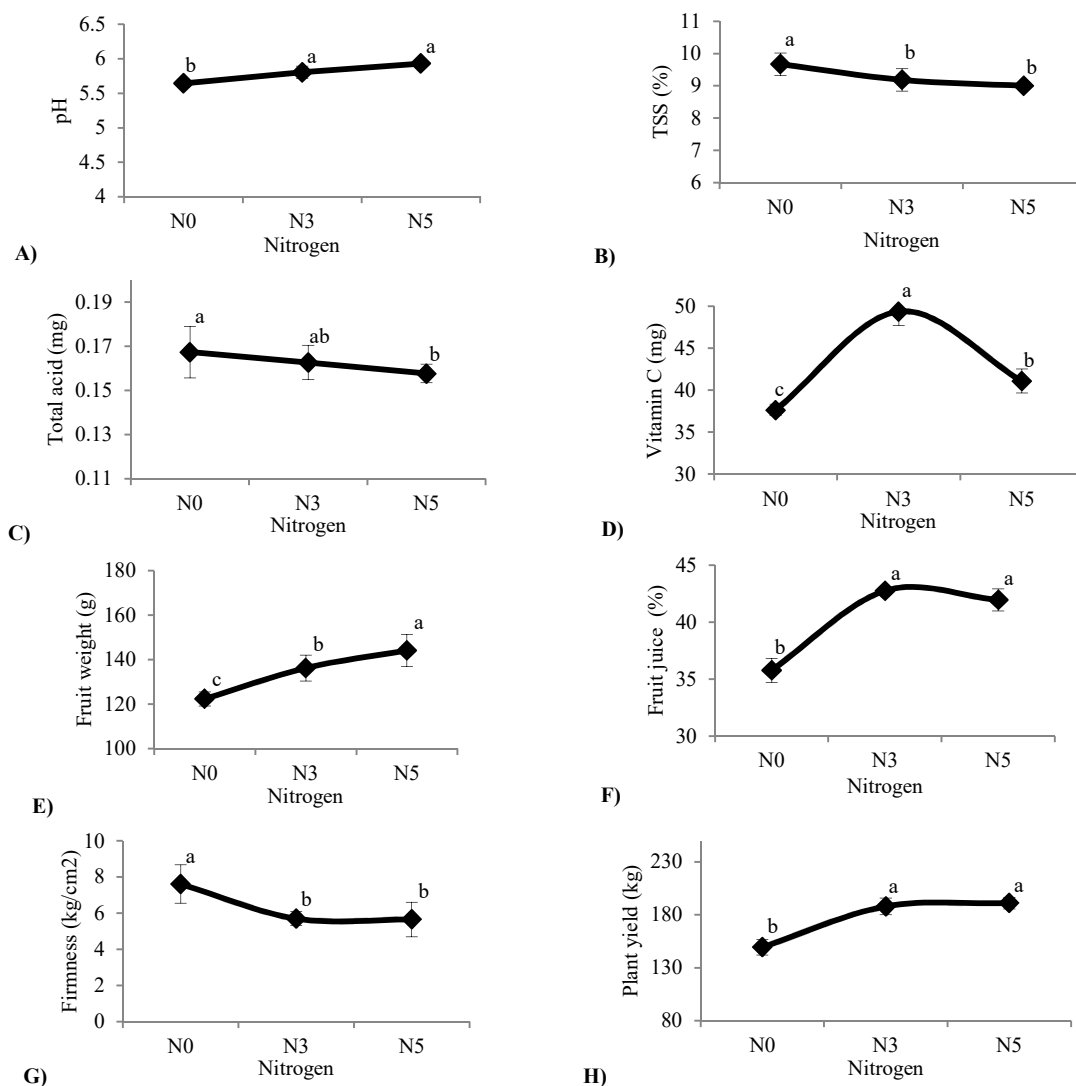
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر اوره و سولفات آهن بر صفات کمی و کیفی میوه لیموشیرین.

Table 1. Analysis of variance in relation to the effect of different amounts of urea and iron sulfate on quantitative and qualitative attributes of sweet lime fruit.

