# ارزیابی شاخص‌های جذب و انتقال عناصر غذائی سه پایه مرکبات

طاهره رئیسی[۱]، علی اسدی کنگرشاهی و مرتضی گل‌محمدی

استادیار پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.
**taraiesi@gmail.com**

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.
**kangarshahi@gmail.com**

استادیار پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.
**mgolm2009@gmail.com**

**دریافت: مهر ۱۳۹۶ و پذیرش: بهمن ۱۳۹۶**

## چکیده

**به دلیل اینکه پایه‌ها سیستم ریشه یک درخت را تشکیل می‌دهند، بنابراین بر جذب آب و عناصر غذایی و انتقال آنها به قسمت‌های مختلف گیاه اثرگذار می‌باشند. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثر سه پایه متداول در شمال کشور (شامل: نارنج، سیترومِلو و سیترنج) بر مقدار جذب و توزیع عناصر غذائی بین بخش¬های مختلف گیاه و نیز بر شاخص تجمع و انتقال عناصر غذائی اجرا شد. بدین‌منظور، پایه‌های یک‌ساله از سیترومِلو، نارنج و سیترنج در گلدان‌های پلاستیکی تحت شرایط گلخانه در خاکی لومی کشت شدند. پس از شش ماه، پایه‌ها برداشت و مقدار وزن خشک و نیز غلظت فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منگنز، روی و مس در ریشه، ساقه و برگ اندازه¬گیری شد. در ادامه، شاخص تجمع و انتقال عناصر غذائی با استفاده از روش تجزیه عامل به منظور تمایز پایه¬های مختلف از لحاظ جذب عناصر غذائی محاسبه شد. نتایج نشان داد که سیترنج در جذب فسفر و آهن، سیترومِلو در جذب پتاسیم و مس، نارنج در جذب کلسیم، منگنز، نسبت به دیگر پایه‌های بررسی‌شده برتری داشتند. علاوه بر این، رتبه پایه‌ها از نظر شاخص تجمع عناصر غذائی به صورت نارنج>سیترومِلو~سیترنج و نیز رتبه پایه¬ها از نظر شاخص انتقال نسبی عناصر غذائی به‌صورت سیترومِلو>سیترنج>نارنج بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پایه¬های مرکبات رفتار تغذیه‌ای متفاوتی داشته و توانائی این پایه¬ها برای جذب و انتقال عناصر غذائی متفاوت است.**

**واژه‌های کلیدی:** سیترنج، سیترومِلو، نارنج، عناصر غذائی پرنیاز و کم‌نیاز.

۱ – آدرس نویسنده مسئول: پژوهشکده مرکبات و میوه¬های نیمه¬گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

**مقدمه**

مرکبات یکی از مهم‌ترین محصولات باغی در جهان با تولید سالانه‌ی ۱۳٦ میلیون تن می‌باشد و کشور ایران از نظر تولید مرکبات مقاوم هفتم جهان را به خود اختصاص داده است (فائو، ۲۰۱٤). استان مازندران یکی از قطب‌های مهم کشاورزی ایران است که مرکبات کشت عمده آن محسوب می‌شود. سطح زیر کشت مرکبات استان مازندران بالغ بر ۱۱۲ هزار هکتار و میزان تولید آن بیش از ۱/۹ میلیون تن در سال است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹٤).

در خاک‌های خیلی اسیدی و یا آهکی و نیز در شرایط وجود برخی از آفات و بیماری‌ها که امکان کشت مرکبات را محدود می‌سازند، می‌توان با انتخاب پایه مناسب برای این شرایط بدون کاهش محصول به کشت مرکبات اقدام نمود (دیویس و البریجو، ۱۹۹٤). نارنج پایه رایج مورد استفاده در مناطق شمالی کشور است و سیترنج و سیترومِلو نیز با وسعت کمتری در مناطق به‌عنوان پایه استفاده می‌شوند. علیرغم ویژگی‌های مفید نارنج به عنوان پایه، این پایه مستعد بیماری مخرب ویروسی تریستزا می‌باشد، بنابراین توجه‌ها به سمت استفاده از دیگر پایه‌ها افزایش‌یافته است (بیترز، ۱۹۸٦). بررسی منابع نشان می‌دهد که پایه‌های مرکبات به‌طور متفاوتی رشد رویشی، زودرسی، کمیت و کیفیت ارقام پیوند شده بر آنها را در شرایط اکولوژیکی متفاوت تحت تأثیر قرار می‌دهند (سیمن و همکاران، ۲۰۱٤، شارما و همکاران، ۲۰۱٦ و دوبی و شارما، ۲۰۱٦).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که انتخاب پایه روشی مهم در مدیریت تغذیه‌ی باغ مرکبات است زیرا سازگاری و نیز کارایی پایه‌های مختلف مرکبات در ارتباط با جذب عناصر غذایی متفاوت می‌باشد (گارسیا سنچز و همکاران، ۲۰۰۲ و زامبروسی و همکاران، ۲۰۱۲). طبق گزارش ماتوس و همکاران (۲۰۰٦) مقدار عملکرد میوه پرتقال هاملین پیوند شده بر روی پایه رانگپورلایم در مقایسه با پرتقال هاملین پیوند شده بر روی پایه‌های کلئوپاتراماندارین و سیترومِلو در خاک‌هایی که از لحاظ فسفر کمبود داشتند، بیشتر بود. نتیجه‌ی فوق حاکی از توانایی متفاوت پایه‌ها در سازگاری با خاک‌هایی که کمبود فسفر دارند و نیز استفاده مؤثر از فسفر بومی خاک، می‌باشد. در پژوهشی دیگر مشاهده شد که پایه‌های مختلف شامل رانگپورلایم، پونسیروس، ترویر سیترنج و کلئوپاترا ماندارین اثر معنی‌داری بر شاخص تجمع نسبی عناصر غذائی در برگ پرتقال‌های ۱۳ ساله پیوند شده بر پایه‌های ذکر شده داشتند (گراس و همکاران، ۲۰۱۲). زامبروسی و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که زیست‌توده‌ی ریشه و بخش هوایی پرتقال پیوند شده بر روی رانگپورلایم در مقایسه با پرتقال پیوند شده بر روی پایه کلئوپاترا ماندارین بیشتر بود. همچنین، کارایی جذب و انتقال فسفر به بخش‌های هوایی پرتقال در پایه رانگپورلایم بیشتر از پایه کلئوپاتراماندارین بود. در مطالعه‌ای دیگر تاپلو و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثر سه پایه نارنج، کاریزو و تریور سیترنج بر مقدار عناصر غذایی موجود در برگ ماندارین پیوند شده بر این سه پایه در شرایط آب و هوایی ترکیه پرداختند.

