نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۶، ص. ۴۵۹-۴۴۹

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 2, May.-Jun. 2017, p. 449-459

توانایی دو گونه گیاهی در جذب آهن از بسترهای حاوی فلوگوپیت و موسکویت

محسن سلیمان‌زاده[۱] – حسین خادمی[۲] – مژگان سپهری[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۱

چکیده

آهن یکی از عناصر کم‌مصرف و ضروری برای گیاه می‌باشد. مقدار آهن کل خاک در بیشتر مواقع بسیار بیشتر از نیاز گیاه است، اما حلالیت کم ترکیبات آهن در بسیاری از خاک‌ها، باعث کاهش مقدار جذب این عنصر توسط گیاه و در نتیجه بروز علائم کمبود آهن در گیاه می‌شود. برخی کانی‌های میکایی مانند موسکویت و فلوگوپیت که دارای مقدار قابل توجهی آهن هستند در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران فراوان می‌باشند. این تحقیق با هدف بررسی توانایی دو گونه گیاهی (یونجه و جو) در جذب آهن ساختاری فلوگوپیت و موسکویت انجام پذیرفت. پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو نوع گیاه (یونجه و جو)، دو نوع کانی میکایی (فلوگوپیت و موسکویت) و دو نوع محلول غذایی (کامل و بدون آهن) بودند. گیاهان بوسیله آب مقطر آبیاری و توسط محلول غذایی طی دوره ۱۵۰ روزه کشت تغذیه شدند. در پایان دوره کشت بخش هوایی و ریشه گیاه برداشت و مقدار آهن عصاره‌های گیاه با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که غلظت آهن در گلدان‌های حاوی بستر کشت فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن برای هر دو گیاه یونجه و جو در محدوده کفایت قرار دارد. مقدار آهن جذب شده توسط گیاه یونجه در هر دو بستر حاوی فلوگوپیت و موسکویت و هر دو نوع محلول غذایی بیشتر از گیاه جو است.

واژه‌های کلیدی: جو، کانی‌های میکایی، یونجه

مقدمه

آهن از فلزات مهم و فراوان موجود در قسمت جامد زمین (لیتوسفر) می‌باشد. متوسط مقدار این عنصر در پوسته زمین حدود ۵ درصد است. آهن در خاک‌های معدنی عمدتاً به فرم اکسید و هیدروکسیدهای دانه‌ای کوچک و یا به صورت پوششی بر روی سطح مواد معدنی خاک وجود دارد. همچنین این عنصر در خاک‌های آلی به صورت کلات با مواد آلی وجود دارد (۱۱). وجود مقدار آهن کافی در گیاه برای سلامت گیاه و ذخیره عناصر غذایی برای انسان‌ها و حیوانات ضروری می‌باشد. آهن بخش تکمیل‌کننده ساختمان بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت[۴] است و یا در فعال‌سازی آنها نقش دارد (۱۱ و ۱۴). این عنصر جزء ساختار سیتوکروم‌ها[۵]، فردوکسین‌ها[۶] و لگ‌هموگلوبین[۷]ها می‌باشد و در بسیاری از فعالیت‌های حیاتی گیاه از قبیل فتوسنتز، تنفس و تثبیت مولکولی نیتروژن شرکت می‌کند. آهن در ساختمان پروتئین‌های هِم[۸] که پیش‌نیاز ساخت کلروفیل می‌باشند نیز وجود دارد (۱۴ و ۲۳). مقدار آهن موجود در گیاه متغیر است و همواره به توانایی گیاه در جذب آهن بستگی ندارد و گاهی اوقات با توجه به شرایط خاک، آب، هوا و سن گیاه تغییر می‌کند. به طور کلی گیاهان خانواده لگومینوز بیشترین مقدار آهن را در بین گیاهان جذب می‌کنند. اگر آهن قابل دسترس در خاک فراوان باشد گیاه بیش از مقدار مورد نیاز خود آهن جذب می‌کند. کمبود آهن سبب بروز نشانه‌های زردبرگی (کلروز[۹]) می‌شود و از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی سرتاسر جهان می‌باشد (۳ و ۱۴). کمبود آهن در اغلب مناطق کشاورزی دنیا شایع است و با افزایش واکنش و آهک خاک تشدید می‌شود (۶).

گیاهان در انحلال مواد معدنی موجود در خاک و تغییر

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: (Email: sepehri@shirazu.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v31i3.40267

4- Antioxidant
5- Cytochromes
6- Ferredoxins
7- Leghemoglobin
8- Hem-proteins
9- Chlorosis

Archive of SID
www.SID.ir

ویژگی‌های شیمیایی محلول خاک نقش دارند. این عمل عمدتاً در افق‌های بالایی خاک و در فاصله چند میلیمتری اطراف ریشه اتفاق می‌افتد. هوادیدگی مواد معدنی در محیط ریزوسفر که بسیار متاثر از pH این محیط می‌باشد، بسیار سریعتر از محیط خاک اطراف می‌باشد. گیاهان از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای خود به طور فیزیکی باعث خرد شدن ذرات مواد معدنی و در نتیجه فراهم آوردن سطح جدیدی برای هوادیدگی می‌شوند. همچنین با تولید اسیدهای آلی و پرتون مستقیماً بر هوادیدگی مواد معدنی تاثیر می‌گذارند (۴). برقرار شدن شرایط احیایی در ریزوسفر گیاهان موجب افزایش انحلال عناصرحساس به این شرایط مانند آهن می‌شود. گیاهان عمدتاً با تغییر pH، تولید کمپلکس، تغییر غلظت عناصر محلول خاک و به مقدار کمتر تاثیر بر تغییر Eh محلول خاک، در فراهم شدن شرایط هوادیدگی و آزادسازی آهن از کانی‌ها نقش دارند. ریشه‌های فعال گیاه با دفع یون‌های پروتون و هیدروکسیل، سبب تغییرpH در ناحیه اطراف ریشه می‌شوند. جیلارد و همکاران (۹) نشان دادند که pH محیط ریزوسفر گیاه بسته به وضعیت فیزیولوژیکی و عرضه مواد مغذی به گیاه می‌تواند تا ۲/۵ واحدکاهش یابد. ریشه‌ها مولکول‌های شیمیایی مختلفی با توجه به وضعیت تغذیه گیاه به ریزوسفر ترشح می‌کنند، برخی ریشه‌ها آنیون اسیدی آلی در پاسخ به کمبود فسفر و فیتوسیدرفور در شرایط کمبود آهن و روی ترشح می‌کنند (۷). وقتی گونه‌های دولپه‌ای در شرایط کمبود آهن قرار بگیرند مولکول‌های فنل از خود ترشح می‌کنند که برروی حلالیت آهن و فسفر تاثیر دارند (۲۲). به طور کلی تولید کلات آهن سه ظرفیتی از بهترین روش‌هایی است که ریشه‌های گیاهان می‌توانند آهن مورد نیاز خود را بدست آورند (۱۸ و ۲۱).

