Archive of SID

مقاله پژوهشی

# تأثیر کوددهی سولفات پتاسیم و کلات آهن بر جذب برخی از عناصر غذایی و شاخص‌های رویشی سیب رقم رد دلیشز

کیوان جهانشاهی انبوهی[۱]، حنیفه سید حاجی‌زاده[۲]*، آرش همتی[۳]، پیمان عباسی[۱] و سارا رضایی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۹- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۲)

**چکیده**

کوددهی یکی از اصول مدیریتی مهم در باغبانی است که در تغذیه درختان میوه نقش مهمی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه تولیدی دارد. در این راستا پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی سیب رقم رد دلیشز انجام گرفت. بررسی اثر چالکود سولفات پتاسیم (صفر، ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم به ازای هر درخت) و کلات آهن ۶ درصد (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سی‌سی به ازای هر درخت) طی دوره رشد درخت انجام گرفت و صفاتی از قبیل طول شاخه، شاخص کلروفیل، طول و عرض میوه، وزن میوه، تعداد میوه در هر درخت، شاخص سطح برگ و غلظت برخی عناصر غذایی ماکرو و میکرو در برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تیمارهای سولفات پتاسیم و کلات آهن باعث بهبود تمامی صفات رشدی شدند. تیمارهای سولفات پتاسیم و کلات آهن باعث افزایش مثبت و معنی‌دار عملکرد گردیدند. با افزایش غلظت سولفات پتاسیم مقدار عناصر فسفر و پتاسیم برگ افزایش یافت در حالیکه کلات آهن مقدار فسفر را کاهش داد. بیشترین مقدار منیزیم در شرایط عدم کاربرد تیمار سولفات پتاسیم در غلظت ۳۰ سی‌سی کلات آهن مشاهده شد. بیشترین میزان عنصر آهن در عدم کاربرد تیمار سولفات پتاسیم در غلظت‌های ۲۰ و ۳۰ سی‌سی کلات آهن مشاهده شد. همچنین با کاربرد کود سولفات پتاسیم، مقدار کلسیم و مس برگ کاهش یافت. کوددهی تأثیر معنی داری بر غلظت عناصر نیتروژن، روی و منگنز در برگ نداشت.

**کلمات کلیدی:** چالکود، سولفات پتاسیم، عملکرد، عناصر برگ، کلات آهن

۱- دانشجویان کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه
۳- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز
* پست الکترونیک: hajizade@maragheh.ac.ir



www.SID.ir

Archive of SID

**مقدمه**

در محصولات باغی به‌ویژه میوه سیب تغذیه نامناسب درختان، برداشت نامناسب محصول، انبارمانی و بسته‌بندی غیر صحیح باعث شده است که کشور ایران در بازارهای جهانی از جایگاه مناسبی برخوردار نباشد. از این‌رو مدیریت کوددهی، یکی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت محصولات کشاورزی و باغی است که می‌تواند در این زمینه مورد توجه قرار گیرد (احد[1] و همکاران، ۲۰۱۸). بخش بزرگی از خاک باغ‌های کشور، حاوی مقادیر زیادی کربنات کلسیم هستند که سبب اختلال در جذب عناصر غذایی برای درختان سیب می‌شود. در صورتی که خاک قادر به تأمین هر یک از این عناصر به مقدار کافی نباشد، از کودهای دارای این عناصر برای تأمین نیاز درخت استفاده می‌شود. در غیر این صورت از رشد درخت کاسته شده و تعداد میوه کمتری تشکیل می‌شود و میوه‌ها نیز کوچک و نامرغوب خواهند بود. البته کاربرد نابجا و غیرضروری کودهای شیمیایی نیز به همان اندازه مضر است (دولتی بانه، ۲۰۰۲). از طرف دیگر کوددهی مناسب، اثرات تنش‌های زنده و غیر زنده محیطی نظیر خشکی، شوری و گرما را تا حدی مهار کرده و نقش موثری در افزایش مقاومت درختان دارد (شیرزاد و همکاران، ۱۳۹۷). آهن از عناصر ضروری برای گیاه بوده و نقش اساسی در کلروپلاست دارد. کمبود آهن، هم در خاک‌های اسیدی و هم در خاک‌های قلیایی ایجاد می‌شود. غلظت زیاد عناصری مثل فسفر، روی و مس نیز بر جذب آهن تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل، آهن نقش مهمی در رشد و توازن عناصر غذایی گیاه دارد (ساینی[2] و همکاران، ۲۰۱۹). کالسک و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند که بی‌کربنات در خاک‌های آهکی عامل بسیار مهمی در ایجاد کلروز آهن می‌باشد و به نوعی نیز مسئول غیرمتحرک شدن آهن در بافت‌های گیاهی است. در خاک‌های آهکی مقدار زیادی یون بی‌کربنات تولید می‌شود که این یون ضمن افزایش pH خاک، باعث کاهش قابلیت جذب عناصر کم مصرف به خصوص آهن شده و همچنین پس از جذب، با افزایش pH بافت‌های گیاهی، متابولیسم آن را کاهش می‌دهد (حجازی و کفاشی‌صادقی، ۱۹۹۸).

در خاک‌های سنگین با تهویه نامناسب، جذب پتاسیم به کندی صورت می‌گیرد که در این شرایط با وجود پتاسیم کافی در خاک، علائم کمبود به چشم می‌خورد. علاوه براین در خاک‌های دارای یون‌های زیاد منیزیم و کلسیم، پتاسیم تثبیت و از دسترس ریشه خارج می‌گردد (کایا[3] و همکاران، ۲۰۰۲). رسی بودن خاک، آبشویی زیاد و عدم توازن در استفاده از سایر عناصر غذایی نیز از عوامل موثر بر کمبود پتاسیم می‌باشند. پتاسیم در متابولیسم ازت و سنتز پروتئین‌ها، فعال کردن آنزیم‌های مختلف، باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنظیم روابط آبی گیاه، سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها و عمل فتوسنتز نقش دارد (خیاط و همکاران، ۲۰۰۷). تسریع رشد سلول‌های مریستمی، افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی، افزایش غلظت کلروفیل و عمل کربن‌گیری، افزایش خاصیت انبارمانی، افزایش کارایی تعرق گیاه در تنش آبی به دلیل افزایش تعداد و قطر دسته‌های آوندی و در نهایت برای بزرگ شدن اندازه میوه نیز وجود پتاسیم ضروری است (هاولین[4] و همکاران، ۲۰۰۷). مقدار ناکافی پتاسیم می‌تواند باعث بروز ناهنجاری‌هایی از جمله رنگ کم، توقف رشد، کیفیت کم میوه و غیره گردد. نتایج تعدادی از محققین حاکی از این مطلب است که افزایش سطوح پتاسیم در خاک منجر به کاهش جذب منیزیم و کلسیم توسط گیاه گردیده و غالبا منیزیم بیش از کلسیم تحت تأثیر قرار می گیرد (مجیدی و خوارزمی، ۱۳۹۴). بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سولفات پتاسیم و کلات آهن بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و غلظت عناصر ماکرو و میکرو مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در برگ سیب رقم رد دلیشز انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها**

