اثرات تزریق خاکی سولفات آهن، اسید سولفوریک و مواد آلی بر رفع کلروز آهن درختان کیوی (*Actinidia deliciosa*)

فضل شیردل شهمیری[1]، سید محمود سمر، علی عبادی،
احمد خلیقی و علی چراتی

دانشجوی دکتری علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ fazlshirdel@yahoo.com
استادیار موسسه تحقیقات آب و خاک کشور؛ mahmoodsamar@hotmail.com
استاد گروه باغبانی دانشگاه تهران؛ aebadi@ut.ac.ir
استاد گروه باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ khalighi@yahoo.com
استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی استان مازندران؛ acherati@yahoo.com

دریافت: 92/8/25 و پذیرش: 93/2/22

چکیده

برای رفع کمبود آهن درختان کیوی، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، شامل سه فاکتور آهن (Fe_0 =0، Fe_1=1 و Fe_2=2 کیلوگرم سولفات آهن)، اسید (AS_0 =0، AS_1=1 و AS_2=2 لیتراسید سولفوریک) و ماده آلی (OM_0 =0، OM_1=2 و OM_2=4 کیلوگرم کود دامی) در هر درخت در مقایسه با یک تیمار اضافی کود- آبیاری کلات آهن در 4 تکرار طی مدت دو سال (91 و 92) در استان مازندران اجرا گردید. مواد یاد شده قبل از شروع رشد در سال اول در عمق 50 سانتی‌متری خاک نزدیک ریشه‌های درخت به وسیله دستگاه مخصوص تزریق شدند. کلات آهن نیز به میزان 100 گرم در دو مرحله در هر سال به روش کود آبیاری به درختان داده شد. بر اساس نتایج دو ساله، بالاترین سطح برگ و عملکرد میوه در تیمار $Fe_2AS_1OM_2$ (یک کیلوگرم سولفات آهن، نیم لیتر اسید و چهار کیلوگرم کود دامی)، بیشترین مقدار کلروفیل برگ در تیمار $Fe_2AS_2OM_2$ (یک کیلوگرم سولفات آهن، یک لیتر اسید و چهار کیلوگرم کود دامی)، بالاترین حجم و وزن میوه در تیمار $Fe_1AS_2OM_2$ (یک کیلوگرم سولفات آهن، یک لیتر اسید و چهار کیلوگرم کود دامی) بدست آمد. تزریق سولفات آهن و اسید سولفوریک موجب افزایش غلظت آهن و کاهش غلظت فسفر برگ گردیده درحالی که تزریق ماده آلی تأثیر معنی‌داری برغلظت آهن و فسفر برگ نداشت. در مجموع، نتایج نشان داد که تزریق دو کیلوگرم سولفات آهن به همراه نیم لیتر اسید سولفوریک و چهار کیلوگرم ماده آلی، می‌تواند جایگزین مناسبی به‌جای کلات آهن برای رفع کلروز آهن در یک دوره حداقل دو ساله بوده و افزایش قابل ملاحظه عملکرد درختان کیوی را نیز موجب گردد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کلات آهن، کلروفیل، کیوی

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات، گروه علوم باغبانی

مقدمه

گیاه کیوی با نام علمی *Actinidia deliciosa* به لحاظ توان تولید بالا، ارزش غذایی و دارویی میوه، قابلیت ماندگاری مطلوب پس از برداشت، نیاز به حداقل سمپاشی و امکان صادرات، از مزیت نسبی قابل توجهی برخوردار می‌باشد. کیوی نیازمند شرایط مناسب آب و هوایی و خاک حاصلخیز است. وجود مقادیر زیادی از آهک در خاک از عوامل تهدید کننده باغات کیوی محسوب می‌شود. ضعف، کلروز، نکروز و در نهایت مرگ درختان از عواقب pH بالای خاک باغ‌های کیوی، به ویژه در بافت‌های سنگین می‌باشد. درختان کیوی حساسیت بسیار بالایی به کمبود آهن دارند و به سرعت علائم کمبود (شامل رنگ پریدگی و زرد شدن برگ‌های انتهایی شاخه، سوختگی برگ‌ها و گل‌ها، ریزش گل‌ها و کاهش میزان گرده افشانی و لقاح و در نهایت کاهش عملکرد کمی و کیفی) را نشان می‌دهند (خصوصی ومشهدی جعفرلو 1387). برای رفع سریع کلروز آهن در گیاهان، از کلات‌های آهن مانند Fe-EDDHA استفاده می‌شود.

قیمت این کودها بالا بوده و به علاوه هر ساله نیز مصرف آن باید تکرار شود (پستانا 2003)[1] از میان بردن آهک در حجم محدودی از خاک و تماس ریشه‌ها با چنین خاکی، در رفع کلروز آهن مؤثر بوده است. برای نمونه کلباسی و همکاران[2] (1986) نشان دادند که در درختان گلابی با افزودن اسید به حجم محدودی از خاک و خنثی شدن کربنات کلسیم موجود، علائم زردی ناشی از کمبود آهن برطرف شد. جایگذاری موضعی نمک‌های معدنی آهن به همراه مواد آلی (چالکود) روش مؤثری برای مبارزه با این عارضه می‌باشد. صالح (1387) در آزمایشی با درختان لیمو گزارش داد که بهترین عملکرد کمی و کیفی با کاربرد 500 گرم کود سولفات آهن به روش چالکود به همراه محلول‌پاشی سولفات آهن 0/5 درصد بدست آمد. وی همچنین اعلام کرد که مصرف سطحی 150 گرم کلات آهن از کاربرد 500 گرم سولفات آهن به روش مصرف سطحی اثر بخشی بیشتری در عملکرد داشته است. ملکوتی و سمر (1377) دریافتند که با کاربرد سولفات آهن به روش چالکود، نشانه‌های زردی ناشی از کمبود آهن در درختان سیب برطرف شد. صالح و ملکوتی (1384) گزارش کردند که کاربرد500 گرم سولفات آهن و یک کیلوگرم گوگرد پودری به روش چالکود، باعث افزایش میانگین وزن میوه، غلظت عناصر روی، آهن و فسفر در برگ درختان مرکبات می‌شود. پژوهش‌های بسیاری نشان می‌دهد که استفاده از روش چالکود در مصرف کودهای مختلف مخصوصاً کود آهن باعث افزایش اثر بخشی این کودها بر عملکرد کمی وکیفی درختان میوه می‌شود ولی به علت گران شدن نیروی کار از مقبولیت این روش کاسته شده و این گرانی موجب افزایش قیمت تمام شده محصول می‌شود. بنابراین شناسایی و معرفی روشی ارزان و کارآ، برای رفع کمبود آهن در باغ‌ها ضروری می‌باشد. تزریق کود در خاک توسط دستگاه یا ماشین موجب افزایش سرعت و بازدهی کار، کاهش نیاز به نیروی کارگری، کاهش تلفات و افزایش بازدهی کود و در نتیجه کاهش هزینه تولید می‌شود. این ماشین‌ها قابلیت اجرای چندین عملیات باغی از جمله تزریق هوا به بستر کشت مخصوصاً در خاک‌های سنگین، تزریق محلول‌های کودی یا سموم و مواد سوپر جاذب به اعماق مختلف خاک و حتی هرس و برداشت را نیز دارند. آزمایش‌های چندی اثر بخشی روش تزریق را نشان داده‌اند. رامبولا و همکاران[3] (2003) در آزمایشی کود فسفات آهن II (ویویانایت)[4] را در چهار نقطه از خاک اطراف درختان بالغ کیوی در عمق 25-30 سانتیمتری و همچنین در گلدان در خاک اطراف نهال‌های یک ساله کیوی تزریق کرده، اثرات آن را با مصرف خاکی Fe EDDHA مقایسه کردند.