کانی‌های میکایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراوان می‌باشند و دارای نقش مهمی در تامین عناصر غذایی در طی دوره رشد گیاه می‌باشند (۱۰). مطالعات متعددی در مورد نقش این کانی‌ها در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه صورت گرفته است (۱۲ و ۱۷). لیکن اطلاعاتی در مورد امکان تامین آهن از کانی‌های میکایی که بعضاً دارای آهن قابل توجهی نیز می‌باشند وجود ندارد. لذا این مطالعه با هدف بررسی توانایی کانی‌های موسکویت و فلوگوپیت در تامین آهن مورد نیاز گیاهان یونجه و جو صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شرایط گلخانه‌ای به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو نوع کانی حاوی پتاسیم (فلوگوپیت و موسکویت)، دو نوع محلول غذایی (کامل و بدون آهن) و دو گونه گیاهی (یونجه و جو) بود. منبع آهن محلول غذایی کامل به شکل سکوسترین(FeEDDHA) می‌باشد.

جهت انجام آزمایش گلخانه‌ای که به مدت ۱۵۰ روز به طول انجامید، گیاهان مورد مطالعه در گلدان‌های ۷۰۰ گرمی حاوی مخلوط شن کوارتزی (۶۰۰ گرم)، کانی‌های میکایی (۱۸/۸۴ گرم فلوگوپیت و ۱۷/۵۴ گرم موسکویت) و کوکوپیت (یک درصد) کاشته شدند. کانی‌های میکایی و شن کوارتزی از معادن موجود در همدان تهیه گردید که به منظور بررسی ترکیب عنصری و مناسب بودن آن‌ها تجزیه عنصری فلورسانس پرتو ایکس (XRF) قبلاً انجام شده بود (۱۹) (جدول ۱). پس از حصول اطمینان از ناچیز بودن مقدار آهن در شن کوارتزی، جهت تهیه بسترکشت گیاهان از شن کوارتزی در اندازه بزرگتر از ۲۰۰ مش و کانی‌های میکایی در اندازه کوچکتر از ۱۴۰ مش استفاده شد. همچنین، جهت حذف آلودگی و ناخالصی موجود در سطوح تبادلی کانی‌های میکایی، این کانی‌ها با استفاده از محلول کلرید کلسیم ۰/۵ نرمال از کلسیم اشباع شدند، سپس کانی‌ها با آب مقطر تا زمان خارج شدن کلر اضافی شسته شدند. مقدارکانی اضافه شده به هر گلدان به گونه‌ای تنظیم شد که مقدار ۰/۳۵ درصد K_2O را تامین نماید. درچنین شرایطی، مقدار کل آهن محیط برای گلدان‌های حاوی کانی‌های موسکویت و فلوگوپیت به ترتیب ۱/۷۷ و ۴/۲۱ درصد بود. پس از کشت گیاهان (دو بوته در هر گلدان)، رطوبت گلدان‌ها در تمام دوره کشت با استفاده از آب مقطر در حد رطوبت ظرفیت مزرعه حفظ گردید. همچنین از محلول غذایی در دو نوع کامل و بدون آهن برای تغذیه گیاهان استفاده شد (۲۴).

برداشت اندام هوایی یونجه و جو به ترتیب در سه و چهار مرحله در طول دوره کشت آنها انجام شد. پس از اندازه‌گیری وزن خشک گیاه در هر مرحله، عصاره‌گیری از آن به روش خاکستر خشک (۱۳) انجام و غلظت آهن موجود در عصاره به وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین شد. همچنین، در پایان دوره آزمایش وزن خشک، غلظت و جذب کل مجموع چین‌ها محاسبه گردید. ریشه‌ها نیز در پایان دوره کشت از بسترکشت جدا و پس از شستشو با آب مقطر مشابه اندام هوایی مورد تجزیه قرارگرفتند. پ-هاش عصاره بستر گلدان‌ها نیز دو بار در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد (۶۰ و ۱۲۰ روز).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک، غلظت و جذب آهن ریشه و اندام هوایی گیاهان در جدول ۲ نشان داده شده است.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه دو گیاه یونجه و جو بر حسب گرم در گلدان به ترتیب در شکل۱-الف و ۱-ب نشان داده شده است. بیشترین زیست توده تولید شده در گیاه جو مربوط به

Archive of SID

www.SID.ir

بسترهای حاوی فلوگوپیت و موسکویت در شرایط غذیه‌ای محلول کامل می‌باشد. اما در مورد گیاه یونجه، بیشترین زیست توده اندام هوایی مربوط به بسترهای حاوی فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه عنصری کانی‌های میکایی مورد استفاده در آزمایش با استفاده از فلورسانس پرتو ایکس (درصد) (۱۹)

