مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۲ شماره ۳ صفحه های ۲۵۳ تا ۲۶۴ (۱۴۰۰)
مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد برگی نیتروژن، آهن و روی پیش از انگیزش گل بر عملکرد و کیفیت میوه لیموشیرین[1]

Effect of Foliar Application of Nitrogen, Iron and Zinc Before Flower Induction on the Yeild and Quality of Sweet Lime (*Citrus limettioides* Tan.) Fruits

سیدعبدالحسین محمدی جهرمی، عبدالحسین ابوطالبی جهرمی*، وحید عبدوسی و علی‌رضا طلایی[2]

چکیده

در این پژوهش تأثیر عنصرهای نیتروژن، آهن و روی بر افزایش کمی و کیفی میوه درختان لیموشیرین ۶ ساله پیوندی روی پایه مکزیکن‌لایم در باغ پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی جهرم مورد ارزیابی قرار گرفت. محلول‌پاشی برگی عنصرهای نیتروژن، روی و آهن (به‌ترتیب از منابع اوره، سولفات روی و سولفات آهن) با غلظت‌های صفر، ۳ و ۵ گرم‌درلیتر، هر یک به تنهایی و در ترکیب با هم، در مهرماه سال ۱۳۹۶ پیش از مرحله گل‌انگیزی روی درختان هدف انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۷ تیمار و سه تکرار و هر تکرار شامل یک درخت لیموشیرین از هر دو قسمت باغ به‌صورت جداگانه به عنوان گروه‌های A و B (هر گروه شامل ۸۱ درخت) انجام شد. براساس نتیجه‌ها، مقادیر مختلف نیتروژن، آهن و روی به‌صورت ساده و ترکیبی بر همه ویژگی‌های کمی و کیفی میوه لیموشیرین در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری داشتند. اثر مکان تنها بر ویژگی‌های اسید کل، ویتامین C و درصد آب میوه معنی‌دار بود. بیش‌ترین میانگین وزن میوه (۲۲۸ گرم) و عملکرد تک‌درخت (۳۱۳ کیلوگرم) از کاربرد ترکیبی عنصرهای نیتروژن، آهن و روی در بالاترین غلظت (۵ گرم در لیتر) به‌دست آمد. بالاترین میزان ماده‌های جامد محلول و اسید کل (به ترتیب ۱۰/۶۲ درصد و ۰/۲۰۸ میلی‌گرم در لیتر) در استفاده از تیمار آهن ۵ گرم در لیتر در نبود نیتروژن و روی و بیشترین میزان ویتامین C با استفاده از تیمار ترکیبی نیتروژن و آهن ۳ گرم‌در لیتر و روی ۵ گرم در لیتر به مقدار ۵۶/۹۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی آب میوه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: اوره، عملکرد، عنصرهای کم‌مصرف، گل‌انگیزی، مرکبات.

مقدمه

مرکبات از تیره سدابیان[3]، زیرخانواده‌ی Aurantioideae و جنس *Citrus* می‌باشند. لیموشیرین (*Citrus limettioides* Tan.) یکی از گونه‌های این جنس با نام انگلیسی Sweet lime است. این گیاه از نظر گرده‌افشانی، خودگشن، دگرگشن و پارتنوکارپ است. استان فارس با داشتن ۱۶ هزار و ۳۶۸ هکتار سطح زیر کشت و تولید ۵۷۸۲۳۱ تن، ۹۱ درصد لیموشیرین ایران را تأمین می‌کند. جهرم یکی از شهرهای جنوبی استان فارس، در مدار ۵۳ درجه و ۳۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی و بلندی ۱۰۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. سطح زیر کشت مرکبات جهرم ۲۵۰۰۰ هکتار با میزان تولید

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۸

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری گروه زراعی باغی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، دانشیار گروه علوم باغبانی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، استادیار و استاد گروه زراعی باغی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (aa84607@gmail.com).

۳- Rutaceae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

یک میلیون تن درسال است. این شهر با سطح زیر کشت ۱۱۵۰۰ هکتار و تولید ۴۸۰ هزار تن لیموشیرین، بزرگ‌ترین مرکز تولید این محصول در جهان است (۶). مصرف بهینه عنصرهای غذایی یکی از راه‌کارهای مؤثر در افزایش عملکرد درختان میوه از جمله لیموشیرین است. سطح بسیار وسیعی از زمین‌های زیر کشت جنوب کشور آهکی است و در نتیجه کُندی جذب عنصرهایی مانند روی، فسفر، آهن و غیره در این خاک‌ها از دشواری‌های کشاورزی در این مناطق محسوب می‌شود. برخی از این عنصرها، نقش عمده‌ای در انگیزش و تشکیل گل دارند. بروز کم‌سبزینگی در خاک‌های آهکی تنها به خاطر عدم وجود و یا مقدار اندک این عنصرها نیست، بلکه حلالیت بسیار پایین ترکیب‌ها و کانی‌های حاوی عنصرهای بیان‌شده در این خاک‌ها باعث کاهش غلظت آن‌ها در محلول خاک می‌شود. وجود آهک و یون کلسیم فراوان، باعث ایجاد اشکال در جذب عنصرهای کم‌مصرف می‌شود. از طرفی زیادی یون بی‌کربنات در خاک‌های آهکی ضمن افزایش پی‌اچ خاک باعث کاهش قابلیت جذب عنصرهای کم‌مصرف، به‌ویژه آهن می‌شود. مصرف بهینه کودهای شیمیایی با کاربرد برگی عنصرهای غذایی یکی از راه‌های بهبود عملکرد و کیفیت محصول‌های مختلف است (۱۱). به طور معمول کودهای نیتروژنی، پس از جذب در گیاه به‌صورت یون آمونیم در می‌آیند تا در ساخت اسیدهای آمینه مصرف شوند. با محلول‌پاشی اوره، نسبت کربن به نیتروژن در برگ کاهش یافته و در نتیجه میزان اسیدهای آمینه و پروتئین به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. اوره این توانایی را دارد که پس از جذب توسط گیاه به‌طور مستقیم در ساخت اسیدهای آمینه استفاده شود و به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژی (عدم قطبیت)، ویژگی‌های شیمیایی و جذب سریع و قابلیت حل در آب و روغن، از منابع مناسب قابل دسترس برای کشاورزان است (۲۴). رعایت اصول تغذیه درختان میوه نقش چشمگیری در بهبود ویژگی‌های فیزیولوژی درختان میوه دارد. گزارش شده است که رابطه مستقیمی بین افزایش مقدار نیتروژن با عنصر روی و برعکس در گیاه وجود دارد (۱۵). در پژوهش‌های مختلف، افزایش عملکرد و میوه‌دهی با استفاده از نیتروژن در درختان میوه به اثبات رسیده است (۱۰ و ۲۸).