Source of variation	df	Mean of squares							
		pH	TSS	TA	Vitamin C	Average fruit weight	Fruit juice percent	Firmness	Single tree yield
Replication	2	0.001 ^{ns}	0.804 ^{ns}	0.50 ^{ns}	2.7 ^{ns}	35.2 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.01 ^{ns}	26.9 ^{ns}
Nitrogen (N)	2	0.185 ^{**}	1.087 ^{**}	2.10 [*]	327.1 ^{**}	1091.2 ^{**}	131.3 ^{**}	11.22 ^{**}	4821.8 ^{**}
Iron (Fe)	2	0.213 ^{**}	0.210 ^{ns}	7.12 ^{**}	38.7 ^{**}	317.6 ^{**}	1.0 ^{ns}	0.04 ^{ns}	938.9 ^{**}
N × Fe	4	0.064 [*]	3.570 ^{**}	32.71 ^{**}	70.5 ^{**}	1419.9 ^{**}	31.8 ^{**}	0.17 [*]	1560.1 ^{**}
Error	16	0.017	0.109	0.47	1.0	31.8	1.8	0.04	150.0
C.V%		2.2	3.6	4.2	2.4	4.2	3.3	3.1	7.0

ns, *, **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اوره بر pH (A)، TSS (B)، اسید کل (C) و ویتامین C (D)، وزن میوه (E)، درصد آب میوه (F)، سفتی پوست (G) و عملکرد لیمو شیرین (H).

Figure 1. Mean comparison effect of urea on pH (A), TSS (B), total acid (C) and vitamin C (D), fruit weight (E), fruit juice percent (F), peel firmness (G) and yield of sweet lime (H).

میزان اسید کل (۰/۱۷۰ به ۰/۱۶۵ گرم) شد، لیکن این کاهش معنی دار نبود (شکل B-۲). افزایش غلظت محلول پاشی سولفات آهن موجب افزایش معنی دار مقدار ویتامین C شد، به طوری که بیشترین میزان ویتامین C در غلظت ۵ گرم در لیتر سولفات آهن (۴۴/۸۷ گرم) و کمترین آن (۴۰/۷۴ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل C-۲). با افزایش مقدار سولفات آهن از صفر به ۳ گرم در لیتر مقدار متوسط وزن میوه به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین متوسط وزن میوه در تیمار سولفات آهن ۵ گرم در لیتر (۱۳۹/۶ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (۱۲۷/۹

اثر سولفات آهن بر صفات مورد بررسی

محلول پاشی سولفات آهن روند مشخصی را در میزان pH آب میوه نشان نداد به طوری که با افزایش مقدار سولفات آهن از صفر به ۳ گرم در لیتر مقدار pH به طور معنی داری کاهش یافت لیکن با افزایش غلظت سولفات آهن از ۳ به ۵ گرم در لیتر مقدار pH دارای افزایش معنی دار شد. بین هر سه غلظت آهن تفاوت معنی داری وجود داشت (شکل A-۲). با افزایش غلظت سولفات آهن از صفر به ۳ گرم در لیتر میزان اسید کل افزایش معنی دار (۰/۱۵۳ به ۰/۱۷۰ گرم) نشان داد و افزایش غلظت از ۳ به ۵ گرم در لیتر منجر به کاهش

El- (Marschner, 1995). نتایج این تحقیق با نتایج Kasas *et al.* (1987)، Mohamed *et al.* (1995)، Mongi & Thomas (2007)، Piri *et al.* (2005) و Shienshi (2007) در یک راستا بود.

مقایسه اثر متقابل اوره و سولفات آهن بر صفات مورد بررسی

مقایسه اثر متقابل اوره و سولفات آهن نشان داد که بیشترین میزان اسید کل مربوط به تیمار سولفات آهن ۵ گرم درلیتر بدون حضور اوره (۰/۲۰۸ گرم) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد به میزان (۰/۱۳۰ گرم) بود. تیمار ترکیبی (اوره ۳ گرم درلیتر + سولفات آهن ۵ گرم درلیتر) بالاترین میزان ویتامین ث (۴۴/۲۶ میلی گرم) را نشان داد. بیشترین وزن میوه از بالاترین غلظت ترکیبی (اوره و سولفات آهن) ۵ گرم درلیتر به میزان (۱۷۲ گرم) به دست آمد. مقایسه اثر متقابل اوره و سولفات آهن نشان داد که بیشترین درصد آب میوه (۴۵/۴ درصد) مربوط به تیمار ترکیبی (اوره ۵ گرم درلیتر + سولفات آهن ۳ گرم در لیتر) بود. کمترین میزان سفتی پوست میوه از تیمار ترکیبی (اوره ۵ گرم در لیتر + سولفات آهن ۳ گرم در لیتر) به میزان (۵/۵۳ کیلوگرم بر سانتی مترمربع) بود که اختلاف معنی داری نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۲).

