



تأثیر pH محلول غذایی بر جذب آهن توسط چهار رقم انگور (*Vitis vinifera* L.)

• عباس میرسلیمانی، مربی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

• عنایت‌اله تفضلی، استاد بخش باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۳۸۴

E-mail: Soleiman@Shirazu.ac.ir

چکیده

برای بررسی تأثیر pH محلول غذایی بر جذب آهن توسط چهار رقم انگور به نام‌های عسکری، رطبی، سیاه و ریش بابا، قلمه‌های ریشه‌دار شده این چهار رقم را در ماسه شسته شده کشت کرده و جهت اعمال تیمارها از محلول غذایی نیم غلظت هوگلند با چهار سطح pH ۶، ۷، ۸ یا ۹ استفاده شد. برای مقایسه اثر تیمارها صفات کلروفیل و سبزی‌نگی برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، میزان آهن فعال و آهن کل ریشه، ساقه و برگ اندازه‌گیری شد. این پژوهش در سالهای ۱۳۸۰-۱۳۸۱ در گلخانه و آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و به صورت فاکتوریل ۴×۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار به اجرا در آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش pH و غلظت بی‌کربنات محلول غذایی به صورت معنی‌داری باعث کاهش کلروفیل و سبزی‌نگی برگ هر چهار رقم شد. البته در هیچکدام از ارقام نشانه‌های کلروز مشاهده نگردید. وزن تر و خشک اندامهای هوایی هر چهار رقم در pH=۷ بالاترین و در pH=۹ کمترین مقدار بود. بالاترین میزان آهن فعال برگ در pH=۶ و کمترین آن در تمام ارقام در تیمار pH=۹ مشاهده شد. به این ترتیب مناسب‌ترین تیمار، pH=۷ و مقاومترین رقم در برابر افزایش pH محیط رقم ریش‌بابا بود.

کلمات کلیدی: انگور، pH، کلروز، کمبود آهن

Pajouhesh & Sazandegi No 71 pp: 12-18

Effect of nutrient solution pH on the absorption of Iron in four cultivars of grape

By: A. Mirsoleimani, Instructor of Horticulture, College of Agriculture and Natural Resorce of Darab, Shiraz University.

E. Tafazoli, Professor of Horticulture, College of Agricultur Shiraz University.

Rooted cuttings of four cultivars of grape namely, Askari, Rotabi, Siyah and Rishbaba were planted in sand culture to study the effect of nutrient solution pH on the absorption of iron (Fe). Treatments were four pH levels of half concentration Hogland nutrient solution (namely pH 6, 7, 8 and 9). The criteria measured were chlorophyll, greenness, fresh and dry weight of aerial parts of plants and total Fe concentration and Fe⁺⁺ of root, stem and leaves. The results showed that incresing pH and bicarbonate concentration of nutrient solution significantly reduced chlorophyll content and greenness of leaves in all 4 cultivars. But no signs of chlorosis were seen in the leaves of any cultivars. Only pH= 9 significantly reduced fresh and dry weight of aerial parts in all cultivars. The highest Fe⁺⁺ level of leaves was seen at pH= 6 and the lowest at pH= 9. Thus the best treatment was pH 7 and the most tolerant cultivars was Rishbaba.

Key words: Chlorosis, Grape (*Vitis vinifera* L.), Iron deficiency, pH.

مقدمه

در حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد سطح کره زمین را خاک‌های آهکی فرا گرفته‌اند (۱۲، ۱۵، ۱۸). در این خاک‌ها ذخیره قابل توجهی از کربنات کلسیم وجود دارد که درصد آن گاهی به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد. وجود مقدار زیاد کربنات کلسیم در این خاک‌ها که همراه با $pH = 7/5$ تا $8/5$ است، معمولاً باعث ایجاد مشکلاتی نظیر کمبود عناصر کم مصرف مانند آهن می‌شود (۲). برای جبران کمبود آهن در این خاک‌ها ناگزیر به استفاده از کلات‌های آهن به صورت محلول پاشی یا اضافه کردن به خاک هستیم (۱۹، ۲۸) اما کاربرد کلات‌ها هم مشکلات خاص خود را دارد، چون هم گران هستند (۱۹، ۲۷) و هم اینکه باعث آلودگی آبها و حتی خاک می‌شوند (۲۷). با توجه به این مسائل تلاش‌های زیادی صورت گرفته است تا از یک سو فراهمی آهن در خاک را افزایش دهند و از سوی دیگر گیاهانی با کارایی مصرف آهن بالاتر را گزینش و به‌نژادی کنند (۱۷، ۱۹).