آهن از عنصرهای مورد نیاز برای رشد و بهره‌وری مطلوب گیاه است. آهن یکی از مهم‌ترین عنصرهای نقش‌آفرین در فعل و انفعال‌های اکسیداسیون و احیا در گیاهان می‌باشد و با توجه به اینکه بیش از ۸۵ درصد آهن یاخته با کلروپلاست در ارتباط است، بنابراین باعث افزایش آسیمیلات‌ها[1]شده و در افزایش عملکرد نقش دارد (۲۲). بین غلظت آهن و عملکرد گیاه رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که مصرف آهن، افزایش میزان کلروفیل، بهبود راندمان فتوسنتز و در نهایت افزایش رشد رویشی گیاه را سبب می‌شود که علت آن افزایش سطح کربن‌گیری گیاه و تولید کربوهیدرات بیش‌تر و افزایش میزان ماده خشک در گیاه است (۵).

اسدی‌کنگرشاهی و همکاران درسال ۱۳۸۴آزمایشی در ایستگاه پژوهشی کترا به منظور بررسی اثر، مقدار و روش مصرف سولفات روی در رفع کمبود روی، عملکرد، برخی ویژگی‌های کیفی میوه و غلظت عنصرهای غذایی موجود در برگ و میوه نارنگی انشو انجام دادند. نتیجه‌ها نشان داد که اثر محلول پاشی روی بر عملکرد میوه نارنگی انشو معنی دار بود و بیشترین وزن متوسط میوه از تیمار محلول پاشی با غلظت ۴ در هزار سولفات روی به‌دست آمد (۶).

محلول‌پاشی اوره در ماه‌های نوامبر تا فوریه (گل‌انگیزی تا تمایز) به‌طور معنی‌داری عملکرد را افزایش داده است. جذب اوره توسط برگ‌های مرکبات نسبت به سایر منابع نیتروژنی مانند آمونیم و نیترات بیشتر است، زیرا عبور مولکول غیرقطبی اوره از میان لایه‌های مومی سطح برگ آسان‌تر از یون‌های قطبی است. پتانسیل جذب اوره از راه محلول‌پاشی بسیار بالا بوده و درصد جذب از ۴۰ تا ۷۰ درصد گزارش شده است؛ در صورتی که کارایی جذب نیتروژن توسط گیاه از خاک خیلی پایین (۲۸ درصد) است (۲۶). پژوهشگران گزارش نموده‌اند که نیتروژن به فرم اوره و به‌صورت محلول‌پاشی برگی چهار برابر بیش‌تر از کاربرد خاکی دارای تأثیر است که افزایش عملکرد، بهبود رنگ میوه، کنترل رشد رویشی و کاهش شست و شوی[2] نیتروژن از اثرهای آن است (۲۸).

گزارش شده است که نیاز گیاه به عنصر آهن غیر قابل اجتناب است و یکی از برجسته‌ترین مؤلفه‌ها در ساخت گروهی از پروتئین‌ها و آنزیم‌هایی است که نقش مهمی در فرایندهای کلیدی متابولیک از جمله تنفس یاخته‌ی، حمل و نقل اکسیژن،

۱- Assimilates ۲- Leaching ۳- TCA

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

متابولیسم لیپیدها، چرخه کربوکسیلیک اسید، تنظیم ژن، ساخت واسطه‌های متابولیک و زیست‌ساخت DNA دارد و نیز به‌عنوان یک عنصر اساسی در فتوسنتز و زیست‌ساخت کلروفیل حضورش ضروری است (۲۲).

مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر روی و بور و روش‌های کاربرد آن‌ها بر عملکرد و مؤلفه‌های تعیین‌کننده آن در باغ‌های مرکبات (پرتقال) واقع در خاک‌های آهکی سه منطقه در پاکستان طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ انجام شد. روش‌های کاربرد روی و بر به صورت خاکی و محلول‌پاشی برگی به میزان ۲/۵ کیلوگرم در هکتار و هم‌چنین تیمار ترکیبی آن‌ها بود. نتیجه‌ها نشان داد که روی، بور، تیمار ترکیبی آن‌ها و روش‌های کاربرد آن‌ها بر عملکرد و مؤلفه‌های تعیین‌کننده آن در هر دو سال تأثیر معنی‌داری داشت. کاربرد ترکیبی روی و بور باعث افزایش تعداد گل، تشکیل میوه، تعداد میوه‌ها پس از ریزش طبیعی، عملکرد میوه نسبت به شاهد و کاهش ریزش میوه‌های تشکیل‌شده شد. روی به تنهایی باعث کاهش ۲۸ درصدی ریزش میوه شد. محلول‌پاشی برگی، میزان میوه‌های نگهداری شده و میزان عملکرد میوه را نسبت به کاربرد خاکی آن به‌طور معنی‌داری (به ترتیب ۴۶/۲۴ درصد و ۱۲/۴ تن در هکتار) بهبود بخشید. افزایش عملکرد و مؤلفه‌های تعیین‌کننده آن در پاسخ به محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها گزارش و برای صنعت مرکبات‌کاری پاکستان توصیه شد (۲۵). عنصر روی نقش برجسته‌ای در ساختار کوفاکتورها، آنزیم‌های مختلف و پروتئین‌ها دارد. هم‌چنین در سطح موجود زنده نقش محوری و با ارزش این عنصر به‌عنوان جزء اصلی ساختار تنظیم رونویسی مطرح است (۱۳ و ۱۸). تأمین آهن و روی مورد نیاز درختان مرکبات در شرایط خاک آهکی مستلزم استفاده از کلات‌هاست که هزینه بسیار بالایی در بر دارد. از این رو، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر سولفات آهن و روی و اوره به صورت محلول‌پاشی بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی میوه لیموشیرین در شرایط خاک های آهکی جنوب ایران بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در باغ پژوهشی مرکبات دانشگاه آزاد اسلامی جهرم با مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی، ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۱۷۹ متر بالاتر از سطح دریا انجام شد. به منظور اعمال تیمارها، نسبت به تهیه اوره[۱] ۴۶ درصد (بیورت ۱/۱ درصد) ساخت پتروشیمی شیراز، سولفات آهن[۲] ۱۸ درصد و سولفات روی[۳] ۲۱ درصد ساخت شرکت یوروسالیدز هلند[۴] و آماده‌سازی غلظت‌های مورد نیاز (صفر، ۳ و ۵ گرم در لیتر) اقدام شد. محلول‌پاشی پیش از وارد شدن گیاه به مرحله گل‌انگیزی (آبان و آذر) از تاریخ ۱۵ تا ۲۰ مهرماه ۱۳۹۶ روی درختان هدف انجام گرفت. ابتدا تعداد ۱۶۲ اصله درخت لیموشیرین ۶ ساله که از لحاظ قدرت رشدی و هم‌چنین آبیاری و تغذیه در شرایط یکسانی بودند، در دو قسمت از باغ انتخاب و نشانه‌گذاری شد و برای دقت بیش‌تر، به دو گروه (A و B) تقسیم شد. دو قسمت باغ شرایط کامل یکسانی داشتند و با هدف تکرار آزمایش در دو قسمت باغ آزمایش اعمال گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۷ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار (هر تکرار یک درخت) به اجرا درآمد. عملیات داشت به طور عادی و یکنواخت برای همه درختان دنبال شد. در ابتدای آبان‌ماه سال ۱۳۹۷ و با شروع برداشت محصول، میزان عملکرد، میانگین وزن تک میوه، میزان کل ماده‌های جامد محلول، میزان کل اسید، پی‌اچ آب میوه، میزان ویتامین C، درصد آب میوه، میزان ضخامت پوست میوه و سفتی بافت میوه هر دو گروه A و B مورد سنجش قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری ماده‌های جامد محلول از یک دستگاه انکسارسنج چشمی مدل MT-098 با دامنه ۰-۸۰ درصد (Brix 0-80%) ساخت کشور سنگاپور استفاده گردید و میانگین اعداد اندازه‌گیری‌شده به عنوان درصد بریکس آن بیان شد. جهت تعیین پی‌اچ آب میوه از دستگاه پی‌اچ متر دیجیتالی هوریبا[۵] ساخت ژاپن و برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه تازه تهیه و تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به پی‌اچ ۸/۲ و حجم سود مصرفی یادداشت گردید و جهت محاسبه اسید کل از فرمول زیر استفاده شد (۲۴):

$$\text{Total acid (\%)} = [(N \times V_1 \times M.W)/(V_2 \times 1000)] \times 100$$

