Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2019.269179.668049 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱، فروردین ۱۳۹۹ (ص ۱۴۹-۱۳۵)

Influence of Leaf Nutrition of Some Micronutrients on Absorption of *Mentha* Plant under Soil Phosphorus Deficiency

MASOUMEH KHARAZMI[1], NAYER MOHAMMADKHANI[1*], MOSLEM SERVATI[2]

1. Department of Medicinal Plants, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran
2 . Department of Soil Science, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran
(Received: Dec. 2, 2018- Revised: Aug. 13, 2019- Accepted: Aug. 13, 2019)

ABSTRACT

Phosphorus is one of the most used fertilizer macronutrients and in calcareous soils of Iran, its absorption is limited. On the other hand, considering the problems caused by the soil use of micronutrients, it is possible to modify the effects of phosphorus deficiency by spraying micronutrients. This study was conducted as factorial in a completely randomized design in three replications to investigate the effect of leaf nutrition of micronutrients (iron, zinc and copper) on the absorption of nutrients of *Mentha aquatica* L. in phosphorus deficiency conditions. Experimental treatments consisted of no deficiency (control) and two levels of phosphorus deficiency and foliar application of Fe^{2+}, Zn^{2+} and Cu^{2+} in concentration of 1 and 2%. Deficient plants showed a significant decrease in P content of root. Spraying Fe^{2+} and Cu^{2+} 2% caused increase in P content under deficiency. Foliar nutrition with iron, zinc and copper caused decrease in nitrogen and phosphorus content in deficient plants. Applying zinc and iron as spraying caused increase in NO_3^- content in shoots and roots. In the present study, spraying zinc, iron and copper caused increase in their contents in shoots and roots of *Mentha*. Spraying Fe^{2+} 2% caused increase in P, NO_3^- and Fe^{2+} contents in shoots of *Mentha* plant. The orthogonal comparison results showed that there was a significant difference in nutrients content between foliar application of micronutrients and control and also between foliar application of iron compare to copper and zinc and foliar application of zinc compared to copper in shoots and roots of *Mentha*. Regarding the obtained results, leaf nutrition of micronutrients as spraying can be mentioned as a suitable suggestion to reduce the effects of macronutrients deficiency, especially phosphorus. It seems that spraying iron and zinc showed the highest effect in absorption of other nutrients in shoots, also spraying copper had the highest effect in roots.

Keywords: micronutrients, *Mentha aquatic*, nutrition, phosphorus deficiency, spraying.

* Corresponding Author's Email: n.mohammadkhani@urmia.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

اثر تغذیه برگی برخی عناصر ریزمغذی بر جذب گیاه پونه آبی در شرایط کمبود فسفر خاک

معصومه خوارزمی[۱]، نیر محمدخانی[۱*]، مسلم ثروتی[۲]

۱ . گروه گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲. گروه علوم خاک، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۵/۲۲- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۵/۲۲)

چکیده

فسفر یکی از عناصر پرمصرف کودی بوده و در خاک‌های آهکی ایران محدودیت جذب دارد. از طرفی با توجه به مشکلات مصرف خاکی عناصر ریزمغذی، کاربرد برگی عناصر ریزمغذی، می‌تواند اثرات کمبود فسفر را تعدیل نماید. این مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار با هدف بررسی تاثیر عناصر ریزمغذی (آهن، روی و مس) بر جذب عناصر غذایی گیاه پونه (*Mentha aquatica* L.) در شرایط کمبود فسفر انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دوسطح کمبود فسفر و نرمال (شاهد) و کاربرد محلول‌پاشی با دو سطح ۰.۱٪ و ۰.۲٪ بودند. اعمال کمبود فسفر باعث کاهش معنی‌دار محتوای فسفر در ریشه شد. محلول‌پاشی عناصر مس و آهن ۰.۲٪ باعث افزایش محتوای فسفر در شرایط کمبود فسفر نسبت به شاهد شد. تحت کمبود فسفر تغذیه برگی با آهن، مس، و روی باعث کاهش محتوای فسفر و نیتروژن قابل جذب خاک در بیشتر تیمارها گردید. کاربرد روی و آهن تحت کمبود فسفر به‌صورت محلول‌پاشی، غلظت نیترات در اندام هوایی و ریشه را افزایش داد. در تحقیق حاضر محلول‌پاشی روی، آهن و مس باعث افزایش محتوای آن‌ها در اندام هوایی و ریشه پونه شد. محلول‌پاشی آهن ۰.۲٪ باعث افزایش محتوای فسفر، نیترات و آهن اندام هوایی گیاه پونه شد. نتایج مقایسه اورتوگونال نشان داد که بین محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها و شاهد و محلول‌پاشی آهن نسبت به روی و مس و محلول‌پاشی روی نسبت به مس در محتوای عناصر غذایی در اندام هوایی و ریشه گیاه پونه در اغلب موارد تفاوت معنی‌دار وجود داشت. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان تغذیه برگی ریزمغذی به صورت محلول‌پاشی را به عنوان پیشنهاد مناسبی برای کاهش اثرات کمبود عناصر پرمصرف به ویژه فسفر در نظر گرفت. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی آهن و روی در اندام هوایی و محلول‌پاشی مس در ریشه بیشترین تاثیر را بر جذب سایر عناصر غذایی دارد.

واژه‌های کلیدی: کمبود فسفر، عناصر ریزمغذی، محلول‌پاشی، تغذیه، پونه آبی

مقدمه

پونه آبی با نام علمی *Mentha aquatic* L. متعلق به خانواده نعناعیان بوده و در اراضی مرطوب حاشیه رودخانه‌ها، مرداب‌ها و چشمه‌ها به‌صورت خودرو رشد می‌کند (*Marrin et al., 2007*). مهم‌ترین ترکیبات پونه آبی بتا کاریوفیلن، ۱ و ۸ سینئول، پیپریتنون اکساید بوده و بسیار معطر است. از نظر دارویی اسانس پونه خاصیت بادشکن، ضد تشنج و تسکین‌دهنده درد زخم معده است (*Esmaeili et al., 2006*). از نظر گیاه شناسی، گیاهی چندساله با ساقه زیرزمینی و هوایی به ارتفاع ۲۰ تا ۹۰ سانتی‌متر بوده و خیزان و کرکدار است (*Jamzad, 2012*).

اهمیت تغذیه معدنی کافی و متعادل گیاهان از دیرباز مورد توجه محققین بوده و نقش آن در رشد و نمو، عملکرد و کیفیت محصولات به اثبات رسیده است. یکی از عناصر پر مصرف کودی که کمبود آن بسیار متداول است فسفر است (*Marschner, 1986*). فسفر در ساختار سلول و متابولیسم گیاهی نقش داشته و در ساختمان اسیدهای نوکلئیک و فسفولیپیدها شرکت می‌کند، جزء مهمی از مولکول‌های ATP و کوآنزیم‌ها بوده و در متابولیسم انرژی دارای نقش کلیدی است (*Hawkesford et al., 2012*). کمبود فسفر باعث کوتولگی گیاه شده و با گیاهان جوان اشتباه گرفته می‌شود. کمبود فسفر در برگ‌های پیرتر منجر به مشبک شدن و قهوه‌ای شدن می‌شود (Salim, 2000). در شرایط کمبود فسفر، تثبیت دی اکسیدکربن و فتوسنتز به دلیل کاهش بازیافت RBP کاهش می‌یابد (Jacob and Lawlor, 1992). در مطالعه‌ای واکنش ارقام مختلف کلزا به تنش کمبود فسفر بررسی شده است (Nourgholipour *et al.*, 2018).

گیاهان در بین همه ریز مغذی‌ها، بیشترین نیاز را به آهن داشته در حالی‌که در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آهن قابل استفاده گیاه بسیار مرسوم است (*Purnomo and Black,*

* نویسنده مسئول: n.mohammadkhani@urmia.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

1994). گیاه برای انجام فرایندهای فتوسنتز، انتقال الکترون، سنتز زیستی کلروفیل و سنتز ترکیبات آهن-گوگرد دار به آهن نیاز دارد. عنصر روی در مقدار کم به‌عنوان یک ریزمغذی ضروری برای رشد و نمو در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاه نقش دارد. این فلز تنها عنصری است که به‌عنوان فعال‌کننده و عامل مشترک در هر ۶ گروه آنزیمی اکسیدوردوکتاز، ترانسفراز، هیدرولاز، لیاز، ایزومراز و لیگاز نقش دارد (*Auld, 2001*). در خاک‌های آهکی، محلول‌پاشی عناصر بور، روی، مس و منگنز به‌دلیل بر طرف نمودن سریع کمبود، آسانتر بودن اجرای آن و جلوگیری از تثبیت، اهمیت دارد (Malakouti and Tehrani, 1999). همچنین محلول‌پاشی سبب ترشح مواد قندی و سایر مواد از ریشه به محلول خاک شده و سبب بهبود فعالیت میکروبی در رایزوسفر شده و قابلیت جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. کمبود برخی عناصر گاهی سبب کاهش جذب سایر عناصر غذایی می‌شود، لذا توجه بیشتر به نحوه کاربرد آن‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. کاربرد ریزمغذی‌ها به روش محلول‌پاشی می‌تواند وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشد. از طرفی عناصر کم مصرف با تاثیر بر جذب عناصر پرمصرف از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (*Movahhedy-Dehnavi et al., 2009*). در تحقیقی در اثر مصرف ۲/۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک، جذب نیتروژن در ذرت از ۵۳/۴ میلی‌گرم در شاهد به ۲۰۶/۲ میلی‌گرم در تیمار کود داده شده افزایش یافت (Gupta and Singh, 1985). کاربرد مس به صورت خاکی و محلول‌پاشی و کاربرد توام آن‌ها باعث افزایش مس در اندام هوایی و افزایش جذب فسفر گردید (*Lotfollahi, 2003*). همچنین در مطالعه‌ای تغییرات جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف در گیاه دارویی پونه تحت تأثیر عناصر مس و روی بررسی شد و نتایج آن نشان داد که گیاه دارویی پونه دارای قدرت جذب و انتقال بالایی از عناصر به اندام هوایی می‌باشد (Asgari Lajayer *et al.*, 2015).