یون بیکربنات (HCO_3^-) که در خاک‌های آهکی تشکیل می‌شود مهمترین عامل خاک در ارتباط با کلروز ناشی از کمبود آهن در بسیاری از گیاهان است (۱۸، ۲۰، ۲۶). درباره تأثیر بیکربنات بر کاهش جذب آهن عقیده بر این است که بیکربنات تولید شده در خاک خاصیت بافیری دارد، بدین معنی که از کاهش pH در اطراف ریشه‌ها تا حدی جلوگیری می‌کند و در نتیجه از حلالیت بیشتر ترکیب‌های آهن دار و قابلیت جذب آهن کاسته می‌شود (۶، ۲۰). همچنین بیکربنات با تأثیر بر جذب آهن از سیستم آپوپلاست برگ به داخل سیتوپلاسم از طریق پلاسمالما می‌تواند بر انتقال و توزیع آهن در برگ‌ها هم مؤثر باشد (۱۶، ۲۰، ۲۱، ۲۵).

در برگ‌های جوان گیاهان سبز، کاهش در میزان کلروفیل (زردی برگ) آشکارترین نشانه کمبود آهن است (۷). عوامل گوناگونی مسئول این کاهش هستند که از آن جمله می‌توان به نقش آهن در ساختن کلروفیل و پروتئین‌های کلروپلاست‌های سلول‌های برگ (۵، ۲۴) و همچنین عدم توانایی آهن برای توزیع متعادل در برگ (۱۸) اشاره کرد.

با توجه به اهمیت انگور در ایران و جهان و اینکه کشور ما جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است و بسیاری از نقاط آن، که از هر نظر مناسب کاشت انگور می‌باشند دارای خاک‌های آهکی هستند، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف pH محلول غذایی بر جذب آهن توسط انگور بر روی چهار رقم انگور به نام‌های عسکری، ریش‌بابا، سیاه و رطبی در گلخانه بخش باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز طی سالهای ۸۱-۱۳۸۰ انجام شد.

مواد و روش‌ها

قلمه‌های یکساله ریشه‌دار شده چهار رقم انگور (عسکری، سیاه، رطبی و ریش‌بابا) در گلدان‌های ۶ لیتری حاوی ماسه شسته شده از جنس کوارتز که قطر ذرات آن کوچکتر از ۰/۵ سانتی متر بود (در هر گلدان ۲ گیاه) کاشته و در شرایط گلخانه قرار گرفتند. در طول سه هفته ابتدایی استقرار، گیاهان با محلول غذایی نیم غلظت عناصر پرمصرف و تمام غلظت عناصر

کم‌مصرف هوگلند^۱ (۱۱) آبیاری شدند. آهن با غلظت حدود 18 mg L^{-1} به صورت نمک Fe-EDTA به این محلول اضافه شد و pH آن در حدود ۶ تثبیت شد (۲۶).

پس از طی دوره استقرار، گیاهان در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و ۴ سطح pH مرتب شدند. pH محلول غذایی تهیه شده با اضافه کردن مقادیر مناسب از محلول یک مولار کربنات پتاسیم^۲ (۱۳) تغییر داده و در ۴ سطح ۶، ۷، ۸ و ۹ تثبیت شد. در طول ۴ هفته ابتدایی تیمارها، هر هفته یکبار و هر بار ۲۰۰ میلی لیتر و در ۱۰ هفته بعدی، هر هفته ۲ بار و هر بار ۲۰۰ میلی لیتر از محلول غذایی به هر گلدان داده شد.

برای اندازه‌گیری کلروفیل، آهن فعال و آهن کل برگ، از هر کدام از گلدان‌ها برگ‌های انتهایی جوان و کاملاً توسعه یافته نمونه‌برداری شد. میزان سبزی‌نگی برگ‌ها توسط دستگاه کلروفیل سنج دستی مدل SPAD-۵۰۲ اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری کلروفیل روش عصاره‌گیری با استون ۸۰ درصد بکار گرفته شد (۴).