N: نرمالیته سود؛ V_1: حجم سود مصرفی؛ V_2: حجم نمونه؛ M.W: وزن مولکولی اسید غالب (اسید سیتریک: $C_6H_8O_7$=192.124 g/mol).

۱- $CO(NH_2)_2$ ۲- $FeSO_4, 7H_2O$ ۳- $ZnSO_4, 7H_2O$ ۴- Eurosalids, Netherland ۵- Horiba

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

ال‌اسکوربات یا ویتامین C به روش Bor و همکاران (۱۷) اندازه‌گیری شد. ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر آب میوه تهیه و با ۱۰ میلی‌لیتر متافسفریک یک درصد مخلوط شد و سپس ۱۰۰۰ میکرولیتر از محلول به‌دست آمده با ۹ میلی‌لیتر ۲و۶-دی کلرواینداوفنول[۱] ۵۰ میکرومولار به‌مدت چند ثانیه با همزن انگشتی تکان داده شد و میزان جذب نمونه در طول موج ۵۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Dynamica (HALO×B-10) خوانده شد. طول موج بیشینه جذب نور اسید اسکوربیک در پی‌اچ‌های مختلف متفاوت است، بر اساس مقدار pH محیط نمونه، میزان جذب در طول موج خاصی بیشینه می‌شود. از طرف دیگر از آنجا که جذب در محلول آب میوه شامل جذب همه کاهنده‌های موجود در آن از جمله اسید آسکوربیک می‌باشد، بنابراین لازم است که مقدار جذب خالص ویتامین C محاسبه شود. برای محاسبه میزان جذب ویتامین ث، با افزودن ماده اکسید کننده مناسب، اسید آسکوربیک آن را از محیط حذف کرده و مقدار جذب آن مجدد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر محاسبه شد. با محاسبه اختلاف مقدار جذب به‌دست آمده از نمونه حاوی اسید آسکوربیک و نمونه بدون اسید آسکوربیک، مقدار خالص جذب اسید اسکوربیک محاسبه گردید و با مقایسه آن با نمودار استاندارد مقدار غلظت دقیق به‌دست آمد. سفتی به‌طور معمول برحسب پوند بر اینچ مربع یا کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان می‌شود. جهت اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از دستگاه سفتی‌سنج دستی میوه (پنترومتر)[۲] مدل FTO11 (0-11Lbs) ساخت کشور چین با پروب شماره ۸ درگوشت میوه استفاده شد.

در زمان برداشت، محصول هر ۳ درخت مربوط به تکرارهای هر تیمار، با هم برداشت شد و به‌وسیله‌ی ترازوی دیجیتال 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 دیجیتال 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. با استفاده از کولیس ۲۰ سانتی‌متری مدل Shoka Golf با دقت ۰/۰۰۱، با انجام یک برش هلالی در قسمت میانی پوست ۱۵ میوه هر تکرار، ضخامت پوست میوه اندازه‌گیری و میانگین آن برحسب میلی‌متر ثبت شد. برای اندازه‌گیری میزان عصاره میوه، ۱۵ میوه به‌طور تصادفی از هر تکرار برداشت و هر کدام پس از وزن با ترازوی دیجیتال با استفاده از آب‌میوه‌گیری دستی، عصاره آن استخراج و مجدد با ترازوی دیجیتال وزن شد. با محاسبه نسبت وزن عصاره به وزن اولیه میوه و ضرب عدد به‌دست آمده در عدد ۱۰۰، درصد عصاره میوه محاسبه شد.

واکاوی آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون کمینه اختلاف معنی‌دار محافظت شده (PLSD) انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌ها

براساس نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، بین دو قسمت باغ مورد بررسی، از نظر ویژگی‌های اسید کل، ویتامین C و درصد آب میوه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، اما در مورد سایر ویژگی‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نیتروژن اثر معنی‌داری بر همه ویژگی‌های مورد بررسی به‌جز پی‌اچ داشت. اثر ساده آهن و روی بر همه ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. اثرهای متقابل دوتایی و سه‌تایی بین فاکتورهای مورد بررسی در برخی از ویژگی‌ها معنی‌دار و در برخی دیگر از ویژگی‌ها غیرمعنی‌دار بود. در همه ویژگی‌های مورد بررسی برهمکنش معنی‌داری بین سه فاکتور نیتروژن، آهن و روی مشاهده شد. با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش نیتروژن، آهن و روی در همه ویژگی‌های مورد بررسی، مقایسه میانگین این برهمکنش مورد بحث قرار گرفته است.

پی‌اچ آب میوه

نتیجه‌های به‌دست آمده از مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر میزان پی‌اچ آب میوه نشان داد که بیشترین میزان پی‌اچ (۶/۰۷) مربوط به نیتروژن ۳ گرم‌درلیتر در نبود آهن و روی بود. کمترین میزان پی‌اچ (۵/۲۶) مربوط به آهن ۳ گرم‌درلیتر و روی ۵ گرم‌درلیتر بدون حضور نیتروژن بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد و بیشتر تیمارها نشان داد. در مجموع

۱- 2,6-Dichloro-indophenole

۲- Penetrometer

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

وجود یا عدم وجود عنصرهای نیتروژن، آهن و روی بر میزان پی‌اچ آب میوه تأثیر داشته و تفاوت‌های معنی‌داری ایجاد کرده است (جدول۱).

درصد کل ماده‌های جامد محلول (TSS)

بالاترین میزان ماده‌های جامد محلول (۱۰/۶۲ درصد) در استفاده از تیمار آهن ۵ گرم‌درلیتر در نبود نیتروژن و روی مشاهده شد. کمترین میزان ماده‌های جامد محلول به میزان ۷/۶۵ درصد مربوط به تیمار ترکیبی نیتروژن و آهن و روی ۵ گرم‌درلیتر بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان داد. وجود یا عدم وجود عنصرهای نیتروژن، آهن و روی توانست بر میزان ماده‌های جامد محلول آب میوه تأثیر داشته باشد (جدول ۱).