نتایج این محققین حاکی از این امر بود که کاریزو سیترنج در جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیوم، منگنز و مس؛ تریور سیترنج در جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن؛ و نارنج در جذب کلسیم، روی و سدیم نسبت به دیگر پایه‌های بررسی شده ارجحیت داشتند؛ بنابراین، تریور و سیترنج در مجموع نسبت به نارنج در جذب عناصر غذایی برتری دارند. زامبروسی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ی خود که در یک خاک اسیدی در برزیل اجرا کردند مشاهده کردند که درختان پرتقال پیوند شده بر روی پایه رانگپورلایم در شرایط کمبود (فسفر قابل‌استفاده اولیه سه میلی‌گرم بر کیلوگرم) و حد بهینه کاربرد فسفر (کاربرد ٤۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک از منبع آمونیوم دی هیدروژن فسفات) به ترتیب ۱۲٦ و ۲۳ درصد فسفر بیشتری در مقایسه با درختان پیوند شده بر روی پایه کلئوپاترا در خاک اسیدی (پ-هاش ٤/۳) در برزیل

Archive of SID

www.SID.ir

جذب کردند و کارایی کسب فسفر بیشتری داشتند. سیمن و همکاران (۲۰۱٤) به بررسی اثر هفت پایه مرکبات (نارنج، ولکامریانا، کلئوپاتراماندارین، کاریزو، تریور سیترنج، سیترنج C۳۵ و پونسیروس[1]) و دو سطح تأمین آهن (کفایت و کمبود) بر خصوصیات رشدی درخت جوان پرتقال پیوند شده بر روی این هشت پایه تحت شرایط گلخانه‌ای پرداختند. نتایج این محققین نشان داد که سطح کمبود آهن در مقایسه با سطح تأمین بهینه آهن کمترین تأثیر را بر مقدار کلروفیل و شاخص‌های رشد درختان پیوند شده بر پایه نارنج داشت، درحالی‌که در این شرایط (کمبود آهن) مقدار کلروفیل برگ و شاخص‌های رشد درختان پرتقال پیوند شده بر سایر پایه‌ها کاهش معنی‌داری نشان دادند و بیشترین کاهش مربوط به پایه‌های پونسیروس و سیترنج C۳۵ بود.

در واقع توانایی متفاوت پایه‌ها در جذب عناصر غذایی ناشی از توانایی متفاوت این پایه‌ها در اصلاح فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک پیرامون ریشه‌ی آنها (خاک ریزوسفری) (انگالی و همکاران، ۲۰۱۵)، توانایی متفاوت آنها در انتقال عناصر غذایی از ریشه به بخش هوایی و نیز کارایی متفاوت پایه‌ها در استفاده از عناصر غذایی جذب شده (ماتوس و همکاران، ۲۰۰٦ و سیمن و همکاران، ۲۰۱٤) می‌باشد؛ بنابراین، با توجه به اهمیت انتخاب پایه‌های کارا برای درختان مرکبات در جذب عناصر غذایی و تحقیقات اندکی که در ایران درباره این موضوع وجود دارد، تحقیق حاضر با هدف مطالعه‌ی اثر پایه‌های مختلف مرکبات بر شاخص¬های جذب و انتقال عناصر غذائی در خاکی غیرآهکی در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری اجرا شد.

**مواد و روش‌ها**

روند کار برای بررسی اثر پایه‌های مرکبات بر جذب عناصر غذائی غالباً بدین صورت است که در یک محیط کنترل شده مانند گلخانه اقدام به کشت بذر و تهیه پایه‌های مورد نظر می‌گردد. در مدت پرورش پایه‌های مورد نظر باید شرایط رشد شامل تغذیه، آبیاری و غیره برای تمام پایه‌های مورد بررسی یکسان باشد. پس از اینکه پایه‌ها به اندازه مطلوب رسیدند تیمارهای کودی مورد نظر در محیط هیدروپونیک (بستر کشت کوکوپیت-پریلایت) و یا پس از انتقال پایه‌ها به محیط خاکی اعمال می‌شوند. بر این اساس تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثر پایه‌های مرکبات (شامل نارنج، سیترنج و سیترومللو) بر مقدار جذب و انتقال نسبی عناصر غذایی، آزمایشی گلدانی در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹٤ اجرا شد.

برای کشت گیاه، بذر این سه پایه مرکبات شامل ترویر سیترنج (*Poncirus Citrus* ×Osb (L.) *sinensis* Raf. *trifoliata* (L.))، سوینگل سیترومللو (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.× *Citrus paradisi* Macf.) و نارنج (*Citrus aurantium* L.) پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم در گلدان‌های پلاستیک با بستر پریلایت و کوکوپیت کشت شدند. سپس به صورت روزانه تا زمان جوانه زدن با آب مقطر آبیاری شدند. پس از اطمینان از استقرار نهال‌های بذری، هر دو هفته یک‌بار محلول هوگلند اصلاح شده (زامبروسی و همکاران، ۲۰۱۲ و زو همکاران، ۲۰۱٤) به صورت کودآبیاری به گلدان‌ها اضافه شد (شکل ۱). در ادامه ۲۰ نهال یک‌ساله با قطر یکنواخت از هر یک از سه پایه‌ی مورد مطالعه (نارنج، سیترومللو و سیترنج) به گلدان‌های پلاستیکی پر شده با خاک منتقل شدند (شکل ۱). لازم به ذکر است یک نهال در هر گلدان کاشت شد. بدین‌منظور یک خاک لومی از عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری باغ مرکبات واقع در ایستگاه خرم‌آباد پژوهشکده مرکبات نمونه‌برداری شد. سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری (جدول ۱) و مقدار پنج کیلوگرم از خاک مذکور در درون هر گلدان ریخته شد. در خاک مورد نظر پ-اچ و هدایت

[1] Sour orange, Volkameriana, Cleopatra mandarin, Carrizo citrange, Troyer citrange, C-35 citrange, local trifoliate

Archive of SID

www.SID.ir

الکتریکی در نسبت ۱ به ۲/۵ خاک به آب؛ کربن آلی به روش نلسون و سامرز (۱۹۹٦)؛ آهک معادل با روش تیتراسیون برگشتی با اسید (لوپرت و اسپارکز، ۱۹۹٦)؛ بافت به روش هیدورمتر (جی و باودر، ۱۹۸٦) و نیتروژن با روش کجلدال (برمنر، ۱۹۹٦) تعیین شدند. علاوه براین در این خاک، فسفر با استفاده از عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم (اولسن و سامرز، ۱۹۸٤)؛ پتاسیم با استفاده از استات آمونیوم (هلمک و اسپارکس، ۱۹۹٦) و عناصر کم-نیاز با استفاده از دی‌تی‌پی‌ای-تری‌اتانول‌آمین (لیندزی و نورول، ۱۹۷۸) استخراج و به‌ترتیب با استفاده از اسپکترفتومتر، فلیم‌فتومتر و دستگاه جذب اتمی اندازه-گیری شدند. لازم به ذکر است که در ابتدای کشت به هر گلدان ٤۰۰ میلی¬گرم نیتروژن درکیلوگرم خاک از منبع اوره، ۵۰۰ میلی¬گرم پتاسیم از منابع سولفات پتاسیم و مونوپتاسیم فسفات و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر از منبع مونو پتاسیم فسفات اضافه شد (دو و آلوا، ۱۹۹۸). ۱۸۰ روز پس از انتقال نهال‌ها به گلدان اصلی، چهار گلدان از هر پایه انتخاب (هر گلدان حاوی یک نهال بود) و برداشت شد. سپس، ریشه، ساقه و برگ هر پایه از هم جدا شده و چندین بار به ترتیب با آب شهر و آب مقطر شسته شدند. سپس در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شده و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خشک شده در آون با استفاده از آسیاب برقی پودر شدند. سپس، نمونه‌های پودر شده به روش خاکستر خشک هضم و مقدار فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منگنز، روی و مس موجود در نمونه‌های هضم شده تعیین شد (کالرا، ۱۹۹۷). کلسیم به روش کمپلکسومتری، پتاسیم به روش شعله‌سنجی با دستگاه فلیم فتومتر، فسفر به روش رنگ‌سنجی و عناصر کم‌نیاز با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. غلظت عنصرهای غذائی در بافت‌های گیاهی بر حسب درصد (گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) محاسبه شد.