برای تعیین غلظت آهن فعال نمونه‌های ریشه، ساقه و برگ از روش عصاره‌گیری با ماده ۱-۱-ارتوفنانترویلین^۳ و تعیین میزان عبور نور از عصاره تهیه شده در طول موج ۵۱۰ نانومتر استفاده شد (۲۹).

میزان غلظت آهن کل نمونه‌های ریشه، ساقه و برگ نیز با کمک دستگاه جذب اتمی^۴ و استفاده از عصاره تهیه شده با ماده ۱-۱-۱- اورتوفنانترویلین تعیین شد. در پایان مرحله پژوهش وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. جهت تعیین میزان همبستگی کلروفیل و سبزی‌نگی برگ با غلظت آهن فعال برگ، معادله و نمودار همبستگی بین میانگین اعداد مربوط به این صفات در ۴ سطح pH برای چهار رقم محاسبه شد (شکل‌های ۱ و ۲). این پژوهش بصورت آزمایش فاکتوریل 4×4 در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام و نتایج آن به وسیله نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و نمودارها با نرم‌افزار Excel تهیه گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از پژوهش در جدول‌های ۱ الی ۵ ارائه شده است.

۱ - رابطه بین صفات اندازه‌گیری شده

بر اساس نتایج به دست آمده رابطه بین سه ویژگی میزان کلروفیل برگ، سبزی‌نگی برگ و آهن فعال برگ چهار رقم با یکدیگر همبستگی خیلی خوبی نشان می‌دهد.

این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش pH محلول غذایی از ۶ به ۹ به موازات کاهش میزان آهن فعال برگ، میزان سبزی‌نگی و کلروفیل برگ چهار رقم نیز کاهش می‌یابد. ضریب همبستگی بالای بین آهن فعال برگ با کلروفیل (۰/۹۳) و سبزی‌نگی برگ (۰/۷۶) در پژوهش‌های دیگر (۲۲، ۲۶) نیز گزارش شده است.

همبستگی بالا بین میزان کلروفیل، سبزی‌نگی و غلظت آهن فعال برگ نشان می‌دهد که بررسی وضعیت برگ گیاهان تحت تنش آهن به جای اندازه‌گیری میزان کلروفیل به روش عصاره‌گیری (که نیاز به کار زیاد و آسیب زدن به برگ‌ها دارد) می‌توان از کلروفیل سنج دستی و تعیین شدت

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام هوایی (گرم)

میانگین	pH				رقم
	۹	۸	۷	۶	
۷/۲۰	۶/۶۲d	۶/۴۱d	۸/۱۴bcd	۷/۶۴cd	عسکری
۸/۸۲B	۸/۱۷bcd	۹/۳۳bc	۸/۳۹bcd	۹/۳۹bc	رطبی
۹/۱۷AB	۸/۳۳bcd	۹/۴۷bc	۹/۷bc	۹/۱۸bc	سیاه
۹/۹As	۸/۲۳bcd	۱۰/۳۴b	۱۲/۷a	۸/۳bcd	ریش‌بابا
	۷/۸۴c	۸/۸۹AB	۹/۳۷A	۸/۶۳bc	میانگین

میانگین‌هایی که در هر ستون و ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های سبزیگی برگ (SPAD-۵۰۲)

میانگین	pH				رقم
	۹	۸	۷	۶	
۳۷/۳۱ A	۳۶/۴۵ bcde	۳۶/۵۵ bcde	۳۶/۶۷ bcde	۳۹/۵۸ abc	عسکری
۳۵/۷۳ B	۳۲/۹۳ fg	۳۶/۶۷ bcde	۳۶/۳ cde	۳۷/۰۱ bcde	رطبی
۳۶/۶۵ AB	۳۴/۰۵ efg	۳۵/۴۵ def	۳۷/۲۵ bcde	۳۹/۸۵ ab	سیاه
۳۷/۴۲ A	۳۱/۳۵ g	۳۷/۹۷bcd	۴۱/۴۷ a	۳۸/۹ abcd	ریش‌بابا
	۳۳/۶۹ C	۳۶/۶۶ B	۳۷/۹۲ AB	۳۸/۸۳ A	میانگین

میانگین‌هایی که در هر ستون و ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