با توجه به اهمیت فسفر به عنوان یک عنصر پرمصرف و ضروری برای رشد گیاهان و تولید متابولیت‌های ثانویه و مشکل کمبود آن (تحرک کم در خاک، تثبیت و غیر قابل جذب بودن فسفر) در اکثر خاک‌ها به ویژه خاک‌های ایران و همچنین تاثیر عناصر کم‌مصرف بر جذب عناصر غذایی، موجب شد در این تحقیق به تاثیر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف روی، مس و آهن بر محتوای فسفر و سایر عناصر مغذی در اندام‌های هوایی و زیرزمینی و رایزوسفر گیاه پونه آبی تحت شرایط کمبود فسفر پرداخته شود. از آنجایی که اکثر خاک‌های ایران دارای مشکل جذب فسفر بوده، لذا محلول‌پاشی در شرایط کمبود فسفر می‌تواند روش مناسبی برای جذب بهتر فسفر و سایر عناصر غذایی ماکرو و میکرو در مزارع مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند کشور ایران باشد که نوآوری پژوهش حاضر به‌شمار می‌رود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (آهن، روی و مس) بر جذب عناصر غذایی در گیاه پونه (*Mentha aquatic*) رقم ارومیه تحت کمبود فسفر، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در پاییز سال ۱۳۹۶ به صورت آزمایش گلدانی در گلخانه مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب دانشگاه ارومیه انجام شد. خاک مورد استفاده از منطقه میاندوآب (با مختصات جغرافیایی ۴۰۹۶۴۵۶ عرض شمالی و ۵۹۵۴۲۸ طول شرقی UTM) جمع‌آوری و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. حدود بحرانی فسفر ۹/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شده است. نشاءهای دو ماهه پونه از شرکت زرین گیاه ارومیه تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی چهار کیلوگرمی با عمق و قطر ۱۸ سانتی‌متر کاشته شد. دمای گلخانه $^{\circ}C$ ۱۸-۲۵ و رطوبت نسبی ٪۸۰-۶۰ بود. نشاءهای کاشته شده ابتدا با محلول غذایی هوگلند $\frac{1}{4}$ ، سپس با $\frac{1}{2}$ و نهایتا با محلول تمام قدرت (حاوی نمک‌های موجود در محلول غذایی هوگلند با غلظت کامل) آبیاری شدند (Hoagland and Arnon, 1950). pH محلول غذایی هوگلند (در محدوده ۶/۵-۶) کنترل شد. تیمار فسفر در دو غلظت نرمال و کمبود بر گیاهان سه ماهه اعمال شد، برای اعمال کمبود فسفر ابتدا میزان فسفر در محلول غذایی به نصف و پس از ۱۵ روز به $\frac{1}{4}$ و در نهایت به صفر کاهش یافت. هم‌زمان با اعمال تیمار کمبود فسفر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (آهن، روی و مس) از منبع سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$)، سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) و سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$) مرک (Merck) در گرید آزمایشگاهی با درجه خلوص (۹۷ تا ۹۹ درصد) در سطوح ۱ و ۲٪ انجام و سه مرتبه هر ۱۵ روز یکبار تکرار شد. سطوح محلول‌پاشی از آزمایش‌های غربالگری اولیه روی گیاه پونه تعیین شد. بعد از بروز علائم کمبود در گیاهان بدون محلول پاشی، اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان پنج ماهه برداشت شدند. سپس اندام هوایی و ریشه به‌صورت جداگانه وزن و در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. برای عصاره‌گیری از ماده خشک، ۵۰ میلی‌گرم از نمونه‌های خشک، پودر و داخل لوله-های پلاستیکی ریخته شد و ۲ میلی‌لیتر محلول نیتریک اسید ۱ میلی مولار به آن اضافه گردید. برای بهبود عمل استخراج لوله‌های حاوی نمونه به مدت یک شب در آزمایشگاه نگهداری و روز بعد به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد. ۴ میلی‌لیتر آب دیونیزه به هر لوله اضافه و دوباره به مدت ۱۵ دقیقه در حمام

www.SID.ir

Archive of SID

آب گرم قرار داده شد. سپس نمونه‌ها در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و محلول رویی جدا و با آب دیونیزه به حجم ۱۰ میلی-لیتر رسانده شد (*Walker et al., 2004*). غلظت آهن (Fe^{2+})، منگنز (Mn^{2+})، مس (Cu^{2+}) و روی (Zn^{2+}) در گیاه به وسیله جذب اتمی و غلظت فسفر به روش Murphy and Riley (1962) و غلظت نیترات با روش سالیسیلیک اسید تعیین شد (*Cataldo et al., 1975*). آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی خاک شامل pH خاک در گل اشباع و کربنات کلسیم معادل (CCE) (Mclean, 1982)، هدایت الکتریکی (EC) در عصاره گل اشباع (*Roades, 1990*)، ماده آلی خاک به روش ترسوزانی (*Walkley and Black, 1934*)، بافت با روش هیدرومتری (*Gee and Baulder, 1986*) بر روی نمونه‌های خاک صورت گرفت. آهن، منگنز، مس و روی به وسیله عصاره‌گیری با عصاره‌گیر DTPA استخراج و غلظت آن‌ها به وسیله دستگاه طیف سنج جذب اتمی سنجیده شد (*Lindsay and Norvell, 1979*). غلظت نیتروژن (N) با استفاده از روش اسید فنیل دی‌سولفونیک (*Bremner, 1965*) و غلظت فسفر (P) به روش آبی (*Olsen et al., 1954*) تعیین شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اولیه

بافت خاک	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	کربنات کلسیم معادل (٪)	ماده آلی خاک (٪)	قابلیت هدایت الکتریکی (ds/m)	واکنش خاک
لوم شنی	۱۵	۷/۵	۷۷/۵	۱۷	۱/۳۸	۳/۲۱	۷/۴۴

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار (SPSS نسخه ۲۴) انجام و تفاوت بین تیمارها (تیمار فسفر در دو سطح دارای کمبود و بدون کمبود و محلول‌پاشی در ۷ سطح کنترل، آهن ٪۱، آهن ٪۲، روی ٪۱، روی ٪۲، مس ٪۱ و مس ٪۲) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه (GLM) تعیین شد. برای تعیین اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ استفاده شد. همچنین مقایسه گروهی (اورتوگونال) اثر ریزمغذی‌ها بر محتوای عناصر غذایی انجام شد.

یافته‌ها و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین همه‌ی عناصر غذایی در تیمار کمبود فسفر، محلول پاشی عناصر کم‌مصرف و اثر متقابل (کمبود × محلول‌پاشی) در اندام هوایی، ریشه (به جز محتوای روی ریشه) و خاک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جداول ۲ تا ۴).

محتوای فسفر

اثر محلول‌پاشی عناصر میکرو، کمبود و محلول‌پاشی × کمبود بر محتوای فسفر ریشه، اندام هوایی و خاک معنی‌دار بود. محلول‌پاشی آهن ۲ درصد و مس ۲ درصد، محتوای فسفر اندام هوایی نسبت به شاهد را در گیاهان نرمال (طبیعی از نظر میزان فسفر) افزایش داد، ولی محلول‌پاشی مس یک درصد باعث کاهش محتوای فسفر اندام هوایی نسبت به شاهد شد. اعمال کمبود فسفر در گیاه پونه باعث کاهش محتوای فسفر نسبت به گیاهان نرمال شد. تغذیه برگی با آهن، روی و مس در دو غلظت ۱ و ۲ درصد، به‌جز آهن در غلظت ۱ درصد باعث افزایش محتوای فسفر در شرایط کمبود فسفر در اندام هوایی نسبت به شاهد گردید (شکل ۱).

جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای عناصر غذایی اندام هوایی گیاه پونه تحت کمبود فسفر

منبع تغییرات	درجه آزادی	محتوای فسفر (P)	محتوای نیترات (NO_3)	محتوای روی (Zn)	محتوای مس (Cu)	محتوای منگنز (Mn)	محتوای آهن (Fe)
کمبود (deficiency)	۱	۱۴/۴۷۹**	۴/۰۰۵**	۰/۰۴۸**	۰/۰۳۸**	۰/۰۰۷**	۰/۰۴۰*
محلول‌پاشی (Spraying)	۶	۱/۸۰۱**	۶/۱۹۴**	۰/۰۲۱**	۰/۰۴۴**	۰/۰۰۱**	۰/۱۹۸**
کمبود×محلول‌پاشی deficiency× Spraying	۶	۰/۹۹۱**	۴/۳۶۰**	۰/۰۱۲**	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۱**	۰/۲۸۱**
خطا	۲۸	۰/۰۹۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰	۶/۰۱۵E$^{-۵}$	۴/۴۷۲E$^{-۵}$	۰/۰۰۸

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج آنالیز واریانس اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای عناصر غذایی ریشه گیاه پونه تحت کمبود فسفر.