نتایج نشان داد کود آهن وی‌ویانایت می‌تواند جایگزین مؤثری برای کود کلات آهن باشد. اماری و همکاران[5] (2009) در رفع کمبود آهن درختان مرکبات (سیترومیلو) یکساله از طریق تزریق کود وی‌ویانایت و کود کلات آهن و مقایسه آنها با درختان شاهد (بدون مصرف آهن) دریافتند که هر دو کود مؤثر بوده و تزریق وی-ویانایت جایگزین مناسبی برای کلات آهن می‌باشد.

کاهش pH کود تزریقی نیز می‌تواند اثر خوبی بر افزایش حلالیت آهن داشته باشد. با هر درجه کاهشpH حلالیت کانی‌های آهن‌دار هزار برابر افزایش می‌یابد (سمر و همکاران1390). افزودن مواد اسیدی به کود معدنی باعث خواهد شد تا، حلالیت آهن در کود تا مدت زمان طولانی‌تری برقرار باشد و به این ترتیب باعث افزایش جذب آهن توشط ریشه شود (هاولین و همکاران[6] 2005).

---

1. Pestana
2. kalbasi et al
3. Rambolla et al
4. Vivianit
5. Ammari et al.
6. Havlin et al

حلالیت سولفات آهن در آب کم نیست، ولی پس از قرار گرفتن محلول آن در خاک به سرعت رسوب می‌کند. به همین علت مصرف خاکی سولفات آهن چندان اثر بخش نیست. در صورتی که بخواهیم با افزودن مقادیر کمتری از سولفات آهن و مواد آلی نتایج خوبی به دست آید، جایگذاری موضعی مؤثر می‌باشد. در این حالت سولفات آهن و مواد آلی به صورت نواری و یا نقطه‌ای در خاک (در مجاورت ریشه درخت) قرار می‌گیرد. به این ترتیب از شدت واکنش‌های شیمیایی آهن با ذرات خاک (که منجربه غیر قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌شود) کاسته می‌شود. مواد آلی نیز می توانند کمپلکس‌هایی با آهن تشکیل داده و از رسوب آن (به صورت اکسیدهای آهن)، تا حدی ممانعت کنند (سمر و همکاران1390). هورش و همکاران[1] (1991) در گلدان‌هایی که نهال مرکبات کشت شده بود، مقدار کمی از خاک آهکی را خارج کرده و درجای آن یک نوع خاک پیت به همراه سولفات آهن اضافه کردند. با این روش زرد برگی آهکی نهال‌ها اصلاح شد. در آزمایش حاضر سولفات آهن توسط دستگاه بیولیفت[2] به خاک تزریق و اثر بخشی آن بر درختان کیوی بررسی گردید. همچنین به منظور افزایش احتمالی اثر بخشی آن، اثر افزودن اسید و مواد آلی در کود تزریق شده نیز بررسی شد. تمامی مواد یاد شده به نسبت ارزان و تولید داخل بوده و در مقایسه با کلات‌های آهن، بدون اثرات منفی زیست محیطی می‌باشند.

مواد و روش‌ها

استان مازندران یکی از مناطق مستعد پرورش و تولید کیوی در ایران محسوب می‌شود. این آزمایش در شهرستان قائمشهر از مناطق مرکزی استان با موقعیت جغرافیایی 36 درجه و 28 دقیقه عرض شمالی تا 52 درجه و 53 دقیقه طول شرقی، ارتفاع از سطح دریا 51/2 متر، میانگین دما و بارش سالانه به ترتیب 16/7 درجه سیلیسوس و 725 میلی‌متر، در سال‌های1391و 1392 به اجرا در آمد. درختان این باغ به روش داربستی تربیت شده و دارای سیستم آبیاری قطره‌ایی، فاصله بین ردیف‌ها 5 متر و فاصله روی ردیف3 متر بوده و نسبت درختان نر به درختان ماده یک به پانزده می‌باشد. با عنایت به وجود شاخص‌های قابل مقایسه در پایه‌های ماده و با توجه به اینکه درختان نر در باغات منطقه در مقایسه با درختان ماده به ندرت مشکل کلروز را نشان می‌دهند در این آزمایش تنها از درختان ماده به عنوان کرت آزمایشی استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (28 تیمار در چهار تکرار بر روی 112 اصله درخت) اجرا شد. تیمارها شامل سولفات آهن در سه سطح 0، 1 و 2 کیلوگرم در هر درخت به ترتیب با نماد Fe_0، Fe_1 و Fe_2، اسید سولفوریک در سه سطح 0، 0/5 و 1 لیتر در هر درخت به ترتیب با نماد AS_0، AS_1 و AS_2 و ماده آلی (کود گاوی) در سه سطح 0، 2 و 4 کیلوگرم در هر درخت به ترتیب با نماد OM_0، OM_1 و OM_2 نمایش داده شدند. این تیمارها در یک مرحله و در شروع آزمایش (فروردین ماه سال 1391) بر روی درختان تحت آزمایش اعمال شدند و در یک تیمار علاوه بر تیمارهای معمول اجرا شده تیمار کلات آهن به عنوان کود مؤثر برای رفع کمبود آهن، برای ارزیابی اثربخشی تیمارهای فوق در نظر گرفته شد، در این تیمار به میزان 100 گرم کود کلات آهن در دو مرحله (اواخر فروردین و اردیبهشت) در هر مرحله50 گرم کود سکسترین (FeEDDHA) در 20 لیتر آب حل شده و به صورت کود آبیاری در پای درختان در هر دو سال اجرای آزمایش مصرف شد، این تیمار به عنوان تیمار کنترل و تیماری که هیچ‌یک از مواد کودی را دریافت نکرد به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد.