آهن روی گیاهان مورد آزمایش باشد، لذا معادله رگرسیون میانگین مقدار سبزیگی با میانگین آهن فعال برگ چهار رقم در تیمارهای اعمال شده به صورت زیر محاسبه شد:

$$y = 13/58 + 0/29x \quad r = 0/76 \quad \text{معادله-۱}$$

همچنین معادله رگرسیون میانگین مقدار کلروفیل برگ با میانگین آهن فعال برگ چهار رقم تحت تیمارهای pH به قرار زیر به دست آمد:

$$y = -1/22 + 0/05x \quad r = 0/93 \quad \text{معادله-۲}$$

این دو معادله نشان می‌دهد که روند کاهش کلروفیل و سبزیگی برگ هر چهار رقم بر اثر افزایش pH محلول غذایی با سیر تغییرات آهن فعال برگ کاملاً همبستگی دارد (شکل‌های ۱ و ۲) و این نتایج با نتایج بسیاری از پژوهش‌های دیگر از جمله Rouse و Sudahono^۵ (۲۶) همخوانی دارد. درباره دلایل کاهش میزان کلروفیل، سبزیگی و آهن فعال برگ این ارقام بر اثر افزایش pH محلول غذایی می‌توان به نقش آهن در مسیر سنتز کلروفیل و کاهش سنتز پروتئین‌های کلروپلاست‌های سلول‌های برگ بر اثر کمبود آهن (۵) و عدم توانایی آهن برای توزیع در برگ در شرایط بالا بودن

سبزیگی برگ استفاده کرد. این موضوع در تعدادی از گیاهان دیگر نیز گزارش شده است (۸، ۲۲، ۲۶).

۲- کلروفیل و سبزیگی

در بین تیمارهای اعمال شده بیشترین و کمترین مقادیر کلروفیل و سبزیگی به ترتیب در تیمارهای pH ۶ و ۹ دیده می‌شود (جدول ۲) و اختلاف بین این مقادیر کاملاً معنی‌دار است. البته اختلاف موجود بین تیمار pH ۶ و ۷ و همچنین ۷ و ۸ در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست در حالی که اختلاف بین تیمار pH ۶ و ۸ معنی‌دار می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش pH محلول غذایی میزان کلروفیل و سبزیگی برگ هر چهار رقم دچار کاهش می‌شوند که این موضوع در پژوهش‌های دیگر (۲۲، ۲۶، ۲۸) نیز به اثبات رسیده است.

از آنجا که مهمترین نقش آهن در گیاه کمک به سنتز کلروفیل است، تعیین رابطه بین میزان کلروفیل و سبزیگی برگ ارقام مورد آزمایش با مقادیر آهن فعال برگ می‌تواند شاخص خوبی جهت بررسی اثرات تنش

و خشک اندام هوایی هر چهار رقم شد (جدول ۱). شاید اصلی‌ترین دلیل کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی ارقام مورد آزمایش با افزایش pH محلول غذایی، کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز برگ‌ها باشد. در تأیید نتایج بالا Cillelli^۶ (۱۴) با کار روی دو پایه حساس و مقاوم به نتایج مشابهی رسید.

۴ - غلظت آهن کل ریشه، ساقه و برگ

با افزایش pH محلول غذایی غلظت آهن کل ریشه هر چهار رقم کاهش یافت (جدول ۳) اما اختلاف‌های ایجاد شده بین تیمارها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار نبود. افزایش pH محلول غذایی باعث کاهش غلظت آهن کل ساقه شد به صورتی که اختلاف بین تیمار pH ۸ و ۹ با دو تیمار دیگر در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین غلظت آهن کل برگ چهار رقم مورد آزمایش نشان داد که بیشترین و کمترین غلظت آهن کل برگ به ترتیب در تیمارهای ۶ و ۹ دیده می‌شود و اختلاف بین این دو تیمار در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۴).

این نتایج حکایت از این دارد که با افزایش pH محلول غذایی، غلظت آهن کل اندام‌های مختلف گیاه در هر چهار رقم کاهش دارد که البته اختلاف‌های موجود بین تیمارهای pH ۶، ۷ و ۸ زیاد نیست و اعداد مربوط به آنها تقریباً در یک سطح هستند و فقط تیمار pH=۹ است که باعث کاهش معنی‌دار غلظت آهن کل شده است.

