بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های زیر کشت لوبیا و تأثیر آنها بر کلونیزاسیون، تعداد اسپور و پتانسیل آلوده‌سازی قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار

علی اشرف سلطانی طولارود[1]، پیمان عباس‌زاده دهجی، فرهاد رجالی و عبدالرضا اخگر

استادیار گروه علوم خاک دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی؛ **ali_soltani_t@yahoo.com**

استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ولیعصر رفسنجان؛ **p.abbaszadeh@vru.ac.ir**

دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب؛ **frejali@yahoo.com**

استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ولیعصر رفسنجان؛ **arakhgar@yahoo.com**

دریافت: **92/7/23** و پذیرش: **93/5/26**

چکیده

در این تحقیق به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های زیر کشت لوبیا 41 نمونه خاک از مناطق ازنا، زنجان، الیگودرز و خمین تهیه و پس از بررسی و مطالعه این خواص، با کشت سورگوم تعداد اسپور، پتاسیل آلوده‌سازی و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار نیز در این خاک‌ها بررسی شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که خاک‌های مورد مطالعه دارای دامنه گسترده‌ای از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بودند. خاک‌های شماره 3 و 13 (تهیه شده از خمین و ازنا) به ترتیب بیشترین تعداد اسپور (55) و بیشترین پتانسیل آلودگی (138 عامل آلوده کننده) در هر 20 گرم خاک را دارا بودند. بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار مربوط به خاک شماره 38 (تهیه شده از زنجان) با 38% کلونیزاسیون ریشه بود. در این تحقیق مطالعه تاثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر روی فعالیت قارچ‌های میکوریز آربوسکولار نشان داد که پارامترهای EC، کربنات کلسیم، ماده آلی و مقدار روی قابل استخراج با DTPA همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد اسپور، پتاسیل آلوده‌سازی و درصد کلونیزاسیون داشت این در حالی بود که همبستگی بین مقدار فسفر با این سه پارامتر منفی و معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: روی، فسفر، کربنات کلسیم معادل، ماده‌آلی خاک، هدایت الکتریکی

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: اردبیل، بلوار دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی علوم خاک

مقدمه

لوبیای معمولی[1] جز حبوبات دانه‌ای می‌باشد که به مقدار زیاد توسط مردم جهان مصرف می‌شود. این گیاه از جمله مهمترین محصولات تجاری است که توسط کشاورزان کوچک، مردم فقیر آمریکا لاتین و مردم مردم آفریقای شرقی و جنوبی کشت می‌شود. سالیانه حدود 8/5 میلیون تن لوبیا در کشورهای در حال توسعه تولید می‌شود (بروقتون و همکاران، 2003). قارچ‌های میکوریزی از مهمترین قارچ‌های همزیست با ریشه گیاهان می‌باشند. این قارچ‌ها تأثیر بسیار مفیدی بر رشد و تغذیه گیاهان به خصوص در شرایط تنش و کمبود مواد غذایی دارند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تقریباً 90 درصد از گیاهان همزیستی میکوریزی دارند. شش نوع میکوریز شامل آربوسکولار[2]، آربوتواید[3]، اکتندو[4]، اریکواید[5]، مونوتروپید[6] و ارکید[7] با توجه به خصوصیات مرفولوژیکی خاص طبقه‌بندی شده‌اند که در بین آن‌ها میکوریز آربوسکولار بسیار معمول و غالب است (وانگ و کویی، 2006). مهمترین گیاهان دارای همزیستی با قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در کشاورزی شامل، غلات (مانند، ذرت، برنج و ...)، میوه‌ها (مانند: لیمو، پرتقال، کیوی ...)، حبوبات (مانند، انواع شبدر، لوبیا، نخود، یونجه و ...)، سبزیجات (مانند هویج، کاهو و ...) و غیره (مانند درخت پسته، بادام، گردو، گیاهان روغنی) می‌باشند (هی و نارا، 2007). قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار پنج تا 50 درصد زیست توده میکروبی خاک را تشکیل می‌دهند (کاردوسو و کوپر، 2006). این قارچ‌ها دارای اثرات مثبت همزیستی می‌باشد که از مهمترین آنها می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر توسط گیاه، بهبود تغذیه گیاه، افزایش کارایی آب و همچنین مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی مانند خشکی و شوری اشاره کرد (هی و نارا، 2007).

مطالعات نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزی نسبت به شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک حساس بوده و تغییرات آنها می‌تواند به‌طور معنی‌داری درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی در ریشه گیاهان تحت را تأثیر قرار دهد (هامل و همکاران، 1997). در یک تحقیق اسمیت و رید (1997) گزارش کردند که غلظت‌های بالای فسفر کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار را کاهش می‌دهند. مطالعات و تحقیقات مختلف حاکی از آن است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین قابلیت هدایت الکتریکی[8] خاک و کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار وجود دارد (هیلدربرند و همکاران، 2001؛ بیسیرا و همکاران، 2007). بیسیرا و همکاران (2007) در یک مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار و قابلیت هدایت الکتریکی (0/33*)، مواد آلی خاک (0/52*) و مقدار نیتروژن خاک (0/36*) را به دست آوردند. نتایج حاصل از مطالعات نشان می‌دهد که مقدار اسپور در خاک‌های سطحی در مقایسه با خاک زیر سطحی به طور معنی‌داری بیشتر است و این تفاوت می‌تواند ناشی از مقادیر بالاتر کربن آلی و زیست توده ریشه در خاک‌های سطحی باشد (صفری و همکاران، 2005).