منبع تغییرات	درجه آزادی	محتوای فسفر (P)	محتوای نیترات (NO_3)	محتوای روی (Zn)	محتوای مس (Cu)	محتوای منگنز (Mn)	محتوای آهن (Fe)
کمبود (deficiency)	۱	۷/۹۲۶**	۱۹/۱۰۱**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۸**	۰/۰۳۰**	۰/۰۹۰**
محلول‌پاشی (Spraying)	۶	۱/۲۷۹**	۶/۲۰۱**	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۸**	۱/۵۴۵**
کمبود×محلول‌پاشی deficiency× Spraying	۶	۰/۵۷۹**	۲/۹۷۳**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۵**	۱/۴۹۶**
خطا	۲۸	۰/۰۰۷	۰/۰۲۴	۸/۳۱۷E$^{-۵}$	۴/۴۳۴E$^{-۶}$	۲/۶۳۳E$^{-۵}$	۰/۰۰۶

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ns غیر معنی‌دار

جدول ۴. نتایج آنالیز واریانس اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای عناصر غذایی خاک گیاه پونه تحت کمبود فسفر

منبع تغییرات	درجه آزادی	محتوای فسفر (P)	محتوای نیتروژن کل (Total N)	محتوای روی (Zn)	محتوای مس (Cu)	محتوای منگنز (Mn)	محتوای آهن (Fe)
کمبود (deficiency)	۱	۱۶۰/۱۰۸**	۰/۰۰۰**	۷/۰۹۱**	۰/۳۱۴**	۴/۴۹۹**	۲/۵۴۵**
محلول‌پاشی (Spraying)	۶	۳۵۵/۳۵۱**	۰/۰۰۰**	۱۱/۴۲۵**	۱۲/۰۲۵**	۰/۵۰۹**	۳/۳۴۷**
کمبود×محلول‌پاشی deficiency× Spraying	۶	۴۹۴/۷۴۶**	۰/۰۰۰**	۱/۸۷۹**	۰/۱۸۱**	۰/۴۶۴**	۴/۶۹۶**
خطا	۲۸	۸/۳۲۲	۳/۹۷۶E$^{-۵}$	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۱۸۴

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

در تایید مطالعه حاضر غلظت فسفر در اندام هوایی و برگ گیاه فلفل نیز تحت تاثیر محلول‌پاشی سولفات آهن افزایش یافت (Roosta and Mohsenian, 2012). دلیل افزایش فسفر را می‌توان به تاثیر کاربرد عناصر ریز مغذی که باعث افزایش رشد ریشه و جذب فسفر از مناطق (وسیع‌تر) با فاصله بیشتر می‌شود، مربوط دانست. چون فسفر عنصری غیر متحرک در خاک است. استنباط می‌شود که محلول‌پاشی گیاه با آهن و روی منجر به افزایش شدت فتوسنتز گیاه می‌شود، بنابراین کربوهیدرات بیشتری به ریشه‌ها منتقل شده، رشد و جذب عناصر غذایی توسط ریشه زیاد می‌شود و در نتیجه غلظت‌های عناصر در گیاه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر بخشی از محصولات فتوسنتزی منتقل شده به ریشه‌ها به‌وسیله آنها مصرف نمی‌شود، بلکه به بیرون از ریشه‌ها ترشح می‌شود که به شکل انواع اسیدهای آلی و کربوهیدرات‌ها در ناحیه رایزوسفر، باعث افزایش جمعیت میکروبی خاک رایزوسفر و اثر مثبت آن بر آزادسازی عناصر غذایی مختلف، همچنین تشکیل کلات با کاتیون‌های فلزی مختلف و افزایش حل‌پذیری ترکیبات P، Ca، Fe، Zn در خاک می‌شود (Marschner, 1995).

کاربرد عنصر روی به روش تغذیه برگی موجب افزایش جذب فسفر در اندام هوایی کنجد شده است (Thiruppathi *et al.*, 2001) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. افزایش غلظت فسفر بر اثر محلول‌پاشی با روی و آهن در پنبه (Sial *et al.*, 2005) و آفتابگردان (Ravi *et al.*, 2008) نیز گزارش شده است.

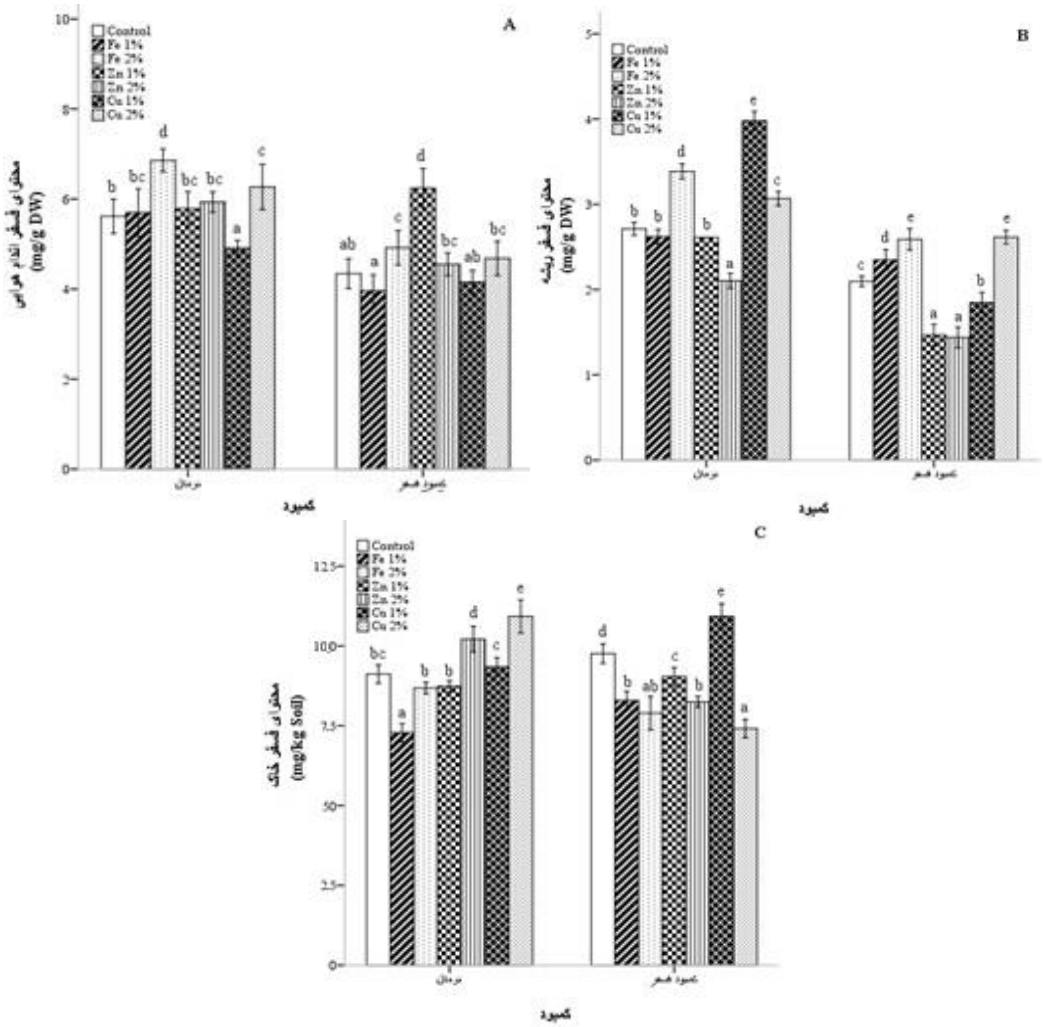
اعمال کمبود فسفر باعث کاهش معنی‌دار محتوای فسفر در ریشه گیاهان دارای کمبود فسفر نسبت به گیاهان نرمال شده است. در مطالعات گذشته نیز تنش کمبود فسفر باعث کاهش معنی‌دار جذب فسفر در اندام هوایی و ریشه کلزا شد (Nourgholipour *et al.*, 2018). تغذیه برگی گیاه پونه با آهن ۱ و ۲ درصد و مس ۲ درصد در شرایط کمبود فسفر، باعث افزایش غلظت فسفر نسبت به شاهد در ریشه گردید. با این حال تغذیه برگی با روی ۱ و ۲ درصد و مس ۱ درصد در شرایط کمبود فسفر نیز موجب کاهش غلظت فسفر در ریشه نسبت به شاهد شد. مطالعات گذشته نیز این موضوع را تایید می‌کند (Asgari Lajayer *et al.*, 2015) که نشان می‌دهد دو عنصر روی و فسفر برای جذب در سیستم ریشه با یکدیگر رقابت داشته و افزایش غلظت هر کدام در محیط ریشه سبب کاهش جذب دیگری می‌گردد. در این مورد می‌توان بیان نمود که روی از طریق اثرات ضدیتی قوی با فسفر باعث کاهش غلظت و به تبع آن جذب فسفر می‌گردد (Marschner, 2011). بیشترین تاثیر بر افزایش محتوای

www.SID.ir

Archive of SID

فسفر ریشه در گیاهان دارای کمبود فسفر مربوط به آهن ۲ درصد و مس ۲ درصد است.

محلول‌پاشی روی و مس ۲ درصد باعث افزایش میزان فسفر در خاک گیاهان نرمال نسبت به شاهد شد، ولی محلول‌پاشی آهن ۱ درصد باعث کاهش محتوای فسفر در خاک شد. در گیاهان با تیمار کمبود فسفر تغذیه برگی آهن، مس و روی به‌جز مس ۱ درصد باعث کاهش محتوای فسفر قابل جذب خاک گردید که با توجه به افزایش محتوای فسفر اندام هوایی در تغذیه برگی و جذب از خاک این نتیجه قابل پیش‌بینی بود.



شکل ۱. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای فسفر (P) اندام هوایی (A) و ریشه (B) گیاه پونه و خاک (C) تحت کمبود فسفر. حروف لاتین غیر مشابه روی ستون‌ها تفاوت معنی‌دار را طبق آنالیز Duncan (P<۰/۰۵) در شرایط نرمال (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط نرمال باهم) و در شرایط کمبود (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط کمبود باهم) نشان می‌دهد.