اسید کل آب میوه

براساس نتیجه‌های مقایسه میانگین اثر ساده مکان، میزان اسید کل در میوه درختان گروه B (۰/۱۶۷ میلی‌گرم) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از میوه درختان گروه A (۰/۱۵۰ میلی‌گرم) بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر میزان اسید کل نشان داد که بیشترین میزان اسید کل به مقدار ۰/۲۰۸ میلی‌گرم در لیتر با استفاده از تیمار آهن ۵ گرم‌درلیتر در نبود نیتروژن و روی به دست آمد که به جز با تیمار روی ۵ گرم‌درلیتر، تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین آن مربوط به تیمار ترکیبی نیتروژن و آهن ۵ گرم‌درلیتر و روی ۳ گرم درلیتر به میزان ۰/۰۶۰ میلی‌گرم در لیتر بود که نسبت به شاهد و همه تیمارها کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۲).

ویتامین C

براساس نتیجه‌های مقایسه میانگین اثر ساده مکان، ویتامین C در میوه درختان گروه B (۴۳/۷۰ میلی‌گرم) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از میوه درختان گروه A (۳۹/۵۶ میلی‌گرم) بود (جدول ۱).

نتیجه‌های حاصل از جدول مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر میزان ویتامین C نشان داد که بیشترین میزان ویتامین C با استفاده از تیمار ترکیبی نیتروژن و آهن ۳ گرم‌درلیتر و روی ۵ گرم‌درلیتر به مقدار ۵۶/۹۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه مشاهده شد که به جز با تیمار ترکیبی نیتروژن ۳ گرم‌درلیتر و آهن ۵ گرم‌درلیتر با همه تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت. کمترین میزان ویتامین C مربوط به تیمار روی ۳ گرم‌درلیتر بدون حضور آهن و نیتروژن به میزان ۳۱/۷۵ میلی‌گرم بود (جدول ۲).

متوسط وزن میوه

برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر متوسط وزن میوه نشان داد که بیشترین متوسط وزن میوه مربوط به تیمار ترکیبی هر سه کود مصرفی به غلظت ۵ گرم درلیتر به میزان ۲۲۸ گرم بود که نسبت به همه تیمارها افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین کمترین وزن تک میوه (۱۰۵ گرم) مربوط به تیمار روی ۳ گرم‌درلیتر بود که به‌جز با تیمارهای آهن با روی ۳ گرم‌درلیتر، آهن و روی ۳ گرم‌درلیتر و تیمار نیتروژن با روی ۳ گرم‌درلیتر، با همه تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۲).

درصد آب میوه

براساس نتیجه‌های مقایسه میانگین اثر ساده مکان، درصد آب میوه در درختان گروه A (۴۱/۰ درصد) به طور معنی‌داری بیش‌تر از درختان گروه B (۳۹/۲ درصد) بود (جدول۲).

مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر درصد آب میوه نشان داد که بیشترین درصد آب میوه مربوط به تیمار ترکیبی نتروژن ۵ با آهن ۳ گرم‌درلیتر به میزان ۴۵/۴ درصد و کمترین آن مربوط به تیمارهای ترکیبی آهن ۳ گرم‌درلیتر و غلظت‌های مختلف روی بدون حضور نیتروژن بود که کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد (ادامه جدول ۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر مکان بر ویژگی‌های اسید کل، ویتامین C و درصد آب میوه.

Table 1. The mean comparison of the effect of location on the total acid, vitamin C and fruit juice percentage.

ویژگی‌ها Characteristics	مکان Location	
	گروه A	گروهB
اسید کل Total acid (mg)	0.150[b]	0.167[a]
ویتامین ث Vitamin C (mg)	35.56[b]	43.70[a]
درصد آب میوه Fruit juice percentage	41.0[a]	39.2[b]

میانگین‌های موجود در هر ستون که دارای حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون PLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with the same letters in each row are not significantly different according to PLSD test at 5% level of probability.

جدول ۲- برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه لیموشیرین.

Table 2. Interaction of nitrogen (N), iron (Fe) and zinc (Zn) on the quantitative and qualitative attributes of sweet lime fruit.

صفت Attribute نیتروژن × آهن × روی (گرم‌درلیتر) N × Fe × Zn (g/l)			پی‌اچ آب میوه pH	مادههای جامد محلول TSS (%)	اسید کل Total acid (mg)	ویتامین C Vitamin C (mg)	متوسط وزن میوه Mean fruit weight (g)
N0	Fe0	Zn0	5.82[a-e]	8.40[f-j]	0.130[j]	39.60[efg]	131[fgh]
		Zn3	6.07[a]	9.07[def]	0.157[e-h]	31.75[k]	105[k]
		Zn5	5.87[a-d]	9.65[a-e]	0.198[ab]	33.87[ijk]	126[ghi]
	Fe3	Zn0	5.60[def]	10.00[a-d]	0.164[c-h]	37.93[fgh]	113[jk]
		Zn3	5.58[def]	10.23[abc]	0.167[c-g]	38.03[fgh]	110[k]
		Zn5	5.26[g]	9.35[b-f]	0.170[c-f]	32.07[jk]	126[ghi]
	Fe5	Zn0	5.52[efg]	10.62[a]	0.208[a]	35.37[hij]	123[hij]
		Zn3	5.83[a-d]	10.00[a-d]	0.179[bcd]	39.27[efg]	124[ghi]
		Zn5	6.07[a]	7.85[ij]	0.166[c-g]	39.42[efg]	123[hij]
N3	Fe0	Zn0	6.07[a]	10.35[ab]	0.181[bc]	47.15[b]	127[gh]
		Zn3	6.01[a]	8.60[e-j]	0.162[c-h]	42.32[cde]	115[ijk]
		Zn5	5.86[a-d]	10.05[a-d]	0.164[c-h]	42.25[cde]	125[ghi]
	Fe3	Zn0	5.50[fg]	8.30[f-j]	0.174[cde]	45.17[bc]	158[de]
		Zn3	5.81[a-e]	7.92[hij]	0.144[hij]	43.68[cd]	164[cde]
		Zn5	5.69[b-f]	9.20[c-f]	0.166[c-g]	56.93[a]	141[f]
	Fe5	Zn0	5.84[a-d]	8.90[e-i]	0.133[ij]	55.77[a]	124[ghi]
		Zn3	5.85[a-d]	8.90[e-i]	0.162[c-h]	37.33[gh]	154[e]
		Zn5	5.63[def]	7.97[g-j]	0.163[c-h]	47.40[b]	168[cd]
N5	Fe0	Zn0	5.97[abc]	9.10[def]	0.148[g-j]	35.48[hi]	126[ghi]
		Zn3	5.94[abc]	8.78[e-i]	0.136[ij]	39.82[efg]	154[e]
		Zn5	5.44[fg]	8.55[f-j]	0.136[ij]	41.60[de]	189[b]
	Fe3	Zn0	5.85[a-d]	9.10[def]	0.172[c-f]	44.26[bcd]	134[fg]
		Zn3	6.04[a]	9.20[c-f]	0.158[d-h]	41.15[def]	162[cde]
		Zn5	5.44[fg]	9.02[d-g]	0.158[d-h]	43.52[cd]	166[cd]
	Fe5	Zn0	5.98[ab]	8.80[e-i]	0.152[f-i]	43.48[cd]	172[c]
		Zn3	5.45[fg]	8.98[d-h]	0.060[k]	45.05[bc]	161[de]
		Zn5	5.67[c-f]	7.65[j]	0.176[cde]	44.35[bcd]	228[a]