مواد مصرفی در هر تیمار، با 20 لیتر آب مخلوط (تهیه تعلیق) و سپس به وسیله دستگاه تزریق (بیولیفت) به خاک سایه‌انداز درخت، در چهار نقطه در عمق 40 تا 50 سانتی متری به فاصله 75 سانتی‌متری تنه درخت تزریق شد، با قدرت و فشار دستگاه تزریق در هر نقطه تزریق مساحتی نزدیک به 0/12 متر مربع آغشته به ترکیب کودی بکار رفته شد که با تزریق 20 لیتر مواد تعلیقی تهیه شده در چهار نقطه اطراف یک درخت (هر نقطه تزریق 5 لیتر) حجمی نزدیک به 0/2 متر مکعب از 0/7 متر مکعب خاک اطراف درخت آغشته به مواد تعلیقی می‌شود به عبارتی نزدیک به 30 درصد حجم خاک اطراف درخت تحت تأثیر مواد بکار رفته قرار می‌گیرد. کود سولفات آهن از نوع پودری، اسید سولفوریک از نوع تجاری با غلظت 98 درصد و کود آلی شامل کود گاوی پوسیده بود. برای فراهم شدن تعلیق کود ابتدا مقدار کود آلی تعیین شده بر اساس سطوح مورد آزمایش با 20 لیتر آب مخلوط و سپس اسید و پس از 24 ساعت، سولفات آهن محاسبه شده برای هرتیمار نیز افزوده شد. تعلیق تهیه شده از صافی عبور داده شد و سپس با استفاده از دستگاه تزریق کود در خاک (با نام تجاری ام تی ام[3] و دارای یک

[1] Horesh et al

[2] Biolift

[3] Mini Tunnel Mashin(MTM)

کمپرسور با موتور بنزینی برای تولید هوای فشرده با قدرت 1260 لیتر در دقیقه و فشار هوای 9-11 بار و یک نازل برای تزریق کود حداکثر با قطر 3 میلی‌متر)، عملیات تزریق انجام شد. هوای کمپرس شده هنگام ورود به خاک شبکه‌ای از مجراهای ریز و درشت در خاک به وجود می‌آورد که باعث کاهش فشردگی خاک و در نتیجه بهبود تهویه و نفوذ پذیری خاک (برای تزریق راحت تر تعلیق) می‌شود. پس از اعمال تیمارها سایر عملیات نگه داری باغ مانند آبیاری و مبارزه با آفات و علف‌های هرز به طور معمول به اجرا در آمد. صفات مورد بررسی شامل سطح برگ با استفاده از دستگاه SAR9 LAM1308.USA، قرائت شدت سبزینه برگ (توسط کلروفیل‌متر یا SPAD متر)، میانگین اندازه (حجم) با غوطه وری میوه در آب داخل استوانه مدرج و وزن تر میوه با ترازوی دیجیتال با دقت صدم گرم، عملکرد میوه یک درخت و غلظت عناصر غذایی (آهن و فسفر) در برگ بوده است. در این پژوهش اثر بخشی تیمارها با درختان شاهد ($Fe_0AS_0OM_0$)، بدون کاربرد سولفات آهن، اسید سولفوریک و ماده آلی) و نیز درختانی که با کلات آهن Fe-EDDHA تیمار شده بودند (تیمار کنترل) مقایسه شدند. نتایج به‌دست آمده در سال‌های 1391 و 1392 ثبت و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

عمق (cm)	هدایت الکتریکی (d.S/m)	pH	T.N.V (درصد)	ازت کل (درصد)	پتاسیم	فسفر	آهن	منیزیم	منگنز	روی	بافت
					میلی‌گرم در کیلوگرم						
0-30	0/42	7/7	8/75	0/11	347	56	9	612	5/44	1/82	L
30-60	0/40	7/8	10/5	1/0	307	52	-	-	-	-	L

نتایج

سطح برگ

سطح برگ از نظر آماری تحت اثرات تیمارهای سه‌گانه(آهن×اسید×ماده آلی) و کلات آهن قرار گرفته و در سطح 1% تفاوت معنی‌دار داشت (جدول2) به طوری‌که بالاترین سطح برگ در هر دو سال در تیمار با کاربرد یک کیلوگرم سولفات آهن، نیم لیتر اسید سولفوریک و چهار کیلوگرم مواد آلی($Fe_2AS_1OM_2$) به‌دست آمد که به ترتیب در سال اول و دوم نسبت به کلات آهن 19/6 و 23/8 درصد و کلات آهن نسبت به شاهد ($Fe_0AS_0OM_0$) 15/7 و 16/8درصد افزایش را نشان داد. کمترین میزان سطح برگ در سال اول در تیمار $Fe_1AS_0OM_2$ ولی در سال دوم آزمایش در تیمار شاهد که طی دو سال هیچ‌گونه تیمار کودی دریافت نکرده بود مشاهده شد (جدول4). کمبود آهن و به دنبال آن زرد شدن برگ‌ها محدود شدن رشد رویشی و سطح برگ، کاهش گلدهی وتشکیل میوه را موجب می‌شود (آلوارز و همکاران 2003)[1].

سنجش کلروفیل(SPADREADING)

اثرات متقابل تیمارهای سه گانه در سال‌های 91و92 بر میزان کلروفیل برگ‌ها در شهریور معنی‌دار نبود ولی در مقایسه با کلات آهن در سطح 1% تفاوت معنی-داری را نشان داد (جدول2و3) به طوری‌که بالاترین میزان کلروفیل در تیمار $Fe_2AS_2OM_2$ (دو کیلوگرم سولفات آهن، یک لیتر اسید و چهار کیلوگرم مواد آلی) مشاهده شد که در سال اول نسبت به تیمار کلات آهن 39/9 و در سال دوم 38/2 درصد و تیمار کلات آهن در مقایسه با تیمار شاهد 18/8 و 35/8درصد افزایش داشت (جدول4). افزایش محسوس میزان کلروفیل در سال دوم نسبت به شاهد به دلیل کاهش میزان کلروفیل و افزایش شدت کلروز بود که به دلیل دریافت نکردن تیمارهای کودی آهن ایجاد شد. رامبولا و [2]همکاران (2002) اعلام کردند که کمبود آهن موجب کاهش میزان کلروفیل در برگ‌های گیاه کیوی صرف نظر از نوع رقم می‌گردد، که این نتایج با نتایج تحقیق حاضر که تفاوت معنی‌دار بین غلظت کلروفیل برگ‌ها در تیمارهای شاهد، کلات آهن و کاربرد کود سولفات آهن و اسید سولفوریک و مواد آلی نشان می‌دهد تطابق دارد. ایگلاسیاس و[3] همکاران (2003) از کلروز درختان گلابی در خاک‌های آهکی به وسیله تزریق سولفات آهن II در خاک به طور مؤثری جلوگیری کردند، به طوریکه میزان کلروفیل درختان تیمار شده در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. تزیپوریدیس[4] (2006) نیز نشان داد که کاربرد Fe – EDDHA و $FeSO4.7H_20$ همراه با مواد آلی به صورت تزریق مایع در خاک

[1]. Alvarez Fernandez et al

[2]. Rambola et al

[3]. Iglesias et al

[4]. Tsipouridis et al

دردرختان هلو رقم کاترینا بـه طـور معنـی‌داری شـاخص کلروفیل برگ‌ها (اسپد) را حتی تا بعد از120 روز پـس از کاربرد افزایش داد.