برای محاسبه جذب کل عناصر غذائی، غلظت هر عنصر در مقدار ماده خشک مربوطه ضرب گردید. انتقال نسبی هر عنصرغذائی از ریشه به بخش هوائی هر یک از پایه‌های مورد بررسی از رابطه ۱ محاسبه شد (طباطبائی و همکاران، ۱۳۹۰).

= انتقال نسبی عنصر غذائی موردنظر

(محتوای کل عنصر موردنظر در کل گیاه (ساقه+برگ+ریشه))/ (محتوای عنصر موردنظر در بخش هوائی (ساقه+برگ)) ×۱۰۰ (۱)

نارنج

سیترنج

سیترومللو

Archive of SID

www.SID.ir

انتقال نهال به گلدان پر شده از خاک مورد نظر　　آماده‌سازی خاک

**شکل ۱- نمائی از مراحل انجام تحقیق حاضر**

**جدول ۱ – برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش**

| واکنش خاک | قابلیت هدایت الکتریکی | کربن آلی | کربنات کلسیم معادل | رس | سیلت | نیتروژن کل | فسفر | پتاسیم | آهن | منگنز | روی | مس |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| – | دسی‌زیمنس بر متر | درصد | | | | | میلی گرم بر کیلوگرم | | | | | |
| ۷/۰ | ۰/۱۹ | ۱/۳ | ۱> | ۳۱ | ۴۳ | ۰/۱۶ | ۱۰ | ۱۱۴ | ۱۰۸ | ۲۷/۴ | ۰/۵۴ | ۰/۴۲ |

شاخص تجمع عناصر غذائی (مقدار کل عنصر غذائی کلیدی جذب شده در برگ+ساقه+ریشه هر پایه) و نیز شاخص انتقال نسبی عناصر غذائی به بخش هوائی هر پایه (درصدی از کل مقدار عنصر غذائی کلیدی جذب شده توسط هر یک از پایه‌ها که به بخش هوائی شامل برگ و ساقه انتقال یافته است)، در سه مرحله بر اساس روش ارائه شده در مقاله گراس و همکاران (۲۰۱۵) محاسبه شد. در مرحله اول شاخص‌های مناسب برای معرفی مجموعه‌ی حداقل داده‌ها[1] توسط روش تجزیه عامل[2] انتخاب شدند. مجموعه‌ی ذکر شده در برگیرنده‌ی عناصر غذائی است که از بین عناصر غذائی مورد بررسی نقش کلیدی‌تر در انعکاس وضعیت کلی جذب و یا انتقال عناصر غذائی به بخش هوائی دارند و حداکثر تغییرپذیری داده‌ها را منعکس می‌نمایند. علاوه براین همان‌طور که ذکر گردید برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌منظور انتخاب شاخص‌های ذکر شده در مرحله اول و نیز تفکیک و جداسازی دقیق‌تر پایه‌ها مورد نظر به لحاظ جذب عناصر غذائی و استخراج الگوی دقیق تغییرات از روش تجزیه عامل استفاده شد. هر گاه p متغیر (عنصر غذائی) وجود داشته باشد، روش تجزیه عامل منجر به p مؤلفه‌ی اصلی می‌گردد که واریانس اولین مؤلفه‌ی اصلی بیشترین مقدار عددی را به خود اختصاص می‌دهد. به طور کلی مجموع واریانس‌های مؤلفه‌های اصلی با مجموع واریانس‌های متغیرهای اصلی (عناصر غذائی) برابر خواهد بود؛ بنابراین

[1] Minimum data set (MDS)
[2] Factor analysis

Archive of SID

www.SID.ir

مؤلفه‌های اصلی در برگیرنده تمامی تغییرپذیری موجود در داده‌های اصلی می‌باشند (محمدی، ۱۳۸۵). از بین تمامی مؤلفه‌های اصلی به دست آمده، مؤلفه‌هایی باید انتخاب شوند که مجموع آنها، حداکثر تغییرپذیری داده‌ها را منعکس نماید (محمدی، ۱۳۸۵). مؤلفه‌های انتخاب شده برای تعیین شاخص‌های مناسب مجموعه حداقل داده‌ها استفاده شدند. در مرحله دوم شاخص‌های وارد شده در مجموعه حداقل داده‌ها براساس توابع خطی نمره‌دهی شدند (آندرو و کارول، ۲۰۰۱، آندرو و همکاران، ۲۰۰۲). سپس، نمره شاخص‌ها با استفاده از روش وزن‌دهی در یک شاخص تحت عنوان شاخص تجمع عناصر غذائی و یا شاخص انتقال نسبی عناصر غذائی وارد شدند (گراس و همکاران، ۲۰۱۲).

برای تعیین مجموعه حداقل داده‌ها، در ابتدا مقدار جذب کل عناصر غذائی و یا انتقال نسبی عناصر غذائی به بخش هوائی هر پایه، توسط روش تجزیه عامل که یک تکنیک کاهش داده می‌باشد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در ادامه عامل‌های با مقادیر ویژه بالا و عناصر غذائی با وزن مؤلفه‌ی بالا، به عنوان شاخص‌هایی که معرف بهتری از وضعیت تغذیه‌ای پایه‌ها و یا انتقال عناصر غذائی به بخش هوائی پایه می‌باشند، در نظر گرفته شدند. سپس براساس نتایج تجزیه عامل، عامل‌های با حداقل ارزش ویژه برابر یک بر اساس روش کیسر (شارما، ۱۹۹۶) انتخاب شدند. به منظور تعیین مجموعه حداقل داده‌ها، در هر مؤلفه با ارزش ویژه بزرگتر از یک، متغیرها (عناصر غذائی) با وزن بالا انتخاب شدند. متغیر با وزن بالا متغیرهایی می‌باشند که حداقل ۱۰ درصد بالاترین وزن مؤلفه را داشته باشند (آندرو و همکاران، ۲۰۰۲). اگر بیش از یک متغیر در یک عامل دارای وزن بالائی باشند، ضرایب همبستگی بین متغیرها به منظور حذف متغیرهای اضافی بدست آورده شد. در واقع در هر عامل، از بین متغیرهایی که با یکدیگر همبستگی بالائی دارند، تنها متغیری که دارای وزن مؤلفه بالائی می‌باشد در مجموعه حداقل داده‌ها باقی ماند و بقیه متغیرها حذف شدند (آندرو و همکاران، ۲۰۰۲). لازم به ذکر است که اگر متغیرها با وزن بالا در یک مؤلفه همبستگی معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، هریک از آن متغیرها در مجموعه حداقل داده‌ها در نظر گرفته شد. پس از بدست آوردن مجموعه حداقل داده‌ها به روش فوق، هر مشاهده با استفاده از تابع امتیازدهی خطی بدون واحد شده و نمره‌ای بین صفر تا یک را به خود اختصاص داد. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر هر چه مقدار جذب هر یک از عناصر غذائی بیشتر باشد بهتر است، بنابراین مقدار کل جذب شده و یا مقدار انتقال نسبی به بخش هوائی هر یک از عناصر غذائی بر بیشترین مقدار کل جذب شده و یا مقدار انتقال نسبی به بخش هوائی عنصر مورد نظر در بین پایه‌های مختلف تقسیم شده به طوریکه برای مثال بیشترین مقدار کل جذب شده هر عنصر بین پایه‌های مختلف نمره یک را خواهد گرفت (معادله ۲).