میانگین‌های موجود در هر ستون که دارای حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون PLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with the same letter in each column are not significantly different according to PLSD test ($P<0.05$).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

ضخامت پوست میوه

جدول مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر ضخامت پوست میوه نشان داد که بیشترین ضخامت پوست میوه مربوط به تیمار ترکیبی آهن با روی ۵ گرم‌درلیتر بدون نیتروژن (۳/۹۵ میلی‌متر) بود که نسبت به شاهد و تمام تیمارها افزایش معنی‌داری نشان داد. کمترین ضخامت پوست میوه (۲ میلی‌متر) با تیمار ترکیبی نیتروژن ۵ با آهن ۳ گرم‌درلیتر مشاهده شد که با شاهد و بسیاری از تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد. در بیشتر موارد در تیمارهای ترکیبی آهن و روی و نیتروژن، با افزایش غلظت نیتروژن از میزان ضخامت پوست میوه کاسته شد (ادامه جدول ۲).

جدول ۲- ادامه.

Table 2. Continued.

نیتروژن × آهن × روی (گرم‌درلیتر) N × Fe × Zn (g/l)		صفت Attribute	درصد آب میوه Fruit juice (%)	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	سفتی میوه Fruit firmness (kg/cm^2)	عملکرد درخت Tree yield (kg)
N0	Fe0	Zn0	39.0^{gh}	2.98^{cd}	7.37^{c}	175^{hij}
		Zn3	37.7^{hi}	2.43^{ghi}	5.82^{e-i}	131no
		Zn5	35.00^{j}	3.47^{b}	7.93^{b}	130no
	Fe3	Zn0	32.6^{k}	3.40^{b}	7.98^{b}	138^{mno}
		Zn3	30.9^{k}	2.85^{cde}	7.50^{c}	119^{o}
		Zn5	31.1^{k}	3.40^{b}	7.58^{c}	141^{lmn}
	Fe5	Zn0	35.7^{ij}	3.02^{cd}	7.48^{c}	135^{mno}
		Zn3	42.2^{b-e}	3.62^{b}	8.08^{ab}	131no
		Zn5	40.2^{efg}	3.95^{a}	8.35^{a}	130no
N3	Fe0	Zn0	43.6^{abc}	2.85^{cde}	5.72^{f-i}	210^{ef}
		Zn3	42.2^{b-e}	2.77^{def}	5.87^{e-h}	164^{ijk}
		Zn5	40.2^{efg}	2.43^{ghi}	5.25^{j}	184^{ghi}
	Fe3	Zn0	42.4^{b-e}	2.38^{hi}	5.62^{f-i}	159^{jkl}
		Zn3	40.6^{d-g}	2.53^{f-i}	5.60^{ghi}	202^{efg}
		Zn5	43.7^{abc}	2.38^{hi}	5.93^{ef}	154^{klm}
	Fe5	Zn0	42.3^{b-e}	2.27^{ijk}	5.77^{e-i}	195^{fgh}
		Zn3	43.7^{abc}	3.05^{c}	6.52^{d}	231^{cd}
		Zn5	42.6^{bcd}	2.67^{efg}	6.07^{e}	232^{cd}
N5	Fe0	Zn0	39.0^{gh}	2.05^{jk}	5.67^{f-i}	176^{hij}
		Zn3	43.2^{abc}	2.65^{e-h}	5.92^{efg}	148^{k-n}
		Zn5	42.2^{b-e}	2.52^{f-i}	5.58^{hi}	243^{bc}
	Fe3	Zn0	45.4^{a}	2.00^{k}	5.53^{ij}	203^{efg}
		Zn3	39.9^{fg}	2.33^{i}	5.88^{e-h}	254^{b}
		Zn5	41.0^{d-g}	2.85^{cde}	5.87^{e-h}	196^{fgh}
	Fe5	Zn0	41.5^{c-f}	2.48^{ghi}	5.77^{e-i}	194^{fgh}
		Zn3	44.0^{ab}	2.27^{ijk}	5.73^{f-i}	217^{de}
		Zn5	40.9^{d-g}	2.28^{ij}	5.63^{f-i}	313^{a}

میانگین‌های موجود در هر ستون که دارای حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون PLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with the same letter in each column are not significantly different according to PLSD test (P<0.05).

سفتی میوه

با افزایش غلظت نیتروژن از صفر به ۳ و از ۳ به ۵ گرم‌درلیتر، در بیشتر موارد تیمارهای ترکیبی نیتروژن، آهن و روی، کاهش در میزان سفتی میوه مشاهده شد. میزان سفتی میوه، در غلظت‌های مختلف آهن و روی و در نبود نیتروژن در بالاترین سطح قرار داشت. بیشترین سفتی میوه از ترکیب آهن و روی ۳ گرم‌درلیتر بدون حضور نیتروژن و همچنین آهن ۵ گرم‌درلیتر و روی ۳ گرم‌درلیتر بدون حضور نیتروژن به‌ترتیب به میزان ۸/۳۵ و ۸/۰۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شاهد و همه تیمارها به جز روی ۵ گرم‌درلیتر بدون حضور آهن و نیتروژن و همچنین آهن ۳ گرم‌درلیتر در غیاب نیتروژن و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

روی داشت. کمترین میزان سفتی میوه با تیمار ترکیبی روی ۵ گرم‌درلیتر و نیتروژن ۳ گرم‌درلیتر بدون حضور آهن و همچنین آهن ۳ گرم‌درلیتر و نیتروژن ۵ گرم‌درلیتر در غیاب روی به‌ترتیب به میزان ۵/۲۵ و ۵/۵۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مشاهده شد که با شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (ادامه جدول ۲).

عملکرد تک درخت

جدول مقایسه میانگین برهمکنش نیتروژن، آهن و روی بر صفت عملکرد تک درخت نشان داد که بیشترین میزان عملکرد از ترکیب بیشینه غلظت نیتروژن، آهن و روی حاصل شد (۳۱۳ کیلوگرم در هر درخت) که نسبت به شاهد و تمامی تیمارها افزایش معنی‌داری نشان داد. کمترین میزان عملکرد از ترکیب آهن و روی ۳ در هزار در غیاب نیتروژن (۱۱۹ کیلوگرم) مشاهده شد. در همه غلظت‌های آهن و روی با افزایش میزان نیتروژن از صفر به ۳، عملکرد تک درخت افزایش یافت در حالی‌که با افزایش غلظت نیتروژن از ۳ به ۵ گرم‌درلیتر تنها در تیمارهای ترکیبی نیتروژن و روی ۵ گرم‌درلیتر بدون حضور آهن و همچنین نیتروژن و آهن و روی ۵ گرم‌درلیتر از نظر عملکرد تک درخت افزایش مشاهده شد. همچنین ترکیب آهن ۳ گرم‌درلیتر همراه با غلظت‌های روی و نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار و غیرمعنی‌دار عملکرد تک درخت شد. غلظت‌های آهن و روی در غیاب نیتروژن کمترین میزان عملکرد را نشان دادند (ادامه جدول ۲).

ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها و متغیرهای مورد بررسی

در بررسی ضرایب همبستگی بین متغیرها بر اساس جدول ۳ مشاهده شد که استفاده از کود نیتروژنه همبستگی مثبت معنی‌داری با ویژگی‌های ویتامین C (۰/۴۱۸**)، وزن میوه (۰/۶۴۱**)، درصد آب میوه (۰/۶۰۶**) و عملکرد تک درخت (۰/۶۷۴**) و همبستگی منفی معنی‌داری با ویژگی‌های ماده‌های جامد محلول TSS (۰/۲۴۰**-)، اسید کل (۰/۳۴۵**-)، ضخامت پوست (۰/۶۷۱**-) و سفتی بافت میوه (۰/۷۹۶**-) نشان داد. در واقع افزایش غلظت نیتروژن منجر به افزایش میزان ویتامین C، وزن میوه، درصد آب میوه و عملکرد تک درخت شد. از طرفی افزایش غلظت نیتروژن باعث کاهش میزان ماده‌های جامد محلول، اسید کل، ضخامت پوست و سفتی بافت میوه شد. استفاده از کود آهن همبستگی مثبت معنی‌داری با ویژگی‌های ویتامین C (۰/۲۴۵**)، وزن میوه (۰/۲۷۷**)، سفتی بافت میوه (۰/۱۹۶*) و عملکرد تک درخت (۰/۱۸۵*) و هم‌چنین همبستگی منفی معنی‌داری با صفت پی‌اچ آب میوه (۰/۱۹۵*-) نشان داد. استفاده از کود روی همبستگی مثبت معنی‌دار با ویژگی‌های وزن میوه (۰/۲۷۷**) و ضخامت پوست (۰/۲۱۱**) و همبستگی منفی معنی‌داری با ماده‌های جامد محلول (۰/۱۶۳*-) نشان داد (جدول ۳). بدین صورت که افزایش غلظت روی باعث افزایش وزن میوه و ضخامت پوست میوه شد، اما میزان ماده‌های جامد محلول کاهش یافت. در مجموع افزایش غلظت نیتروژن و آهن منجر به افزایش عملکرد شد. همچنین، عملکرد تک درخت همبستگی مثبت معنی‌داری با میزان ویتامین C، متوسط وزن میوه و درصد آب میوه و همبستگی منفی معنی‌داری با درصد کل ماده‌های جامد محلول، اسید کل، ضخامت پوست و سفتی میوه داشت (جدول ۳).

بحث

به دلیل تنوع شرایط اقلیمی در کشور، افزایش تولید در بخش کشاورزی و به‌ویژه باغبانی به‌راحتی امکان‌پذیر است. انتخاب صحیح منبع کود نیتروژنی و تنظیم مقدار مصرف و کاربرد بهینه آن و نیز رفع کمبود عنصرهای کم‌مصرف می‌تواند منجر به افزایش عملکرد شود (۱۹). براساس نتیجه‌های پژوهش حاضر، نیتروژن اثر معنی‌داری بر همه ویژگی‌های مورد بررسی به‌جز پی‌اچ داشت. در بررسی ضرایب همبستگی بین متغیرها، مشاهده شد که استفاده از کود نیتروژن همبستگی مثبت معنی‌داری با ویژگی‌های ویتامین C، وزن، درصد آب میوه و عملکرد تک درخت و همبستگی منفی معنی‌داری با ویژگی‌های ماده‌های جامد محلول، اسید کل، ضخامت پوست و سفتی بافت نشان داد.

نیتروژن از مهم‌ترین عنصرهای غذایی در تغذیه درختان میوه است که در رشد رویشی، گل‌دهی، تشکیل میوه، عملکرد محصول و رسیدگی میوه‌ها دخالت دارد. نیتروژن در ساخت پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌ها نقش فعال دارد و مقدار آن در رنگ‌گیری میوه‌ها مؤثر است. این عنصر در گل‌دهی بسیار مؤثر بوده و باعث افزایش گل‌دهی در درختان میوه می‌شود و در نتیجه باعث تشکیل میوه و افزایش عملکرد می‌شود (۲۴).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها و متغیرهای مورد بررسی.

Table 3. Correlation coefficients among the studied attributes and variables.

	نیتروژن N	آهن Fe	روی Zn	پی‌اچ pH	کل ماده‌های جامد محلول TSS	اسیدکل TA	ویتامین C Vitamin C (mg)	متوسط وزن میوه Average fruit weight	درصد آب میوه Fruit juice (%)	ضخامت پوست Peel thickness	سفتی Firmness	عملکرد درخت Tree yield
N	1											
Fe	0.000	1										
Zn	0.000	0.000	1									
پی‌اچ	0.032	-.0195*	-0.145	1								
TSS	-0.240**	-0.104	-0.163*	0.153	1							
TA	-0.345**	-0.003	0.019	-0.047	0.075	1						
VC	0.418**	0.245**	-0.042	-0.098	-0.315**	-0.123	1					
AFW	0.641**	0.277**	0.277**	-0.134	-0.356**	-0.192*	0.249**	1				
FJP	0.606**	0.087	-0.040	0.255**	-0.129	-0.303**	0.454**	0.372**	1			
PT	-0.671**	0.114	0.211**	-0.080	0.025	0.320**	-0.285**	-0.314**	-0.429**	1		
Firm	-0.796**	0.196*	0.055	-0.096	0.163*	0.314**	-0.406**	-0.433**	-0.568**	-0.789**	1	
STY	0.674**	0.185*	0.120	-0.030	-0.327**	-0.182*	0.337**	0.736**	0.444**	-0.444**	-0.543**	1

* and ** significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively.

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

نیتروژن به دلیل افزایش عمر تخمک در جوانه گل و تأمین کربوهیدرات‌های لازم برای جوانه‌های تازه تشکیل شده، تأثیر مهمی در افزایش تعداد میوه دارد. عملکرد مناسب نیتروژن در تغذیه گیاهان مستلزم آن است که عنصرهای ضروری دیگری، به‌ویژه فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به مقدار مناسب موجود باشد (۲۴). نیاز به نیتروژن در گیاه در طی دوره گل‌دهی و تشکیل میوه به بیشینه می‌رسد. زیاد شدن میزان نیتروژن در جوانه‌های گل باعث افزایش سطح برگ، عمر تخمک و مدت زمان گرده‌افشانی و باروری می‌شود. در نتیجه تشکیل میوه‌ها بیش‌تر و از نظر اندازه درشت‌تر شده و عملکرد بیش‌تر می‌شود (۴). نتیجه‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های Crespan و همکاران (۱۱)، Lovatte (۲۰)، Ahmed و همکاران (۳) وAlbrigo و همکاران (۴) مبنی بر افزایش وزن میوه، درصد آب میوه، افزایش ویتامین C و عملکرد با محلول‌پاشی نیتروژن هم‌سو بود. هم‌چنین، ارزیابی انجام شده توسط Sing (۳۰) از تأثیر غلظت‌های مختلف نیتروژن بر کمیت و کیفیت میوه لیموترش حاکی از آن بود که بیش‌ترین میزان آب میوه از میوه درختانی که بیش‌ترین نیتروژن را دریافت نموده بودند، که با نتیجه به دست آمده از این پژوهش همخوان می‌باشد.