این پژوهش روی سیب رقم رد دلیشز در یک باغ سیب در روستای چلان مراغه با طول جغرافیایی ۳۷,۵۱۶۷ درجه شمالی و ۴۵,۹۱۶۷ درجه شرقی و ارتفاع ۱۴۹۰ متر بالاتر از سطح دریا انجام گرفت. فواصل درختان از هر جهت ۷ متر بود و سیستم آبیاری سنتی غرقابی داشت.

1. Ahad
2. Saini
3. Kaya
4. Havlin



www.SID.ir

Archive of SID

درختان مورد آزمایش دارای سیستم هرس هرمی بودند و سال کم‌بار (OFF) درختان بود. در فروردین سال ۱۳۹۶ قبل از کوددهی، نمونه‌برداری آب و خاک باغ جهت انجام تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی در قسمت سایه‌انداز درخت به عمق‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بر روی ۵۱ درخت ۳۰ ساله و یکسان از نظر رشد اجرا شد. هر درخت با دو منبع غذایی کود سولفات پتاسیم در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰و ۱۵۰ گرم برای هر درخت) و کلات آهن با چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) به‌صورت چالکود (تعداد ۳ چاله به عمق ۳۰ سانتی‌متر برای هر درخت) مورد تغذیه قرار گرفت. سولفات پتاسیم (۵۲ درصد پتاسیم به فرم $K_2O$ و ۳۸ درصد سولفات به صورت ۱۰۰ درصد محلول) و کلات آهن (۶ درصد آهن، لیگنوسولفانات) از شرکت جهان سبز ایساتیس تهیه گردید. شاخص‌های مورد ارزیابی در اوایل تیر، اواسط مرداد و اواخر شهریور ماه مورد بررسی قرار گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از:

**شاخص سطح برگ (طول و عرض برگ)**

تعداد ۹ برگ کامل و سالم از سه جهت (شمال، شرق و غرب) درخت بصورت تصادفی از قسمت میانی هر شاخه برای اندازه‌گیری طول و عرض برداشت گردید (فر و وارینگتون[1]، ۲۰۰۳).

**اندازه میوه (طول و عرض میوه)**

برای سنجش طول و عرض میوه از هر تیمار در جهت‌های مختلف به‌صورت تصادفی۳ عدد میوه سیب برداشت و سپس با کولیس بطور دقیق طول و عرض میوه اندازه‌گیری گردید.

**سنجش کلروفیل**

برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-520، ژاپن) بدون تخریب بافت‌های گیاهی استفاده شد (موران[2]، ۱۹۸۲).

**رشد شاخه یکساله و تعداد میوه در شاخه**

شاخه‌های یکساله به صورت تصادفی در سه جهت مختلف انتخاب و طول و تعداد میوه در هر شاخه درخت شمارش شد (فر و وارینگتون، ۲۰۰۳).

**شاخص وزن میوه**

برای اندازه‌گیری میانگین وزن میوه‌ها به تعداد ۹ میوه در سه جهت به صورت تصادفی از درختان تیمار شده برداشت و وزن آنها به وسیله ترازو (GF800، ژاپن) با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد.

**درصد ماده خشک**

این شاخص نشان‌دهنده مجموع ترکیبات آلی و معدنی میوه می‌باشد و توسط آون با دمای ۷۰ الی ۷۵ درجهٔ سلسیوس به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت و با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۷).

درصد وزن خشک میوه =وزن خشک میوه/ وزن تر میوه ×100

**اندازه‌گیری عناصر برگ**

به منظور بررسی عناصر برگ دو مرحله نمونه‌برداری برگ در اوایل خرداد ماه و اواخر شهریور انجام شد. نمونه‌ها پس از گردآوری به آزمایشگاه منتقل و در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سلسیوس خشک و نگهداری گردید. برای تهیه عصاره گیاهی یک گرم ماده خشک گیاهی آسیاب شده در کوره قرار داده شد و دما به آرامی تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت تا خاکستر سفید رنگی حاصل شود. سپس طبق روش کوتنی[3] (۱۹۸۰) عصاره مورد نظر تهیه شد. اندازه‌گیری نیتروژن کل برگ با استفاده از دستگاه کجلدال (Gerhardet) و برای اندازه‌گیری فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ابتدا محلول‌های استاندارد تهیه شده و با توجه به طول موج اختصاصی برای هر عنصر، منحنی کالیبراسیون رسم گردیده و سپس اقدام به قرائت نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر (Japan,Shimadzu,UV-1800) شد (ریان[4] و همکاران، ۲۰۰۱). غلظت عنصر آهن در عصاره‌های گیاهی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Japan, Shimadzu AA-670) اندازه‌گیری و گزارش شد. سپس آزمون نرمال بودن داده‌ها بررسی و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS ورژن 9.1 انجام شد. برای انجام مقایسه

1. Ferree and Warrington
2. Moran
3. Cottenie
4. Ryan


www.SID.ir

Archive of SID

میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج ویژگی‌های شیمیایی آب و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. آب آبیاری در منطقه مذکور، از نظر شوری در حد کم تا متوسط و دارای pH قلیایی است. نتایج حاصل از تجزیه خاک باغ نشان داد که خاک عموماً با بافت شنی-لومی، بسیار آهکی (کربنات کلسیم بالاتر از ۱۰ درصد است)، pH قلیایی و از نظر مقدار کربن آلی در لایه‌های بالاتر در شرایط متوسطی قرار داشت. مقدار فسفر و نیتروژن قابل جذب خاک در محدوده بحرانی و کم بوده و با افزایش عمق خاک کاهش یافته و مقدار آن به صفر رسیده است. سایر عناصر غذایی شامل پتاسیم، آهن، روی و منگنز قابل جذب خاک نیز در شرایط ضعیف و بحرانی قرار داشتند.