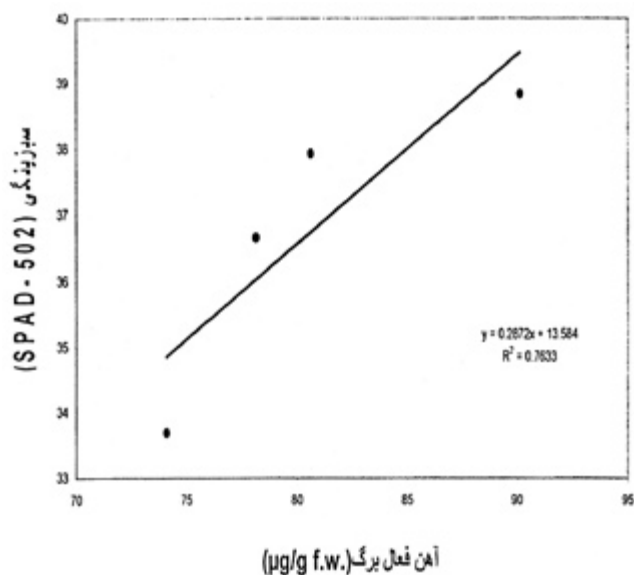
نکته قابل توجه در مورد آهن کل برگ این است که در این پژوهش کاهش میانگین غلظت آهن کل برگ چهار رقم روند نزولی ثابتی ندارد به طوری که از تیمار pH=۶ به ۷ سیر کاملاً نزولی داشته در حالیکه در تیمار pH=۸ میانگین غلظت آهن کل برگ افزایش قابل توجهی نشان داده است. این در حالی است که در تیمار pH=۹ غلظت آهن کل کاهش یافته و به کمترین مقدار خود رسیده است.

در توجیه نتایج به‌دست آمده در بالا باید گفت که کاهش غلظت آهن کل اندام‌های گیاهی با افزایش pH محلول غذایی می‌تواند به علت کاهش حلالیت آهن III بر اثر pH بالا و همچنین عدم تحرک آن باشد و از طرفی افزایش pH می‌تواند باعث کاهش فعالیت آنزیم فریک‌ردوکتاز^۷ و در نتیجه کاهش سرعت تبدیل آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی شود (۱، ۳، ۱۰).

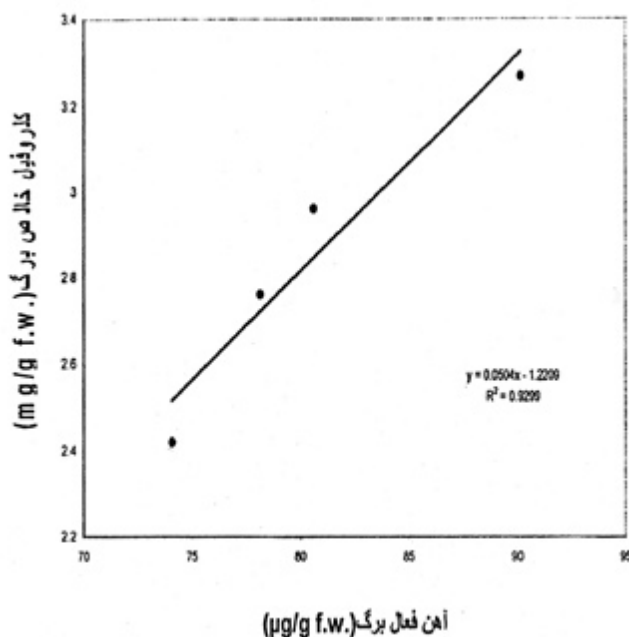
نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مبنی بر عدم وجود روند تغییرات ثابت در مورد غلظت آهن کل برگ با نتایج بعضی پژوهش‌ها (۱۴، ۲۲، ۲۶) مطابقت دارد چرا که در این تحقیقات بر این نکته تأکید شده است که اندازه‌گیری غلظت آهن کل برگ شاخص مناسبی برای تعیین حساسیت یا مقاومت ارقام مختلف نسبت به کمبود آهن نیست.

۵ - غلظت آهن فعال برگ

مقایسه میانگین مقادیر غلظت آهن فعال برگ رقم‌های مورد آزمایش نشان داد که با افزایش pH محلول غذایی میزان آهن فعال برگ به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد به صورتی که اختلاف بین هر چهار تیمار با هم معنی‌دار بود و بیشترین و کمترین غلظت آهن فعال برگ به ترتیب مربوط به تیمارهای pH ۶ و ۹ می‌باشند. از طرف دیگر



شکل ۱- نمودار رابطه سبزیگی برگ با آهن فعال برگ برای چهار رقم



شکل ۲- نمودار رابطه کلروفیل برگ با آهن فعال برگ برای چهار رقم

pH (۲۱، ۲۷) اشاره کرد.