بالاترین میزان عملکرد تک درخت از تیمار ترکیبی (اوره ۵ گرم در لیتر + سولفات آهن ۳ گرم در لیتر) به میزان (۲۰۳ کیلوگرم) و کمترین آن مربوط به تیمار سولفات آهن ۵ گرم درلیتر (۱۳۵ کیلوگرم) بود که اختلاف معنی دار با شاهد داشت (جدول ۲).

گرم) مشاهده شد (شکل ۲-D). افزایش غلظت سولفات آهن از صفر به ۳ گرم درلیتر باعث کاهش معنی دار عملکرد تک درخت شد، ولی افزایش غلظت از ۳ به ۵ گرم درلیتر اگرچه باعث افزایش میزان عملکرد گردید، لیکن این افزایش معنی دار نبود (شکل ۲-E).

اثر سولفات آهن بر صفات pH، اسیدکل، ویتامین ث در عصاره میوه، متوسط وزن میوه و عملکرد تک درخت معنی دار بود. نیاز گیاه به عنصر آهن غیر قابل اجتناب است و یکی از برجسته ترین مؤلفه ها در ساخت گروهی از پروتئین ها و آنزیم هایی است که نقش مهمی در فرآیندهای کلیدی متابولیک از جمله تنفس سلولی، حمل و نقل اکسیژن، متابولیسم لیپیدها، چرخه کربوکسیلیک اسید (TCA)، تنظیم ژن، سنتز واسطه های متابولیک و بیوسنتز DNA دارد و نیز به عنوان یک عنصر اساسی در فتوسنتز و بیوسنتز کلروفیل ضروری است (Adamski *et al.*, 2012). گزارش شده است که با شروع فاز زایشی و تولید مثل درختان و رقابت برای مواد قندی، فعالیت ریشه و جذب توسط ریشه کاهش می یابد. محلول پاشی مواد غذایی می تواند جبران این کمبود را بنماید (Moradi & Ebadi, 2007). یکی از شاخص ترین وظایف آهن در بیوسنتز کلروفیل و همچنین کنترل آمینولینونیک اسید است که از آن به عنوان پیش سنتز مشترک در ساخت کلروفیل گروه هم نام برده می شود و میزان تشکیل و کنترل آن توسط آهن صورت می گیرد (Ghorban Ali & Babalar, 2003). گزارشی در رابطه با استفاده از آهن حاکی از آن بود که کود آهن با افزایش راندمان فتوسنتز باعث رشد گیاه و جذب سایر عناصر کم مصرف در شرایط خاک های آهکی می شود