Table 1- Elemental analysis of micaceous minerals used in the experiment using XRF (%)

Total	LOI*	TiO_2	P_2O_5	MnO	Fe_2O_3	CaO	K_2O	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Na_2O	نوع کانی Mineral type
99.54	4.5	0.06	0.03	0.06	1.77	0.17	9.98	48.34	33.99	0.08	0.64	موسکویت Muscovite
99.63	0.9	0.56	0.037	0.11	4.21	4.12	9.29	42.24	14.6	22.54	0.45	فلوگوپیت Phlogopite

*LOI:کاهش وزن در دمای بالا

LOI: Loss on Lgnition

جدول ۲- تجزیه واریانس بر پایه میانگین مربعات وزن خشک، غلظت آهن و جذب آهن

Table 2- Analysis of variance based on mean squares of dry weight, iron concentration and uptake

جذب آهن Ironuptake		غلظت آهن Iron concentration		وزن خشک Dry matter			
اندام هوایی shoot	ریشه root	اندام هوایی shoot	ریشه root	اندام هوایی shoot	ریشه root	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.20**	0.063	144.30	3420.1*	23.34**	0.02	1	محلول غذایی Nutrient solution
1.65**	2.65**	4187.31**	192873**	71.3**	2.02**	1	کانی Mineral
1.72**	0.77**	926.90*	59351.8**	129.69**	0.49	1	گیاه Plant
0.02	0.15**	1878.50**	19751.34**	11.11**	0.11	1	محلول غذایی × گیاه Nutrient solution× Plant
0.31**	0.42**	396.3	38440.01**	4.76*	0.02		کانی × گیاه Mineral× Plant
0.52**	0.001	1804.92**	2137.60	26.27**	0.64	1	کانی × محلول غذایی Mineral × Nutrient
0.009	0.36**	29.60	33115.5**	0.13	0.0.1	1	کانی × محلول غذایی× گیاه Mineral × Nutrient × Plant
0.01	0.015	116.9	739.05	0.76	0.21	16	خطا Error

*،** به ترتیب معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد

Significant at 5% and 1%, respectively*,**

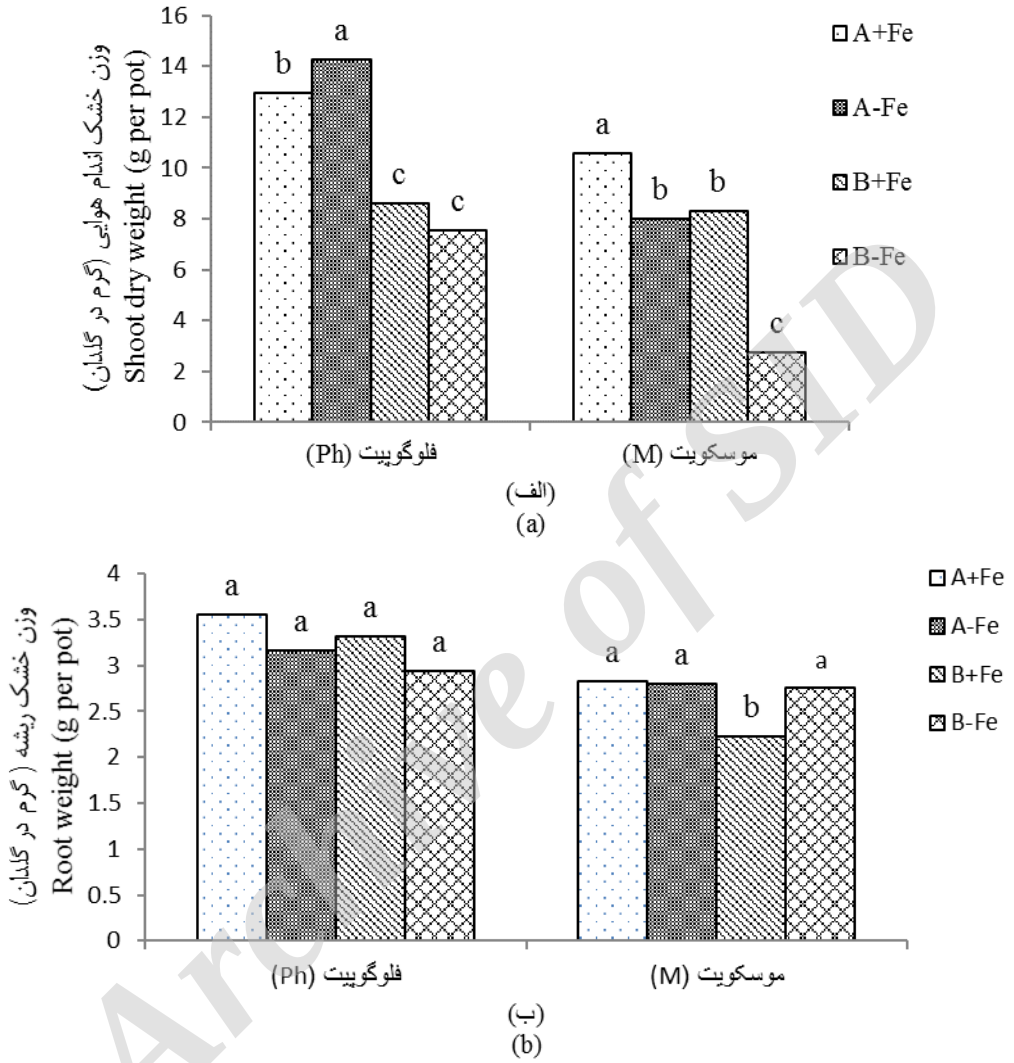
وزن خشک اندام هوایی یونجه کشت شده در بسترهای حاوی فلوگوپیت تغذیه شده با محلول غذایی کامل و بدون آهن دارای اختلاف معنی‌دار و برای گیاه جو فاقد اختلاف معنی‌داردر سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. بین گیاهان کشت شده در بسترهای حاوی موسکویت و تغذیه شده با دو محلول غذایی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. این نتایج نشان می‌دهد که کانی فلوگوپیت توانسته است مقدار آهن مورد نیاز گیاه را تامین نماید و در نتیجه گیاهان در شرایط تغذیه با دو محلول غذایی، زیست توده تقریبا یکسانی تولید نمودند. گیاهان کشت شده در هر دو بستر کشت حاوی فلوگوپیت و موسکویت تا اواخر دوره رشد علائم کمبود آهن را نشان

Archive of SID

www.SID.ir

ندادند و وضع ظاهری گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن کاملاً همانند گیاهان تحت تغذیه با محلول غذایی کامل بود.