استفاده از کودهای شیمیایی در اکوسیستم‌های زراعی نه تنها باعث تخریب ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌شود، بلکه کیفیت محصولات تولید شده را نیز به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از راهکارهای اساسی و مؤثر برای کاهش این اثرات مضر جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی است. مایه تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از انواع رایج و پرمصرف کودهای زیستی در بخش کشاورزی می‌باشند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تأثیر کاربرد مایه تلقیح تهیه شده از این قارچ‌ها به منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات زراعی، به شرایط اقلیمی منطقه و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بستگی دارد (هامل و همکاران، 1991؛ خلیل و همکاران، 1992). بنابراین با توجه به اهمیت خواص مذکور خاک در کارایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، هدف از این تحقیق مطالعه پارامترهای مختلف فیزیکوشیمیای خاک و بررسی نقش این پارامترها بر کلونیزاسیون، تعداد اسپور و پتانسیل آلودسازی قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در خاک‌های زیر کشت لوبیا بود تا در آینده بتوانیم جهت افزایش فراوانی و افزایش جمعیت قارچ‌های میکوریزی در مزرعه به منظور بهبود رشد و تغذیه گیاه لوبیا راهکارهایی را اندیشید.

---

1. Phaseolus vulgaris L.
2. Arbuscular
3. Arbutoid
4. Ectendo
5. Ericoid
6. Monotropoid
7. Orchid
8. Electrical conductivity

مواد و روش‌ها

نمونه برداری

به منظور بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بر جمعیت قارچ‌های میکوریزی بومی همزیست، 41 نمونه خاک همراه با ریشه گیاه لوبیا از مزارع زیر کشت لوبیا شامل مناطق ازنا، الیگودرز، خمین و زنجان تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. این نمونه‌ها از مزارعی با فاصله حداقل دو کیلومتر از یکدیگر تهیه شد تا حداکثر تنوع خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اعمال شده باشد را بدست آوریم. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شده و در کوتاه‌ترین زمان بعد از نمونه‌برداری، مراحل کشت انجام گرفت.

آزمون فیزیکی و شیمیایی خاک

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها شامل EC، pH، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، کلاس بافت، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، روی و منگنز قابل استخراج با DTPA اندازه‌گیری شد. بافت و درصد ذرات خاک از طریق انجام تجزیه مکانیکی به روش هیدرومتری تعیین گردید (بایوکاس، 1962). بعد از تهیه گل اشباع بوسیله قیف بوخنر و پمپ خلاء از گل اشباع، عصاره تهیه گردید. قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت‌سنج فیلیپس اندازه‌گیری و تصحیحات دمایی لازم اعمال و قابلیت هدایت الکتریکی در 25 درجه سلسیوس گزارش گردید (روآدز، 1996). pH عصاره اشباع با استفاده از pH متر مدل مترهم اندازه‌گیری شد (توماس، 1996). میزان کربنات کلسیم معادل به روش کلسیمتری حجمی تعیین شد (لوپرت و سوآرز، 1996). در صد کربن آلی خاک به روش والکلی- بلک تعیین گردید (نلسون و سومرز، 1996). اندازه‌گیری نیتروژن خاک با روش کجلدال انجام شد (برمنر، 1996). پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم اندازه‌گیری گردید (همکه و اسپارک، 1996). فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن اندازه‌گیری گردید (کو، 1996). عناصر آهن (لوپرت و اینسکپ، 1996) روی، مس (رید و مارتنز، 1996) و منگنز (گمبرل، 1996) به روش عصاره‌گیری با DTPAاندازه‌گیری شد.

جوان سازی جمعیت بومی قارچ‌های میکوریز آربسکولار (کشت تله گلدانی)[1]

برای انجام این کار در ابتدا خاک‌های نمونه‌گیری شده هوا خشک، کوبیده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و با نسبت 1:1 با شن استریل و اسید شوئی شده مخلوط شد. مخلوط این دو درون گلدان‌های چهار کیلوگرمی ریخته شد. بذرهای سورگوم رقم کیمیا با استفاده از هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت پنج دقیقه استریل سطحی شدند و تعداد 20 بذر در هر گلدان کشت شد. گلدان‌ها به مدت چهار ماه در اتاقک رشد نگهداری شدند. پس از این دوره رشد خاک گلدان‌ها به منظور جداسازی اسپور هوا خشک شدند (سو و گو، 2007).