### نتایج اندازه‌گیری طول شاخه، طول و عرض میوه و نیز شاخص کلروفیل

شاخص‌های فوق طی آزمایش یک روند صعودی را نشان دادند به‌طوریکه بیشترین مقدار برای هر یک در اواخر شهریور ماه بدست آمد. بیشترین طول شاخه در تیمار ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم در شرایط عدم حضور کود کلات‌آهن و همچنین در تیمار صفر سولفات پتاسیم و غلظت ۳۰ سی‌سی کلات‌آهن مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت نیز در تیمار صفر سولفات پتاسیم در شرایط عدم حضور کلات آهن و تیمار صفر سولفات پتاسیم و غلظت ۱۰ سی‌سی مشاهده شد (شکل ۱).

**جدول۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده**

| کل مواد جامد محلول mg/l | CaCO3 meq/L | SO4 meq/L | Cl meq/L | Na meq/L | pH (1:10) | هدایت الکتریکی (µ.s) (1:10) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۴ | ۲۳ | ۱/۵ | ۲ | ۳ | ۷/۸۷ | ۳۴۵ |

**جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در محل اجرای آزمایش**

| عمق نمونه‌برداری | ۳۰-۰ | ۶۰-۳۰ | ۹۰-۶۰ | ۱۲۰-۹۰ | ۱۵۰-۱۲۰ |
|---|---|---|---|---|---|
| بافت خاک | لومی-شنی | لومی- شنی | شنی - لومی | شنی-لومی | شنی -لومی |
| هدایت الکتریکی(۱:۱۰) (µ.s) | ۴۱ | ۳۷ | ۲۲ | ۱۶ | ۱۱ |
| pH (۱:۱۰) | ۸/۴۸ | ۸/۷۲ | ۷/۳۳ | ۸/۴۳ | ۷/۸۹ |
| N (%) | ۰/۰۶ | - | - | - | - |
| K (ppm) | ۲۲۱ | - | - | - | - |
| P (ppm) | ۶ | - | - | - | - |
| Fe (ppm) | ۳/۱ | - | - | - | - |
| Zn (ppm) | ۰/۶ | - | - | - | - |
| Mn (ppm) | ۴/۴ | - | - | - | - |
| ماده آلی خاک (٪) | ۱/۲ | ۱/۱ | ۰/۰۲ | ۰ | ۰ |
| درصد مواد خنثی شونده T.N.V(%) | ۰/۵ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰ | ۰ |
| درصد شن و ماسه Sand% | ۶۰ | ۶۵ | ۸۴ | ۸۳ | ۸۵ |
| درصد رس Clay% | ۱۰ | ۶ | ۶ | ۵ | ۴ |
| درصد سیلت Silt% | ۳۵ | ۲۴ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۱ |

بیشترین طول میوه در تیمار ۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم و غلظت ۱۰ سی‌سی کلات آهن مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت نیز در تیمار صفر سولفات پتاسیم و شرایط عدم حضور کلات آهن مشاهده شد (شکل ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل زمان نمونه‌برداری و غلظت سولفات پتاسیم نشان داد که بیشترین عرض میوه در تیمارهای سولفات پتاسیم ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در مرحله سوم نمونه‌برداری مشاهده شد (شکل۳).

با افزایش غلظت کلات‌آهن میزان شاخص کلروفیل نیز به طور معنی‌دار افزایش یافت. کمترین میزان شاخص کلروفیل در تیمار شاهد مشاهده شد. تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سی‌سی دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند و


www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین شاخص کلروفیل در تیمار ۲۰ سی‌سی کلات آهن مشاهده شد (جدول۳).

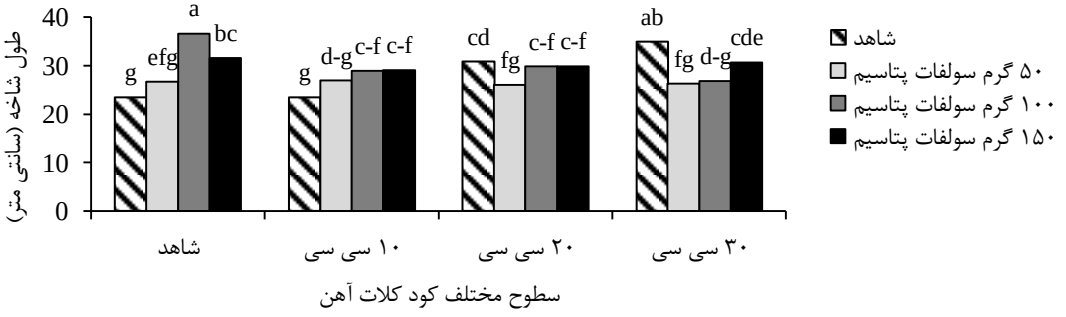
**نتایج مربوط به وزن میوه، تعداد میوه، عملکرد و شاخص سطح برگ**

در طول آزمایش روند صعودی در همه صفات به جز تعداد میوه در هر درخت مشاهده شد. با توجه به شکل ۴، بیشترین وزن میوه در تیمارهای ۵۰ و ۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم و غلظت ۱۰ سی‌سی کلات آهن و تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم همراه با غلظت ۳۰ سی‌سی کلات آهن مشاهده شدند. کمترین وزن میوه نیز مربوط به تیمار شاهد (عدم کاربرد سولفات پتاسیم) در تمامی غلظت‌های کلات آهن و تیمار ۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم در غلظت ۳۰ سی‌سی کلات آهن بود. بیشترین تعداد میوه در درخت در تیمار ۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم در غلظت‌های ۲۰ و ۳۰ کلات آهن مشاهده شد (شکل ۵).