محتوای نیترات

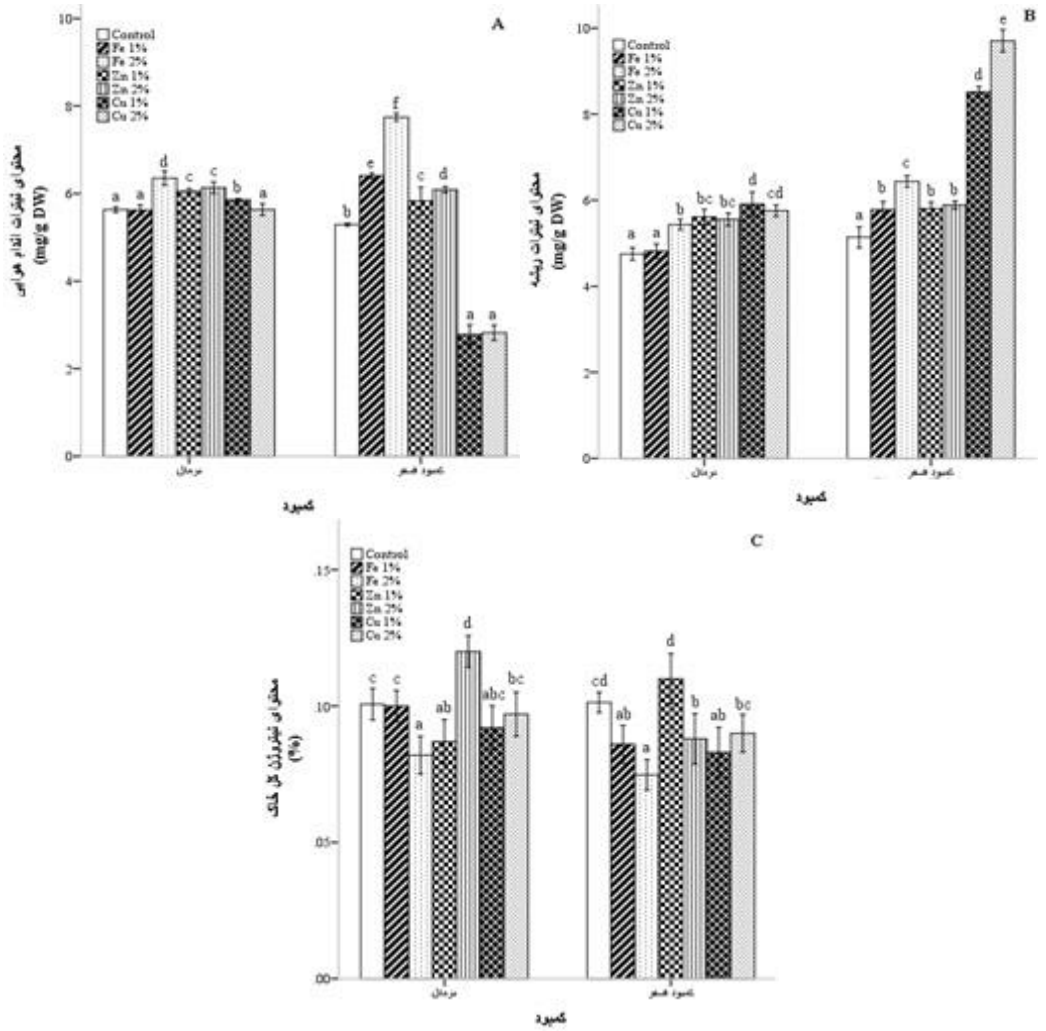
کاربرد روی و آهن به‌صورت محلول‌پاشی در شرایط کمبود فسفر، غلظت نیترات اندام هوایی و ریشه را افزایش داد، در حالی‌که تغذیه برگی مس در شرایط کمبود فسفر محتوای نیترات را در اندام هوایی کاهش و در ریشه افزایش داد. در گیاه پونه آبی بیشترین تاثیر در محتوای نیترات اندام هوایی مربوط به آهن دو درصد بود (شکل ۲)، اما در ریشه بیشترین تاثیر مربوط به محلول‌پاشی مس ۲ درصد بود. در شرایط کمبود فسفر تاثیر محلول‌پاشی بر محتوای خاکی نیتروژن معنی‌دار بود و به‌جز روی یک درصد باعث افزایش عناصر توسط گیاه و کاهش محتوای آن در خاک گردید. در گیاهان نرمال (طبیعی از نظر میزان فسفر) محلول‌پاشی روی ۲ درصد باعث افزایش محتوای نیتروژن کل در خاک نسبت به شاهد شد، در مقابل محلول‌پاشی آهن ۲ درصد و روی ۱ درصد باعث کاهش محتوای نیتروژن کل خاک گردید. افزایش محتوای نیتروژن را در حضور عناصر ریزمغذی می‌توان به تاثیر غیر مستقیم عناصر ریزمغذی بر جذب نیتروژن نسبت داد، به این صورت که گیاه با در دسترس داشتن عناصر ریزمغذی استفاده بیشتر و بهینه‌ای از نیتروژن موجود در خاک کرده است.

این نتایج در مورد گندم (*Seadh et al., 2009*) و کلزا (*Olamaei et al., 2013*) نیز گزارش شده است. در شرایط شاهد

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر محلول‌پاشی بر محتوای نیترات نسبت به کمبود کمتر بود و در بسیاری از تیمارها معنی‌دار نبود. تحت تنش فسفر جذب نیترات کاهش می‌یابد که این امر ممکن است مرتبط با سرعت کند رشد ریشه باشد (*Ameziane et al., 1997*). لذا در تحقیق فوق نیز در شرایط کمبود فسفر نسبت به شاهد، کاهش محتوای نیترات در اندام هوایی مشاهده شد. با این حال در شرایط کمبود فسفر، محتوای نیترات در ریشه و خاک بیشتر از شاهد بود که این نشان‌دهنده عدم توانایی گیاه در انتقال نیترات از ریشه و خاک به اندام هوایی است. Taylor *et al.* (2010) نیز گزارش کردند که تحت کمبود فسفر انباشتگی نیتروژن در ریشه وجود داشت که به دلیل محدودیت انتقال نیتروژن به آوند چوبی است. اما عموما کاهش محتوای نیتروژن در اندام هوایی مشاهده شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.



شکل ۲. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای نیترات (NO_3) اندام هوایی (A) و ریشه (B) گیاه پونه و خاک (C) تحت کمبود فسفر. حروف لاتین غیر مشابه روی ستون‌ها تفاوت معنی‌دار را طبق آنالیز Duncan (P<۰/۰۵) در شرایط نرمال (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط نرمال باهم) و در شرایط کمبود (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط کمبود باهم) نشان می‌دهد.

محتوای آهن

محلول‌پاشی آهن، مس ۱ درصد و روی ۲ درصد در گیاهان نرمال (طبیعی از نظر میزان فسفر) باعث افزایش محتوای آهن در اندام هوایی شد. در گیاهان تحت کمبود فسفر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به جز مس ۱ درصد، محتوای آهن اندام هوایی را نسبت به شاهد آن افزایش داد (شکل ۳). در گیاهان نرمال محلول‌پاشی آهن ۲ درصد و مس ۱ درصد باعث افزایش محتوای آهن ریشه نسبت به شاهد شد. کمبود فسفر باعث کاهش محتوای آهن نسبت به گیاهان نرمال شد. محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (آهن، مس و روی) به جز روی ۱ درصد باعث بالا رفتن میزان آهن ریشه نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی با آهن و ترکیب آهن و روی باعث افزایش غلظت آهن در برگ سیاه‌دانه شد (Mousa *et al.*, 2003) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت. همچنین در مطالعه‌ای دیگر محتوای آهن اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت

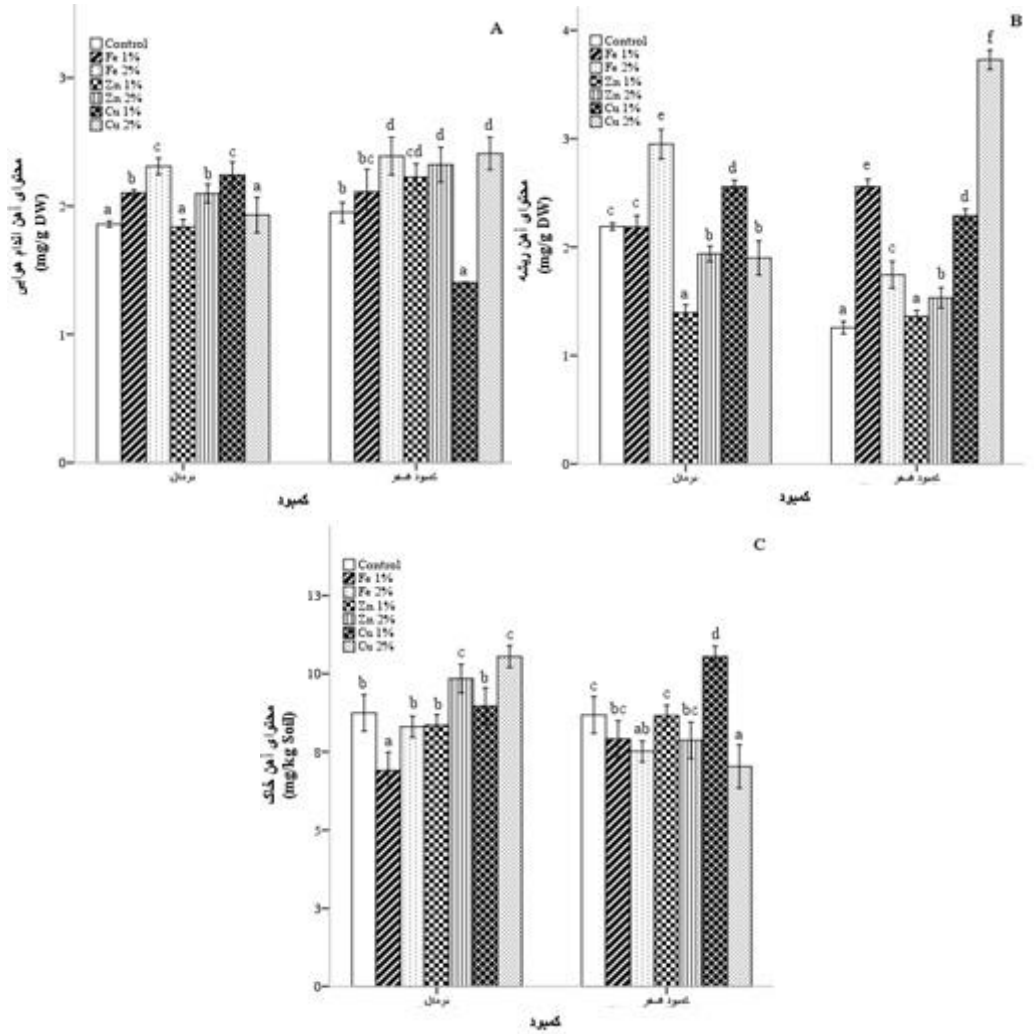
www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر کاربرد برگی سولفات آهن قرار گرفت و محتوای آهن اندام هوایی بیشتر از ریشه در گیاه فلفل افزایش یافت که احتمالا مربوط به تمایل بیشتر برگ‌ها به جذب یون سولفات بود (Roosta and Mohsenian, 2012). در مطالعه حاضر افزایش محتوای آهن نسبت به گیاهان شاهد در ریشه و بخصوص در شرایط کمبود فسفر بیشتر بود.