شمارش اسپور قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در خاک

50 گرم خاک از هر نمونه برداشته و سوسپانسیونی از آب و خاک تهیه گردید. با استفاده از الک‌هایی با قطر منافذ یک میلی‌متر و 38 میکرون سنگریزه‌ها و تکه‌های ریشه از سوسپانسیون حاصله جدا و ذرات جمع شده بر روی الک 38 میکرون به لوله سانتریفیوژ منتقل گردید. سپس محلولی از ساکارز با غلظت 50 درصد اضافه شده و مجموعه حاصل به مدت سه دقیقه با قدرت چهار هزار دور بر دقیقه سانتریفیوژ گردید. لایه رویی درون لوله سانتریفیوژ دو مرتبه به الک 38 میکرون منتقل و با مقدار کافی آب شستشو داده شد. در نهایت محتویات الک 38 میکرون بر روی کاغذ صافی شبکه‌بندی شده منتقل و اسپورها شمارش گردید. برای هر نمونه خاک چهار تکرار شمارش انجام شد (دالپه، 1993).

تعیین جمعیت فعال قارچ‌های میکوریز آربسکولار در خاک

بدین منظور از روش واحد آلوده کننده[2] استفاده گردید. چهار ستون به ابعاد 11×2/2 سانتیمتر تهیه شد. هر ستون با 90 گرم از خاک حاصل از کشت تله گلدانی پر گردید. در سطح هر ستون خاک نیز هشت بذر سورگوم کشت و به گلخانه منتقل گردید. با طی شدن زمان آزمایش (پس از 12 روز) ریشه‌های گیاهی از خاک اطراف آنها جدا شده، سیستم ریشه‌ای شسته شد و رنگ-آمیزی گردید. برای هر ستون خاک تعداد یک صد قطعه ریشه‌های یک سانتی‌متری و رنگ‌آمیزی شده را بر روی لام میکروسکوپ قرار داده و با بزرگنمایی 250X تعداد نقاط ورودی هیف قارچ به داخل هر قطعه یک سانتی‌متری شمارش و در نهایت میانگین این یکصد قطعه بدست آمد. همچنین طول سیستم ریشه‌ای مربوط به هر ستون خاک با استفاده از روش تقاطع شبکه محاسبه شد. در نهایت کل تعداد نقاط ورودی هیف در سیستم ریشه‌ای مربوط به هر ستون محاسبه گردید (شارما و همکاران، 1994).

---

1. Trap culture

2. Infection Unit (IU)

اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز آربسکولار

برای جدا کردن ریشه‌های بدست آمده از کشت تله گلدانی پس از اشباع کردن گلدان‌ها، خاک گلدان‌ها با آب به آرامی شسته شد. پس از تمیز کردن ریشه‌ها از جاهای مختلف ریشه حدود یک گرم نمونه تهیه و در ظروف حاوی آب و الکل نگهداری شد.

به منظور رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها به مدت یک ساعت در محلول KOH 10 درصد و دمای 90 درجه سلسیوس حرارت داده شدند، پس از شستشو به مدت 20 دقیقه در محلول آب اکسیژنه قلیایی 10 درصد عمل رنگبری انجام شد. مجدداً ریشه‌ها چندین بار شسته شده و برای اسیدی شدن به مدت سه دقیقه در محلول HCl یک درصد قرار داده شد. سپس ریشه‌ها در محلول لاکتو گلیسیرین – تریپان بلو به مدت 48 ساعت قرار داده تا ریشه‌ها رنگ بگیرند (فیلیپس و هیمن، 1970). برای تعیین درصد کلونیزاسیون، ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شدند و با روش تقاطع با خطوط[1] درصد کلونیزاسیون ریشه تعیین شد (گیووانتی و موس، 1980).

آنالیز داده‌ها

در این پژوهش از طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار استفاده شد و داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و میانگین‌ها به روش دانکن گروه‌بندی شدند.

نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

در این پژوهش 41 نمونه خاک تهیه شده از مناطق ازنا (استان لرستان)، الیگودرز (استان لرستان)، خمین (استان مرکزی) و زنجان از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که دامنه تغییرات پ‌هاش خاک‌های مورد مطالعه بین 7/5-8/6 و در مناطق زنجان و الیگودرز پ‌هاش تمامی خاک‌های مورد آزمایش بیشتر از 8 بود. قابلیت هدایت الکتریکی خاک‌ها کمتر از دو دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری گردید. بیشترین و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی در خاک‌های مناطق زنجان و ازنا به ترتیب برابر 1/73 و 0/52 دسی-زیمنس بر متر به دست آمد. در خاک‌های مورد مطالعه دامنه وسیعی از کربنات‌کلسیم معادل (0/4 تا 42/2 درصد) وجود داشت. کربن آلی در تمامی خاک‌ها کمتر از 1/5 درصد بود و مقدار کربن آلی و نیتروژن به ترتیب بین 0/57-1/37 و 0/06-0/23 درصد متغیر بود. اکثر خاک-های مورد مطالعه دارای مقادیر قابل توجه‌ای رس بودند که بین 13 تا 59 درصد متغیر بود. خاک‌های خمین از نظر کلاس بافتی رسی بودند. بیشترین مقدار شن و سیلت به ترتیب 79 و 41 درصد در خاک‌های مناطق ازنا وجود داشت. مقدار فسفر قابل جذب در خاک‌ها بین 18/7 تا 47/6 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر بود. متوسط میزان فسفر قابل جذب در خاک‌های مورد آزمایش 30/7 میلی-گرم در کیلوگرم خاک بود که بیانگر مقادیر بالای فسفر در اکثر خاک‌ها می‌باشد. بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم قابل جذب در نمونه‌های مورد آزمایش به ترتیب 340 (خمین) و 79 (ازنا) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. مقدار آهن، روی، منگنز و مس قابل استخراج با DTPA در خاک‌های مورد آزمایش به ترتیب بین 2/26-20/4، 0/35-11/06، 4/05-11/45 و 0/88-3/26 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر بود (جدول 1).