همانگونه که در شکل ۱-ب دیده می‌شود، بیشترین زیست توده ریشه گیاهان کشت شده در بسترهای حاوی فلوگوپیت مربوط به گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل می‌باشد. برخلاف آنچه در مورد اندام هوایی گفته شد، وزن خشک ریشه گیاهان یونجه کشت شده در بسترهای حاوی موسکویت و تغذیه شده با دو محلول غذایی کامل و بدون آهن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند.



شکل ۱ – وزن خشک اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در بسترهای حاوی فلوگوپیت و موسکویت، تحت تاثیر دو تیمار محلول غذایی. میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Figure 1- shoot (a) and root (b) dry weight in media containing phlogopite and muscovite, affected by two nutrient solutions treatments. Means with the same letters are not significantly different at P≤0.05. A+F: alfalfa fed with complete nutrient solution; A-Fe: alfalfa fed withiron-free nutrient solution;B+Fe: barley fed with complete nutrient solution; B-Fe: barley fed withiron-free nutrient solution;Ph: phlogopite. M: moscovite

غلظت آهن اندام هوایی

میانگین غلظت آهن موجود در اندام هوایی یونجه و جو کشت شده در بسترهای کشت حاوی فلوگوپیت و موسکویت بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در شکل ۲- الف نشان داده شده است. بیشترین مقدار غلظت آهن گیاهان جو و یونجه در بستر کشت حاوی فلوگوپیت و به ترتیب در تیمارهای محلول غذایی بدون آهن و کامل مشاهده شد. در حالیکه غلظت آهن گیاهان کشت شده در بسترهای حاوی موسکویت در تیمار محلول غذایی کامل بیشتر از محلول غذایی بدون

Archive of SID

www.SID.ir

آهن بود.

شکل ۲–ب نشان می‌دهد که بیشترین مقدار غلظت آهن برای ریشه در بسترهای حاوی فلوگوپیت مربوط به گیاه یونجه تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار غلظت آهن برای ریشه در بسترهای حاوی فلوگوپیت مربوط به گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل می‌باشد. به طور کلی، غلظت آهن در ریشه گونه‌های گیاهی مورد مطالعه بیشتر از اندام هوایی آن‌ها بود. دلیل بالا بودن غلظت آهن در ریشه گیاه را می‌توان به تاثیر فیتوسیدروفور[1] و اسیدهای آلی تولید شده توسط ریشه مربوط دانست. دانست. تولید فیتوسیدروفور و اسیدهای آلی باعث ایجاد کلات با آهن سه ظرفیتی در ریزوسفر گیاه می‌شود. آهن موجود در کلات‌های تولید شده پس از ورود کلات‌ها به آپوپلاست، تحت تاثیر واکنش‌هایی از کلات جدا و وارد آوند چوبی می‌شود. فیتوسیدروفورها و اسیدهای آلی در فضای آپوپلاست آهن را به راحتی در اختیار گیاه قرار نمی‌دهد و باعث تجمع آهن در ریشه گیاه می‌شوند، هر چند با گذشت زمان مقداری از این آهن تجمع یافته به اندام هوایی گیاه انتقال می‌یابد (۲، ۱۵ و ۲۶).

علت وجود اختلاف غلظت آهن در گیاه جو کشت شده در بستر فلوگوپیت تحت تاثیر دو تیمار محلول غذایی را می‌توان به ترشحات ریشه‌ای گیاهان تغذیه شده با محلول بدون آهن نسبت داد. ترشح‌شدن کلات‌ها از ریشه گیاهان در واکنش به کمبود آهن به اثبات رسیده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در شرایط کمبود آهن فیزیولوژی گیاهان گرامینه مانند گندم، جو، برنج و ذرت تغییر می‌کند،بدین صورت که خروج فیتوسیدروفور از ریشه این گیاهان در چنین شرایطی، باعث حلالیت ترکیبات آهن‌دار و در نتیجه افزایش میزان برداشت آهن توسط گیاه می‌شود (۱). اسیدهای آلی در خاک در اثر فرآیندهایی مانند فعالیت‌های ریزوسفری، سوخت و ساز میکروبی، تجزیه بقایای گیاهی،حیوانی و مواد هومیکی خاک بوجود می‌آیند (۵). موسکوا و همکاران (۱۶) ترشح شدن ایزوفلانوئید فیتولکسین [۲– (´۳ و ´۵– دی هیدروکسیل فنل) ۵ و ۶– دی‌هیدروکسیبین زفوران][2] از ریشه یونجه در شرایط کمبود آهن گزارش کردند و بیان نمودند که این ترکیب باعث افزایش حلالیت سولفات آهن سه ظرفیتی و در نتیجه باعث افزایش جذب آهن و فسفر برای گیاه می‌شود (۱۶). فنولیک با آهن و آلومینوم تولید کلات پایدار میکند و باعث افزایش حلالیت آهن و آلومینوم می‌شود. همچنین سیب‌زمینی در شرایط کمبود آهن کافئیک اسید[3] ترشح میکند که باعث افزایش حلالیت و جذب آهن از منبع‌های غیر محلول آهن می‌شود (۲۰).