۳ - وزن تر و خشک اندام هوایی

از مجموع نتایج مشخص شده است (جدول ۱) که با افزایش pH محلول غذایی از ۶ به ۸ میزان وزن تر و خشک اندام هوایی چهار رقم تقریباً روند ثابتی دارد و بین این سه تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما اختلاف بین تیمار pH=۹ با سایر تیمارها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار بود و این تیمار (pH=۹) باعث کاهش معنی‌دار وزن تر

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های آهن کل ریشه و ساقه ($\mu\text{g/g f.w.}$)

میانگین	pH				رقم
	۹	۸	۷	۶	
آهن کل ریشه					
۳۱/۵۵ A	۲۹/۴a	۲۴/۴۵ cd	۲۸/۹۵bcd	۳۳/۴abc	عسگری
۲۶/۸۶ B	۲۰/۳۵d	۲۵/۴ ab	۲۵/۸۵cde	۲۵/۸۵cd	رطبی
۲۴/۷۹ B	۲۱/۴d	۲۴/۴ cd	۲۴/۴۵cd	۲۸/۹bcd	سیاه
۲۶/۴۴ B	۲۴/۳۵cd	۲۱/۴۸ d	۲۸/۸۵bcd	۳۱/۰۷abc	ریش‌بابا
	۲۶/۳۸A	۲۶/۴۳ A	۲۷/۰۲A	۲۹/۸A	میانگین
آهن کل ساقه					
۳۷/۳۹ A	۲۱/۶۳e	۴۴/۲۵ ab	۴۷/۲۸a	۳۶/۴۶c	عسگری
۲۸/۲۵ B	۲۴/۴e	۱۸/۳ e	۳۲/۴cd	۳۷/۹bc	رطبی
۲۳/۰۹ C	۲۲/۱e	۲۱/۴ e	۲۵/۹de	۲۲/۹۵bc	سیاه
۲۲/۷۸ C	۲۴/۴۳e	۲۰/۴۳ e	۱۹/۴۳e	۲۶/۸۳de	ریش‌بابا
	۲۳/۱۴B	۲۶/۱ B	۳۱/۲۵A	۳۱/۰۲A	میانگین

میانگین‌هایی که در هر ستون و ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های آهن کل برگ ($\mu\text{g/g f.w.}$)

میانگین	pH				رقم
	۹	۸	۷	۶	
۸۲/۷۸ A	۶۵/۴۸ d	۸۴/۷۱ bcd	۷۷/۰۳ cd	۱۰۳/۹ ab	عسگری
۸۹/۵۶ A	۸۰/۹۹ bcd	۹۰/۸۵ abc	۹۱/۵۴ abc	۹۴/۸۴ abc	رطبی
۸۵/۹۰ A	۹۰/۱ abc	۱۱۱/۵ a	۸۴/۷۲ bcd	۷۷/۰۳ cd	سیاه
۹۲/۴۲ A	۷۷/۰۳ cd	۹۶/۲۷ abc	۸۴/۷۲ bcd	۱۱۱/۷ a	ریش‌بابا
	۷۸/۴ B	۹۵/۸۴ A	۸۴/۵ B	۹۶/۸۶ A	میانگین

میانگین‌هایی که در هر ستون و ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

گیاهان اشاره کرد.

۶- تأثیر افزایش pH محلول غذایی بر جذب عناصر دیگر

نتایج پژوهش‌های مختلف در مورد اثر افزایش pH محلول غذایی (نه خاک) بر فراهمی و جذب بعضی عناصر دیگر مانند منگنز، روی و منیزیم نشان داده است که برخلاف خاک، در محلول غذایی افزایش pH تأثیر معنی‌داری بر جذب این عناصر و بروز علائم کلروز ندارد.

در بین این چهار رقم نیز زیادترین و کمترین غلظت آهن فعال برگ به ترتیب در ارقام رطبی و ریش‌بابا مشاهده شد (جدول ۵).