$$Si=X_i/X_{max} \qquad (۲)$$

که در آن

Si امتیاز خطی هر مشاهده می‌باشد که بین صفر تا یک متغیر است، $X_i$ و $X_{max}$ به‌ترتیب مقدار هر یک از عناصر غذائی (مقدار کل جذب شده و یا مقدار انتقال یافته به بخش هوائی هر پایه) و حداکثر مقدار آن عنصر غذائی در بین سه پایه مورد مطالعه می‌باشد. سپس، شاخص تجمع عناصر غذائی از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{شاخص تجمع و یا شاخص انتقال عناصر غذائی} = \sum (Wi \times Si) \qquad (۳)$$

که در آن

Si نمره خطی هریک از مشاهدات و Wi وزن مؤلفه که از آنالیز عامل بدست آورده شده، می‌باشند.

در نهایت اثر پایه بر وزن خشک و مقدار عناصر معدنی جذب شده در قسمت‌های مختلف هر پایه (ریشه، ساقه و برگ) توسط تجزیه واریانس یک طرفه مورد سنجش قرار گرفت. معنی‌دار بودن تفاوت‌ها توسط آزمون دانکن چند دامنه‌ای و در سطح احتمال پنج درصد بررسی

Archive of SID

www.SID.ir

شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار استاتیستیکا نسخه ۹ انجام شد.

## نتایج و بحث یافته ها

### وزن خشک

نتایج مقایسه میانگین اثر سه پایه بر وزن خشک برگ، ساقه، ریشه پایه‌ها در جدول ۲ آورده شده است. ژنوتیپ پایه اثر معنی‌داری بر مقدار ماده خشک داشتند، به‌طوریکه مجموع ماده خشک (برگ، ساقه و ریشه) و نیز ماده خشک برگ و ریشه در نارنج نسبت به سیترومِلو و سیترنج بیشتر بود. این درحالی بود که مقدار ماده خشک در ساقه سیترومِلو به‌طور معنی‌داری بیشتر از سیترنج و نارنج بود. علاوه براین نسبت ماده خشک ریشه به ماده خشک بخش هوائی در نارنج به‌طور معنی‌داری بیشتر از سیترومِلو و سیترنج بود. ماده خشک بخش هوائی در هر سه پایه تقریباً بیش از ۷۰ درصد کل ماده خشک را به خود اختصاص داده است. دیگر محققین نیز گزارش کردند که بخش هوائی درختان مرکبات بیش از ۷۰ درصد ماده خشک کل درخت را در بر می‌گیرد (دو و آلوا، ۱۹۹۸ و ماتوس و همکاران، ۲۰۰۳). بیشترین مقدار ماده خشک در بخش هوائی در دو پایه سیترومِلو و سیترنج و نارنج به‌ترتیب مربوط به ساقه (سیترومِلو: ٤٨ درصد و سیترنج: ٤٣ درصد) و برگ (نارنج: ۳۸ درصد) این پایه‌ها بود. نسبت بین وزن خشک ریشه به بخش هوائی نشان‌دهنده نحوه توزیع ترکیبات فتوسنتزی بین ریشه و بخش هوائی هر پایه می‌باشد (مک‌دولاند و همکاران، ۱۹۹٦). در مطالعات دیگر گزارش شده است که تحت شرایط تأمین کافی عناصر غذائی نسبت ماده خشک ریشه به بخش هوائی در ترویر سیترنج (۰/٦۳) نسبت به سیترومِلو (۰/۵۲) بیشتر بود (پاستانا و همکاران، ۲۰۰۵).

**جدول ۲- اثر پایه بر مقدار ماده خشک (گرم) ریشه، ساقه، برگ و نسبت بخش هوائی به ریشه هر پایه**

| پایه | قسمت گیاه | | | نسبت بخش هوائی به ریشه |
|---|---|---|---|---|
| | برگ | ساقه | ریشه | |
| سیترومِلو | ۳/۵۸b | ۷/۱۲a | ۴/۰۷b | ۰/۳۸a |
| سیترنج | ۳/۷۴b | ۵/۹۳b | ۳/۹۹b | ۰/۴۱a |
| نارنج | ۶/۸۹a | ۵/۴۰b | ۵/۶۷a | ۰/۴۶a |
| F | ۸۷* | ۲۲* | ۲۳* | ۲/۵n.s |

*: F محاسبه شده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است و n.s: F محاسبه شده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نیست
در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند

### غلظت عناصر غذائی و توزیع آنها در قسمت‌های مختلف هر پایه

نتایج مقایسه میانگین اثر سه پایه بر مقدار فسفر، پتاسیم و کلسیم جذب شده در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد، پایه‌ها اثر معنی‌داری بر مقدار فسفر، پتاسیم و کلسیم جذب شده توسط برگ، ساقه و ریشه داشتند.

مقدار فسفر جذب شده در برگ نارنج به طور معنی‌داری بیشتر از سیترنج و سیترومِلو بود. این در حالی بود که مقدار فسفر جذب شده در ساقه سیترومِلو و سیترنج به طور معنی‌داری بیشتر از نارنج بود. به هر حال در مورد ریشه، بیشترین فسفر در ریشه سیترنج در مقایسه با دو پایه دیگر تجمع یافته بود. در پایه سیترومِلو مقدار فسفر جذب شده توسط ساقه این گیاه بیشتر از ریشه و برگ بود. در مورد پایه سیترنج رتبه مقدار فسفر جذب شده به صورت ساقه>برگ>ریشه بود در پایه نارنج مقدار فسفر جذب شده توسط برگ بیشتر از مقدار فسفر جذب شده توسط ساقه و ریشه این گیاه بود. به طور کلی، رتبه مقدار فسفر کل جذب شده در پایه‌ها به صورت سیترنج (٣٤ میلی‌گرم)> سیترومِلو (۲۷ میلی‌گرم) = نارنج (۲۷

Archive of SID

www.SID.ir

میلی‌گرم) بود. مقدار فسفر منتقل شده به بخش هوایی سه پایه سیترومِلو، سیترنج و نارنج به‌ترتیب ۲۰، ۲۵ و ۲۰ میلی‌گرم بود؛ بنابراین در مجموع در مورد عنصر فسفر، بیشترین مقدار جذب مربوط به پایه سیترنج بود و حدود ۷٤ درصد از فسفر جذب شده به بخش هوائی این گیاه انتقال یافته بود (جدول ۳). برتری تریور سیترنج در جذب فسفر بر کاریزو سیترنج و نارنج در دیگر مطالعات نیز گزارش شده است (تاپلو و همکاران، ۲۰۱۲).