همبستگی بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون

نتایج حاصل از مقایسه تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون در این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین میانگین‌های این سه پارامتر وجود دارد. نتایج شمارش اسپور در 41 نمونه خاک نشان داد که تعداد اسپور در هر 20 گرم خاک بین 55 اسپور در خاک شماره سه تا هفت اسپور در خاک شماره 16 متغیر بود (جدول 2). در بررسی جمعیت فعال قارچ در خاک‌های مورد مطالعه، خاک شماره 13 با 138 واحد آلوده کننده در هر 20 گرم خاک بهترین و خاک‌های شماره 23، 24، 34 و 37 با 18 واحد آلوده کننده در هر 20 گرم خاک ضعیف‌ترین خاک‌ها از نظر این شاخص ارزیابی گردید. مطالعه درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها نشان داد که در خاک‌های مختلف مورد بررسی این پارامتر بین 38 تا پنج درصد متغیر بود. خاک‌های شماره 38، 5، 41 و 13 به ترتیب با 38، 37، 37 و 36 درصد کلونیزاسیون بهترین نمونه‌ها از نظر این پارامتر بودند (جدول 2).

در این پژوهش نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد گروه‌های ذرات خاک نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح پنج درصد بین مقدار سیلت با تعداد اسپور و جمعیت فعال قارچ وجود داشت (به ترتیب 0/39* و 0/36*) این در حالی بود که مقدار رس و شن هیچ تأثیر معنی‌داری بر تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون نداشت (جدول 3). در خصوص تأثیر پی‌هاش، یافته‌های این آزمایش بیانگر آن بود که تغییرات پی‌هاش خاک تأثیر معنی‌داری بر تعداد اسپور، جمعیت

[1] Grindline Intersect Method

فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون نداشت، در حالیکه با افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک این سه پارامتر افزایش معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان دادند.

نتایج حاصل از مطالعه اثر مقدار آهک و کربن آلی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این دو پارامتر با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون وجود داشت که بیشترین مقدار مربوط به همبستگی بین درصد کلونیزاسیون با مقدار آهک بود (0/48**). ارزیابی تأثیر مقدار نیتروژن در خاک بر تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون نشان داد که این پارامتر تنها توانست همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد با تعداد اسپور در خاک نشان دهد (جدول 3).

در این تحقیق مطالعه اثر فسفر بر روی مورد مطالعه در قارچ‌های میکوریز آربوسکولار نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین مقدار این عنصر در خاک با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون وجود دارد. نتایج این مطالعه بیانگر کاهش پارامترهای فوق با افزایش مقدار فسفر در خاک است. نتایج حاصل از این آزمایش آشکار نمود که فراهمی عناصر پتاسیم، آهن، مس و منگنز تأثیر معنی‌داری بر تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون نداشت، این در حالی بود که همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح پنج درصد بین مقدار روی در خاک با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون وجود داشت (به ترتیب 0/32، 0/35 و 0/31) (جدول 3). در این پژوهش بین تعداد اسپور با جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون به ترتیب همبستگی 0/55** و 0/87** ایجاد شد. همبستگی بین جمعیت فعال قارچ با درصد کلونیزاسیون نیز مثبت و معنی‌دار بود (0/66**) (جدول3).