این نتایج بیانگر این است که با افزایش pH محلول غذایی کاهش غلظت آهن فعال برگ کاملاً محسوس است به این ترتیب نتایج بسیاری از پژوهش‌های دیگر (۵، ۹، ۲۱، ۲۶) نیز مؤید این مطلب است. در بیان علت این تغییرات می‌توان به کاهش قدرت احیاء آنزیم فریک-ردوکتاز بر اثر pH بالا و همچنین کاهش حلالیت و جذب آهن در محیط اطراف ریشه

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های غلظت آهن فعال برگ ($\mu\text{g/g f.w}$)

میانگین	pH				رقم
	۹	۸	۷	۶	
۷۸/۴ B	۶۹/۳۵ h	۷۸/۰ ef	۷۵/۹ fg	۸۸/۹ b	عسکری
۸۹/۰۳ A	۸۵/۳ de	۹۰/۶۳ b	۹۰/۶ b	۹۴/۶ a	رطبی
۷۹/۳۸ B	۷۳/۷۵ g	۶۹/۷۵ h	۸۴/۰ cd	۹۰/۰ b	سیاه
۷۵/۵۳ C	۶۸/۹h	۷۴/۲۲ fg	۷۱/۹۸ gh	۷۸/۰ bc	ریش‌بابا
	۷۴/۰۷ D	۷۸/۱۵ C	۸۰/۶۲ B	۹۰/۱۳ A	میانگین

میانگین‌هایی که در هر ستون و ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند، بر طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

منابع مورد استفاده

- ۱- بسرا، آ.اس. و آر.ک. بسرا. ۱۳۷۹؛ مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. ترجمه محمد کافی و عبدالمجید مهدوی دامغانی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ص: ۲۹۴-۲۵۹.
- ۲- سالاردینی، علی اکبر. ۱۳۷۱؛ حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۴۰ صفحه.
- ۳- فوت، اچ.دی. و پی.جی. الیس. ۱۳۷۶؛ حاصلخیزی خاک. ترجمه فرشید نوربخش و مصطفی کریمیان اقبال. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۰۰ صفحه.
- ۴- کریمی، حمیدرضا. ۱۳۷۷؛ تأثیر واکنش خاک در جذب آهن بوسیله توت فرنگی. پایان‌نامه تحصیلی کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۹۰ صفحه.
- ۵- مارشنر، هورست. ۱۳۸۰؛ تغذیه معدنی گیاهان عالی. ترجمه بهمن خلدبرین و طاهره اسلامزاده. انتشارات دانشگاه شیراز. دو جلد. ۹۰۲ صفحه.
- ۶- ملکوتی، محمدجعفر. و م.م. طهرانی. ۱۳۷۸؛ نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، عناصر خرد با تأثیر کلان. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ صفحه.
- ۷- نیجار، جی.اس. ۱۳۷۶؛ تغذیه درختان میوه. ترجمه محمد معزاردلان و غلامرضا ثواقبی فیروزآبادی. انتشارات مؤسسه نشر جهاد وابسته به جهاد دانشگاهی. ۲۶۰ صفحه.

(۹، ۲۳، ۲۶، ۲۸). لذا در پژوهش حاضر از اندازه گیری غلظت این عناصر صرف نظر شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که رقم‌های انگور عسکری، رطبی، سیاه و ریش‌بابا افزایش pH محلول غذایی تا سطح ۸ را به خوبی تحمل می‌کنند و حتی pH=۷ نتایج بهتری نسبت به pH=۶ نشان می‌دهد یعنی حتی در خاک‌های اسیدی برای دستیابی به محصول بهتر می‌توان با افزودن مقدراری آهک به خاک pH محلول خاک را افزایش داد. اما pH های بالاتر از ۸ باعث کاهش حلالیت، جذب و احیاء آهن شده و باعث کاهش رشد می‌شوند، لذا در خاک‌هایی که به هر دلیلی pH محلول خاک بالاتر از ۸ باشد کاشت این ارقام توصیه نمی‌شود. از نظر مقایسه چهار رقم با یکدیگر هم نتایج حاکی از این است که رقم ریش‌بابا در عین اینکه غلظت آهن فعال برگ پایین‌تری دارد دارای بالاترین میزان کلروفیل، سبزیگی و وزن خشک اندام هوایی است و این نشان می‌دهد که این رقم دارای کارایی مصرف آهن بالایی بوده و نسبت به شرایط تنش آهن مقاومت بیشتری نسبت به سه رقم دیگر دارد.