نتایج نشان می‌دهد که بسترکشت حاوی کانی فلوگوپیت در هر دو گونه گیاهی (یونجه و جو) تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن، توانایی تامین آهن مورد نیاز گیاهان در طول فصل رشد را داشته است (شکل ۱–الف). دامنه کفایت غلظت آهن برای یونجه ۲۵۰–۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (۱۳). با توجه به دامنه کفایت پایین یونجه مشاهده می‌شود که حتی در بسترهای کشت حاوی موسکویت غلظت آهن گیاه در حد کفایت قرار دارد. حد کفایت آهن برای گیاه جو به درستی تعیین نشده است، لذا با توجه به مقادیر کفایت آهن برای گندمیان و یولاف احتمالاً حد کفایت آهن در جو ۲۵۰–۲۵میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (۱۳). بنابراین، می‌توان چنین اظهار نمود که آهن مورد نیاز گیاه جو نیز در بستر کشت موسکویت تامین شده است.

جذب آهن اندام هوایی

میانگین آهن جذب شده توسط اندام هوایی گیاهان یونجه و جو کشت شده در بسترهای حاوی فلوگوپیت و موسکویت در شکل ۳ – الف نشان داده شده است. مقدار جذب آهن توسط هر دو گیاه کشت شده در بستر فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن نسبت به گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان ندادند. در حالیکه مقدارجذب آهن گیاهان جو و یونجه کشت شده در بستر موسکویت و تغذیه شده با محلول غذایی کامل بیشتر از گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن می‌باشد و اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده می‌شود. در هر دو بستر حاوی موسکویت و فلوگوپیت بیشترین مقدار جذب آهن مربوط به گیاه یونجه می‌باشد.

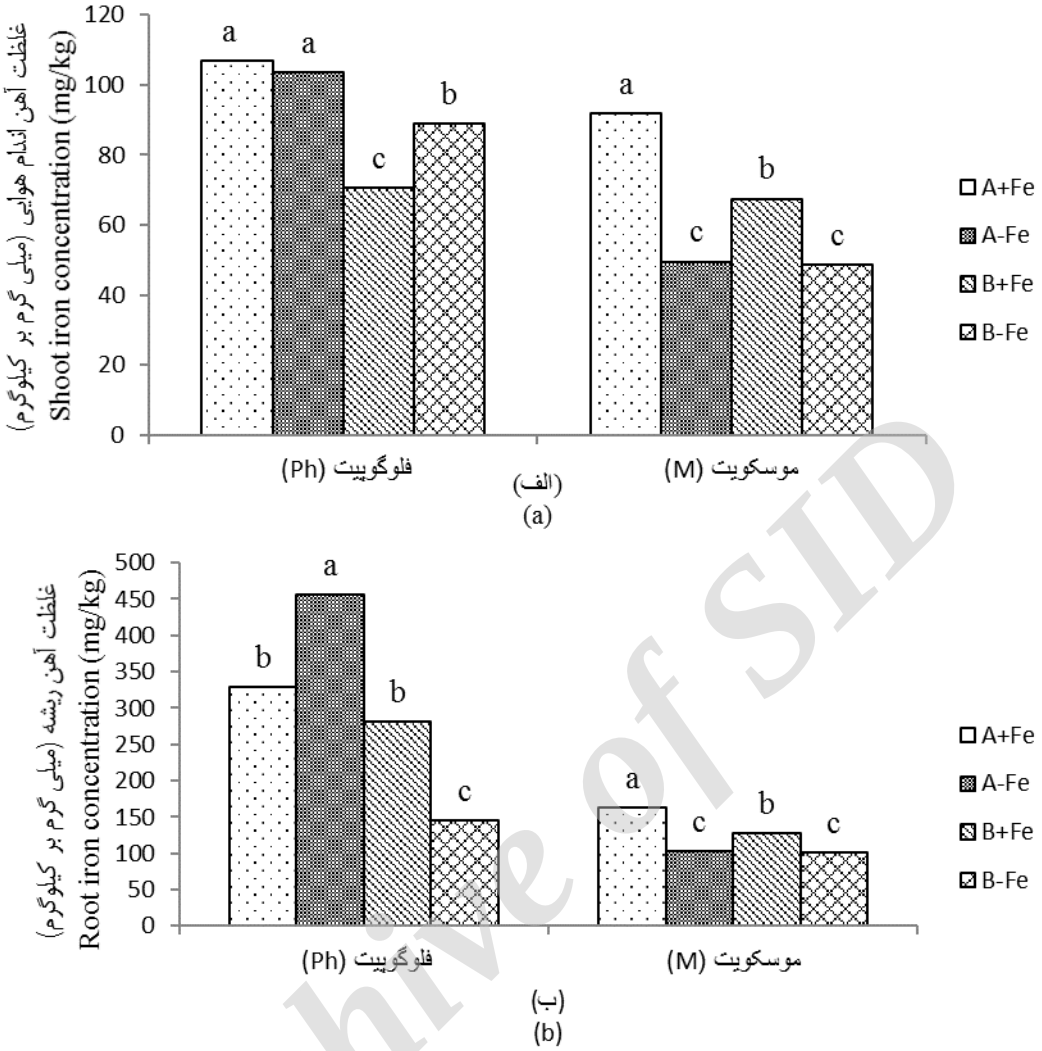
بیشترین مقدار جذب آهن توسط ریشه مربوط به گیاه یونجه کشت شده در بستر فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذایی بدون آهن می‌باشد. همچنین در بستر کشت فلوگوپیت بین مقدار جذب آهن توسط ریشه در شرایط تغذیه با محلول غذایی کامل و بدون آهن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد (شکل ۳–ب).