**جدول۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تیمار کود کلات آهن روی طول شاخه، شاخص کلروفیل، طول و عرض میوه**

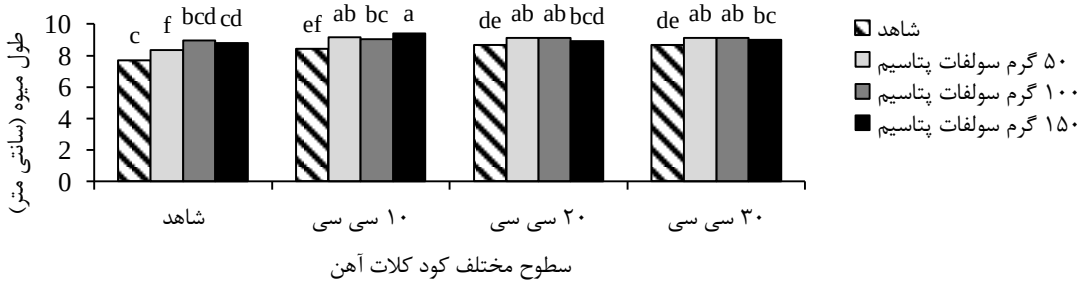
| تیمار کودی کلات‌آهن | طول شاخه (سانتی‌متر) | طول میوه (سانتی‌متر) | عرض میوه (سانتی‌متر) | شاخص کلروفیل (SPAD) |
|---|---|---|---|---|
| **شاهد** | ۲۹/۶۱a | ۸/۴۴b | ۸/۰۳b | ۴۱/۸۷b |
| **۱۰ سی‌سی** | ۲۷/۱۲b | ۸/۹۹a | ۸/۴۸a | ۴۲/۶۹ab |
| **۲۰ سی‌سی** | ۲۹/۱۴b | ۸/۹۴a | ۸/۴۰a | ۴۳/۷۵a |
| **۳۰ سی‌سی** | ۲۹/۶۹b | ۹/۹۸a | ۸/۳۶a | ۴۳/۱۹a |

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.




**شکل۱- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای کلات‌آهن و سولفات پتاسیم روی صفت طول شاخه سال جاری درخت سیب**

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

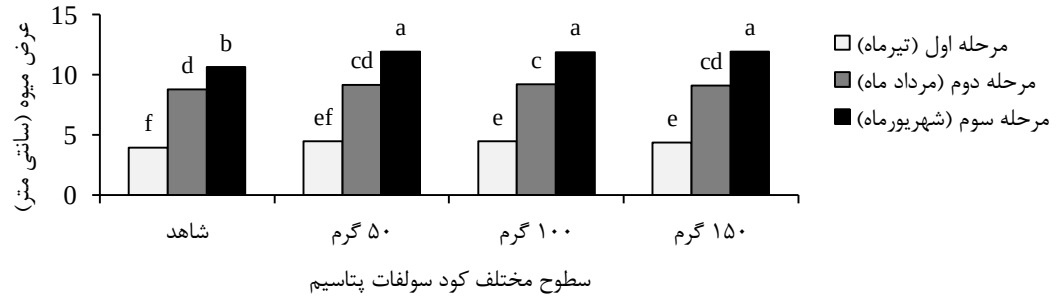



**شکل۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای کلات‌آهن و سولفات پتاسیم روی صفت طول میوه درخت سیب**

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

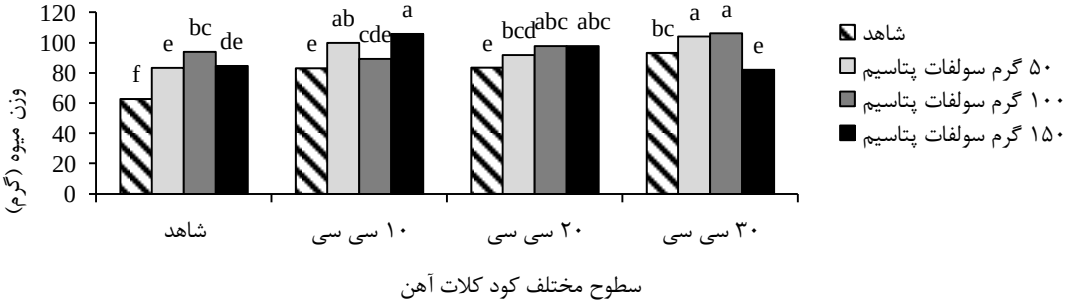

www.SID.ir

Archive of SID



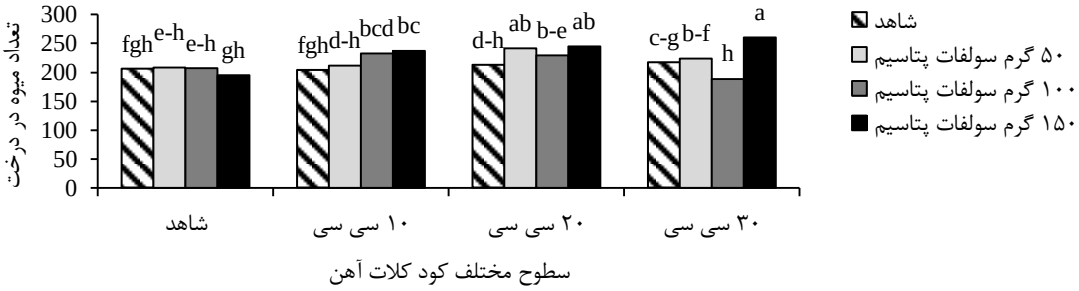

**شکل۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود سولفات پتاسیم و زمان نمونه‌برداری روی صفت عرض میوه درخت سیب**

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.




**شکل۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای کلات‌آهن و سولفات پتاسیم روی صفت وزن میوه درخت سیب**

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.




**شکل۵- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای کلات‌آهن و سولفات پتاسیم روی صفت تعداد میوه درخت سیب**

میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

**شاخص سطح برگ**

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها با افزایش غلظت سولفات پتاسیم شاخص سطح برگ درخت سیب به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان این صفت در ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم و کمترین آن در تیمارهای شاهد و ۵۰ گرم سولفات پتاسیم مشاهده شد. همچنین با افزایش غلظت تیمار کلات آهن شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان این صفت در ۳۰ سی‌سی کلات‌آهن مشاهده شد (جدول ۴).