پاورقی‌ها

- 1- Hogland solution
 - 2- K_2CO_3
 - 3- 1-10-O-Phenanthrol
 - 4 - Atomic absorption
 - 5 - *Cydonia oblonga*
 - 6 - Fe^{+3} - reductase
- 8- Azia, F. and K.A. Stewart. 2001; Relationship between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. J. Plant Nutr. 24: 961-966.
 - 9- Bavaresco, L., E. Giachin, and R. Colla. 1999; Iron chlorosis paradox in grapevine. J. Plant Nutr. 22: 1589-1594.
 - 10- Bavaresco, L., M. Fregoni, and P. Frascini. 1991;

- Investigation on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and a *V. vinifera* cultivar. *Plant Soil*. 130: 109-113.
- 11- Brancardo, L., G. Rabotti, A. Scienza, and G. Zocchi. 1995; Mechanisms of Fe-efficiency in roots of *Vitis* spp. In response to iron deficiency stress. *Plant Soil*. 171: 229-234.
- 12- Chen, Y., and H. Yitzhak. 1991; Iron nutrition and interaction in plants. Pub. Kaca. London. 377 p.
- 13- Cillelli, F., and R. Viti. 1995; Practical use of root cation exchange capacity as a predictive marker of lime-induced chlorosis tolerance in *Prunus cerasifera* L. rootstocks. *J. Plant Nutr.* 18: 65-75.
- 14- Cillelli, F. 1995; Physiological responses of clonal quince rootstocks to iron-deficiency induced by addition of bicarbonate to nutrition solution. *J. Plant Nutr.* 18: 77-89.
- 15- Egilla, J.N., D.H. Byrne, and D.W. Reed. 1994; Iron stress response of three peach rootstock cultivars: Ferric iron reduction capacity. *J. Plant Nutr.* 17: 2079-2103.
- 16- Han, Z.H., T. Shen., R.F. Korcak, and V.C. Baligar. 1998; Iron absorption by iron-efficient and inefficient species of apples. *J. Plant Nutr.* 21: 181-190.
- 17- Jay Goos, R. and B. Johnson. 2001; Seed treatment, seedling rate, and cultivar effects on iron deficiency chlorosis of soybean. *J. Plant Nutr.* 24: 1255-1268.
- 18- Korcak, R.F. 1987; Iron deficiency chlorosis. *Hort. Rev.* 9: 133-175.
- 19- Marschner, H. 1978; Role of the rhizosphere in iron nutrition of plants. *Iran. J. Agric. Res.* 6: 69-80.
- 20- Mengel, M., Th. Breining, and W. Bubl. 1984; Bicarbonate, the most important factor inducing iron chlorosis in vine grapes on calcareous soil. *Plant Soil*. 81: 333-344.
- 21- Mengel, K. 1994; Iron availability in plant tissues-iron chlorosis on calcareous soils. *Plant Soil*. 165: 275-283.
- 22- Rao, J.K., K.L. Sahrawat, and J.R. Buford. 1987; Diagnosis of iron deficiency in groundnut, *Arachis hyogaea* L. *Plant Soil*. 97: 353-359.
- 23- Romera, F.J., E. Alcantara, and M.D. De La Guardia. 1991; Characterization of the tolerance to iron chlorosis in different peach rootstocks grown in nutrient solution. II. Iron stress response mechanisms. *Plant Soil*. 30: 121-125.
- 24- Romheld, V., H. Marschner. 1988; Mechanism of iron uptake by peanut plants. *Plant Soil*. 71: 949-954.
- 25- Rutland, R.B., M.J. Bukovac. 1971; The effect of calcium bicarbonate on iron absorption and distribution by *chrysanthemum morifolium* (RAM.). *Plant Soil*. 35: 225-236.
- 26- Sudahono, D.H.B., R.E. Rouse. 1994; Greenhouse screening of citrus rootstock for tolerance to bicarbonate-induced iron chlorosis. *Hort Science*. 29: 113-116.
- 27- Tagliavini, M., and A.D. Rombola. 2001; Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *Eur. Agron*. 15: 71-92.
- 28- Tagliavini, M., J. Abadia., A.D. Rombola., A. Abadia., C. Tsipouridis, and B. Marangoni. 2000; Agronomic means for the control of iron deficiency chlorosis in deciduous fruit trees. *J. Plant Nutr.* 23: 007-2022.
- 29- Zohlen, A. 2000; Use of 1,10-Phenanthroline in estimating metabolically active iron in plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 31: 481-500.