گزارش Marschner (۲۱) در رابطه با استفاده از آهن حاکی از آن بود که کود آهن با افزایش راندمان فتوسنتز باعث رشد گیاه و جذب سایر عنصرهای کم‌مصرف در شرایط خاک‌های آهکی می‌شود. در گزارش Amaliotis و همکاران (۵) آمده است که بین غلظت آهن و عملکرد گیاه یک رابطه خطی معنی‌دار وجود دارد، به‌نحوی که با مصرف آهن، میزان کلروفیل افزایش یافته و در نتیجه فتوسنتز راندمان بهتری پیدا می‌کند و در نهایت منجر به افزایش رشد رویشی در گیاه می‌شود که علت آن افزایش سطح کربن‌گیری گیاه و تولید کربوهیدرات بیش‌تر و افزایش میزان ماده خشک در گیاه است. در نتیجه باعث افزایش وزن میوه و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود. نتیجه‌های پژوهش حاضر با نتیجه‌های Mongi and Thomas (۲۴)، Shiemshi (۲۹)، Piri و همکاران (۲۷)، Mohamed و همکاران (۲۳) و El-Kassas و همکاران (۱۲) در یک راستا بود.

استفاده از سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$) با پی‌اچ برابر ۳ تا ۴ به صورت محلول‌پاشی برگی با جذب آهن در گیاه و آزاد شدن یون سولفات که یک نمک اسیدی است، موجب کاهش پی‌اچ و اسیدی شدن شیره گیاهی شود. نتیجه‌های به‌دست آمده با گزارش‌های خیام‌باشی و همکاران (۱۹) روی بررسی تغییرهای عملکرد و کیفیت انار در اثر محلول‌پاشی عنصرهای روی، آهن و بور در استان یزد،هم‌خوانی دارد. براساس این پژوهش، بیش‌ترین تأثیر محلول‌پاشی روی و آهن در رابطه با افزایش ماده‌های جامد محلول و کاهش پی‌اچ، مربوط به غلظت ۲ در هزار روی و ۵ در هزار آهن بود. هم‌چنین نتیجه‌های حاصل از بررسی ضرایب همبستگی بین متغیرها نشان داد که استفاده از کود روی همبستگی مثبت معنی‌داری با ویژگی‌های وزن میوه و ضخامت پوست و همبستگی منفی معنی‌داری با ماده‌های جامد محلول نشان داد. بدین صورت که افزایش غلظت روی باعث افزایش وزن میوه و ضخامت پوست میوه شد، اما میزان ماده‌های جامد محلول کاهش یافت. گزارش بررسی اثر محلول‌پاشی سولفات روی، منگنز و منیزیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی محصول پرتقال محلی جهرم نشان داد که محلول‌پاشی سولفات روی، منگنز و منیزیم و نیز برهمکنش آن ها برافزایش محصول نسبت به شاهد در سطح یک درصد به طور کامل معنی‌دار بود (۳۱).

اهمیت روی به علت نقشی است که این عنصر در تولید هورمون اکسین دارد. اکسین سبب افزایش سطح برگ و در نهایت عملکرد میوه در هر درخت می‌شود. با مصرف روی میزان فتوسنتز افزایش یافته و در نهایت میزان ماده‌های غذایی ساخته شده در گیاه افزایش یافته و باعث افزایش عملکرد و کیفیت میوه می‌شود. روی یکی از عنصرهای بسیار مهم در رشد و تشکیل ساختار گیاهی است (۳۴). روی از ترکیب‌های اصلی بسیاری از آنزیم‌های گیاهی می‌باشد، بنابراین در فرآیندهای گیاهی به‌ویژه در ساخت هورمون ایندول استیک اسید[۱]نقش دارد (۱۶). عنصر روی از ریزمغذی‌های مهم در تشکیل گل و تولید میوه است. اهمیت وجود روی در فتوسنتز مربوط به حضور در بخشی از آنزیم کربنیک‌ان‌هیدراز در همه بافت‌های فتوسنتزی گیاه است که برای ساخت کلروفیل مورد نیاز است. عنصر روی هم‌چنین در تولید اکسین از راه شرکت در ساخت اسید آمینه تریپتوفان در گیاه اهمیت دارد (۹).

۱- IAA (Indole acetic acid)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

نتیجه‌گیری

بیشینه متوسط وزن میوه (۲۲۸ گرم) و هم‌چنین بیش‌ترین میزان عملکرد تک درخت (۳۱۳ کیلوگرم) از محلول‌پاشی با بالاترین غلظت ترکیبی نیتروژن و آهن و روی (گرم‌درلیتر) حاصل شد. بالاترین میزان ماده‌های جامد محلول و اسید کل (به ترتیب ۱۰/۶۲ درصد و ۰/۲۰۸ میلی‌گرم‌درلیتر) در استفاده از تیمار آهن ۵ گرم‌درلیتر در نبود نیتروژن و روی و بیشترین میزان ویتامین C با استفاده از تیمار ترکیبی نیتروژن و آهن ۳ گرم درلیتر و روی ۵ گرم‌درلیتر به مقدار ۵۶/۹۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه مشاهده شد.