محلول‌پاشی روی و مس ۲ درصد، محتوای آهن خاک را در گیاهان نرمال از نظر میزان فسفر نسبت به شاهد افزایش داد. تیمارهای محلول‌پاشی به استثنای مس ۱ درصد باعث کاهش معنی‌دار محتوای آهن خاک در شرایط کمبود نسبت به شاهد شد.

Mohammadi pour *et al.* (2013) و Pahlavan Rad *et al.* (2008) به‌ترتیب در مورد سوسن و گندم افزایش محتوای آهن در اندام هوایی و ریشه را با محلول‌پاشی آهن گزارش نموده‌اند. *Moghimi pour et al. (2016)* نیز چنین نتیجه‌ای در مورد روی در ریحان گزارش کردند. لذا روش محلول‌پاشی روش مناسبی برای جبران عناصر کم‌مصرف آهن، روی و مس است. در تحقیقی دیگر محلول‌پاشی آهن یک روش موثرتر برای جبران کمبود آهن نسبت مصرف به خاکی گزارش شده است (*Mortvedt et al., 1972*).



شکل ۳. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای آهن (Fe) اندام هوایی (A) و ریشه (B) گیاه پونه و خاک (C) تحت کمبود فسفر. حروف لاتین غیر مشابه روی ستون‌ها تفاوت معنی‌دار را طبق آنالیز Duncan (P<۰/۰۵) در شرایط نرمال (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط نرمال باهم) و در شرایط کمبود (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط کمبود باهم) نشان می‌دهد.

محتوای روی

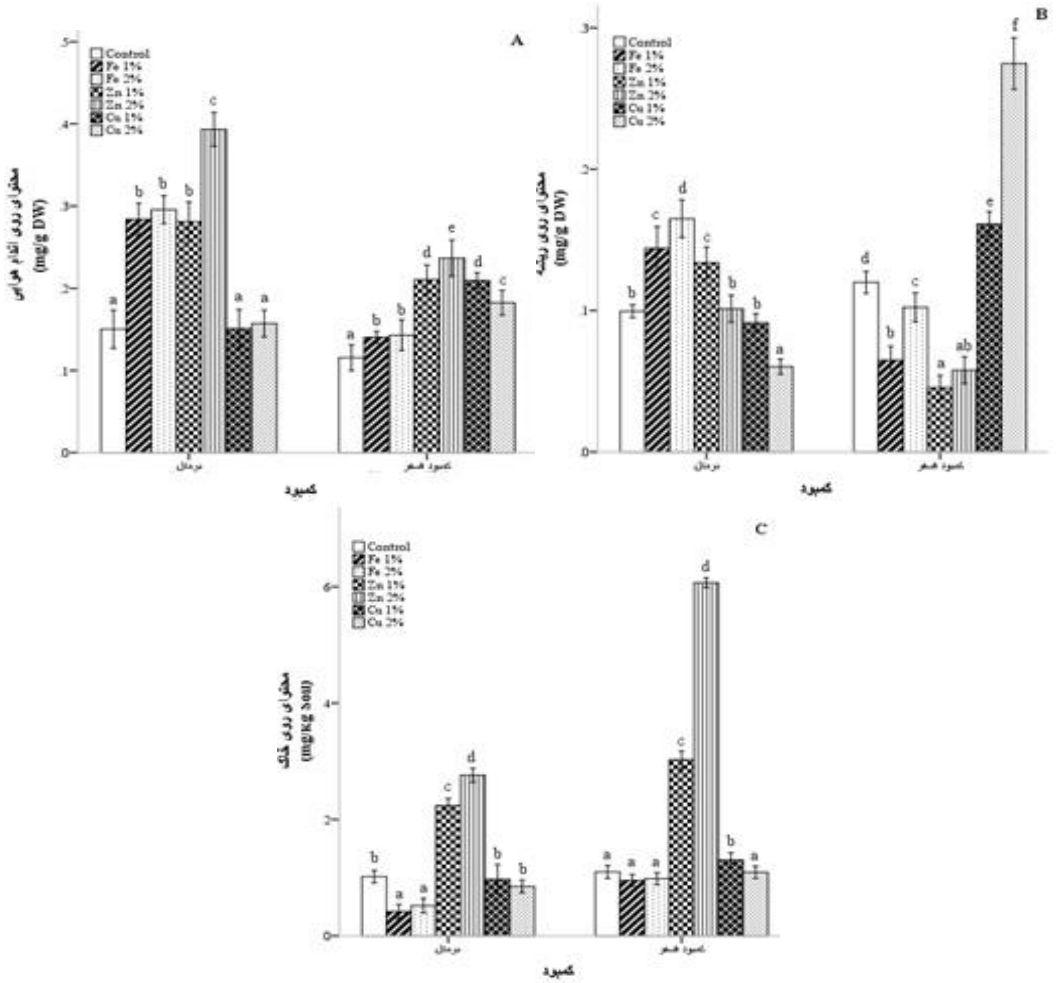
اعمال تیمار کمبود فسفر باعث کاهش محتوای روی اندام هوایی در گیاه پونه شد. در گیاهان نرمال (طبیعی از نظر میزان فسفر) محلول‌پاشی عناصر آهن و روی باعث افزایش محتوای روی اندام هوایی نسبت به شاهد شد. در گیاهان پونه تحت کمبود فسفر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (آهن، مس و روی) باعث افزایش محتوای روی اندام هوایی نسبت به شاهد شد و بیشترین تاثیر مربوط به Zn 2% بود (شکل ۴). در گیاهان نرمال محلول‌پاشی آهن ۱ و ۲ درصد و روی ۱ درصد باعث افزایش محتوای روی ریشه نسبت به شاهد شد. در تایید مطالعه حاضر گزارش‌های قبلی

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داد که محلول‌پاشی با روی باعث افزایش غلظت روی در گیاهان گندم (Pahlavan Rad *et al.*, 2008) و پنبه (Sial *et al.*, 2005) شد. در گیاهان تحت کمبود فسفر محلول‌پاشی عنصر مس باعث افزایش محتوای روی ریشه نسبت به شاهد آن شد. محلول-پاشی روی در گیاهان نرمال از نظر میزان فسفر محتوای روی در خاک را افزایش داد، در حالی‌که محلول‌پاشی آهن باعث کاهش آن نسبت به شاهد شد. در گیاهان تحت کمبود فسفر محلول‌پاشی روی ۱ و ۲ درصد و مس ۱ درصد محتوای روی را نسبت به شاهد افزایش داد. در تایید مطالعه حاضر در مطالعه‌ای دیگر با کاربرد خاکی مس و روی جذب این عناصر هم در ریشه و هم در اندام هوایی افزایش یافت (Asgari Lajayer *et al.*, 2015).

محققان به برهمکنش منفی بین دو عنصر مس و روی اشاره کرده‌اند که این پدیده ممکن است به دلیل رقابت برای اشغال مکان‌های حمل کننده یکسان صورت گیرد (Zhang, 1993). در تحقیق حاضر محلول‌پاشی مس و آهن محتوای روی را در اندام هوایی تحت شرایط تنش فسفر افزایش داد. در ریشه و خاک تغذیه برگی آهن محتوای روی را تحت شرایط کمبود فسفر کاهش داد، در شرایط شاهد و طبیعی از نظر میزان فسفر تاثیر تغذیه برگی آهن بر افزایش محتوای روی ریشه و اندام هوایی معنی‌دار بود، اما محلول‌پاشی مس باعث کاهش محتوای روی ریشه شد که دلیل آن را می‌توان به برهم‌کنش منفی بین مس و روی نسبت داد که با تحقیق Öncel و همکاران (2000) مطابقت دارد. کمبود فسفر باعث افزایش محتوای روی ریشه نسبت به شاهد شد که دلیل آن را می‌توان به ترشح برخی مواد از ریشه گیاه پونه به خاک به منظور کاهش اثرات کمبود دانست که باعث افزایش حلالیت عناصر میکرو به خصوص روی، مس و منگنز می-شود.