بحث و نتیجه‌گیری

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

گزارشات مختلف حاکی از آن است که 30 درصد خاک‌های کره زمین را خاک‌های آهکی تشکیل می‌دهد و مقدار کربنات‌کلسیم در این خاک‌ها از مقادیر جزئی تا 95 درصد می‌باشد (مارشنر، 1995). در این پژوهش در تمامی خاک‌های مورد مطالعه مقادیری از کربنات‌کلسیم مشاهده شد. پ‌هاش خاک‌های آهکی به دلیل وجود کربنات‌ها بین 7/5 تا 8/5 متغیر است (لوپرت و سوآرز، 1996). در تحقیق حاضر نیز پ‌هاش خاک‌های مورد مطالعه به علت حضور آهک در خاک بین 7/5 تا 8/6 متغیر بود. لوبیا معمولی از گیاهان حساس به شوری می‌باشد که حد آستانه قابلیت هدایت الکتریکی برای این گیاه بین 1/5-0 دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (اسلیف، 2005). در این پژوهش به جز خاک شماره 41 (1/73 دسی‌زیمنس بر متر) تمامی خاک‌های مورد مطالعه قابلیت هدایت الکتریکی کمتر از 1/5 دسی‌زیمنس بر متر را داشتند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار کربن آلی در خاک‌ها 1/37 درصد بود که این مقدار کربن آلی کمتر از حد بهینه می‌باشد. محققان اعتقاد دارند که حد آستانه کربن آلی خاک 2 درصد (معادل 3/4 درصد ماده آلی) است و در کمتر از این مقدار کیفیت خاک کاهش می‌یابد (لاولند و وب، 2003). گزارشات علمی حاکی از آن است که حد بحرانی فسفر در خاک‌های آهکی به روش اولسن 18 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد و در مقادیر کمتر عملکرد و کیفیت محصول کاهش می‌یابد (آرف، 2011). در تمامی خاک‌های مورد بررسی در این تحقیق غلظت فسفر بیش از 18 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. حتی در بعضی از خاک‌ها مقادیر بالاتر از 40 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مشاهده شد. در یک تحقیق لیفانگ و همکاران (2000) حد بهینه فسفر را در تناوب لوبیا با برنج 14 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند.

متوسط غلظت فسفر در 41 نمونه خاک 30/7 میلی-گرم در کیلوگرم بود و با توجه به گزارشات محققان مختلف در مورد حد بهینه فسفر، این مقدار فسفر در خاک تقریباً 2 برابر حد بهینه می‌باشد (آرف، 2011). گروهی از محقیقن حد بحرانی آهن در خاک به روش DTPA برای اکثر گیاهان را 4-4/5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش کرده‌اند (بلالی و همکاران، 2000؛ فیضی اصل و همکاران، 2003). در این پژوهش غلظت آهن در خاک بیش از 75 درصد از نمونه‌ها بیشتر از حد بحرانی بود. نتایج محققین مختلف در ایران نشان داد که حد بحرانی منگنز و مس با روش DTPA به ترتیب 3/6-4/6 و 0/87-1/1 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (بلالی و همکاران، 2000؛ فیضی‌اصل و همکاران، 2003) و این نشان می‌دهد که هیچ کدام از خاک‌های مورد آزمایش دچار کمبود منگنز و مس نیستند.

در تحقیقی دیگر حد بهینه منگنز و مس به ترتیب 5 و 1 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شد است (لیفانگ و همکاران، 2000) که با توجه به نتایج اکثر خاک‌های مورد بررسی دارای حد بهینه این دو عنصر می‌باشند. به طور کلی خاک‌هایی که روی قابل استخراج با DTPA در آنها کمتر از 0/5 میلی‌گرم در کیلوگرم است به عنوان خاک-های دچار کمبود روی طبقه‌بندی می‌شوند (مورتودت و همکاران، 1991). در نمونه‌های مورد مطالعه تنها سه نمونه خاک که در منطقه ازنا واقع شده‌اند دارای روی کمتر از 0/5 میلی‌گرم در کیلوگرم بوده و دچار کمبود روی می‌باشند. حد بحرانی روی در خاک به روش

جدول 1- خصوصیات 41 نمونه خاک نمونه‌گیری شده از مناطق عمده زیر کشت لوبیا

ردیف	منطقه	Sand	Silt	Clay	کلاس بافت*	pH	EC	N	O.C	$CaCO_3$	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
		درصد (%)					$dS.m^{-1}$	درصد			قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)					
1	خمین	30	23	47	C	7/9	1/08	0/071	0/98	22/4	34/7	172	7/82	1/41	6/08	2/74
2	خمین	28	23	49	C	7/9	0/85	0/145	1	18/2	25	340	6/82	2/03	6/58	2/05
3	خمین	24	27	49	C	8/1	0/93	0/184	1/37	31/6	18/7	140	20/4	7/70	6/75	3/26
4	خمین	22	19	59	C	7/9	0/70	0/068	0/78	27/1	22/1	136	5/01	1/71	4/87	1/91
5	خمین	22	23	55	C	7/9	0/84	0/074	1	31/1	27	174	7/82	8/19	6/83	1/85
6	خمین	24	27	49	C	7/9	1/17	0/087	1	42/2	25/5	172	5/36	8/47	8/84	2/15
7	خمین	26	20	54	C	7/7	0/77	0/079	0/8	23/6	27	192	6/4	0/72	5/16	1/78
8	خمین	25	26	49	C	7/5	0/87	0/056	0/75	15/2	29/3	144	8/1	0/61	6/26	2/02
9	خمین	36	23	41	C	8/3	0/80	0/087	0/7	19/2	44/5	190	7/14	1/27	8/4	2/13
11	ازنا	27	34	39	C.L	8/2	0/89	0/068	0/69	21/8	27	144	20/3	0/91	5/51	2/02
12	ازنا	44	22	34	C.L	8	0/90	0/088	0/86	10/2	23/9	160	9/39	0/97	5/64	1/57
13	ازنا	22	41	37	C.L	7/9	1/35	0/077	0/69	25/1	33/7	146	5/43	0/48	5/28	1/43
14	ازنا	50	19	31	S.C.L	7/6	0/52	0/226	1/17	16/4	27/4	113	5/46	0/35	4/33	1/15
15	ازنا	55	18	27	S.C.L	7/8	0/82	0/232	1/31	22/2	25/3	170	5/52	2/59	4/96	1/18
16	ازنا	79	8	13	S.L	7/8	0/90	0/062	0/72	3/9	37/3	79	6/87	0/55	4/52	0/88
17	ازنا	25	32	43	C	8/5	1/08	0/103	1	18/2	36/6	162	7/23	0/84	7/15	1/75
18	ازنا	24	29	47	C	8	0/64	0/106	0/80	5/4	39/7	256	9/47	0/46	9/74	2/23
19	ازنا	46	23	31	S.C.L	8	0/72	0/070	0/67	19/9	29/3	154	6/12	0/83	5/56	1/61
20	ازنا	32	31	37	C.L	7/9	0/81	0/132	1	16/1	22	109	5/85	2/46	5/93	1/31
21	ازنا	24	29	47	C	8/5	0/55	0/067	0/65	25/3	29/3	198	6/14	1/13	7/36	2/31
22	ازنا	26	24	50	C	8/6	1/01	0/071	0/74	18/5	47/6	158	6/66	2/16	5/45	2/72
23	الیگودرز	46	19	35	S.C.L	8/5	0/66	0/056	0/67	14/3	33/7	126	5/41	0/69	4/84	1/61