بررسی نتایج نشان داد مقدار پتاسیم جذب شده در برگ نارنج به‌طور معنی‌داری بیشتر از سیترومِلو و سیترنج بود. همچنین، در ساقه پایه سیترومِلو در مقایسه با دو پایه دیگر مقدار پتاسیم بیشتری تجمع یافته بود و مقدار پتاسیم جذب شده در ریشه نارنج در مقایسه با دو پایه دیگر کمتر بود. علاوه براین، در پایه نارنج، بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم به ترتیب توسط برگ و ریشه این پایه جذب شده بود. در پایه سیترومِلو ترتیب مقدار پتاسیم جذب شده توسط قسمت‌های مختلف گیاه به‌صورت ساقه، برگ و ریشه بود. مقدار پتاسیم جذب شده توسط ساقه سیترنج بیشتر از مقدار پتاسیم جذب شده توسط برگ و ریشه گیاه بود. به‌طور کلی پایه سیترومِلو بیشترین و پایه نارنج کمترین مقدار پتاسیم را جذب کرده و بررسی نتایج نشان داد که مقدار پتاسیم جذب شده در بخش هوایی سه پایه موردبررسی سیترومِلو، سیترنج و نارنج به‌ترتیب ۳۵٦، ۲۹۵ و ۳٤۹ میلی‌گرم بود؛ به عبارت دیگر، پایه سیترومِلو ۷۷ درصد، پایه سیترنج ٦۹ درصد و پایه نارنج ۸٦ درصد از مقدار پتاسیم کل جذب شده را به بخش هوایی خود منتقل نموده‌اند. بررسی نتایج نشان داد که علیرغم اینکه پایه نارنج مقدار پتاسیم کل کمتری نسبت به پایه سیترنج جذب کرده، اما مقدار کمتری از این پتاسیم جذب شده را در ریشه خود ذخیره کرده است؛ بنابراین باتوجه به مقدار پتاسیم کل جذب شده و مقدار پتاسیم انتقال یافته به بخش هوایی، به نظر می‌رسد پایه سیترومِلو و نارنج بر پایه سیترنج به لحاظ جذب و انتقال پتاسیم برتری دارند (جدول ۳). طبق گزارش تاپلو و همکاران (۲۰۱۲) تریور سیترنج در جذب پتاسیم نسبت به کاریزو سیترنج و نارنج برتری دارد.

**جدول ۳- اثر پایه بر مقدار عنصر جذب شده (میلی‌گرم بر گیاه) در قسمت‌های مختلف گیاه**

| پایه | فسفر | | | پتاسیم | | | کلسیم | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | برگ | ساقه | ریشه | برگ | ساقه | ریشه | برگ | ساقه | ریشه |
| سیترومِلو | ۶/۹c | ۱۳/۴a | ۷/۱b | ۱۵۵b | ۱۹۸a | ۱۰۸a | ۱۰۸b | ۱۱۳a | ۳۶/۶b |
| سیترنج | ۱۱/۳b | ۱۳/۴a | ۸/۸a | ۱۳۴b | ۱۶۱b | ۱۳۱a | ۱۱۴b | ۹۰/۶b | ۲۸/۹b |
| نارنج | ۱۳/۰a | ۶/۷b | ۷/۵b | ۲۴۳a | ۱۰۶c | ۵۸/۲b | ۱۶۶a | ۹۱/۲b | ۱۲۹a |
| F | ۳۱۱* | ۳۶* | ۱۱* | ۲۷* | ۱۴۶* | ۲۸* | ۴۶* | ۲۶* | ۹۴* |

*: F محاسبه شده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

نتایج مقایسه میانگین اثر سه پایه بر مقدار کلسیم نشان داد، نوع پایه اثر معنی‌داری بر مقدار کلسیم جذب شده داشت (جدول ۳). در برگ و ریشه، مقدار کلسیم جذب شده توسط نارنج به طور معنی‌داری بیشتر از سیترومِلو و سیترنج بود. مقدار کلسیم جذب شده در ساقه سیترومِلو در مقایسه با دو پایه دیگر به‌طور معنی‌دار بیشتر بود. علاوه‌براین، مقدار کلسیم جذب شده توسط برگ و ساقه سیترومِلو بیشتر از مقدار کلسیم جذب شده توسط ریشه این گیاه بود. در پایه سیترنج ترتیب مقدار کلسیم جذب شده توسط قسمت‌های مختلف گیاه به‌صورت برگ، ساقه و ریشه بود. ترتیب مقدار کلسیم جذب شده توسط بخش‌های مختلف پایه نارنج به‌صورت برگ>ریشه>ساقه بود. مقدار کلسیم کل جذب شده توسط پایه‌های سیترومِلو، سیترنج و نارنج به‌ترتیب ۲۵۷، ۲۳٤ و ۳۸۷ میلی‌گرم بود که از این مقدار کلسیم جذب شده به‌ترتیب ۲۲۱، ۲۰۵ و ۲۵۸ میلی‌گرم آن در بخش-

Archive of SID

www.SID.ir

هوایی این سه پایه تجمع یافته بود؛ بنابراین درصد انتقال کلسیم به بخش هوایی در این سه پایه به‌ترتیب ۸۶، ۸۸ و ٦٧ درصد بود؛ بنابراین علیرغم اینکه پایه نارنج درصد کمتری از کل کلسیم جذب شده را به بخش هوایی خود منتقل می‌کند ولی با این وجود باز هم به لحاظ کمیت، مقدار بیشتری کلسیم نسبت به دو پایه دیگر در بخش هوایی این پایه تجمع یافته است؛ بنابراین به نظر می‌رسد پایه نارنج به لحاظ جذب و انتقال کلسیم نسبت به دو پایه دیگر بهتر عمل کرده است. در دیگر مطالعات نیز مشاهده می‌شود که پایه نارنج نسبت به پایه‌های سه‌برگچه‌ای مرکبات در جذب کلسیم برتری دارد (تاپلو و همکاران، ۲۰۱۲). علت تفاوت در جذب گفته شود.

غلظت (داده‌ها آورده نشده است) و مقدار جذب عناصر غذائی فسفر، پتاسیم و کلسیم عمدتاً در ساقه و ریشه پایه‌های مورد بررسی کمتر از برگ بود. عناصر غذائی جذب شده توسط ریشه عمدتاً به برگ گیاه که محل اصلی انجام واکنش‌های بیوشیمیایی از قبیل ساخت کربوهیدرات‌ها و دیگر ترکیبات آلی می‌باشد منتقل می‌شوند. امر فوق می‌تواند تفاوت مشاهده شده در غلظت عناصر غذائی در قسمت‌های مختلف هر پایه را توضیح دهد. غلظت بیشتر عناصر غذائی در برگ در مقایسه با دیگر بافت‌های مرکبات توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (ماتوس و همکاران، ۲۰۰۳). علاوه‌براین، ساخت لیگنین و سوبرین در دیواره سلولی بافت‌هائی قدیمی منجر به محدودیت جریان شیره پرورده به سمت چنین بافت‌های می‌گردد و بنابراین مانع تجمع عناصر غذائی در این ساختارها می‌شود (ماتوس و همکاران، ۲۰۰۳).