شکل ۴. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای روی (Zn) اندام هوایی (A) و ریشه (B) گیاه پونه و خاک (C) تحت کمبود فسفر. حروف لاتین غیر مشابه روی ستون‌ها تفاوت معنی‌دار را طبق آنالیز Duncan (P<۰/۰۵) در شرایط نرمال (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط نرمال باهم) و در شرایط کمبود (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط کمبود باهم) نشان می‌دهد.

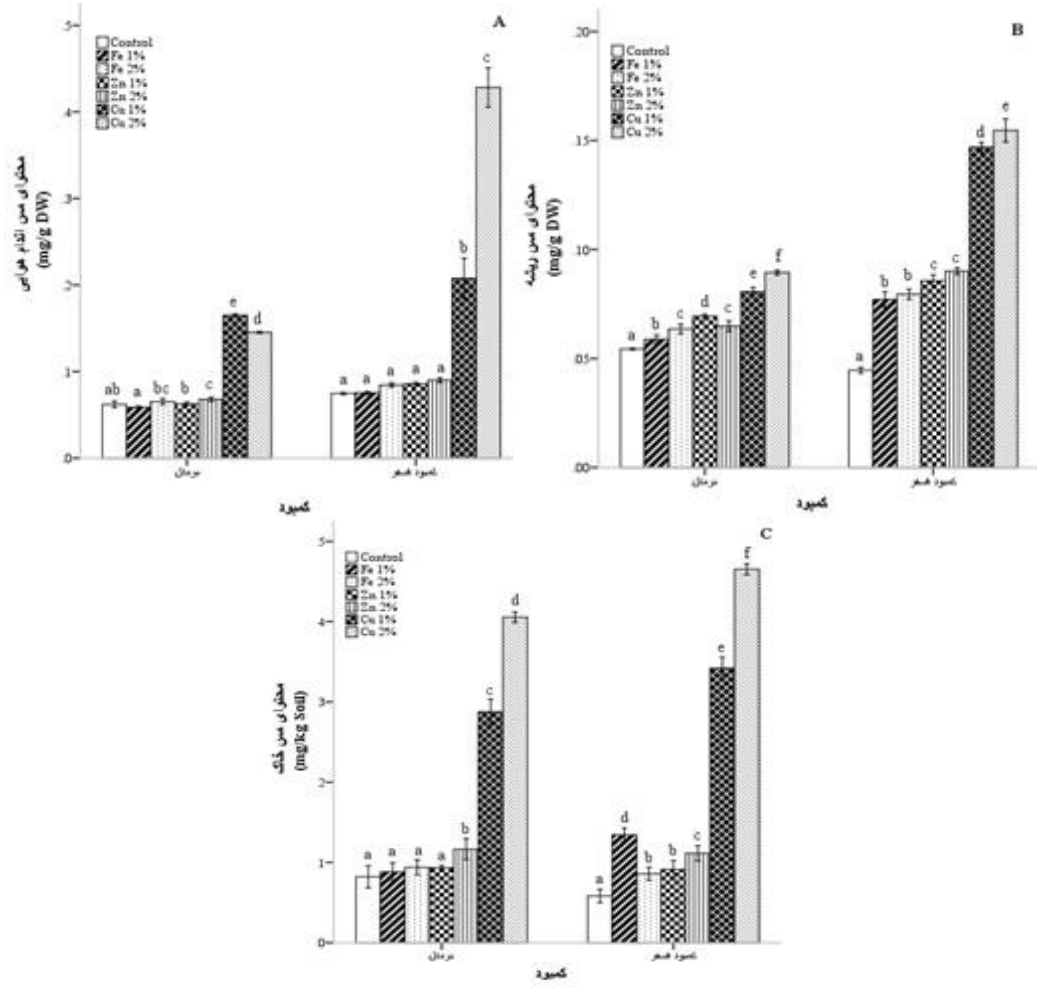
www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2019.269179.668049 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱، فروردین ۱۳۹۹ (ص ۱۴۹-۱۳۵)

محتوای مس

محلول‌پاشی مس هم در گیاهان نرمال و هم تحت تیمار کمبود فسفر باعث افزایش محتوای مس اندام هوایی نسبت به شاهد شد، اثر محلول‌پاشی مس در گیاهان تحت کمبود فسفر بیشتر از گیاهان نرمال بود (شکل ۵). محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (آهن، مس و روی) باعث افزایش محتوای مس ریشه نسبت به شاهد در گیاهان بدون کمبود مس شده است. اعمال تیمار کمبود فسفر باعث کاهش محتوای مس ریشه نسبت به گیاهان نرمال شد. در گیاهان تحت کمبود فسفر تاثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بیشتر از گیاهان نرمال بود و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی تاثیر معنی‌داری بر افزایش محتوای مس در این گیاهان نسبت به شاهد داشت. اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر محتوای مس در اندام هوایی چه در شرایط نرمال و چه در شرایط کمبود فسفر معنی‌دار نبود، در حالی‌که تاثیر آن‌ها در ریشه معنی‌دار بود و باعث افزایش محتوای مس گردید. در تایید مطالعه حاضر Roosta and Mohsenian (2012) گزارش کردند که محتوای مس و روی اندام هوایی در گیاه فلفل به‌طور معنی‌داری با محلول‌پاشی برگی آهن افزایش یافت. احتمالا برهمکنش مس با روی و آهن مانع از انتقال مس از ریشه به اندام‌های هوایی شده است.

در گیاهان نرمال محلول‌پاشی مس ۱ و ۲ درصد و روی ۲ درصد باعث افزایش محتوای مس خاک نسبت به شاهد شد. تیمار کمبود فسفر باعث کاهش محتوای مس خاک نسبت به گیاهان نرمال از نظر میزان فسفر شد. در گیاهان تحت تیمار کمبود فسفر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، مس و روی باعث افزایش محتوای مس خاک نسبت به شاهد شد که بیشترین اثر مربوط به محلول‌پاشی مس ۲ درصد بود. استفاده از مس به‌صورت محلول-پاشی باعث افزایش مس اندام هوایی و افزایش عملکرد گردید (*Lotfoelahi, 2003*). همچنین کاربرد مس به‌صورت محلول پاشی باعث افزایش مس در دانه و اندام هوایی شد (Bron *et al.*, 2003).



شکل ۵. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای مس (Cu) اندام هوایی (A) و ریشه (B) گیاه پونه و خاک (C) تحت کمبود فسفر. حروف لاتین غیر مشابه روی ستون‌ها تفاوت معنی‌دار را طبق آنالیز Duncan (P<۰/۰۵) در شرایط نرمال (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط نرمال باهم) و در شرایط کمبود (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط کمبود باهم) نشان می‌دهد.

www.SID.ir

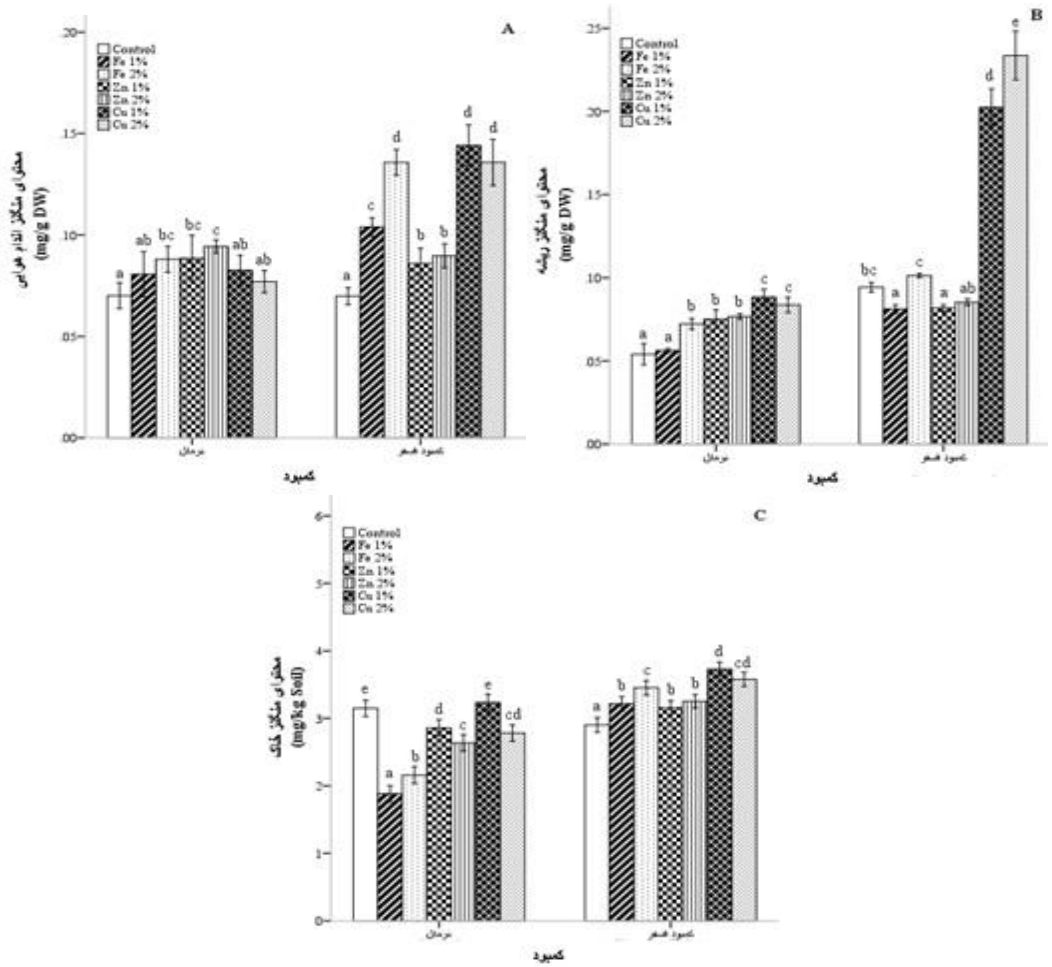
Archive of SID

محتوای منگنز

اسپری روی، مس، و آهن باعث افزایش معنی‌دار محتوای منگنز در اندام هوایی گیاهان شاهد و تحت کمبود گردید. در ریشه گیاهان نرمال محتوای منگنز با هر سه نوع محلول‌پاشی افزایش یافت، ولی در شرایط کمبود فسفر فقط محلول‌پاشی مس محتوای منگنز را افزایش داد (شکل ۶). محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به جز آهن ۱ درصد باعث افزایش محتوای منگنز ریشه در گیاهان بدون کمبود فسفر نسبت به شاهد شده است، بیشترین تاثیر افزایش محتوای منگنز مربوط به محلول‌پاشی مس است. در گیاهان تحت کمبود فسفر محلول‌پاشی مس افزایش محتوای منگنز ریشه نسبت به شاهد را دربرداشت که بیشترین تاثیر مربوط به محلول‌پاشی مس ۲ درصد است. همچنین محتوای منگنز ریشه در گیاه پونه تحت کمبود فسفر افزایش یافت که با گزارش Chrysargyris *et al.* (2016) در مورد گیاه اسطوخودوس مطابقت داشت.