*- C: رسی (Clay)، C.L: لوم رسی (Clay Loam)، S.L: لوم شنی (Sandy Loam) و S.C.L: لوم رسی شنی (Sandy Clay Loam)

ادامه جدول 1- خصوصیات 41 نمونه خاک نمونه‌گیری شده از مناطق عمده زیر کشت لوبیا

ردیف	منطقه	Sand	Silt	Clay	کلاس بافت*	pH	EC	N	O.C	$CaCO_3$	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
		درصد (%)					$dS.m^{-1}$	درصد			قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)					
24	الیگودرز	46	22	32	S.C.L	8/4	0/8	0/098	0/84	12/8	45/9	132	5/52	0/48	5/98	1/53
25	الیگودرز	66	16	18	S.L	8/5	0/64	0/068	0/65	22/7	21/6	113	4/52	2/94	5/96	1/32
26	الیگودرز	40	21	39	C.L	8/5	0/94	0/089	1	29/1	24/2	178	3/81	3/97	6	2/61
27	الیگودرز	42	24	34	C.L	8/5	0/87	0/096	0/94	24/5	29/2	252	4/66	3/86	7/63	1/93
28	الیگودرز	34	31	35	C.L	8/4	1/40	0/071	0/88	18/9	29/3	214	4/88	3/45	5/9	2/32
29	الیگودرز	30	26	44	C	8/2	0/81	0/065	0/69	28/7	44/7	166	2/69	2/11	4/05	1/51
30	الیگودرز	28	30	42	C	8/5	0/71	0/068	0/92	20/6	21/7	156	5/07	0/51	6/22	2/18
31	زنجان	34	31	35	C.L	8/5	0/86	0/098	0/71	20/8	30/6	250	5/76	7/69	11/14	3/11
32	زنجان	37	25	38	C.L	8/4	0/7	0/078	0/88	0/4	35/7	246	7/82	2/4	11/45	2/25
33	زنجان	53	22	25	S.C.L	8/5	0/89	0/091	0/96	11/1	37/1	140	2/69	1/03	5/11	1/16
34	زنجان	49	20	31	S.C.L	8/5	1/38	0/067	0/71	1/5	36/2	188	5/74	8/76	6/32	2/77
35	زنجان	48	22	30	S.C.L	8/6	1/02	0/101	1/05	4/2	23/4	216	4/88	8/6	8/17	3/12
36	زنجان	46	18	36	S.C.L	8/5	0/68	0/062	0/57	1/2	39/5	266	6/06	8/83	8/44	2/09
37	زنجان	38	29	33	C.L	8/4	1/34	0/064	0/74	12/5	20/9	240	2/72	11/06	6/76	1/54
38	زنجان	48	27	25	S.C.L	8/6	0/99	0/079	1	13/3	35/1	188	5/97	2/41	11/09	2/23
39	زنجان	64	15	21	S.C.L	8/4	1/22	0/060	0/69	2/1	26	121	7/86	10/03	11/22	1/73
40	زنجان	38	26	36	C.L	8/5	1/05	0/066	0/84	2/7	42/4	270	5/82	2/6	11/35	2/66
41	زنجان	32	29	39	C.L	8/4	1/73	0/078	1/2	24/5	22/5	226	4/31	8/50	7/84	1/82
حداقل	-	24	8	13	-	7/5	0/52	0/056	0/57	0/4	18/7	79	2/69	0/35	4/05	0/88
حداکثر	-	79	41	59	-	8/6	1/73	0/232	1/37	42/2	47/6	340	20/4	11/06	11/45	3/26
متوسط	-	37/6	24	38	-	8/2	0/92	0/092	0/88	17/6	30/7	181	6/6	3/39	6/92	1/99