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که مقدار جذب آهن در یونجه در هر دو نوع محلول غذایی و هر دو نوع بستر کشت (فلوگوپیت و موسکویت) تقریباً بیشتر از گیاه جو می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که گیاه یونجه به دلیل ترشحات فراوان ریشه‌ای توانسته مقدار آهن بیشتری را جذب نماید. نتایج نشان می‌دهد pH خاک گلدان‌هایی که گیاه یونجه در آن کاشته شده بود پایین‌تر از گلدان‌های دارای گیاه جو بود (جدول ۲) که احتمالاًدلیل آن مربوط به تولید بیشتر ترشحات ریشه‌ای در گیاه یونجه می‌باشد (۱۱).

1- Phytosiderophore
2-Isoflavonoidphytoalexin [2-(3,5-dihydroxyphenyl)-5,6-dihydroxyben zofuran]
3- Caffeic acid

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲ - میانگین غلظت آهن اندام هوایی(الف) و ریشه (ب) در بسترهای کشت حاوی فلوگوپیت و موسکویت، تحت تاثیر دو تیمار محلول غذایی. میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Figure 2- mean of iron concentration in shoot (a) and root (b) in media containing phlogopite and muscovite, affected by two nutrient solution treatments. Means with the same letters are not significantly different at P≤0.05.A+F: alfalfa fed with complete nutrient solution; A-Fe: alfalfa fed with iron-free nutrient solution; B+Fe: barley fed with complete nutrient solution; B-Fe: barley fed with iron-free nutrient solution; Ph: phlogopite. M: muscovite

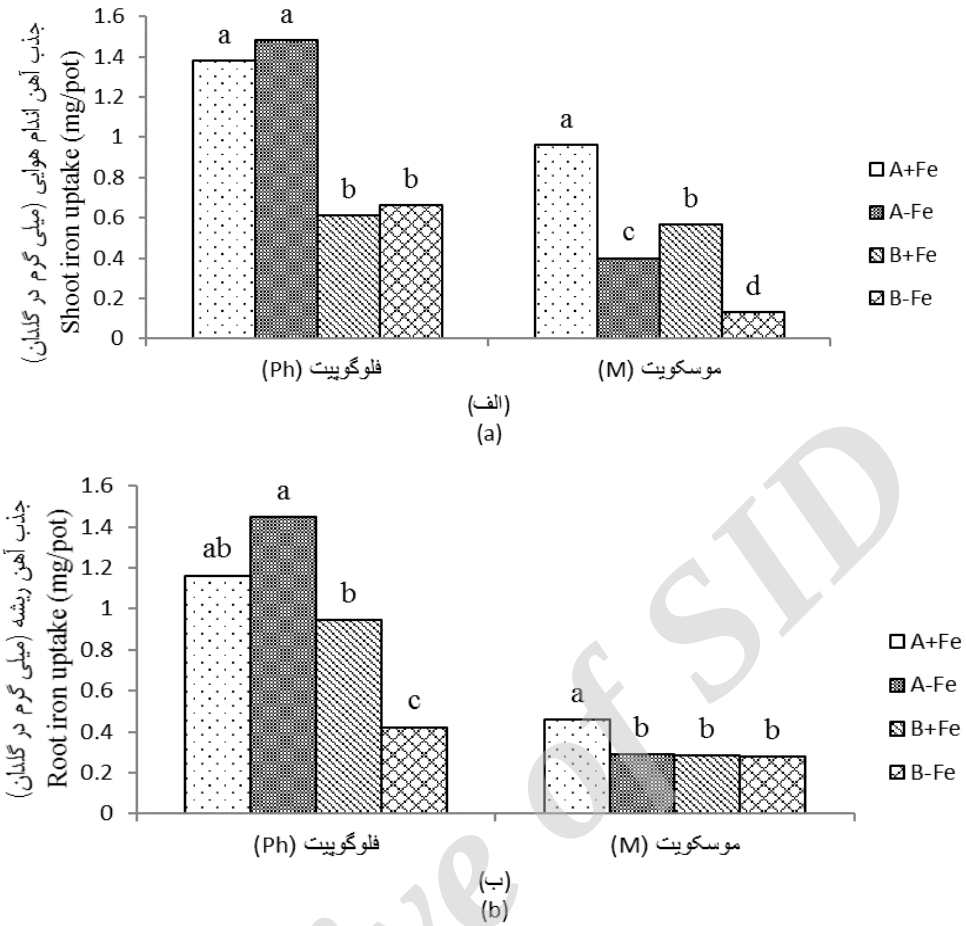
مقدار جذب آهن در بستر فلوگوپیت بیشتر از بستر موسکویت می‌باشد که دلیل این امر را می‌توان مقاومت بسیار کمتر فلوگوپیت نسبت به موسکویت (۱۲) و مقدار نسبی بالاتر آهن در ساختمان فلوگویت (جدول ۱) ذکر نمود. سیلیکات‌هایی مانند میکای تری‌اکتاهدرال که در ساختار خود دارای آهن دو ظرفیتی هستند در مقایسه با سیلیکات‌های دیگر با سرعت بیشتری هوادیده می‌شوند. آهن دو ظرفیتی درنتیجه اکسایش به آهن سه ظرفیتی تبدیل می‌شود و میکروارگانیسم‌ها به طور غیر مستقیم بر روی واکنش‌های اکسیدی آهن دو ظرفیتی تاثیر می‌گذارند (۸ و ۲۵).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج بدست آمده از این پژوهش به روشنی نشان می‌دهدکه آهن ساختمانی کانی فلوگوپیت قادر به تامین آهن مورد نیاز گیاه در طول دوره کشت می‌باشد و آهن رها شده از کانی مذکور برای دو گیاه یونجه و جو در محدوده کفایت قرار دارد. کانی فلوگوپیت به دلیل اینکه کانی تری‌اکتاهدرال می‌باشد و دارای آهن بیشتر و ساختمان ضعیف‌تر نسبت به کانی موسکویت است، در طول دوره رشد گیاه توانسته است آهن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳ – میانگین جذب آهن اندام هوایی(الف) و ریشه (ب) در بسترهای کشت حاوی فلوگوپیت و موسکویت، تحت تاثیر دو تیمار محلول غذایی. میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Figure 3- mean of iron uptake in shoot (a) and root (b) in media containing phlogopite and muscovite, affected by two nutrient solution treatments. Means with the same letters are not significantly different at P≤0.05.A+F: alfalfa fed with complete nutrient solution; A-Fe: alfalfa fed with iron-free nutrient solution; B+Fe: barley fed with complete nutrient solution; B-Fe: barley fed with iron-free nutrient solution; Ph: phlogopite. M: moscovite