در گیاهان طبیعی از نظر میزان فسفر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به جز مس ۱ درصد، باعث کاهش محتوای منگنز خاک شده است. محتوای منگنز خاک در شرایط کمبود نسبت به شاهد افزایش نشان داد که می‌تواند ناشی از ترشح برخی متابولیت‌ها توسط گیاه پونه برای مقابله با شرایط کمبود باشد که باعث حلالیت برخی از ترکیبات منگنز در خاک شده است، این مسئله در مورد محتوای مس و روی نیز صادق است. همچنین دلیل دیگر افزایش محتوای منگنز در شرایط کمبود فسفر اثر ضدیت بین فسفر و منگنز است، چون در شرایط کمبود فسفر جذب منگنز نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد که با مطالعات گذشته (Malakoti and Homaei, 2004) مطابقت دارد.

Yassen *et al.* (2010) افزایش جذب عناصر از خاک را از فواید محلول‌پاشی عنوان می‌کنند که نتایج مطالعه حاضر را هم در گیاهان نرمال و هم تحت کمبود فسفر تایید می‌کند.



شکل ۶- اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر محتوای منگنز (Mn) اندام هوایی (A) و ریشه (B) گیاه پونه و خاک (C) تحت کمبود فسفر. حروف لاتین غیر مشابه روی ستون‌ها تفاوت معنی‌دار را طبق آنالیز Duncan (P<۰/۰۵) در شرایط نرمال (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط نرمال باهم) و در شرایط کمبود (مقایسه تیمارهای محلول‌پاشی در شرایط کمبود باهم) نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جداول (۵ تا ۷) نتایج مقایسه گروهی (اورتوگونال) اثر ریزمغذی‌ها بر محتوای عناصر غذایی را در اندام هوایی، ریشه و خاک گیاه پونه نشان می‌دهند. جدول (۵) نشان می‌دهد بین محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها و شاهد در محتوای روی و منگنز اندام هوایی و محتوای نیترات و مس ریشه در سطح ٪۱ تفاوت معنی‌دار وجود داشت. مقایسه محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها با شاهد و باهمدیگر نشان می‌دهد به جز محلول‌پاشی مس با شاهد در اندام هوایی و محلول‌پاشی آهن با شاهد در ریشه، تفاوت در محتوای نیترات در سایر موارد معنی‌دار بود. همچنین بین محلول‌پاشی روی در مقابل شاهد، آهن در مقابل روی و روی در مقابل مس در محتوای فسفر ریشه تفاوت معنی‌دار وجود داشت. همچنین مقایسه گروهی نشان می‌دهد تفاوت بین گروه‌ها در محتوای روی و منگنز اندام هوایی و محتوای مس و آهن ریشه و همین‌طور محتوای روی و مس خاک در اغلب موارد معنی‌دار بود.

جدول ۵. مقایسه اورتوگونال اثر ریزمغذی‌ها بر محتوای عناصر غذایی اندام هوایی گیاه پونه

مقایسه			میانگین	مربعات		
	محتوای فسفر	محتوای نیترات	محتوای روی	محتوای مس	محتوای منگنز	محتوای آهن
محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها *vs* شاهد	۱/۹۷۵	۶/۱۹۴	۰/۰۲۱**	۰/۱۹۶	۰/۰۰۱**	۰/۱۶۷
محلول‌پاشی آهن *vs* شاهد	۲/۴۲۸	۳/۸۹۷**	۰/۰۱۴*	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳**	۰/۳۵۱**
محلول‌پاشی روی *vs* شاهد	۱/۷۳۱	۰/۶۸۲**	۰/۰۵۱**	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱**	۰/۱۷۹*
محلول‌پاشی مس *vs* شاهد	۱/۳۳۶	۲/۸۳۹	۰/۰۰۴*	۰/۳۲۷*	۰/۰۰۳*	۰/۰۹۴
محلول‌پاشی آهن *vs* روی	۲/۳۴۶	۱/۶۱۰*	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۰۵
محلول‌پاشی آهن *vs* مس	۲/۵۴۲	۱۱/۲۸۰**	۰/۰۰۴	۰/۲۹۴**	۰/۰۰۱	۰/۲۰۴
محلول‌پاشی روی *vs* مس	۲/۲۶۸*	۶/۱۹۰**	۰/۰۲۷**	۰/۲۸۶**	۰/۰۰۱	۰/۰۹۸

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns غیر معنی‌دار

vs به معنای در مقابل است و نشان می‌دهد که کدام ریزمغذی‌ها در مقابل یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ۶. مقایسه اورتوگونال اثر ریزمغذی‌ها بر محتوای عناصر غذایی ریشه گیاه پونه

مقایسه			میانگین	مربعات		
	محتوای فسفر	محتوای نیترات	محتوای روی	محتوای مس	محتوای منگنز	محتوای آهن
محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها *vs* شاهد	۱/۲۷۹	۶/۲۰۱**	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۸	۱/۵۴۳
محلول‌پاشی آهن *vs* شاهد	۰/۶۰۱	۱/۵۱۴*	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱	۰/۷۵۳*
محلول‌پاشی روی *vs* شاهد	۰/۶۰۸*	۱/۱۸۶**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰	۰/۲۵۱
محلول‌پاشی مس *vs* شاهد	۰/۴۵۴	۱۳/۱۸۳**	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹**	۰/۰۱۲*	۱/۹۱۳*
محلول‌پاشی آهن *vs* روی	۱/۷۰۹**	۰/۴۲۶	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۳۱۷**
محلول‌پاشی آهن *vs* مس	۰/۲۹۹	۷/۵۶۳**	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵**	۰/۰۱۲**	۰/۳۴۴
محلول‌پاشی روی *vs* مس	۱/۹۶۹**	۶/۴۵۱**	۰/۰۱۰*	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۱**	۲/۵۸۰**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns غیر معنی‌دار

vs به معنای در مقابل است و نشان می‌دهد که کدام ریزمغذی‌ها در مقابل یکدیگر مقایسه شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسه اورتوگونال اثر ریزمغذی‌ها بر محتوای عناصر غذایی خاک گیاه پونه

مقایسه	میانگین		مربعات		
	محتوای فسفر	محتوای نیتروژن کل	محتوای روی	محتوای مس	محتوای منگنز	محتوای آهن
محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها *vs* شاهد	۳۵۵/۳۵۱	۰/۰۰۰	۱۱/۴۲۵*	۱۲/۰۲۵**	۰/۵۰۹	۳/۳۴۷
محلول‌پاشی آهن *vs* شاهد	۴۳۰/۴۴۲**	۰/۰۰۱**	۰/۲۳۷*	۰/۲۵۲**	۰/۳۳۸	۲/۶۰۳**
محلول‌پاشی روی *vs* شاهد	۴۶/۸۸۲	۰/۰۰۰	۱۶/۹۲۶**	۰/۲۸۸**	۰/۰۱۱	۰/۱۸۷
محلول‌پاشی مس *vs* شاهد	۱۴۹/۰۹۹	۰/۰۰۰*	۰/۰۴۲	۲۰/۷۷۷**	۰/۳۲۵	۲/۰۲۷
محلول‌پاشی آهن *vs* روی	۲۴۵/۶۶۳**	۰/۰۰۱**	۱۸/۹۳۰**	۰/۰۹۴	۰/۲۴۷	۲/۴۶۳**
محلول‌پاشی آهن *vs* مس	۶۳۹/۷۳۱**	۰/۰۰۰	۰/۲۵۹**	۱۶/۵۸۲**	۱/۰۱۰*	۶/۳۹۵**
محلول‌پاشی روی *vs* مس	۱۷۵/۷۵۳	۰/۰۰۰	۱۵/۳۹۹**	۱۶/۲۹۷**	۰/۳۴۸*	۱/۷۵۹

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ns غیر معنی‌دار

vs به معنای در مقابل است و نشان می‌دهد که کدام ریزمغذی‌ها در مقابل یکدیگر مقایسه شده‌اند.