روســادو و همکــاران[1] (2002) اثــر تزریــق سوسپانسـیون فسـفات آهـنII (وی ویانـت) را بـر روی کلروز سه رقم درختان زیتون بررسی و اثـر بخشـی آن را بـرای مـدت بـیش از دو سـال بـر روی عملکـرد میـوه وشاخص رنگ برگ تایید کردند. دلا گواردیـا و آلکـانترا[2] (2002) بیان داشتند که بروز کلروز برگی بـه افـت میـزان کلروفیل و توان تولیدی گیاه و در نهایت کـاهش بـاردهی درختان می‌انجامد. رابطه مستقیم بین کمبود آهـن بـرگ و میزان کلروفیل به عنوان شاخص این کمبـود اثبـات شـده است. آهن نقش ضروری در متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و پروتئین دارد. زیرا اسیدهای نوکلئیک حاوی مقادیر قابل توجهی آهن و دیگر عناصر سنگین می‌باشند. از نشانه‌های تأثیر آهن در ساخت پروتئین‌ها می‌توان به تجمع نیتـرات، اسیدهای آمینه، آمیدها، و کـاهش مقـدار پـروتئین هنگـام کمبود آهن اشاره نمود که پـس از تـأمین آهـن گیـاه بـه شرایط طبیعـی خـود برمـی‌گـردد. از میـان پـروتئین‌هـای مختلف، پروتئین‌های کلروفیل شدیداً تحت تـأثیر کمبـود آهن قرار می‌گیرند که منجر به عدم تکامل و کاهش مقدار کلروفیـل برگ،کـاهش فتوسـنتز وکـاهش رشـد رویشـی می‌شود. افزایش قابلیت جذب عنصر آهن، افزایش تشکیل کلروفیل، کاهش زردی و کلروز را باعث شده که به دنبال آن افزایش فتوسنتز، افزایش مصرف شیره خـام و جـذب آب و مواد معدنی از خاک، افزایش تولید شیره پـرورده و قوی‌تر شدن منابع[3] و در نتیجه افزایش رشد رویشی مانند رشد طولی شاخه‌ها و مخصوصا افزایش سطح برگ‌هـا را موجب خواهد شد.

غلظت آهن برگ

بیشترین غلظت آهن برگ در سال اول در تیمار $Fe_1AS_1OM_0$ (یک کیلوگرم سولفات آهن، نیم لیتر اسید و بدون مصرف مواد آلی) و در سال دوم در تیمار $Fe_1AS_2OM_2$ (یک کیلوگرم سولفات آهن، یک لیتر اسید و چهار کیلوگرم مواد آلی) به ترتیب به میزان234 و 247 میکروگرم در گرم وزن تازه برگ به‌دست آمد (جدول 4 و 5). غلظت آهن برگ در مقایسه تیمارهای سه گانه با کلات آهن تفاوت معنی‌داری در سطح 1% نشان داد (جدول 2 و 3). تیمارهای برتر که بالاترین غلظت آهن برگ را داشتند در سال اول و دوم به ترتیب نسبت به تیمار کلات آهن 20 و 23 درصد و نسبت به شاهد 28/5 و 34/3 درصد و تیمار کلات آهن نیز نسبت به شاهد در سال اول 10/7 و در سال دوم 14/4درصد افزایش غلظت را نشان داد (جدول 4 و 5). افزایش تفاوت غلظت آهن در تیمار کلات آهن نسبت به شاهد در سال دوم بیشتر به دلیل کاهش میزان غلظت آهن در تیمار شاهد بوده که نسبت به سال قبل به دلیل ادامه دریافت نکردن تیمارهای کود آهن در طی دو سال، کمبودآهن و کلروز در آن تشدید شد. تحقیق کرین و همکاران[4] (2007) نشان داد که میزان آهن برگ در تیمارهای اسید سولفوریک یا اسید سیتریک به همراه سولفات آهن در مقایسه با تیمارهای سولفات آهن، اسید و کلات آهن دارای بالاترین اندازه بوده است. وجود مواد آلی در خاک بر احیای آهن مؤثر است زیرا مواد آلی در حال تجزیه با انتقال الکترون به آهن سه ظرفیتی و احیای آن، غلظت آهن را در محلول خاک افزایش می‌دهد، مولکول‌های آلی با آهن یا برخی دیگر از کاتیون‌ها تشکیل کمپلکس‌های آلی فلزی را می‌دهندکه قابلیت جذب عناصر را افزایش می‌دهند. همچنین اثرات مفید ماده آلی همراه با ترکیبات معدنی آهن موجب حفظ قابلیت جذب (ممانعت و یا تأخیر در رسوب) آهن موجود در ترکیبات معدنی شده در نتیجه امکان جذب برای گیاه به میزان بیشتری فراهم خواهد بود (سمر و همکاران، 1390).

غلظت فسفر برگ

غلظت فسفر برگ در مقایسه تیمارهای سه گانه با کلات آهن در سطح 5% تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول 2 و 3). در سال‌های اول و دوم آزمایش تیمار کلات آهن نسبت به تیمار $Fe_0AS_0OM_1$ (بدون سولفات آهن و اسید سولفوریک و دو کیلوگرم ماده آلی) که بالاترین میزان فسفر را نشان داد به ترتیب 27 و 19/6 درصد کاهش و نسبت به $Fe_2AS_2OM_0$ (دو کیلو گرم سولفات آهن،یک لیتر اسید سولفوریک و بدون ماده آلی) با کمترین میزان فسفر، 12/1 و 24/3 درصد افزایش نشان داد. در واقع تیمارهایی که میزان آهن و اسید کمتری دریافت نموده بودند غلظت فسفر بالا و آهن پایین را نشان دادند و به تیمارهایی که کود آهن و اسید بیشتری داده شد غلظت بیشتر آهن و غلظت کم فسفر را نشان دادند. اثر آنتاگونیسمی بین آهن و فسفر ثابت شده به طوری‌که زیادی میزان فسفر موجب کاهش جذب آهن می‌شود. تقوی و همکاران (1384) اثر سطوح مختلف آهن و بر را روی مقدار عناصر توت فرنگی بررسی و

1. Rosado et al
2. de la Guardia and Alcantara
3. source
4. Crane et al.

دریافتند که افزایش سطح آهن در محلول غذایی از 5 میلی‌گرم به 25 میلی‌گرم موجب کاهش میزان فسفر برگ‌ها می‌شود. غلظت بالای فسفر در برگ‌های کلروز شده نتیجه کمبود آهن است تا اینکه خود، عامل کمبود آهن باشد (سمر و همکاران 1390).