همه عناصر کم‌نیاز اندازه گیری شده در قسمت‌های مختلف گیاه با استثنا محتوای مس برگ و ساقه به طور معنی‌داری متاثر از نوع پایه می‌باشند (جدول ٤). نتایج نشان داد مقدار آهن و منگنز جذب شده در برگ و ریشه نارنج به طورمعنی‌داری بیشتر از دو پایه دیگر بود. این درحالی بود که مقدار آهن جذب شده در ساقه سیترنج و مقدار منگنز جذب شده در ساقه سیترومله به طور معنی‌داری بیشتر از دو پایه دیگر بود. در مجموع رتبه پایه‌های مورد بررسی به لحاظ مقدار آهن و منگنز کل جذب شده به‌صورت نارنج>سیترومله>سیترنج بود. درصد انتقال آهن به بخش هوائی سه پایه سیترومله، سیترنج و نارنج به‌ترتیب ۱٤،۲۳ و ۱۰ درصد بود. درصد انتقال منگنز به بخش هوائی سه پایه سیترومله، سیترنج و نارنج به‌ترتیب ۳۳، ۲۸ و ۲۱ درصد بود. در مورد عنصر آهن می‌توان گفت علیرغم اینکه پایه نارنج مقدار آهن کل بیشتری را نسبت به پایه سیترنج جذب کرده اما مقدار کمتری از این آهن را به بخش هوائی خود منتقل کرده است. علاوه براین پایه نارنج نسبت به سیترومله و سیترنج درصد کمتری از منگنز جذب شده را به بخش هوائی خود منتقل نموده اما هنوز به لحاظ کمیت مقدار منگنز بیشتری در بخش هوائی این پایه نسبت به پایه سیترومله و سیترنج ذخیره شده است؛ بنابراین به طور کلی با توجه به مقدار جذب کل و مقدار انتقال یافته به بخش هوائی، پایه‌های سیترنج و نارنج در جذب آهن بر سیترومله برتری داشته و در مورد عنصر منگنز پایه‌ی نارنج بر پایه‌های سیترومله و سیترنج برتری دارد. در دیگر مطالعات نیز گزارش شده که پایه سیترنج در جذب عنصر آهن کارا می‌باشد (تاپلو و همکاران، ۲۰۱۲).

نتایج نشان داد محتوای روی جذب شده در برگ نارنج بیشتر از دوپایه دیگر بود، این درحالی بود که محتوای روی و مس ساقه سیترومله بیشتر از ساقه سیترنج و نارنج بود. به‌طور کلی رتبه پایه‌ها به لحاظ مقدار کل روی جذب شده به‌صورت سیترنج~ نارنج> سیترومله و مقدار کل مس جذب شده به ترتیب نارنج> سیترنج> سیترومله بود. بررسی نتایج نشان داد علیرغم اینکه مقدار روی و مس کل جذب شده توسط پایه سیترومله به طور معنی‌داری کمتر از دو پایه سیترنج و نارنج بود ولی درصد انتقال روی (۵۰ درصد) و مس (۷۰ درصد) به بخش هوائی در پایه سیترومله بیشتر از دو پایه دیگر مورد مطالعه بود؛ بنابراین به طور کلی با توجه به مقدار جذب

Archive of SID

www.SID.ir

کل و مقدار انتقال یافته به بخش هوائی، پایه‌های نارنج و سیترنج در جذب روی بر سیترومِلو برتری داشته و در مورد عنصر مس پایه‌های سیترومِلو و نارنج بر پایه سیترنج برتری دارند. در دیگر مطالعات نیز گزارش شده که پایه نارنج در جذب عنصر روی کارا می‌باشد (تاپلو و همکاران، ۲۰۱۲).

**جدول ۴- اثر پایه بر مقدار عنصر غذائی کم‌نیاز جذب شده (کم‌نیازگرم بر گیاه) در قسمت‌های مختلف گیاه**

| پایه | آهن | | | منگنز | | | میانگین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | برگ | ساقه | ریشه | برگ | ساقه | ریشه | |
| سیترومِلو | ۳۸۴b | ۵۷۴b | ۵۷۴۳b | ۹۷ab | ۹۶a | ۳۸۸b | |
| سیترنج | ۴۴۸b | ۷۵۵a | ۴۱۲۹b | ۶۵b | ۶۸b | ۳۴۴b | |
| نارنج | ۵۴۷a | ۶۱۴ab | ۱۰۷۱۶a | ۱۶۵a | ۸۱ab | ۹۵۱a | |
| F | ۹/۹* | ۴/۸* | ۷/۸* | ۵/۳* | ۳/۹n.s | ۱۱* | |
| | روی | | | مس | | | |
| سیترومِلو | ۹۷c | ۱۷۸a | ۲۷۴b | ۵۹a | ۱۰۶a | ۷۲b | |
| سیترنج | ۱۳۱b | ۱۶۴a | ۳۶۹a | ۶۹a | ۶۲b | ۱۴۵a | |
| نارنج | ۱۷۳a | ۱۱۳b | ۳۷۲a | ۸۴a | ۷۹ab | ۱۶۷a | |
| F | ۱۶** | ۷/۲* | ۹/۸* | ۱/۵n.s | ۴/۰n.s | ۳۲* | |

*: F محاسبه شده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار است و n.s: F محاسبه شده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نیست
در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود میانگین محتوای عناصر کم‌نیاز در ریشه هر سه پایه بیشتر از بخش هوائی بود. امر فوق حاکی از تجمع و احتمالاً رسوب عناصر کم‌نیاز در فضای آپوپلاستی سلول‌های ریشه می‌باشد. طبق گزارش مارتینز-کوئنسا و همکاران (۲۰۱۳) بخش زیادی از آهن ذخیره شده در ریشه پایه‌های مرکبات در فضای آپوپلاستی ریشه نگه داشته می‌شود به‌طوریکه مقدار آهن آزاد شده از آپوپلاست ریشه کلئوپاتراماندارین و کاریزو سیترنج به‌ترتیب ٥٦ و ٤١ درصد مقدار آهن کل ریشه این پایه‌ها بود. در واقع، درختان مرکبات قادرند مقادیر زیادی از فلزات سنگین از جمله مس و آهن را در ریشه خود ذخیره کرده و در واقع این عمل یک سازوکار مهم برای سم‌زدائی و یا تحمل این درختان نسبت به مقادیر بالا فلزات سنگین می‌باشد (هال، ۲۰۰۲ و هیپلر و همکاران، ۲۰۱٦).

## نتایج تجزیه عامل

**شاخص تجمع عناصر غذائی:** بر اساس تجزیه عامل دو مؤلفه جدید با مقادیر ویژه بزرگتر از یک انتخاب شدند. عامل اول و دوم به‌ترتیب ۵۹/۵ و ۲۹/۵ درصد تغیرات (واریانس) عناصر غذائی را توضیح داده و در مجموع دو عامل ۸۹ درصد از تغییرات داده‌ها را در برگرفته‌اند (جدول ۵). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود منگنز، آهن، کلسیم، فسفر دارای وزن بالائی در عامل اول بوده و متغیرهای پتاسیم و روی دارای وزن بالائی در عامل دوم بوده و بر اساس نتایج همبستگی (نتایج آورده نشده است) بین این متغیرها با وزن بالا، مقدار منگنز و فسفر در عامل اول و مقدار روی در عامل دوم در مجموعه حداقل داده‌ها جهت محاسبه‌ی شاخص تجمع عناصر غذائی وارد شدند. در ادامه، مجموعه داده عناصر غذائی کلیدی که در پایه‌ها تجمع یافته‌اند برای محاسبه شاخص تجمع عناصر غذائی با استفاده از تکنیک نمره‌دهی خطی بدون بعد شدند (معادله ۲). در نهایت شاخص تجمع عناصر غذائی براساس نمره متغیرهای وارد شده در حداقل مجموعه داده و وزن عامل‌ها (جدول ۵) محاسبه شد. بر اساس نتایج تجزیه عامل ترتیب پایه‌های مورد بررسی به لحاظ شاخص تجمع عناصر غذائی به‌صورت نارنج (۰/۸۹)> سیترومِلو (۰/۵۵)~ سیترنج (۰/٥٤) بدست آمد که به لحاظ آماری مقدار شاخص تجمع عناصر غذائی در پایه نارنج به طور معنی‌داری بیشتر از مقدار این شاخص در پایه‌های سیترنج و سیترومِلو بود.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۵- ضرایب وزن متغیرها (بردار ویژه) دو عامل اصلی استخراج شده از هفت عنصر غذائی به همراه مقادیر ویژه، واریانس توصیفی هر کدام از عامل‌ها و هم‌چنین واریانس تجمعی کل عامل‌ها**