نتیجه‌گیری

تغذیه برگی آهن، روی و مس باعث افزایش معنی‌دار ($P<0/05$) جذب عناصر غذایی در گیاه پونه در شرایط کمبود فسفر شد. نتایج مقایسه گروهی نشان داد که اثر ریزمغذی‌ها بر محتوای عناصر غذایی در اندام هوایی و ریشه گیاه پونه نسبت به شاهد و نسبت به یکدیگر در اغلب موارد معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی برگی کودها تغذیه گیاه را تحت کمبود فسفر بهبود می‌بخشد و با ترشح برخی مواد به ناحیه ریزوسفر باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در گیاه شده و اثرات سوء ناشی از کمبود فسفر را در گیاه پونه کاهش می‌دهد، همچنین کاهش به کارگیری کودهای شیمیایی در خاک مانع آلودگی خاک و انباشت کودهای شیمیایی در خاک می‌شود.

REFERENCES

Ameziane, R., Cassan, L., Duffosse, C., Ruffy, T. W. and Limami, A. M. (1997). Phosphate availability in combination with nitrate availability affects root yield and chicon yield and quality of Belgain endive (Cicorium intybus). Plant and Soil, 191, 269-277.

Asgari Lajayer, H. Savaghebi Firoozabadi, G. R. Motesharezadeh, B. and Hadiyan, J. (2015). Change in uptake of micronutrient and macronutrient in pennyroyal (Mentha pulegium L.) at greenhouse condition under copper and zinc application. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 5(2), 197-210.

Auld, D. S. (2001). Zinc coordination sphere in biochemical zinc sites. Biometals. 14, 271–313.

Bremner, J. M. (1965). Inorganic forms of nitrogen. In C.A. Blank (Ed.). Methods of soil analysis, (Part. 2). (pp. 1179–1232). ASA and SSSA, Wisconsin: Madison.

Bron, J. C., Amblers, J. E., change, R. L. and Foy, C. D. (2003). Differential response of plant genotype to micronutrients. In J. Mortvedt *et al* (Ed.). Micronutrients in an agriculture soil science society of America in corporation, (NO. 2). (pp. 389-418). Wisconsin: Medison.

Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E. and Youngs, V. L. (1975). Rapid colorimetric determination in plant tissues by nitration of salisylic acid. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 6, 71–80.

Chrysargyris, A., Panayiotou, C. and Tzortzakis N. (2016). Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (Lavandula angustifolia Mill.). Industrial Crops and Products, 83, 577-586.

Esmaeili, A., Rustaiyan, A., Masoudi, S. and Nadji, K. (2006). Composition of the Essential Oils of Mentha aquatica L. and Nepeta meyeri Benth from Iran. Journal of Essential oil Research, 18(3), 263-265.

Gee, G. W. and Baulder, J. W. (1986). Particle- size analysis. In C.A. Blank (Ed.). Methods of soil analysis, (Part. 1). (pp. 383-411). ASA and SSSA, Wisconsin: Madison.

Gupta, V. K. and Singh, B. (1985). Residual effect of zinc and magnesium on maize crop. Journal of the Indian Society of Soil Science, 23, 204 -207.

Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Moller, I. and White, P. (2012). Functions of macronutrients. In H. Marschner (Ed.). Mineral nutrition of higher

www.SID.ir

Archive of SID

plants, (No. 2). (pp. 135-189)..Academic Press: London.

Hoagland, D. R. and Arnon, D. I. (1950). The water culture method for growing plant without soil. University of California Berkley Press, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, p. 347.

Jacob, J. and Lawlor, D.W. (1992). Dependence of photosynthesis of sunflower and maize on phosphate supply, ribulose-1, 5-biphosphate carboxylase/ oxygenase activity, and ribulose1,5-biphosphate pool size. Plant Physiol. 98: 801–807.

Jamzad, Z. (2012). Iran flora (Lamiaceae family). Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR): Iran. (In Farsi)

Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1979). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society American Journal, 42, 421–428.

Lotfollahi, M. (2003). The role of micronutrients in increasing yield and micronutrients with a large impact. Soil Science Department, Tarbiat Modarres University Press, Tehran, Iran. (In Farsi)

Malakoti, M. J. and Homaei, M. (2004). The Arid Soil Fertility "Solve Problems and Ways". Second edition. Tarbiat Modarres University Press.

Malakouti, M. J. and Tehrani, M. M. (1999). The role of micronutrients on increasing the yield and quality of agricultural products. Tarbiat Modarres University Press, Tehran, Iran. (In Farsi)

Marrin, M. Koko, V., Duletic-Lausevic, S., Marin, P. d., Rancic, D. and Dajic-Stevanovi, C. (2007). Glandular trichomes on the leaves of Rosmarinus officinalis: morphology, stereology and histochemistry. South African Journal of Botany, 72, 378–382.

Marschner, H. (1986). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.

Marschner, H., (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition, Academic Press. Harcourt Brace and Company, Publishers, London, pp. 347-364.

Marschner, H. (2011). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York, p. 899.

McLean, E.O. (1982). Soil pH and Lime requirement. In. C. A. Blank (Ed.). Methods of soil analysis, (Part 2). (pp. 199-224). ASA and SSSA, Wisconsin: Madison.

Moghimi pour, Z., Mahmoudi Sourestani, M. and Alamzadeh Ansari, N. (2016). The influence of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on morphological traits of holy basil (Ocimum sanctum), indices and photosynthetic pigments. Journal of Horticultural Science, 2, 242-250. (In Farsi)

Mohammadi pour, R., Sedaghathoor, S. and Mahboub Khomami, A. (2013). Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of Spathyphyllum illusion. Iranian Journal of Horticulture Science Technology, 3(1), 232-240.

Mortvedt, G. G., Giordana, P. M. and Lindsay, W. L. (1972). Micronutrients in agriculture. Soil Science Society of American, Madison: Willey.

Movahhedy-Dehnavi, M., Modarres Sanavy, S. A. and Mokhtassi Bidgoli, A. (2009). Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (Carthamus tinctorius L.) grown under water deficit stress. Industrial Crop Production, 30(1), 82-92.

Mousa, G. T., El-Sallami, I. H. and Ali, E. F. (2003). Response of Nigella sativa L. to foliar application of gibberellic acid, benzyladenine, iron and zinc. Assist Journal of Agricultural of Science, 32, 141-156.

Murphy, J. and Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica, 27, 31-36.

Nourgholipour, F., Mirseyed Hosseini, H., Tehrani, M.M., Motesharezadeh, B. and Moshiri, F. (2018). Response to phosphorus deficiency stress among winter rapeseed (Brassica napus L.) cultivars. Iranian Journal of Soil and Water Research, 94(3), 515-525.

Olamaei, V., Ronaghi, A. M., Karimian, N. A., Yasrebi, J., Hamidi, R. and Tavajjoh, M. (2013). Comparison of yield, yield components and seed quality (oil and protein content) of two rapeseed cultivars as affected by different levels of soil-applied nitrogen and zinc. Journal of Science and Technology Greenhouse Culture, 4(16), 83-98. (In Farsi)

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. Government Print Office: Washington.

Öncel, I., Keleş, Y. and Üstün, A. (2000). Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. Environmental Pollution, 107(3), 315-320.

Pahlavan Rad, M., Keykha, G. and Naroui Rad, M. (2008). Effects of application of Zn, Fe and Mn on yield, yield components, nutrient concentration and absorption in wheat grain. Pajouhesh and Sazandegi, 79, 142-150. (In Farsi)

Purnomo, E. and Black, A. S. (1994). Phosphorus fertilizer as affected by time and method of application in soil with acidic subsurface layer. Fertilizer Research, 39, 77-82.

Ravi, S., Channal, H. T., Hebsur, N. S., Patil, B. N. and Dharamtti, P. R. (2008). Effect of sulfur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (Carthamus tinctorius L.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 21, 382-385.

Roades, J. D. (1990). Soluble salts. In C. A. Blank (Ed.). Methods of soil analysis. (Part. 2). (pp. 167-179). ASA and SSSA, Wisconsin: Madison.

Roosta, H. and Mohsenian Y. (2012). Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (Capsicum annum L.) plants in aquaponic system. Scientia Horticulturae, 146,182–191.

www.SID.ir

Archive of SID

Salim, N. 2000. Symptoms of nutrient deficiency in fruit trees. Management of Agricultural Promotion, First Edition. 10-13p.

Seadh, S. E., El-Abady, M. I., El-Ghamry, A. M. and Farouk, S. (2009). Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. Journal Biological Sciences, 9(8), 851-858.

Sial, N. B., Rajpar, I. and Solangi, S. (2005). Effects of foliar application of Zn on growth, yield and fiber characters of two cotton (Gossypium Hirsutum L.) varieties. Pakistan Journal of Agricultural Engineering and Veterinary Sciences, 21, 11-16.

Taylor, M. D., Nelson, P. V., Frantz, J. M. and Rufty, T. W. (2010). Phosphorus deficiency in pelargonium: effects on nitrate and ammonium uptake and acidity generation. Journal of Plant Nutrition, 33, 701-712.

Thiruppathi, M. K., Thanunathan, K., Ganapathy, M., Prakash, M. and Imayavaramban, V. (2001). Nutrient uptake and quality characters of sesame (Sesam unindicum L.) as influenced by micronutrients, biofertilizer and phytohormones. Sesame and Safflower News, 16, 51-56.

Walker, R. R., Blackmore, D. H., Clingeleffer, P. R. and Correll, R. L. (2004). Rootstock effects on salt tolerance of irrigated field-grown grapevines (Vitis vinifera L. cv. Sultana) 2. Ion concentrations in leaves and juice. Australian Journal of Grape and Wine Research, 10, 90-99.

Walkley, A. and Black, L. A. (1934). Examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid titration method. Journal of Soil Science, 37, 29-38.

Yassen, A., Abou El-Nour, E. A. A. and Shedeed, S. (2010). Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. Journal of American Science, 6, 14-22.

Zhang, F. S. (1993). Effect of Cu deficiency on Zn uptake rate of wheat plants. Acta-Pedologica Sinica, 235, 129-134.

www.SID.ir