جدول 2- تجزیه واریانس سطح برگ، میزان کلروفیل، آهن و فسفر برگ، حجم، وزن و عملکرد میوه در سال 91

عوامل تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		سطح برگ	میزان کلروفیل	آهن برگ	فسفر برگ	حجم میوه	وزن میوه	عملکرد میوه
تکرار	3	375/1^{ns}	94/30*	1524/75*	0/000^{ns}	95/83^{ns}	105/68^{ns}	334/02*
تیمار	27	845/5**	206/2**	1711/29**	0/002*	592/68**	667/29**	775/88**
خطا	81	211/9	29/03	671/93	0/001	72/61	67/76	142/99
ضریب تغییرات	(درصد)	10/72	14/18	13/28	16/73	11/56	10/94	40/6

ns و *، ** طبق آزمون F به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد

جدول3- تجزیه واریانس سطح برگ، میزان کلروفیل، آهن و فسفر برگ، حجم، وزن و عملکرد میوه در سال 92

عوامل تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعا ت						
		سطح برگ	میزان کلروفیل	آهن برگ	فسفر برگ	حجم میوه	وزن میوه	عملکرد
تکرار	3	335/8^{ns}	65/6^{ns}	617/94^{ns}	0/0001^{ns}	69/88^{ns}	93/09^{ns}	261/06^{ns}
تیمار	27	1099/2**	265/4**	2114/87**	0/002*	852/04**	800/46**	1177/98**
خطا	81	163/0	27/1	399/90	0/0001	63/67	70/77	113/25
ضریب تغییرات	**(درصد)**	9/19	13/95	9/89	10/54	10/85	11/68	33/44

ns و *، ** طبق آزمون F به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد

حجم و وزن میوه

حجم و وزن میوه از نظر آماری تحت تأثیر کلیه تیمارها در سطح 1% اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول2و3). در سال اول آزمایش حداکثر حجم و وزن میوه تحت اثرات متقابل سه عاملی با کاربرد نیم کیلوگرم سولفات آهن، یک لیتر اسید سولفوریک و چهار کیلوگرم ماده آلی ($Fe_1AS_2OM_2$) به ترتیب103 سانتی‌متر مکعب و 108/7 گرم حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ($Fe_0AS_0OM_0$) به ترتیب به میزان 47 و 48/9 درصد افزایش داشت (جدول 5). بالاترین حجم و وزن میوه حاصل شده نسبت به تیمار کاربرد کلات آهن به ترتیب 39/4 و 42/4 درصد افزایش داشته و تیمار کلات آهن در مقایسه با تیمار شاهد نیز از نظر حجم میوه 12/5 و از نظر وزن میوه 11/2 درصد افزایش داشت (جدول4). در سال دوم آزمایش کمترین حجم و وزن میوه در تیمار شاهد مشاهده شد که با توجه به عدم کوددهی در طی دو سال این نتیجه قابل انتظار بود. بالاترین حجم میوه در سال دوم نیز در تیمار $Fe_1AS_2OM_2$ حاصل شد که در مقایسه با شاهد 51/8 درصد و نسبت به تیمار کلات آهن 36/8 درصد افزایش داشت، اما بیشترین وزن میوه در تیمار $Fe_1AS_2OM_1$ بدست آمد که نسبت به شاهد 48/3 درصد و نسبت به تیمار کلات آهن 33/6 درصد افزایش نشان داد. آلاورز_فرناندز[1] (2003) اثرات کلروز ناشی از کمبود آهن را روی عملکرد و کیفیت میوه دو رقم هلو کارسون[2] و بابی گلد[3] مورد بررسی قرار داده و مشخص نمودند که در هر دو رقم بر اثر کمبود آهن کاهش وزن تازه، حجم و تعداد میوه اتفاق می‌افتد. صالح و ملکوتی (1384) نیز به نتایج مشابهی با مصرف500 گرم سولفات آهن و یک کیلوگرم گوگرد پودری به روش چالکود، در افزایش میانگین وزن میوه مرکبات بدست آوردند. از عوارض اصلی کمبود آهن در گیاهان بروز زرد برگی، کاهش میزان

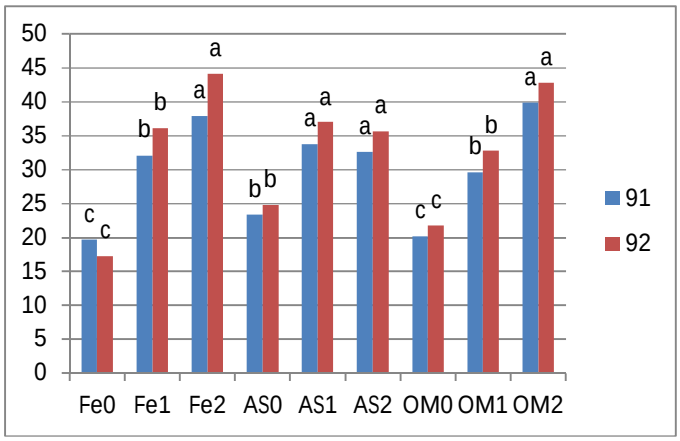
1. Alvarez Fernandez et al
2. Carson
3. Babygold

فتوسنتز گیاه، کاهش تولید شیره پرورده و هیدرات‌کربن که بر اندازه میوه مؤثر بوده و با توجه به تأثیری که بر قابلیت دسترسی به کربن[1] دارد باعث تأخیر در رسیدگی میوه‌ها نیز می‌شود.