| | مقدار کل جذب شده | | درصد انتقال یافته به بخش هوائی | |
|---|---|---|---|---|
| متغیر | عامل اول | عامل دوم | عامل اول | عامل دوم |
| فسفر | **-۰/۸۰** | ۰/۶۱ | **-۰/۸۹** | ۰/۲۲ |
| پتاسیم | -۰/۳۸ | **-۰/۸۵** | ۰/۳۳ | **۰/۸۹** |
| کلسیم | **۰/۹۶** | ۰/۲۰ | **-۰/۸۸** | -۰/۴۰ |
| آهن | **۰/۹۳** | ۰/۱۳ | -۰/۶۰ | **-۰/۷۳** |
| منگنز | **۰/۹۷** | ۰/۲۰ | **-۰/۹۱** | ۰/۱۳ |
| روی | ۰/۱۶ | **۰/۹۶** | **-۰/۸۳** | ۰/۴۴ |
| مس | ۰/۵۳ | ۰/۵۷ | -۰/۷۳ | ۰/۵۶ |
| مقادیر ویژه | ۴/۱۷ | ۲/۰۷ | ۴/۰۶ | ۲/۰۶ |
| واریانس | ۵۹/۵ | ۲۹/۵ | ۰/۵۸ | ۰/۲۹ |
| واریانس تجمعی | ۵۹/۵ | ۸۹/۱ | ۰/۵۸ | ۰/۸۷ |

اعداد پررنگ نمایانگر متغیرها با وزن بالا در هر عامل می‌باشند،
اعداد پررنگ زیر خطدار نمایانگر متغیرهای وارد شده در مجموعه حداقل داده‌ها می‌باشند.

**شاخص انتقال نسبی عناصر غذائی:** مقدار شاخص انتقال نسبی عناصر غذائی نیز با روشی مشابه مقدار شاخص تجمع عناصر غذائی محاسبه شد که خلاصه آن در ادامه آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود متغیرهای مقدار انتقال نسبی فسفر، کلسیم منگنز، روی و مس دارای وزن بالائی در عامل اول بوده و متغیرهای مقدار انتقال نسبی پتاسیم و آهن دارای وزن بالائی در عامل دوم بوده و بر اساس نتایج همبستگی بین این متغییرها با وزن بالا، مقدار انتقال نسبی منگنز و روی در عامل اول و مقدار انتقال نسبی پتاسیم در عامل دوم وارد مجموعه حداقل داده‌ها شدند. پس از اینکه متغییرها وارده شده در مجموع حداقل داده‌ها بر اساس معادله ۲ بدون بعد شده و وزن‌دهی (جدول ۵) نیز شدند، شاخص انتقال نسبی محاسبه شد. مطابق این شاخص رتبه سه پایه مورد بررسی به لحاظ مقدار انتقال نسبی عناصر غذائی به‌صورت سیترواملو (۱/۴۷)> سیترنج (۱/۲۸)> نارنج (۱/۲۳) بدست آمد، هرچند تفاوت معنی‌داری بین مقادیر شاخص انتقال در سه پایه مشاهده نشد. لازم به ذکر است که در برخی موارد علیرغم اینکه پایه سیترواملو درصد بیشتری از مقدار عناصر غذائی را به بخش هوائی خود منتقل کرده اما از لحاظ کمی مقدار کمتری از عناصر غذائی در بخش هوائی این پایه تجمع یافته باشد که دلیل امر فوق مقدار کل کمتر برخی عناصر غذائی جذب شده توسط این پایه در مقایسه با سیترنج و نارنج می‌باشد. به هرحال، پایه سیترواملو قادر است در مجموع درصد بیشتری از مقدار کل عناصر غذائی جذب شده را به بخش هوائی خود انتقال دهد.

## نتیجه گیری

از آنجا که پایه‌ها سیستم ریشه درختان مرکبات را تشکیل می‌دهند، بنابراین بر جذب آب، عناصر غذایی و انتقال آنها به قسمت‌های مختلف گیاه و نیز بر نیاز کودی اثرگذار می‌باشند. نتایج نشان داد که جایگاه اصلی تجمع فسفر، پتاسیم و کلسیم در پایه سیترواملو ساقه بود، اما در مورد پایه نارنج، جایگاه اصلی تجمع عناصر مورد مطالعه برگ بود. علاوه براین، نتایج نشان داد که جایگاه اصلی تجمع عناصر در پایه سیترنج بسته به نوع عنصر متفاوت بود. به‌طوریکه بخش اصلی پتاسیم و کلسیم در برگ سیترنج تجمع یافته بود، درحالی که در مورد فسفر، ساقه جایگاه اصلی تجمع این عنصر بود. در مورد عنصر فسفر، بیشترین مقدار جذب مربوط به پایه سیترنج بود و حدود ۷۴ درصد از فسفر جذب شده در بخش هوائی این گیاه وجود داشت. بیشترین مقدار جذب پتاسیم در پایه سیترواملو مشاهده شد و جایگاه اصلی تجمع عنصر پتاسیم

Archive of SID

www.SID.ir

بخش هوائی این گیاه بود به طوریکه تقریباً ۷۷ درصد کل پتاسیم جذب شده توسط این گیاه در بخش هوائی آن تجمع یافته بود. به هرحال، نارنج بیشترین مقدار کلسیم را جذب کرده بود و ٦۹ درصد از مقدار کل کلسیم جذب شده توسط این پایه به بخش هوائی انتقال یافته بود. در مورد عناصر کم‌نیاز جایگاه اصلی تجمع این عناصر ریشه بود. هم‌چنین، در مورد عناصر کم‌نیاز مورد بررسی، با توجه به مقدار جذب کل و مقدار انتقال یافته به بخش هوائی، پایه‌های سیترنج و نارنج در جذب آهن بر سیترومِلو، در مورد عنصر منگنز پایه‌ی نارنج بر پایه‌های سیترومِلو و سیترنج، در جذب روی پایه‌های نارنج و سیترنج بر سیترومِلو و در مورد عنصر مس پایه‌های سیترومِلو و نارنج بر پایه سیترنج برتری داشته‌اند. علاوه-براین، بر اساس نتایج تجزیه عامل ترتیب پایه‌های مورد بررسی به لحاظ شاخص تجمع عناصر غذائی به‌صورت نارنج> سیترومِلو~ سیترنج بدست آمد.