**درصد عملکرد**

درصد عملکرد با افزایش زمان نمونه‌برداری به طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار این صفت در تمامی تیمارهای کلات آهن و سولفات پتاسیم در مرحله سوم نمونه‌برداری مشاهده شد. از طرفی با افزایش غلظت



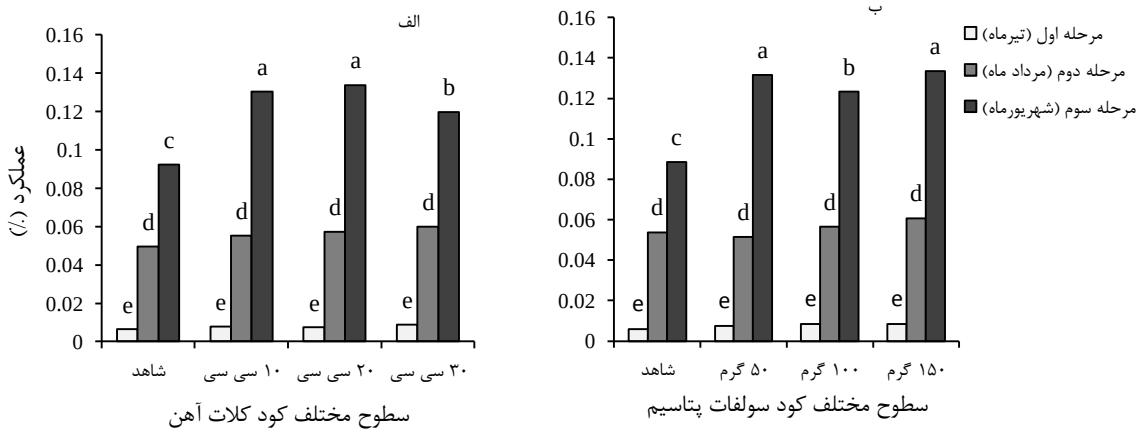
www.SID.ir

Archive of SID

**جدول۴- مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف تیمار کود سولفات پتاسیم روی طول شاخه، طول میوه و عرض میوه در سیب**

| تیمار کودی سولفات پتاسیم | وزن میوه (گرم) | تعداد میوه (عدد) | عملکرد (درصد) | شاخص سطح برگ (سانتی‌متر مربع) |
|---|---|---|---|---|
| شاهد | ۸۰/۶۵b | ۲۰۹/۳۷b | ۴۳/۲۴b | ۲۹/۸۶b |
| ۵۰ گرم | ۹۴/۷۹a | ۲۲۱/۴۵b | ۴۵/۸۷b | ۲۹/۹۲b |
| ۱۰۰ گرم | ۹۶/۸۱a | ۲۱۴/۸۱b | ۴۸/۶۱a | ۳۲/۲۹a |
| ۱۵۰ گرم | ۹۲/۳۸a | ۲۳۴/۶۹a | ۴۱/۶۵b | ۳۱/۹۶a |
| **تیمار کودی کلات‌آهن** | | | | |
| شاهد | ۸۱/۰۹b | ۲۰۳/۹۷b | ۴۳/۰۳b | ۲۹/۸۹b |
| ۱۰ سی‌سی | ۹۴/۴۹a | ۲۲۱/۵۹a | ۴۵/۲۴b | ۳۰/۷۰b |
| ۲۰ سی‌سی | ۹۲/۷۵a | ۲۳۲/۰۷a | ۴۲/۰۹b | ۳۱/۱۵b |
| ۳۰ سی‌سی | ۹۶/۲۹a | ۲۲۲/۲۶a | ۴۹a | ۳۲/۲۸a |

درهرستون تیمارهایی که حداقل دریک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس، آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.




**شکل۶- مقایسه میانگین اثر متقابل مصرف کود کلات آهن و زمان نمونه‌برداری (الف) و سولفات پتاسیم و زمان نمونه‌برداری (ب) روی صفت عملکرد سیب.** میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

کلات آهن از ۲۰ سی‌سی به ۳۰ سی‌سی میزان این صفت در مرحله سوم نمونه‌برداری به طور معنی‌دار کاهش یافت. کمترین میزان این صفت نیز در تیمارهای مرحله اول نمونه‌برداری مشاهده شدند (شکل ۶ الف و ب).

بررسی‌ها نشان داد که استفاده از فرم‌های کلاته که به واسطه واکنش نمک‌های فلزی با کمپلکس‌های مصنوعی و طبیعی حاصل می‌شود، مهم‌ترین راه حفاظت آهن خاک در برابر فرآیندهای تثبیت در شرایط pH بالاست (کالسک[1] و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین وجود یک رابطه خطی معنی‌دار بین غلظت آهن و عملکرد گیاه اثبات شده بطوریکه در اثر مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن‌گیری و در نتیجه میزان ماده خشک تولیدی در گیاه می‌شود (شاه‌ولی-کوه‌شوری و همکاران، ۲۰۱۳). فراهمی آهن به طور مشخصی باز شدن روزنه‌ها را افزایش می‌دهد که ناشی از اثرات آهن در سنتز کلروفیل می‌باشد، این امر می‌تواند منجر به افزایش توان فتوسنتزی و تخصیص اسیمیلات بیشتر برای متابولیسم تولید قند در گیاهان شود (شیمشی[2]، ۲۰۰۷). عناصر ریزمغذی مانند آهن و بور با افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه موجب رشد بیشتر اندام هوایی گیاه و توسعه سطح و قطر تاج پوشش می شوند (رحمانی و همکاران، ۲۰۱۳). در پژوهشی روی انگور کمبود آهن باعث توقف رشد برگ و تقسیم سلول و کاهش میزان کلروفیل و سیتوکروم شد. ولی با مصرف آهن، ساخت مواد در گیاه و هم چنین قطر حبه انگور افزایش یافت (داورپناه و