عملکرد میوه

عملکرد میوه در مقایسه تیمارهای سه گانه با کلات آهن در هر دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح 1% نشان داد (جدول 2 و 3). به طوری‌که در سال 1391 تیمار کاربرد یک کیلوگرم سولفات آهن، نیم لیتر اسید سولفوریک و چهار کیلوگرم ماده آلی ($Fe_2AS_1OM_2$) که بالاترین عملکرد را داشت نسبت به تیمار کلات آهن (کنترل) 73 درصد، نسبت به شاهد 80/1 درصد و تیمار کلات آهن نیز نسبت به شاهد 24/7 درصد افزایش عملکرد نشان داد. در سال دوم آزمایش با اینکه تیمار کودی جدیدی برای درختان مورد آزمایش در نظر گرفته نشد ولی در تیمارهایی که در سال قبل به میزان مناسبی از کود آهن را دریافت نموده بودند شرایط مطلوبی از رشد و نمو و عملکرد مشاهده شد به طوری‌که بیشترین محصول مانند سال اول در تیمار کاربرد یک کیلو گرم سولفات آهن، نیم لیتر اسید سولفوریک و چهار کیلوگرم (Fe2AS1OM2) به‌دست آمد که نسبت به تیمار کلات آهن (کنترل) 79/9 درصد، نسبت به شاهد 84/4 درصد و تیمار کلات آهن نیز نسبت به شاهد 22/2 درصد افزایش عملکرد نشان داد. در تحقیق ایگلاسیاس و همکاران[2] (2003) از کلروز درختان گلابی در خاک‌های آهکی به وسیله تزریق سولفات آهن II در خاک به طور مؤثری جلوگیری شد. در این تحقیق میزان کلروفیل درختان تیمار شده در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد ولی در مقایسه با درختانی که با کلیت آهن تیمار شده بودند تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. بررسی سال‌های بعد نشان داد که میزان گلدهی و تشکیل میوه نیز نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشته ولی از درختان تیمار شده با کلیت-ها در حد کمتر بوده است. میزان متوسط عملکرد در سال چهارم بین درختان تیمار شده با سولفات آهن (II) و کلیت آهن تفاوت معنی‌داری نداشته ولی تفاوت با درختان شاهد کاملاً معنی‌دار بود. رامبولا و همکاران[3] (2003) در آزمایشی کود فسفات آهن II را در چهار نقطه به عمق 25-30 سانتیمتری از خاک اطراف درختان بالغ کیوی تزریق کرده و اثرات آن را با محلول Fe-EDDHA مقایسه کردند. نتایج نشان داد که این کود می‌تواند جایگزین مؤثری در کاربرد خاکی به جای کود کلات‌های آهن در بهبود شاخص‌های کمی کیوی باشد. فاوست[4] (1989) بیان داشته که به دلیل غیر متحرک بودن عنصر آهن در برگ‌های گیاهان کلروز آهن عمدتاً در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود ولی برگ‌های پائینی نیز از عوارض این پدیده بی‌تأثیر نمانده و کاهش نامحسوس کلروفیل در برگ‌های پائینی نیز بروز می‌کند. این عارضه منجربه افت میزان فتوسنتز و کارایی فتوسنتزی برگ در کلیه بخش‌های گیاه از جمله بخش‌های مسن که کلروز نشان نمی‌دهند می‌شود در نتیجه در اثر افت کلی کلروفیل درگیاه کارایی، تجمع کربوهیدرات‌ها، گل‌انگیزی و باروری و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه سیتو کروم‌های b و c (حاوی آهن) نقش مهمی را در انتقال الکترون در فرآیند تنفس ایفا می‌نمایند کمبود آن می‌تواند اختلال در تنفس گیاه و در نتیجه در سایر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی گیاه ایجاد نماید که منجربه کاهش رشد و نمو و عملکرد گردد. با توجه به نقش آهن در احیاء نیترات در گیاه و با توجه به اینکه نیترات و آمونیوم منابع مهم نیتروژن معدنی هستند که به وسیله ریشه گیاهان عالی جذب می‌شوند. نیترات بایستی برای ورود در ساختمان ترکیبات آلی به آمونیوم احیاء شود. این فرایند تحت تأثیر آنزیم‌های مختلف صورت می‌گیرد که آهن نقش اساسی در فعالیت آن‌ها ایفا می‌نماید (رامبولا و تاگلیاوینی[5] 2006). با نقشی که آهن در سوخت و ساز اسیدهای آلی و سایر بیوملکول‌ها دارد کمبود آهن منجربه کاهش قندها به ویژه قندهای احیایی و کوفاکتورهایی همانند ریبوفلاوین‌ها و دیگر ویتامین‌ها و فلاوین و مونونوکلئوتید می‌گردد، هر کدام از اختلالات ذکر شده می‌تواند موجبات برهم خوردن سیستم طبیعی رشد و نمو گیاه را باعث شده و در نتیجه کاهش رشد و نمو، کاهش اندازه، وزن و کیفیت میوه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود.

1. C-availability
2. IgLesias et al
3. Rambola et al
4. Faust
5. Rambola and Tagliavin



شکل 1- نمودار مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها بر عملکرد درختان کیوی سال‌های 91 و 92

جدول 4- مقایسه میانگین برخی صفات درختان کیوی تحت اثرات متقابل سولفات آهن، اسید و ماده آلی سال‌های 91 و 92