*- C: رسی (Clay)، C.L: لوم رسی (Clay Loam)، S.L: لوم شنی (Sandy Loam) و S.C.L: لوم رسی شنی (Sandy Clay Loam)

جدول 2- بررسی پارامترهای تعداد اسپور، پتانسیل آلوده‌سازی و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربسکولار در 41 نمونه خاک

شماره خاک	تعداد اسپور	پتانسیل آلوده-سازی	کلونیزاسیون	شماره خاک	تعداد اسپور	پتانسیل آلوده‌سازی	کلونیزاسیون
	در هر 20 گرم خاک		درصد (٪)		در هر 20 گرم خاک		درصد (٪)
1	12 m-o	51 hi	21 h-j	22	9 no	25 m-o	6 n
2	17 j-m	65 fg	24 g-i	23	8 no	18 o	7 mn
3	55 a	78 de	28 d-f	24	12 m-o	18 o	5 n
4	14 l-o	39 j-l	21 h-j	25	20 g-j	60 f-h	30 c-e
5	18 i-l	92 b	37 a	26	19 h-k	60 f-h	35 ab
6	27 d-f	90 bc	32 b-d	27	19 h-k	49 h-j	33 a-c
7	9 no	30 l-n	19 i-k	28	30 de	45 i-k	36 ab
8	32 d	89 b-d	23 g-i	29	17 j-m	48 ij	11 l-n
9	8 no	22 no	8 mn	30	9 no	32 l-n	14 k-m
10	50 ab	95 b	21 h-j	31	45 cb	136 a	27 e-g
11	8 no	21 no	15 i-k	32	8 no	22 no	7 mn
12	25 e-h	80 c-e	33 a-c	33	8 no	32 l-n	11 l-n
13	40 c	138 a	36 ab	34	9 no	18 o	7 mn
14	26 d-g	79 c-e	20 i-k	35	25 e-h	80 c-e	24 g-i
15	25 e-h	95 b	32 b-d	36	8 no	29 m-o	11 l-n
16	7 o	21 no	7 mn	37	9 no	18 o	33 a-c
17	32 d	100 b	18 i-k	38	15 k-n	55 g-i	38 a
18	11 m-o	38 j-l	7 mn	39	20 g-j	45 i-k	27 e-g
19	26 d-g	60 f-h	21 h-j	40	8 no	26 m-o	7 mn
20	15 k-n	36 k-m	25 f-h	41	56 a	125 ab	37 a
21	21 f-i	70 ef	19 i-k				

میانگین‌های هر فاکتور اندازه‌گیری شده که دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک می‌باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد به روش دانکن می‌باشند

جدول 3- همبستگی بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون

	شن	سیلت	رس	pH	EC	$CaCO_3$	O.C	N	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	NS	IU	٪
شن	-	-0/71**	-0/91**	0/18	-0/06	-0/52**	-0/13	-0/25	-0/06	-0/30	-0/13	-0/03	-0/03	-0/40**	-0/25	-0/24	-0/09
سیلت	-	-	0/36*	0/10	0/30	0/30	0/04	0/17	-0/04	0/23	-0/08	-0/02	0/17	0/25	0/39*	0/36*	0/24
رس	-	-	-	-0/30	-0/10	0/51**	0/15	0/23	-0/05	0/26	0/21	0/06	-0/06	0/38*	0/11	0/11	-0/02
pH	-	-	-	-	0/18	-0/26	-0/22	-0/14	0/24	0/25	-0/35*	0/26	0/40**	0/37*	-0/16	-0/18	-0/14
EC	-	-	-	-	-	0/10	0/16	-0/04	-0/09	0/14	-0/20	0/41**	0/14	0/17	0/39*	0/37*	0/39*
$CaCO_3$	-	-	-	-	-	-	0/31*	0/21	-0/35*	-0/15	-0/29	0/11	-0/33*	0/03	0/42**	0/42**	0/48**
O.C	-	-	-	-	-	-	-	0/71**	-0/41**	0/05	-0/11	0/24	-0/03	0/12	0/44**	0/39*	0/40**
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-0/25	0/21	0/05	0/18	0/06	0/28	0/45**	0/23	0/14
P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/07	0/16	-0/24	0/12	0/02	-0/37*	-0/34*	-0/68**
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/03	0/33*	0/53**	0/45**	0/02	0/10	0/05
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0/20	0/30	0/14	-0/08	-0/17	-0/02
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/37*	0/50**	0/32*	0/35*	0/31*
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/48**	0/04	0/07	0/09
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/16	0/03	0/05
NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/55**	0/87**
IU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/60**
٪	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NS: تعداد اسپور (Number of Spores)، IU: جمعیت فعال قارچ (Infection Unit)، ٪: درصد کلونیزاسیون، O.C: کربن آلی (Organic Carbon)

**: معنی‌دار بودن در سطح یک درصد؛ *: معنی‌دار بودن در سطح پنج درصد

DTPA برای اکثر گیاهان بین 0/5 تا یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (آرف، 2011). غلظت روی در 66 درصد از خاک‌های این آزمایش بیشتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود.