1. Kalesck

2. Shiemshi



www.SID.ir

Archive of SID

همکاران، ۲۰۱۳). تحقیقات کاظمی (۲۰۱۱) نشان داد که تیمار توت‌فرنگی با کلات آهن موجب افزایش وزن خشک، سطح برگ، طول ریشه و نیز تعداد میوه توت‌فرنگی نسبت به شاهد شد. کاربرد کلات آهن بصورت سکوستیرین به مقدار ۵۰ گرم برای هر درخت باعث افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل برگ هلو گردید (سانز[1] و همکاران، ۲۰۰۲). پتاسیم مهم‌ترین عنصر در فعالیت روزنه‌ای برگ است و از طریق کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها در میزان تنفس و تبخیر نقش دارد (پرجاپاتی و مودی[2]، ۲۰۱۲). پتاسیم تأثیر مستقیمی روی فعالیت آنزیم روبیسکو کربوکسیلاز ندارد ولی از طریق افزایش سنتز آنزیم‌های کربوکسیلاسیون، تثبیت دی‌اکسیدکربن را تحریک و موجب افزایش فتوسنتز (المسلمانی[3]، ۲۰۰۹)، بهبود عملکرد و کیفیت میوه می‌شود (دهقانی‌پوده و همکاران، ۱۳۹۸). محلول‌پاشی نیترات پتاسیم ۴ درصد در درختان زیتون میزان وزن میوه را به طور معنی‌داری افزایش داد (حجازی و همکاران، ۲۰۱۱). گزارش‌های زیادی مبنی بر افزایش میزان عملکرد با مصرف پتاسیم به شکل‌های مختلف وجود دارد (داورپناه و همکاران، ۱۳۹۳؛ جیفون و لستر[4]، ۲۰۰۷؛ تیبر[5]، ۲۰۰۶) که با نتایج ما همسو می‌باشد.

**نتایج مربوط به غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو در برگ درخت سیب**

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد افزایش غلظت تیمار کلات‌آهن به طور معنی‌داری باعث کاهش میزان عنصر فسفر در برگ شد. چنین به نظر می‌رسد که آهن به‌دلیل تشکیل فسفات آهن جذب فسفر را کاهش می‌دهد. بیشترین میزان فسفر با اختلاف معنی‌دار در شرایط عدم حضور کلات‌آهن مشاهده شد (جدول۵). غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم میزان فسفر برگ را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند و تیمار ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم بیشترین تأثیر را داشت.

میزان عنصر پتاسیم برگ در تمامی سطوح تیمار سولفات پتاسیم افزایش یافت و بیشترین مقدار این عنصر در تیمار ۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم مشاهده شد. کود دهی با سولفات پتاسیم و کلات آهن بر مقدار نیتروژن برگ تأثیر معنی‌داری نداشت.

نتایج حاکی از این بود که با کاربرد کود سولفات پتاسیم، مقدار کلسیم برگ کاهش یافت. بیشترین عنصر منیزیم در عدم کاربرد تیمار سولفات پتاسیم در غلظت ۳۰ سی‌سی کلات آهن مشاهده شد. این تیمار با تیمارهای صفر سولفات پتاسیم و همراه با غلظت ۲۰ سی‌سی کلات‌آهن، تیمار ۵۰ گرم سولفات پتاسیم در غلظت ۱۰ سی‌سی کلات‌آهن و تیمار ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم در شرایط عدم کاربرد کلات‌آهن اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این صفت نیز مربوط به عدم کاربرد سولفات پتاسیم و کلات‌آهن بود (شکل ۷).

بیشترین غلظت عنصر آهن در عدم کاربرد تیمار سولفات پتاسیم در غلظت‌های ۲۰ و ۳۰ سی‌سی کلات آهن مشاهده شد (شکل۸).

گزارش شده است که در خاک‌هایی که کربنات کلسیم بالایی دارند، مقدار زیادی از فسفر تثبیت می‌شود (سووانوش و موریل[6]، ۱۹۸۶). از آنجایی که انتقال فسفر در خاک به صورت انتشار است (مارشنر[7]، ۱۹۹۵) در نتیجه حرکت کُندی دارد. در این حالت، گیاه هر چه برای جذب آهن مقدار $H^+$ بیشتری در خاک آزاد کند (اسیدیته حدود ۶/۵-۶) فسفر قابل دسترس بیشتری همزمان با احیای آهن در منطقه ریشه برای گیاه فراهم می‌سازد (اسمارت[8]، ۱۹۹۴). در پژوهشی دیده شد که با کمبود آهن در بادام زمینی محتوای فسفر گیاه کاهش یافت (زاهاریوا[9]، ۱۹۸۶). همچنین از آنجایی که جذب فسفر فعال است و آهن نیز نقش مهمی در انتقال الکترون دارد،کمبود آهن به طور قابل توجهی می‌تواند جذب فسفر را کاهش دهد (مارشنر، ۱۹۹۵). در پژوهشی مشاهده شد که با کمبود آهن در گیاه بادام زمینی، محتوای پتاسیم گیاه کاهش یافت که علت آن را تبادل کمتر بین آنیون و کاتیون بر اثر کمبود آهن دانست (زاهاریوا، ۱۹۸۶). محمودی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تیمار آهن، محتوای پتاسیم عدس و لوبیا چشم بلبلی را در برگ

1. Sanz
2. Prajapati and Modi
3. Almeslemani
4. Jifon and Lester
5. Taber
6. Suwanvesh and Morrill
7. Marschner
8. Smart
9. Zaharieva



www.SID.ir

Archive of SID

**جدول۵- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تیمار کود کلات آهن روی عنصر فسفر در برگ درخت سیب**

| تیمار کودی کلات‌آهن | عنصر فسفر (٪) |
|---|---|
| شاهد | ۰/۳۱۷a |
| ۱۰ سی‌سی | ۰/۳۰۷bc |
| ۲۰ سی‌سی | ۰/۳۱۲ab |
| ۳۰ سی‌سی | ۰/۳۰۳c |

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

**جدول۶- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تیمار سولفات پتاسیم بر عناصر کلسیم، فسفر، کلسیم برگ درخت سیب**

| تیمار کودی سولفات پتاسیم | عنصر فسفر (٪) | عنصر پتاسیم(٪) | عنصر کلسیم(٪) |
|---|---|---|---|
| شاهد | ۰/۲۹۸b | ۱/۴۵c | ۱/۹۵a |
| ۵۰ گرم | ۰/۳۱۱a | ۱/۴۲c | ۱/۱۷ab |
| ۱۰۰ گرم | ۰/۳۱۵a | ۱/۵۰b | ۱/۱۵b |
| ۱۵۰ گرم | ۰/۳۱۴a | ۱/۵۷a | ۱/۱۲c |