منابع References

1. Adamski, J.M., R. Danieloski, S. Deuner, E.J. Braga, L.A. deCastr, and J.A. Peters. 2012. Responses to excess iron in sweet potato: impacts on growth, enzyme activities, mineral concentrations, and anatomy. Acta Physiol. Plant. 34(5):1827-1836.
2. Ahlawat, V.P. and R. Yamdagni. 1988**.** Effects of various levels of nitrogen and potassium application on growth yield and petiole composition on grapes. Perlette. Pro. Hort. 20:190-196.
3. Ahmed, M.A., M.E. Abdelfattah, and Y.H. Mohamed. 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. Hort. Sci. 30(4).880A
4. Albrigo, L. and N. Syvertsen. 2001. What about foliar NPK on citrus? Fluid. J. 9(3):8-11.
5. Amaliotis, D., D. Velemis, S. Bladenopoulou, and N. Karapetsas. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. Acta Hort. 567:447-450.
6. Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., Malakouti, M.J. and Moradi, B. 2005. The effect of zinc sulfate consumption amount and method on yield and quality of unshi tangerine. J. Soil Water Sci. 21: 1-12. (In Persian)
7. Balakrishnan, K., K. Vekatesan and S. Sambandamurthis. 1996. Effect of foliar application of Zn, Fe, Mn and B on yield quantity of pomegranate, cv. Ganesh. Orissa J. Hort. 24:33-35.
8. Bor, D., J. Duncan, A. C. Lee, A. Parr, and A. M. Owen. 2006. Frontal lobe involvement in spatial span: Converging studies of normal and impaired function. Neuropsychol, 44(2):229-237.
9. Castr, J. and C. Sotomayor, 1997. The influence of boron and zinc sprays bloom time on almond fruit set. Acta Hort. 470(55):.402-405.
10. Conradie, W.J. 2001. Timing of nitrogen fertilization and the effects of poultry manure on the performance of grapevines on sandy soils. I. Soil analysis, grape yields and vegetative growth. South Afri J. Enol. Viticul. 22:53-59.
11. Crespan, G., C. Zenaroda, G. colugnati, F. Bregant, E. Gallas, and I. Tonetti. 2000. Fertilizer procedures and response of vine, preliminary results of an investigation in cabernet sauvignon. Notiziario-ERSA. 13:21-24.
12. El-Kassas, S.E. and S. El-Shasly. 1987. Effect of certain micro nutrients on the yield and fruit quality of Balady mandarin. Assiut. Agric. Sci. 18(4):135-153.
13. Englbrecht, C.C., H. Schoof, and S. Bohm. 2004. Conservation, diversification and expansion of C_2H_2 zinc finger proteins in the *Arabidopsis thaliana* genome. BMC Genom 5:9.
14. Ghasemnezhad, M., S. Zareh, M. Rassa, and R. Sajedi. 2013. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature. J. Sci. Food Agr. 93(2):368-374.
15. Hao, H., Y. WEI, X. YANG, Y. Feng, and C. WU. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). Rice Sci. 14(4):289-294.
16. Hassan, H.S.A., S.M.A. Sarrwy, and E.A.M. Mostafa. 2010. Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees Agri. Biol. J. North Amer. 1(4):638-643.
17. Keller, M., M. Kummer, and M. C. Vasconcelos. 2001. Reproductive growth of grapevines in response to nitrogen supply and rootstock. Australian J. Grape Wine Res. 7:12-18.
18. Klug, A. 1999. Zinc finger peptides for the regulation of gene expression. J. Mol. Biol. 293: 215-218.
19. Khayyambashi, B., Tadayon nejad, M. and Akhotian Ardakani, A. 2007. Evaluation of changes in yield and quality of pomegranate due to zinc, iron and boron elements. Abstracts of the 5th Iranian Horticultural Sciences Congress, Shiraz, Shiraz University, September 6-12. (In Persian)
20. Lovatte, C.J. 1999.Timing citrus and avocado foliar nutrient application to increase fruit set and size. Hort Technology, 9(4).
21. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, San Diego.
22. Mengel, K. and E.A. Kirby. 1987. Principles of plant nutrition. Inter. Potash Inst. worblaufen-Bern, Switzerland.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

23. Mohamed, F.A., A.N.M. Shraf, and A.M. Mohsen. 1995. Response of orange to foliar application of manganese. Agric. Dep. of Soil and Water Res. Cario. Egypt.
24. Mongi, Z. and A. Thomas. 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.
25. Noor, Y., Z. Shah, and M. Tariq. 2019. Effect of zinc and boron using different application methods on yield of citrus (Sweet orange) in calcareous soils. Sarhad J. Agri. 35(4):1247-1258.
26. Orboric, V., D. Achor, P. Petracek, and J. Syvertsen. 2001. Air temperature, humidity, and leaf age affect penetration of urea through grape fruit leaf cuticules. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126:44-50.
27. Piri, H., G.R. Moafpouriyan, and M. Dorostkar. 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 Univer. Mashhad, Iran. pp. 271.
28. Salem, AT., AE. Kilany, and G. Shaker. 2004. The influence of N, P, K P sources and potassium foliar application on growth and fruit quality of Thompson Seedless grapevines. XXVI Int. Hort. Congress: Viticulture-living eigth limitations. 31/Aug/2004. Toronto, Canada, Actahort, ISHS. 640:163-173.
29. Shiemshi, D. 2007. Leaf chlorosis and stomatal aperture. New Phyto. 166:455-461.
30. Sing, B. 1984. Effect of nitrogen fertilization on quality of lemon. Indian Hort. 16:308-311.
31. Tadayon M.S.and H. Rastegar. 2005. Effects of zinc, manganese and magnesium sulfate foliar spray on the yield and quality of 'Jahrom local' orange (*Citrus sinensis* Swing). Iran. J. Hort. Sci. Technol. 5(4):201-214. (In Persian)
32. Taghavi, G.R. 2000. The effects of macro nutrients and foliar application of zinc sulfate on the yield and quality of pomegranate. In: Proc the 2nd National Conference on the Optimum Utilization of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture, pp. 230-231, January 24-26, Karaj, Islamic Republic of Iran.
33. Xiao, W.Z., Q. M. Lena, Q. Rong-Liang, and T. Ye-Tao. 2010. Effects of Zn on planttolerance and non-protein thiol accumulation in Zn hyper accumulator *Arabis paniculata* Franch. J. Enviro. Exp. Bot. 70:23-34.
34. Zhou, T. 2003**.** The characters and effect of potassium in the aeolian sand soil on growth and quality of wine-grapes in Ningxia. J. Agri. Sci. China, 2(12):1345-1350.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 22 (3): 253 -264 (2021)
Research article

Effect of Foliar Application of Nitrogen, Iron and Zinc Before Flower Induction on the Yeld and Quality of Sweet Lime (*Citrus limettioides* Tan.) Fruits

S.A. Mohammadi Jahromi, A. Aboutalebi Jahromi*, V. Abdossi and A.R. Talaee[1]

This study was conducted to investigate the effects of nitrogen, iron and zinc on the fruit quantity and quality of the 6-years-old sweet lime trees budded on Mexican lime rootstock in the research orchard of Jahrom Islamic Azad University. For this purpose, nitrogen, zinc and iron elements (from sources urea, iron sulfate and zinc sulfate, respectively) were foliar sprayed at concentrations of 0, 3 and 5gL^{-1}, alone and in combination, before flower induction, in October 2017. The experimental design was factorial based on the randomized complete block design with 27 treatments and three replicates. Each replicate includes one sweet lime tree from both parts of the garden at two separate locations in the orchard named groups A and B (each group included 81 trees). Based on the results, different amounts of nitrogen, iron and zinc, individually and in combination, had significant effects on all quantitative and qualitative traits of sweet lime fruit at $P \leq 0.05$. The effect of location was significant only on the total acids, vitamin C and fruit juice percentage. The highest average fruit weight (228g) and yield of a single tree (313kg) was obtained from the combined application of N, Fe and Zn elements at the highest concentration (5gL^{-1}). The highest TSS and total acid (10.62% and 0.208mgL^{-1}, respectively) were observed by application of 5gL^{-1} Fe without N and Zn. The greatest vitamin C content (56.93 mg/100ml) was in application of combined 3gL^{-1} N and Fe and 5gL^{-1} Zn treatment.

Keywords: Urea, Micro nutrients, Citrus, Flower induction, Fruit yield.

1. Ph.D. Student at Department of Agricultural Management, College of Agriculture and Food Industry, Agronomy and Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran;Associate Professor of Horticultural Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom; Assistant Professor of Agricultural Management, College of Agriculture and Food Industry, Agronomy and Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran; Perofessor of Agricultural Management, College of Agriculture and Food Industry, Agronomy and Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (aa84607@gmail.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1400.22.3.1.6]