**رهیافت‌های ترویجی**

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پایه¬های مرکبات رفتار تغذیه¬ای متفاوتی داشته و توانائی این پایه¬ها برای جذب عناصر غذائی متفاوت است. به-طورکلی با توجه به نتایج محاسبه شاخص تجمع عناصر غذائی، اگر پایه¬های متداول در شمال کشور را بخواهیم از لحاظ جذب عناصر غذائی در خاک غیرآهکی و تحت شرایط بهینه تامین عناصر غذائی اولویت¬بندی نمائیم، رتبه پایه¬ها به¬صورت نارنج> سیترومِلو~ سیترنج می¬باشد و پایه نارنج علیرغم همه محدودیت¬های که دارد در مجموع به لحاظ جذب عناصر غذائی کلیدی بر پایه¬های سیترومِلو و سیترنج برتری دارد.

## فهرست منابع


۱. آمارنامه کشاورزی محصولات باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹٤، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران. قابل دسترسی در آدرس: http://www.maj.ir.

۲. طباطبائی، س.، رزازی، ع.، خوشگفتارمنش، ا.ح.، خدائیان، ن.، مهرابی، ز.، عسگری، ا.، فتحیان، ش. و رمضان¬زاده، ف. ۱۳۹۰. تاثیر کمبود آهن بر غلظت، جذب و انتقال نسبی آهن، روی و منگنز در برخی از محصولات زراعی با آهن کارائی مختلف در شرایط آبکشت. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۵، شماره ٤، صفحه‌های ۷۳۵-۷۲۸.

۳. محمدی، ج. ۱۳۸۵. پدومتری: آمار کلاسیک. انتشارات پلک، تهران.

4. Andrews, S.S., and Carroll, C.R. 2001. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. Ecological Applications, 11: 1573–1585.

5. Andrews, S.S., Mitchell, J.P., Mancinelli, R., Karlen, D.L., Hartz, T.K., Horwath, W.R,. Pettygrove, G.S., Scow, K.M., and Munk, D.S. 2002. On-farm assessment of soil quality in California's Central Valley. Agronomy Journal, 94: 12–23.

6. Bitters, W.P. 1986. Citrus Rootstocks: Their Characters and Reactions. UC Riverside Science Library 236 p. http://www.citrus variety.ucr.edu/links/documents/Bitters. pdf.

7. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. p. 1085-1121. In: D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3 chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

8. Cimen, B. , Yesiloglu, T. , Incesu, M., and Yilmaz, B. 2014. Growth and photosynthetic response of young 'Navelina' trees budded on to eight citrus rootstocks in response to iron deficiency. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 42: 170-182

9. Davies, F.S., and Albrigo, L.G. 1994. Citrus. Wallingford, UK: CAB International.


Archive of SID

www.SID.ir

10. Dou, H., and Alva, A.K. 1998. Nitrogen uptake and growth of two citrus rootstock seedlings in a sandy soil receiving different controlled-release fertilizer sources. Biology and Fertility of Soils, 26:169–172
11. Dubey, A.K. and Sharma R.M. 2016. Effect of rootstocks on tree growth, yield, quality and leaf mineral composition of lemon (*Citrus limon* (L.) Burm. Scientia Horticulturae, 200: 131–136
12. FAO. 2014. FAOSTAT, production (www.fao.org)
13. Gee, G.H., and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. p. 383-409. In: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2 physical properties. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
14. Grace, J.K., Sharma, K.L. , Seshadri, K.V. , Ranganayakulu, C., Subramanyam, K.V., Bhupal Raj, G., Sharma, S.H.K., Ramesh, G., Gajbhiye, P.N. and Madhavi, M. 2012. Evaluation of Sweet Orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) cv. Sathgudi Budded on Five Rootstocks for Differential Behavior in Relation to Nutrient Utilization in Alfisol. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43: 985-1014.
15. Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. Journal of Experimental Botany, 53: 1–11.
16. Helmke, Ph.A., and D.L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. In: D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3 chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
17. Hippler, W.R.,Cipriano, D.O., Boaretto, R.M., Quaggio, J.A., Gaziola, S.A., Azevedo, R.A., and Mattos-Jr. D. 2016. Citrus rootstocks regulate the nutritional status and antioxidant system of trees under copper stress. Environmental and Experimental Botany, 130:42–52
18. Kalra, Y.P. 1997. Handbook of reference methods for plant analysis. CRC, London, UK.
19. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.
20. Loeppert, R.H., and D.L. Sparks. 1996. Carbonate and gypsum. p. 437-474. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
21. Martinez-Cuenca, M.R., Forner-Giner, M.A., Iglesias, D.J., Primo-Millo, E., and Legaz F. 2013. Strategy I responses to Fe-deficiency of two citrus rootstock differing in their tolerance to iron chlorosis. Scientia Horticulturae, 153: 56-63.
22. Mattos, D., Quaggio, J., Cantarella, A.H., and Alva, A.K. 2003. Nutrient content of biomass components of hamlin sweet orange trees. Scientia Agricola, 60: 155-160
23. Mattos, D., Quaggio, J.A., Cantarella, H., Alva, A.K. and Graetz, D.A. 2006. Response of young citrus trees on selected rootstocks to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. Journal of Plant Nutrition, 29: 1371–1385.
24. McDonald, A.J.S., Ericsson, T., and Larsson, C. 1996. Plant nutrition, dry matter gain and partitioning at the wholeplant level. Journal of Experimental Botany, 47: 1245–1253.
25. Ngullie, E., Singh, A.K., Sema, A. and Srivastava, A.K. 2015. Citrus Growth and Rhizosphere Properties. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46: 1540-1550.
26. Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon organic carbon and organic matter. p. 961-1011. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
27. Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-430. In: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part1 chemical and biological properties. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
28. Pestana, M., Varennes, A., Abadia, J., and Faria, E.A. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. Scientia Horticulturae, 104: 25–36.
29. Sharma, S. 1996. Applied Multivariate Techniques. John Wiley & Sons, New York.

Archive of SID

www.SID.ir

30. Sharma, R.M., Dubey, A.K., Awasthi, O.P. and Kaur Ch. 2016. Growth, yield, fruit quality and leaf nutrient status of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.): Variation from rootstocks. Scientia Horticulturae, 210: 41–48.
31. Toplu, C., Uygur, V., Kaplankıran, M., Demirkeser, T.H. and Yıldız, E. 2012. Effect of citrus rootstocks on leaf mineral composition of 'okitsu', 'clausellina', and 'silverhill' mandarin cultivars. Journal of Plant Nutrition, 35: 1329–1340.
32. Zambosi, F. B., Mattos, D. Jr., Boaretto, R. M., Quaggio, J.A., Muraoka, T. and Syvertsen, J.P. 2012. Contribution of phosphorus (32P) absorption and remobilization for citrus growth. Plant Soil, 355: 353–362.
33. Zambosi F.B., Mattos Jr. D., Quaggio J.A., Cantarella H. and Boaretto R.M. 2013. Phosphorus Uptake by Young Citrus Trees in Low- P Soil Depends on Rootstock Varieties and Nutrient Management. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44: 2107-2117.
34. Zhou, G.F., Peng, Sh.A., Liu, Y.Z., Wei, Q.J., Han, J. and Islam M.Z. 2014. The physiological and nutritional responses of seven different citrus rootstock seedlings to boron deficiency. Trees, 28: 295–307.

Archive of SID

www.SID.ir