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

و دانه به‌طور معنی‌داری افزایش داد. منیزیم از جمله عناصری است که مقدار زیادی با فرآیند تبادل آنیون-کاتیونی در سلول‌های ریشه با خاک وارد گیاه می‌شود و احتمالاً کاهش جذب آنیون‌ها و همچنین، کاهش مقدار انرژی بر اثر کمبود آهن در گیاه، جذب و انتقال این عنصر را در گیاه کاهش می‌دهد. در پژوهش دیگری، محتوای آنیون‌هایی، از جمله فسفر در شرایط کمبود آهن کاهش یافت که با مصرف آهن به حالت عادی بازگشت، زیرا جذب آنیونی مثل فسفر بر جذب کاتیون منیزیم نقش مهمی دارد (زاهاریوا، ۱۹۸۶). خاک‌های غیراسیدی معمولا مقدار کافی کلسیم را در اختیار گیاه قرار می‌دهند، ولی در این خاک‌ها کمبود کلسیم بیشتر به توزیع و انتقال کم کلسیم در گیاه مربوط می‌شود که این امر می‌تواند علل متفاوتی داشته باشد که یکی از آن‌ها بروز کمبود آهن در گیاه است. با توجه به نقش اساسی آهن در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد کوددهی آهن سبب شده تا فتوسنتز بهتر انجام شده و در پی آن موجب افزایش جذب عناصر دیگر شده است که این موضوع با یافته‌های محققان دیگر که نشان دادند کوددهی کلات آهن با بهبود فتوسنتز سبب افزایش رشد گیاه و جذب سایر عناصر به ویژه عناصرکم مصرف شد، هم‌خوانی دارد (کوچیان[1]، ۲۰۰۰). مصرف خاکی آهن در بادام زمینی‌هایی که دچار کمبود آهن بودند، مقدار عناصر پتاسیم، کلسیم، منگنز و روی در اندام هوایی افزایش و مقدار فسفر آن کاهش یافت (زاهاریوا، ۱۹۸۶).

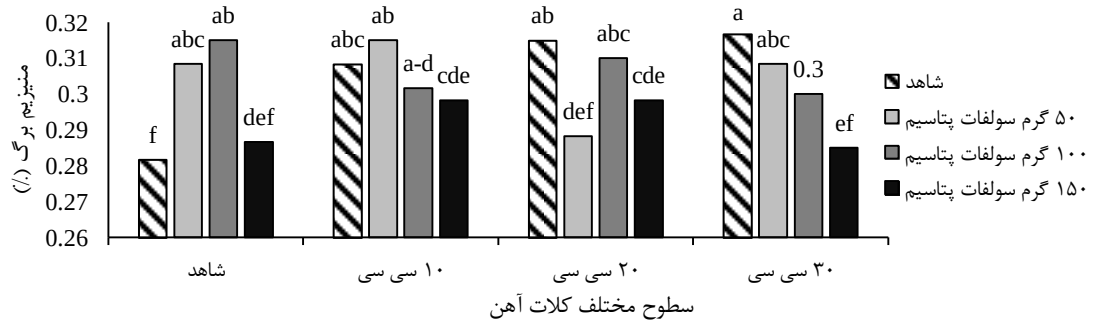
## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد تحت شرایط این آزمایش، کاربرد خاکی پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم موجب افزایش میزان شاخص سبزینگی بخصوص در اواخر فصل، کارایی عملکرد، شاخص‌های رویشی شاخه و افزایش اندازه میوه سیب شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، تغذیه سولفات پتاسیم به میزان ۱۰۰ گرم به ازای هر درخت تأثیر بیشتری در بهبود خصوصیات ذکر شده داشت. تغذیه کلات آهن در غلظت۳۰ سی‌سی نیز اثر مناسب‌تری روی صفات مورد مطالعه داشت. در میزان جذب عناصر غذایی تیمارهای مختلف سولفات پتاسیم به تنهایی و در ترکیب با غلظت‌های مختلف کلات آهن اثر مناسبی روی میزان جذب اکثر عناصر اندازه‌گیری شده به جز عناصر منیزیم داشته است.

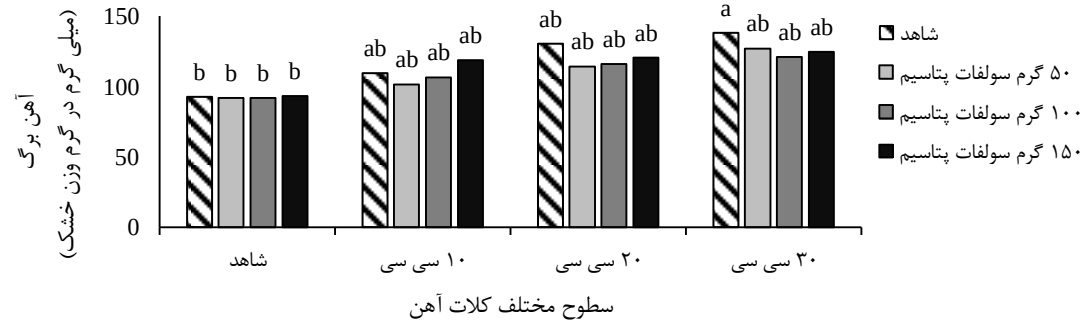
1. Kochian


www.SID.ir

Archive of SID




**شکل۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف کلات‌آهن و سولفات پتاسیم در زمان نمونه‌برداری روی میزان منیزیم برگ درخت سیب**. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.




**شکل۸- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات پتاسیم و کلات‌آهن روی میزان آهن برگ درخت سیب**. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

## منابع


داورپناه، س.، عسگری‌سرچشمه، م.، بابالار، م.، سادات‌حسینی، م. و امانی‌بنی، م. ۱۳۹۳. اثر محلول‌پاشی مونو و دی‌پتاسیم فسفات بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی انار ساوه رقم ملس. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۳): ۳۷۹-۳۸۷.

دهقانی‌پوده، ص.، عسکری‌سرچشمه، م.، طلایی، ع. و بابالار، م. ۱۳۹۸. تأثیر تغذیه نیتروژن و آهن بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی سیب رقم گرانی اسمیت، دو فصلنامه پژوهش‌های میوه‌کاری، ۴(۱). ۱۳-۲۳.