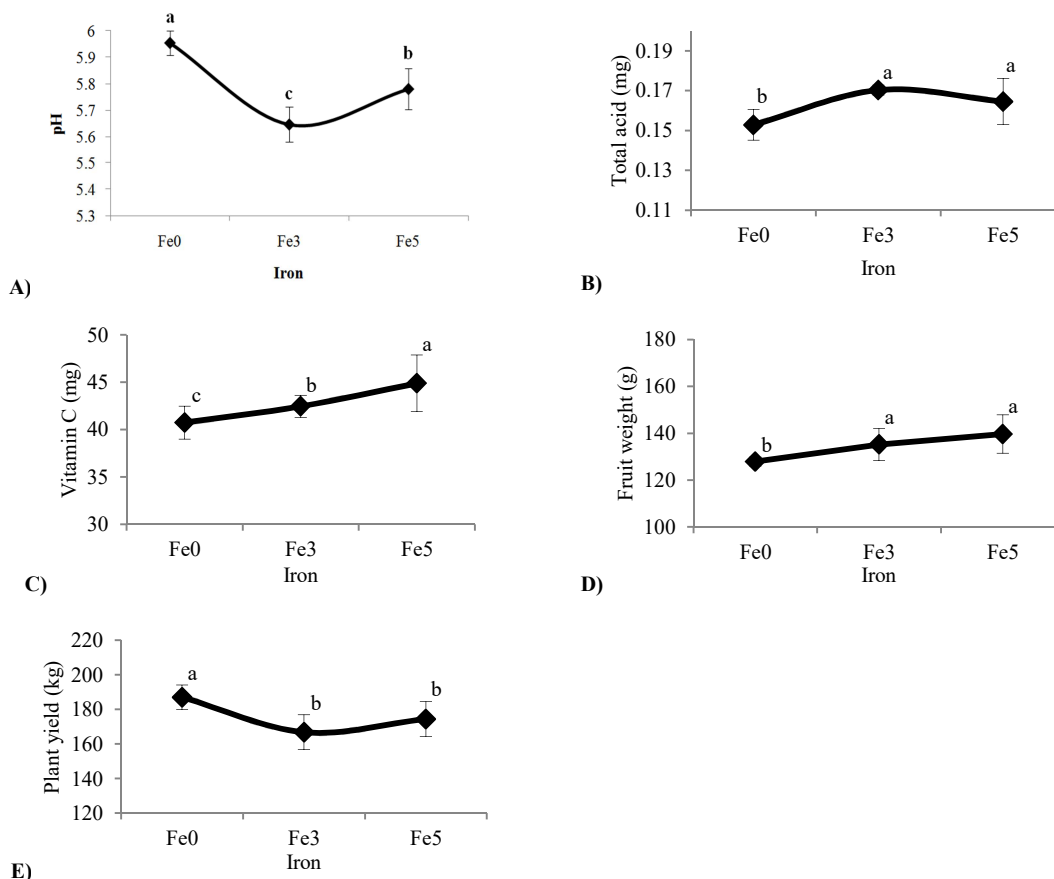
جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل اوره و سولفات آهن بر صفات کمی و کیفی میوه لیموشیرین.

Table 2. Mean comparison interaction effect of urea and iron sulfate on the quantitative and qualitative attributes of sweet lime fruit.

N × Fe	pH	TSS (%)	TA (g/100 ml)	Vitamin C (mg/100 ml)	Average fruit weight (g)	Fruit juice (%)	Firmness (kg/cm ²)	Single tree yield (kg)	
N0	Fe0	5.82 bc	8.40 de	0.13 f	39.60 d	131 cd	39.0 c	7.37 b	175b c
	Fe3	5.60 cd	10.00 b	0.16cd	37.93 d	113 e	32.6 e	7.98 a	138d e
	Fe5	5.52 d	10.62 a	0.20 a	35.37 e	123 d	35.7 d	7.48 b	135 e
N3	Fe0	6.07 a	10.35 ab	0.18 b	47.15 b	127 cd	43.6 ab	5.72 c	210 a
	Fe3	5.50 d	8.30 e	0.17 bc	45.17 c	158 b	42.4 b	5.62 c	159 cd
	Fe5	5.84 b	8.90 cd	0.13 f	55.77 a	124 d	42.3 b	5.77 c	195 ab
N5	Fe0	5.97 ab	9.10 c	0.14 e	35.48 e	126 cd	39.0 c	5.67 c	176 bc
	Fe3	5.85 ab	9.10 c	0.17 bc	44.26 c	134 c	45.4 a	5.53 c	203 a
	Fe5	5.98 ab	8.80 cde	0.15 de	43.48 c	172 a	41.5 b	5.77 c	194 ab

در هر ستون میانگین هایی که حروف یکسانی دارند در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

*Means in each column with same letter are not significantly difference at 5 probability level.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر سولفات آهن بر pH (A)، اسید کل (B) و ویتامین C (C)، وزن میوه (D) و عملکرد لیموشیرین (E).
Figure 2. Mean comparison effect of iron sulfate on pH (A), total acid (B) and vitamin C (C), fruit weight (D) and yield of sweet lime (E).

محدودیت‌های مرتبط با این عنصر است که پیامدهای آن به صورت کاهش عملکرد سالانه، ضعیف شدن درخت و حساسیت آن به تنش‌های محیطی نمود پیدا کرده و در نهایت باعث کاهش عمر درخت می‌شود. از طرفی مصرف نامتعادل کودهای نیتروژنی از لحاظ غلظت، زمان، روش مصرف و منبع کودی از دیگر مسائلی است که مدیریت ناصحیح آن باعث صدمه به باغ و محصول نهایی آن می‌شود. در مطالعه حاضر به دنبال محلول‌پاشی اوره و سولفات آهن به‌ویژه در تیمار ترکیبی، همه صفات مورد بررسی نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار گرفتند و استفاده از نیتروژن باعث افزایش وزن میوه و درصد آب میوه و عملکرد شد. تحت شرایط این آزمایش می‌توان تیمار ترکیبی اوره ۵ گرم در لیتر و سولفات آهن ۳ گرم در لیتر را به‌صورت محلول‌پاشی در مهر ماه جهت بهبود صفات کمی و کیفی میوه لیموشیرین توصیه نمود.