فسفربرگ %		آهن برگ Micgr/gr		میزان کلروفیل (SPAD READING)		سطح برگ Cm^2		تیمار		
سال1392	سال1391	سال1392	سال1391	سال1392	سال1391	سال1392	سال1391	ماده آلی	اسید	آهن
0/204b	/203ad	162k	168ef	20/3m	24/4l	109i	115hi	OM_0	AS_0	Fe_0
0/225a	/226a	180ik	181df	22/7lm	26/6kl	117hi	116gi	OM_1	AS_0	Fe_0
0/199b	/194ae	173jk	175ef	25/8km	30/8gl	131eh	135bh	OM_2	AS_0	Fe_0
0/198b	/195ae	190fk	186bf	30/5hl	30/3hl	128fi	123ei	OM_0	AS_1	Fe_0
0/169ce	/165be	199ej	197af	28/9il	29/1il	123gi	122fi	OM_1	AS_1	Fe_0
0/175cd	/184ae	180hk	177df	38/2ch	39/4bg	133dh	133bh	OM_2	AS_1	Fe_0
0/177c	/178ae	188fk	198af	26/7jm	27/3jl	117hi	113hi	OM_0	AS_2	Fe_0
0/159dg	/162ce	191fk	185bf	34/5ej	35/5ek	136dh	134bh	OM_1	AS_2	Fe_0
0/210b	/212ac	206cj	209ae	36/2di	35/4ek	128fi	126di	OM_2	AS_2	Fe_0
0/206b	/218ab	228ae	224ac	35/4di	35/5ek	133dh	135bh	OM_0	AS_0	Fe_1
0/197b	/208ac	177ik	157f	34/1fk	36/9di	132dh	129ci	OM_1	AS_0	Fe_1
0/173cd	/179ae	184gk	174ef	31/6gk	33/8fk	117hi	108I	OM_2	AS_0	Fe_1
0/169ce	/173ae	243ab	235a	42/5af	40/7af	142bg	137bh	OM_0	AS_1	Fe_1
0/199b	/210ac	235ad	219ad	45/6ac	43/9ae	153ad	147ae	OM_1	AS_1	Fe_1
0/176c	/185ae	196ej	184cf	49/1a	46/7ac	150be	140bg	OM_2	AS_1	Fe_1
0/180c	/181ae	172jk	158f	43/1ae	43/2ae	151be	148ad	OM_0	AS_2	Fe_1
0/182c	/194ae	220af	202ae	45/9ac	45/4ad	160ab	154ac	OM_1	AS_2	Fe_1
0/150fh	/150de	247a	234a	43/3ad	44/1ae	162ab	156ab	OM_2	AS_2	Fe_1
0/166cf	/178ae	198ej	190bf	36di	36ej	135ch	136bh	OM_0	AS_0	Fe_2
0/167ce	/182ae	210/3bi	202ae	35/1dj	35/2ek	121gi	115gi	OM_1	AS_0	Fe_2
0/167ce	/179ae	216ag	206bf	39/7bg	38/4ch	138ch	132bh	OM_2	AS_0	Fe_2
0/174cd	/189ae	213bh	197af	43ae	43/4ae	147bf	142bf	OM_0	AS_1	Fe_2
0/168ce	/193ae	221af	202ae	42/9ae	47/1ac	156ac	149ad	OM_1	AS_1	Fe_2
0/179c	/193ae	190fk	187bf	48ab	47/8ab	172a	166a	OM_2	AS_1	Fe_2
0/137h	/145e	204dj	199af	37/8ch	39/8bg	151be	142bf	OM_0	AS_2	Fe_2
0/150gh	/176ae	212bh	193af	46/2ac	47/1ac	159ab	150ad	OM_1	AS_2	Fe_2
0/155eg	/161ce	239ac	228ab	51/1a	49/2a	162ab	149ad	OM_2	AS_2	Fe_2
0/181c	/165be	189fk	188bg	31/6gk	30/0hl	131eh	136bh	(Fe	Chel	ate)

*در هر ستون برای هر یک از اثرات اصلی حروف لاتین مشابه طبق آزمون دانکن در سطح 5 درصد تفاوت معنی داری ندارند.Fe_0، Fe_1 و Fe_2 به ترتیب 0، 1 و 2 کیلوگرم سولفات آهن، AS_0، AS_1 و AS_2 به ترتیب 0، 0/5 و 1 لیتر اسید سولفوریک و OM_0، OM_1 و OM_2 به ترتیب 0، 2 و 4 کیلوگرم ماده آلی در هر درخت

نتیجه‌گیری

در این آزمایش برای رفع کلروز در باغات کیوی در شرایط محیطی استان مازندران ترکیبی از کود سولفات آهن برای تأمین عنصر آهن مورد نیاز، اسیدسولفوریک برای کاهش موضعی pH و افزایش جذب عنصر آهن و مواد آلی برای افزایش بازدهی و قابلیت جذب کود سولفات آهن مورد استفاده قرار گرفت. این کار به وسیله دستگاه تزریق کود، که سوسپانسیون کود را همراه با هوا دهی در نزدیکی ریشه‌ها جای‌گذاری می‌نماید انجام شد. این روش به عنوان یک راه کار مؤثر و مفید می‌تواند جایگزین مصرف کودهای کلات آهن شود که هزینه بالایی دارد و اثر آن کوتاه مدت بوده و مشکلات زیست محیطی نیز به همراه دارد، شود. با کاربرد ترکیبات کودی در نظر گرفته شده در این پژوهش و به روش تزریق همراه با هوا دهی در نزدیکی ریشه مخصوصا در خاک-هایی با بافت سنگین می‌توان به نتایجی دست یافت که حداقل برای یک دوره دو تا سه ساله نیاز کودی و حساسیت درختان میوه حساس به کمبود آهن و کلروز را برطرف نمود. بر اساس نتایج بدست آمده بهترین عملکرد کمی شامل مناسب‌ترین اندازه میوه، وزن میوه و عملکرد محصول و همچنین بالاترین غلظت آهن و کمترین میزان کلروز برگ‌ها با کاربرد دو کیلوگرم سولفات آهن، نیم لیتر اسید سولفوریک و چهار کیلوگرم مواد آلی ($Fe_1AS_1OM_2$) بدست آمد.

جدول 5- مقایسه میانگین برخی صفات درختان کیوی تحت اثرات متقابل سولفات آهن، اسید و ماده آلی سال‌های 91 و 92

تیمار			حجم میوه Cm^3		وزن میوه gr		عملکرد میوه kg	
آهن	اسید	ماده آلی	سال 1391	سال 1392	سال 1391	سال 1392	سال 1391	سال 1392
Fe_0	AS_0	OM_0	54/6hi	48/2kl	55/6lm	48/1jk	12/7ij	11/2ik
Fe_0	AS_0	OM_1	61/3gi	51/5jl	62/4jm	50/1ik	11/7ij	10/5jk
Fe_0	AS_0	OM_2	67/1eh	61/5hj	68/5 hl	59/7hj	19/0hj	16/1gk
Fe_0	AS_1	OM_0	49/6i	47/4l	50/1 m	46k	7/5j	6/48k
Fe_0	AS_1	OM_1	65/1fh	62/7hj	66/3 il	61/8gi	18/8hj	17/5gk
Fe_0	AS_1	OM_2	72/8dg	64/8gi	74/2 ek	63/7fi	36/5cg	31/2eh
Fe_0	AS_2	OM_0	65/2fh	61/2hj	65/9 il	59/9hj	17/0hj	16/9gk
Fe_0	AS_2	OM_1	81/4be	78/3cf	81/2ch	77/5bf	18/8hj	17gk
Fe_0	AS_2	OM_2	72/5dg	70/4ei	73/3 fk	69/3dh	35/1cg	29ei
Fe_1	AS_0	OM_0	69/0eg	64/4gi	70/3 gk	63/2gi	22/9gi	25/4ej
Fe_1	AS_0	OM_1	59/5gi	59/6ik	60/5 km	58/2hk	17/7hj	21/1gk
Fe_1	AS_0	OM_2	72/8dg	72/7ei	72/6 fk	71/5dh	24/7ei	26/4ej
Fe_1	AS_1	OM_0	73/1dg	76/6dg	75/8 ej	75/8cg	21/2hj	25/2ej
Fe_1	AS_1	OM_1	76/9cf	81/8be	79/1ci	81/2ad	43/0bd	48/5bd
Fe_1	AS_1	OM_2	94/3ab	88/1ad	96/0 b	86/9ac	40/8bd	48/8bd
Fe_1	AS_2	OM_0	65/7fh	67/1fi	67/3 hl	66/6eh	29/7dh	28/5ej
Fe_1	AS_2	OM_1	85/5bd	94/4ab	87/7 be	93/1a	38/3be	42/7ce
Fe_1	AS_2	OM_2	103/0a	100a	108/7a	91/1ab	50/9b	58ac
Fe_2	AS_0	OM_0	77/3cf	73/3eh	77/9 di	70/7dh	29/3dh	33dg
Fe_2	AS_0	OM_1	69/6eg	70/9ei	71/0gk	68/8dh	35/0cg	39/3df
Fe_2	AS_0	OM_2	80/7be	82/1be	83/9bg	80/8ad	37/1cf	39/8df
Fe_2	AS_1	OM_0	64/9fh	70/2ei	66/2il	68/9dh	23/9fi	27ej
Fe_2	AS_1	OM_1	89/0bc	90/6ac	90/6bd	90/9ab	48/1bc	57ac
Fe_2	AS_1	OM_2	91/2ac	94/7ab	92/3bc	92/3a	64/3a	71/8a
Fe_2	AS_2	OM_0	77/6cf	78/2cf	79/4ci	78be	17/8gi	22/3fk
Fe_2	AS_2	OM_1	81/4be	90/9ac	85/55bf	89/8ab	34/8cg	42/1ce
Fe_2	AS_2	OM_2	78/7cf	93/7ab	81/23ch	92/3a	50/6b	64/1ab
ate)	Chel	(Fe	62/4hj	63/2hj	62/6kn	61/8gi	16/9ghi	14/4hk