شیرزاد، ح.، نیکنام، و.، طاهری، م. و ابراهیم‌زاده، ح. ۱۳۹۷. بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکردی و میزان عناصر غذایی برگ ۱۱ رقم زیتون کاشته شده در شرایط محیطی منطقه طارم، پژوهش‌های میوه‌کاری، ۳(۱). ۱۳-۲۲.

مجیدی، ع. و خوارزمی، ک. ۱۳۹۴. برهمکنش پتاسیم و منیزیم در زراعت یونجه (*Medicago sativa* L.). نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۸: ۱-۷.

Ahad, S., Mir, M.M., Ashraf, S., Mumtaz, S. and Hamid, M. 2018. Nutrient management in high density apple orchards–A review. Current Journal of Applied Science and Technology, 29: 1-16.

Almeslemani, M., Pant, R. and Singh, B. 2009. Potassium level and physiological response and fruit quality in hydroponically grown tomato. International Journal of Vegetable Science, 16: 86-95.

Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. FAO Soils Bull, 38: 70-73.

Davarpanah, S., Akbari, M., Askari, M.A., Babalar, M. and Naddaf, M.E. 2013. Effect of iron foliar application (Fe- EDDHA) on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate cv. "Malas –e-Saveh". World of Sciences Journal, 4: 179-187.




www.SID.ir

Archive of SID

Dolaty Baneh, H., Hasani, A., Majidi, A., Zomorrodi, Sh, Hasani, G.H. and Malakouti, M.J. 2002. Effect of concentration $CaCl_2$ on fruit tissue firmness of red delicious apple in Urumia region. Journal of Agriculture Science, 12(4): 47-54.

Ferree, D.C. and Warrington, I.J. 2003. Apples: botany, production and uses. CABI Publishing. 660 p.

Garcia, C.C., Mauro, M.A. and Kimura, M. 2007. Kinetics of osmotic dehydration and air-drying of pumpkins (*Cucurbita moschata*). Journal of Food Engineering, 82: 284-291.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management (7th ed). Prentice Hall, Upper Saddle River

Hegazi, E., Samira, S., Mohamed, M., El-Sonbaty, M.E., Abd El-Naby, S.K.M. and El-Sharony, T.F. 2011. Effect of potassium nitrate on vegetative growth, nutritional status and yield and fruit quality of olive cv. "Picual". Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 3(3): 252-258.

Hejazi, A. and Kafashi Sedghi, M. 1998. Plant growth substances: Principles and application. Tehran University Press, Tehran, Iran.

Jifon, G.E. and Lester, J.L. 2007. Effects of foliar potassium fertilization on muskmelon fruit quality and yield. HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science, TX-52F, 1-5.

Kalesck, H., Hofer, W. and Schaller, K. 2004. Effects of bicarbonate and phosphate on iron chlorosis of grape vines with special regard to the susceptibility of two rootstocks. Part II: Pot experiments. Journal Plant Nutrition, 10: 231-249.

Kalesck, H., Oktay, M. and Hofner, W. 2003. Effect of iron cholorosis-inducing factors on the pH of the cytoplasm of sunflower (*Helianthus annuus*). Plant Soil, 82(2: 215-221.

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Saltali. K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Scientia Horticulturae, 93(1): 65-74.

Kazemi, M., Aran, M. and Zamani, S. 2011. Effect of salicylic acid treatment on quality characteristics of apple fruit during storage. Plant physiology, 6(2): 113-119.

Khayyat, M., Vazifeshenas, M.R., Rajaee, S. and Jamalian, S. 2007. Potassium effect on ion leakage, water usage, fruit yield and biomass production by strawberry plants grown under NaCl stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 17: 79-88.

Kochian, L.V. 2000. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization: 1204- 1249. In: Buchanan, B.B., Gruissem, W. and Jones, R.L., (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Biologists (ASPB), Rockville, Maryland, USA, 1408p.

Mahmoudi, H., Ksouria, R., Gharsallia, M. and Lachaa, M. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant Physiology, 162(11): 1237-1245.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants: Function of mineral nutrients: Microelements ($2^{nd}$ Ed), Academic Press, London.

Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N, N-dimethylformamide. Journal of Plant Physiology, 69(6): 1376-1381.

Prajapati, K., and Modi, H.A. 2012. The importance of potassium in plant growth–a review. Indian Journal of Plant Sciences, 1(2): 177-186.

Rahmani, A., Mirza, M. and Tabaei Aghdai, S.R. 2013. Effects of different fertilizers (macro and micro element) on quantity and quality of essential oil and other byproducts of *Rosa damascena* Mill. In Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29(4): 747-759.

Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. Second Edition. Available from ICARDA, Aleppo, Syria. 172 p.

Saini, H., Vijay, S. and Saini, P. 2019. Differential responses of Fe, Zn, B, Cu and Mg on growth and quality attributes of fruit crops. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8(5): 01-05.

Sanz, M., Cavero, J. and Abadia, J. 2002. Iron chlorosis in the Ebro river basin, Spain. Journal of Plant Nutrition, 15(10): 1971-1981.

Shahvali-Kohshouri, R., Moieni, A. and Baghizadeh, A. 2013. Positive effects of cold pretreatment, iron source and silver nitrate on another strawberry culture (*Fragaria* × *ananassa* Duch). Plant Biotechnology Reports, 7: 481–488.



www.SID.ir

Archive of SID

Shiemshi, D. 2007. Leaf chlorosis and stomatal aperture. New Phytologist, 166: 455-461.
Smart, J. 1994. The groundnut crop: A scientific basis for improvement. Chapman and Hall, London.
Suwanvesh, T. and Morrill, L.G. 1986. Foliar application of phosphorus to Spanish peanuts arachis-hypogaea. Agronomy Journal, 78(1): 54- 58.
Taber, H.G. 2006. Potassium application and leaf sufficiency level for fresh-market tomatoes grown on a Midwestern United States fine-textured soil. Hort Technology, 16(2): 247-252.
Zaharieva, T. 1986. Comparative studies of iron inefficient plant species with plant analysis. Journal of Plant Nutrition, 9(3-7): 939-946.



www.SID.ir