در همه صفات مورد بررسی اثر متقابل معنی‌داری بین اوره و سولفات آهن مشاهده شد. در بسیاری از مطالعات، ارتباط نزدیکی بین کاربرد برگی اوره و گلدهی و نمو میوه مرکبات (Ashoori *et al.*, 2013; El-Shewy, & Adel-Khalek, 2014) مشاهده شده است که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشند. طی تحقیقی از آفریقای جنوبی نیز گزارش شده است که محلول‌پاشی اوره روی نارنگی انشو، صفات کیفی میوه را تحت تاثیر قرار داده است (Bondada, *et al.*, 2001).

نتیجه‌گیری کلی

اوره و آهن به‌دلیل وظایف فیزیولوژیکی متعددی که در فرآیندهای رشد و نمو دارند، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم رشد رویشی و زایشی درخت مرکبات را تحت تاثیر قرار می‌دهند. کاهش حلالیت و در نتیجه جذب ضعیف آهن در خاک‌های آهکی، یکی از

REFERENCES

1. Aboutalebi, A. & Hassanzadeh, H. (2007). *Inherited Reserves of Citrus, cultivars and rootstocks*. Avand Andisheh Publications, 224 p. (In Farsi).
2. Adamski, J.M., Danieloski, R., Deuner, S., Braga, E.J., deCastr, LA. & Peters, JA. (2012). Responses to excess iron in sweet potato: impacts on growth, enzyme activities, mineral concentrations, and anatomy. *Acta Physiology Plant*, 34(5), 1827-1836.
3. Ahmadi, K., Ebad Zadeh, H.R., Abdshah, H., Kazaemian, A. & Rafiea, M. (2017). *Iranian agricultural amarnameh*. General Department of Statistics and Information of the Ministry of Jihad Agriculture. (In Farsi).
4. Ahmed, M.A., Abdelfattah, M.E. & Mohamed, Y.H. (1995). Effect of urea, some micronutrients and growth regulator foliar sprays on the yield, fruit quality and some vegetative characters of Washington navel orange trees. *Hortscience*, 30(4), 774.
5. Albrigo, L. & Syvertsen, N. (2001). What about foliar NPK on citrus? *The Journal of Fluids*, 9(3): 1-6.
6. Ali, A.G. & Lovatt, C. (1992). Winter application of low biuret urea to the foliage of Washington Navel orange increased yield. *The Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119, 1144-1150.
7. Altman, A. & Goren, R. (1974). Growth and dormancy cycles in citrus bud cultures and their hormonal control. *Physiology Plantarum*, 30, 240-245.
8. Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S. & Karapetsas, N. (2002). Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Horticultural*, 567, 447-450.
9. Andrews, P.K. (2002). How foliar-applied nutrients affect stresses in perennial fruit plant. *International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants*, 31, 246-247.
10. Anonymous (2019). Report of crop weighting in indexing orchards of Jahrom township. Jihad-Keshavarzi Jahrom, 35 p.
11. Asasdi Kangarshahi, A & Akhlaghi Amiri, N. (2022). Effect of urea spray accordance with growth phenology on yield and alternate bearing of satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(1), 99-111. (in Farsi).
12. Ashoori, M., Lolaei, A., Ershadi, A., Kolhar, M. & Rasoli, A. (2013). Effects of N, Fe and Zn nutrition on vegetative and reproductive growth and fruit quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 3 (1), 49-58.
13. Bondada, B. R., Syvertsen, J. P., & Albrigo, L.G. (2001). Urea nitrogen uptake by citrus leaves. *HortScience*, 36(6), 1061-1065.
14. Bor, D., Duncan, J., Lee, A. C., Parr, A. & Owen, A.M. (2006). Frontal lobe involvement in spatial span: Converging studies of normal and impaired function. *Neuropsychol*, 44(2), 229-237.
15. Crespan, G., Zenaroda, C., colugnati, G., Bregant, F., Gallas, E. & Tonetti, I. (2000). Fertilizer procedures and response of vine, preliminary results of an investigation in cabernet sauvignon. *Notiziario-ERSA*, 13, 21-24.
16. Davarpanah, S., Akbari, M., Askari, M.A., Babalar, M. & Naddaf, M.E. (2013). Effect of iron foliar application (FeEDDHA) on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate CV. "Malas-e-Saveh". *World of Sciences Journal*, 4, 179-187.
17. El-Kassas, S.E. & El-Shasly, S. (1987). Effect of certain micro nutrients on the yield and fruit quality of Balady mandarin. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 18(4), 135-153.
18. El-Shewy, A.A. & Adel-Khalek, I. (2014). Physiological studies on the effect of foliar sprays with some micronutrients on leaf mineral content, yield and fruit quality of 'Florida Prince' and 'Desert Red' peach trees. *Trends in Horticultural Research*, 4 (1), 20-30.
19. Fotuhi Qazvini, R. & Fatahi Moghadam, J. (2016). Citrus cultivation in Iran. *Guilan University Press*. Fourth edition. 464 p. (In Farsi).
20. GhorbanAli, M.L. & Babalar, M. (2003). Mineral nutrition of plants. *Kharazmi University*, 356 p. (In Farsi).
21. Guardiola, J.L., Monerri, C. & Agustí, M. (1982). The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiology Plantarum*, 55, 136-142.
22. 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(4), 289-294.
23. Lovatt, C. J. (1999). Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. *HortTechnology*, 9(4), 607-612.
24. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press, San Diego.
25. Mengel, K. & Kirby, E. A. (1987). *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute, Bern.