جدول ۳- میانگین pHگلدان‌ها (۶۰ و ۱۲۰ روز)

Table 3- mean of pH of the pots (mean of two times extraction)

محلول‌های غذایی Nutrient solutions		بسترهای کشت Media	گونه‌های گیاهی Plant species
بدون آهن Iron-free	کامل Complete		
6.98	7.04	فلوگوپیت Phlogopite	جو Barley
7.03	7.01	موسکویت Muscovite	
6.67	6.88	فلو گوپیت Phlogopite	یونجه Alfalfa
6.85	6.92	موسکویت Muscovite	

Archive of SID

www.SID.ir

گیاه یونجه با توجه به سیستم ریشه‌ای خود و تولید اندام هوایی بیشتر توانسته است مقدار آهن بیشتری از کانی‌های میکایی آزاد نماید. بنابراین مطالعات بیشتری برای درک مکانیسم عمل ریشه گیاه و ترشحات آن در جذب آهن موجود در کانی‌های میکایی پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به اینکه کانی‌های میکایی دارای مقدار آهن قابل توجهی هستند و می‌توانند در طول دوره کشت نیاز گیاه به این عنصر را تامین کنند، بررسی امکان تامین آهن در دورهای طولانی‌تر رشد از کانی‌های میکایی ضروری است.

منابع

1- Brown J. C., and Jolley V.D. 1989. Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. BioScience, 39: 546-551.

2- Bar-Ness E., Hadar Y., Chen Y., Romheld V., and Marschner H. 1992. Short-term effects of rhizosphere microorganisms on Fe uptake from microbial siderophores by maize and oat. Plant Physiology, 100: 451-456.

3- Cakmak I., Pfeiffer W.H., and McClafferty B. 2010. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry, 87: 10-20.

4- Calvaruso C., Mareschal L.,Turpault M.P., and Leclerc E. 2009. Rapid clay weathering in the rhizosphere of Norway spruce and oak in an acid forest ecosystem. Soil Science Society of America Journal, 73: 331-338.

5- Farpoor M.H. 2002. Relationship between geomorphology and evolution of Rafsanjan soils. Soil sciences Ph.D thesis, college of agriculture, Isfahan University of Technology, 226p.

6- Fernandez V., and Ebert G. 2005. Foliar iron fertilization: a critical review. Journal of Plant Nutrition,28: 2113-2124.

7- Haynes R.J. 1990. Active ion uptake and maintenance of cationanion balance: A critical examination of their role in regulating rhizosphere pH. Plant and Soil, 126: 247–264.

8- Hopf J., Langenhorst F.,Pollok K., Merten D., and Kothe E. 2009. Influence of microorganisms on biotite dissolution: an experimental approach. Chemie Der Erde Geochemistry, 69: 45-56.

9- Jaillard B., Ruiz L., and Arvieu J. C. 1996. pH mapping in transparent gel using color indicator videodensitometry. Plant and Soil, 183:85-95.

10- Jalali M. 2005. Release kinetics of nonexchangeable potassium in calcareous soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36: 1903-1917.

11- Kabata-Pendias A. 2011. Trace Elements in Soils andPlants. 3nd Ed. CRC Press. Boca Raton, FL.

12- Khayamim F., and Khademi H. 2010. The ability of three plant species to take up potassium from phlogopite. Journal of Plant Production, 17(4):91-109. (in Persian with English abstract)

13- Khoshgoftarmanesh A.H. 2007. Principles of Plant Nutrition. Isfahan University of Technology press, 461p. (in Persian)

14- Marschner H. 2008. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2ndEd.,Acadmic Press. Landan. UK.

15- Marschner P., Crowley D., and Rengel Z. 2011. Rhizosphere interactions betweenmicroorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis–model and research methods. Soil Biology and Biochemistry, 43: 883-894.

16- Masaoka Y., Kojima M., Sugihara S., Yoshihara T., Koshino M., and Ichihara A. 1993. Dissolution of ferric phosphate by alfalfa (Medicago sativa L.) root exudates. Plantand Soil, 155: 75–78.

17- Naderizadeh Z. 2009. Effect of organic matter on potassium uptake ability from micaceous minerals by alfalfa and possibility mineral transformation. Soil Sciences Master Thesis, college of agriculture, Isfahan University of Technology, 113p. (in Persian)

18- Neilands J.B., Leong S.A. 1986. Siderophores in relation to plant growth and disease. Annual Review Plant Physiology, 37:187–208

19- Norouzi S., and Khademi H. 2010. Ability of alfalfa (*Medicago sativa* L.) to take up potassium from different micaceous minerals and consequent vermiculitization. Plant and Soil, 328: 83-93.

20- Olsen R.A., Bennett J. H., Blume D., and Brown J. C. 1981. Chemical aspects of the Fe stress response mechanism in tomatoes. Journal of Plant Nutrition, 3: 905–921.