*در هر ستون برای هر یک از اثرات اصلی حروف لاتین مشابه طبق آزمون دانکن در سطح 5 درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Fe_0، Fe_1 و Fe_2 به ترتیب 0، 1 و 2 کیلوگرم سولفات آهن، AS_0، AS_1 و AS_2 به ترتیب 0 ، 0/5 و 1 لیتر اسید سولفوریک و OM_0، OM_1 و OM_2 به ترتیب 0، 2 و 4 کیلوگرم ماده آلی در هر درخت

فهرست منابع:

1. تقوی، س.ت.، بابالار،م.، عبادی، ع.، ابراهیم‌زاده، ح و عسگری، م.ع.1384. اثر سطوح مختلف آهن و بر روی مقدار عناصر و عملکرد توت‌فرنگی رقم سلوا. مجله علوم کشاورزی ایران جلد 36، شماره 5 (1065-1073)
2. خصوصی، م. و ا، مشهدی جعفرلو.1387. تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی در کیوی. نشریه فنی شرکت تولیدات شیمیایی وکشاورزی گیاه. تهران. ایران.
3. سمر، س. م.، سماوات، س.، تدین، م. س.، رضایی، ح.، طهرانی، م. م.، اردکانی، م. س.، بشارتی، ح. و فلاح، ع. ر. 1390. آهن در خاک و گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. 174 صفحه.
4. صالح، ج. و م.ج. ملکوتی.1384.جایگاه گوگرد در افزایش عملکرد کمی وکیفی محصولات کشاورزی. نشریه فنی شماره 447 موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا.
5. ملکوتی، م. ج. و س. م. سمر. 1377. روش‌های کاربردی برای مقابله با کمبود آهن در درختان میوه (قسمت اول). انتشارات نشر آموزش کشاورزی.
6. Alvarez-Fernandez, A., P. Paniagua, J. Abadia and A. Abadia. 2003. Effects of Fe deficiency chlorosis on yield and fruit quality in Peach (*Prunus Persica* L. Batsch).J.Agric.Food Chem. 51:5738-5744.
7. Ammari, T. G., A. B.Tahboub and R.Taleb. 2009. Managment of Iron Deficiency Stress in citrus through soil application of vivianite to a calcareous soil. International Journal of Botany. 5(2):186-189.
8. Crane,J., B.Schaffer., Y.Li., E. Evans., W. Montas and C. Li. 2007. Effect of foliarly-applied acids and ferrous sulfate on iron nutrition of avacado trees. Proceedings VI World Avacado Congress.ISBN No 978-956-17-0413-8.
9. De La Guardia, M. D., and Alcantara, E. 2002**.** A comparison of ferric-chelate reductase and chlorophyll and growth ratios as indices of selection of quince, pear and olive genotypes under iron deficiency stress. Plant and Soil 241: 49-56.
10. Faust, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley & Sons Incorporation, New York. 605 pp.
11. Havlin,J., J. D.Beaton, S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 2005. Soil fertility and fertilizers, 7th edition. Pearson Prentice Hall.
12. Horesh, I., Y. Levy and E. E. Goldschmidt.1991. Correction of lime-induced chlorosis in container-grown citrus trees by peat and iron sulphate applied to small soil volumes. Kluwel Academic publishers.
13. Iglesias, I., R. Dalmau, X. Marce, M. C. Delcampillo, V. Barron and J. Torrent. 2003. Fertilization with iron(II)-phosphate effectively prevents iron clorosis in pear trees *pyrus commonis* .Ishs Acta Hoticulturae. 511:65-72.
14. Kalbasi, M. 1986. Local acidification of soil as a mean to alleviation iron chlorosis in quince orchards.J.Plant Nutr. 9:1001-1010.
15. Pestana, M., A. Varennes and E. A. Faria. 2003. Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees.Food,Agriculture and Environment1(1): 46-51.
16. Rombola, A. D., W. Bruggemann, A. F. LopezMillan, M. Tagliavini., J. Abadia, B. Marangoni and P. R. Moog. 2002. Bioshimical responses to iron deficiency in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*).Tree Physiology. 22: 869-875.
17. Rombola, A. D., M. Toselli, J. Carpintero, T. Ammari, M. Quartieri, J. Torrent and B. Marangoni. 2003. prevention of iron-deficiency induced chlorosis in Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) through soil application of synthetic Vivianite in a calcareous soil. J. of Plant Nutrition, 26(10 & 11): 2031–2041.

18. Rambola, A. and M. Tagliavini. 2006. Iron nutrition of fruit tree crops. In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms, eds. L. L. Barton and J. Abad, 23-59. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
19. Rosado, R., M. C. del Campillo, M. A. Martinez, V. Barron and J. Torrent. 2002. Long-term effectiveness of vivianite in reduce iron chlorosis in olive trees. plant and soil 241: 139-144.
20. Tsipouridis, C., D.Almaliotis,T.Thomidis and A. Isaakidis. 2006. Effects of different sources of iron, hormones and *Agrobacterium tumefaciencs* on chlorophyll and iron concentration in the leaves of peach trees. Hort. Sci., 33 (4): 140-147.