26. Mohamed, F.A., Shraf, A.N.M. & Mohsen, A.M. (1995). *Response of orange to foliar application of manganese*. Agriculture Department of Soil and Water Reserch, Cario. Egypt.
27. Mongi, Z. & Thomas, A. (2018). *Plant nutrients for citrus trees*. Soil and Water Science Department, UF/IFAS Extension, Gainesville, FL 32611. Visit the EDIS website at <http://edis.ifas.ufl.edu>.
28. Moradi, B. & Ebadi, H. (2007). Effect of urea foliar application on yield and quality of Thomson Navel orange. *10th Iranian Soil Science Congress*, Karaj, Tehran University of Agriculture and Natural Resources Campus. 26 August (In Farsi).
29. Moss, G.I. (1969). Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Journal of Horticultural Science*, 44, 311-320.
30. Nebauer, S.G., Avila, C., García-Luis, A. & Guardiola, J.L. (2006). Seasonal variation in the competence of the buds of three cultivars from different Citrus species to flower. *Trees*, 20, 507-514.
31. Piri, H., Moafpouriyan, G.R. & Dorostkar, M. (2005). Effect of nitrogen, phosphorus, potassium and some micronutrients on quantitative and qualitative characteristics of grape varieties Asgari. In: *Proceedings of the Fourth Iranian Horticultural Science Congress*. Mashhad University, Mashhad, Iran. 8 November, pp. 271.
32. Raiesi, T. & Moradi, B. (2019). The effect of urea foliar spray time on yield and fruit quality of 'Thomson Navel' sweet orange trees. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(2), 349-359. (in Farsi)
33. Salem, A.T., Kilany, A.E. & Shaker, G. (2004). The influence of N, P, K P sources and potassium foliar application on growth and fruit quality of Thompson Seedless grapevines. *The International Society for Horticultural Science*, 640, 163-173.
34. Shimshi, D. (1967). Leaf chlorosis and stomatal aperture. *New Phytologist*, 66(3), 455-461.
35. Sing, B. (1984). Effect of nitrogen fertilization on quality of lemon. *Indian Horticultural*, 16, 308-311.
36. Thomas, A., Zekri, M. & Stephen, H. (2008). General soil fertility and citrus tree nutrition. *Nutrition of Florida Citrus Trees*, SL 253, (2)100: 16-18.
37. Valiente, JI. & Albrigo, L.G. (2004) Flower bud induction of sweet orange trees [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]: effect of low temperatures, crop load, and bud age. *The Journal of the American Society For Horticultural Science*, 129, 158-164.