21- Powell P.E., Staniszlo P.J., Cline G.R., Reid C.P.P. 1982. Hydroxamate siderophores in the iron nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition,5:653–673

22- Romheld V. 1987. Different strategies for iron acquisition in higher plants. Physiologia Plantarum, 70: 231–234.

23- Sanchez A.S., Juarez M., Sanchez-Andreu J., Jorda J., and Bermadez D. 2005. Use of humic substances and amino acids to enhance iron availability for tomato plants from applications of the chelate FeEDDHA. Journal of Plant

Archive of SID

www.SID.ir

Nutrition, 28: 1877-1886.

24- Stegner R. 2002. plant Nutrition Studies. Lamotte Company, Maryland, USA. P. 76.

25- Styriakova I., Bhatti T.M., Bigham J.M., tyriak I., Vuorinen A., and Tuovinen O.H. 2004. Weathering of phlogopite by *Bacillus cereus* and *Acidithiobacillusferrooxidans*. Canadian Journal of Microbiology, 50: 213-219.

26- Wiren N.V., Romheld V., Shioiri T., and Marschner H. 1995. Competition between microorganisms and roots of barley and sorghum for iron accumulated in the root apoplasm. New Phytologist, 130: 511-521.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 2, May.-Jun. 2017, p. 449-459

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۶، ص. ۴۵۹-۴۴۹

The Ability of two Plant Species to Uptake of Iron from Substrates Containing Muscovite and Phlogopite

M. Soleimanzadeh[1]- H. Khademi[2]- M. Sepehri[3*]

Received: 16-07-2015
Accepted: 11-09-2016

Introduction: Iron is one of the essential micronutrients for plant growth. The total amount of iron in soil is often more than plant iron requirement, but the low solubility of iron compounds in many of soils leads to low uptake of this element by plant and eventually, results in iron deficiency symptoms in plant. Iron is the structural component of cytochromes, leghemoglobines and ferredoxins. This element participates in many vital activities of plants, such as photosynthesis, respiration and fixation of molecular nitrogen. Some of micaceous minerals including muscovite and phlogopite which contain significant amounts of iron are plentiful in soils of arid and semiarid regions of Iran. The purpose of this study was to evaluate the ability of two plant species (alfalfa and barley) to uptake structural iron from muscovite and phlogopite.

Materials and Methods: The greenhouse experiment was conducted as factorial arrangement based on completely randomized design with three replicates. Treatments consisted of two plant species (alfalfa and barley), two types of micaceous minerals (phlogopite and muscovite) and two nutrient solutions (complete and iron-free).The experiment was done in 700 g pots containing a mixture of quartz sand (as the filling material), cocopeat and micaceous minerals (phlogopite and muscovite). Quartz sand and micaceous mineral were obtained from a mine near Hamadan City in Iran. For this purpose, X-ray elemental analysis fluorescence (XRF) was used to investigate the possibility of using quartz sand and micaceous mineral. Micaceous minerals were passed through a 140 mesh sieve and then, samples were saturated with Ca using a 0.5 M $CaCl_2$ solution. To remove the excess Cl, saturated minerals were washed with distilled water several times and then samples were oven dried at 105 °C. Pots were filled with a mixture of 600 g quartz sand, micaceous mineral and cocopeat. The amount of mineral was added until there was 0.35% K_2O in all pots. Two barley and alfalfa seeds were planted in each pot. During the growth period (150days), plants were irrigated and fed with distilled water and nutrient solutions, respectively. At the end of the growth period, shoots and roots of plants were harvested andiron contents of plants extracts were measured by atomic absorption.

Results and Discussion: For two plant species, the results showed that iron concentration in the pots containing phlogopite and fed with iron-free nutrient solution was in a sufficient range for both barley and alfalfa. The amount of iron uptake by alfalfa in both substrates and nutrition solutions was more than barely. It seems that alfalfa is able to uptake more amount of iron due to the abundant root exudates. The highest amount of iron uptake by root is related to alfalfa cultivated in substrates containing phlogopite and fed with iron-free nutrient solution. The highest barley shoots weight is related to substrates containing phlogopite and muscovite fed with complete (with iron) nutrient solution, whereas in alfalfa, the highest shoot weight is related to phlogopite-containing substrates fed with iron-free nutrient solution. Plants cultivated in two substrates containing phlogopite and muscovite did not show deficiency symptoms until late growth period and appearance of plants fed with iron-free nutrient solution was completely similar to those fed with complete nutrient solution. The amount of iron uptake by roots is several times higher than that of shoots. High uptake of iron by plant roots are affected by phytosiderophores produced by plant roots. Phytosiderophores produce chelate Fe (III) in the rhizosphere. These chelates are absorbed into the apoplast of roots and Fe (III) is separated from them as a result of certain reactions, and takes the path to xylem.

Conclusion: The results of this study indicate that iron structural phlogopite and muscovite minerals can provide iron requirement for plant during the growth season. Since phlogopiteis a tri-octahedral mineral, it has more Fe (II) and its structure is weaker than muscovite, and hence, is able to provide more iron for the plant during growth season. But muscovite is di-octahedral and its structure contains Al^{+3}, so octahedral may not easily release its elements into the rhizosphere for the plants utilization**.** The factors influence the release of elements from micaceous minerals are structure and type of mineral. Alfalfa is able to release more iron from micaceous minerals thanks to its root systems and ability to produce more shoot. Since micaceous minerals have

1- Ph.D. Student of Soil Science Department at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Professor of Soil Science Department at Isfahan University of Technology
3- Assistant Professor of Soil Science Department at Shiraz University
(*-Corresponding Author Email: m.sepehri@shirazu.ac.ir)

Archive of SID

www.SID.ir

considerable amount of iron and are able to provide iron requirement for plant during growth season, it is recommended to investigate whether micaceous minerals are able to supply this element for longer growth periods.

Keywords: Alfalfa, Barley, Micaceous minerals

Archive of SID

www.SID.ir