همبستگی بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون

نتایج حاصل از پژوهش محققین مختلف نشان می‌دهد که خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک می‌توانند تأثیر به سزایی بر پراکنش قارچ‌های میکوریز آربسکولار داشته باشند (هامل و همکاران، 1997). نتایج جدول 2 بیانگر تنوع در تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و همچنین درصد کلونیزاسیون در خاک‌های مختلف می‌باشد. گزارشات مختلف حاکی از آن است که صرفا خاک‌هایی با حاصلخیزی کم پیش نیاز توسعه گسترده قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار نمی‌باشد (هایمن، 1982). همانطور که در جدول 2 مشاهده می‌شود، قارچ‌های میکوریزی در همه نوع خاکی وجود دارند و با توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک فراوانی آنها متفاوت است.

در تحقیقی صفری (2006) گزارش کرد از بین مقادیر رس، سیلت و شن موجود در خاک‌ها تنها سیلت همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد اسپور قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در خاک دارد. در تحقیق حاضر نیز با افزایش مقدار سیلت در خاک پارامترهای اسپور و جمعیت فعال قارچ افزایش معنی‌داری داشتند. به طور کلی خاک‌های لومی که دارای مقادیر قابل توجهی سیلت می‌باشند دارای بهترین تهویه و مناسب‌ترین رطوبت در خاک می‌باشند. تهویه خوب خاک از پیش نیازهای توسعه مناسب قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار می‌باشد (سیف، 1981) همچنین محققان نشان دادند که مقادیر بالای آب در خاک کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار کاهش می‌دهد (بیسیرا و همکاران، 2005).

بین قابلیت هدایت الکتریکی با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون به ترتیب همبستگی‌های 0/39*، 0/37* و 0/39* ایجاد شد. در آزمایش انجام شده توسط صفری و همکاران (2005) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد اسپور و قابلیت هدایت الکتریکی (0/38**) در خاک وجود داشت. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که افزایش مقدار آهک فراهمی فسفر در خاک را کاهش داد و از طرف دیگر بین آهک با تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و درصد کلونیزاسیون همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد که بیانگر افزایش این پارامترها با افزایش آهک می‌باشد. کربن آلی نیز مانند آهک همبستگی مثبت و معنی‌داری با پارامترهای فوق داشت. محمد و همکاران (2003) نیز در یک تحقیق همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار ماده آلی خاک و درصد آهک با تراکم اسپور قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار بدست آوردند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هم ماده آلی و هم آهک بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و تهویه تأثیر گذار هستند (بردی و ویل، 1996).

در نتیجه این دو پارامتر ممکن است شرایط مطلوبی برای افزایش جمعیت قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار فراهم سازند (محمد و همکاران، 2003). در تحقیق انجام شده توسط داس و کایانگ (2010) کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار همبستگی بسیار بالایی (0/99**) با مقدار کربن آلی خاک نشان داد. وجود آهک در خاک‌های آهکی باعث کاهش فراهمی عناصری مانند فسفر، روی، آهن، مس و منگنز در خاک می‌شود و وابستگی میزبان را به قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار افزایش می‌دهد. این در حالی است که نتایج حاصل از یک پژوهش نشان داد که اضافه کردن آهک به خاک‌های اسیدی کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار را کاهش داد. محققین چنین اظهار داشتند که اصلاح خاک‌های اسیدی با آهک باعث افزایش فراهمی عناصر می‌شود و این شرایط وابستگی میزبان را به قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار کاهش می‌دهد (کارنهو و همکاران، 2007).

در این تحقیق نشان داده شد که با افزایش مقدار فسفر در خاک تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و به‌خصوص کلونیزاسیون کاهش یافت. در خصوص نقش فسفر می‌توان گفت که اضافه کردن فسفر می‌تواند باعث افزایش غلظت فسفر در بافت‌های گیاه شود و در نتیجه ترشحات ریشه‌ای کاهش می‌یابد (کوسکه و گما، 1996). مقادیر پایین ترشحات ریشه‌ای در ریزوسفر می‌تواند باعث کاهش جذب هیف‌های قارچی جوانه زده به سمت ریشه شود (تاوارایا و همکاران، 1998). ترینداد و همکاران (2006) نشان دادند همبستگی منفی و معنی‌داری بین کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار با غلظت فسفر (0/74**-) وجود دارد. علت مثبت بودن همبستگی بین مقدار آهک خاک با سه پارامتر تعداد اسپور، جمعیت فعال قارچ و کلونیزاسیون ریشه را می‌توان به نقش آهک در کاهش فراهمی فسفر نسبت داد. شرایطی مانند پ‌هاش بالا، مقادیر زیاد کربنات‌کلسیم، مقادیر کم مواد آلی و خشکی در مناطق دارای شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک مانند ایران، فراهمی فسفر

در خاک را برای گیاهان کاهش می‌دهد (سلیمپور و همکاران، 2010). فراهمی فسفر در تمامی خاک‌های آهکی دنیا محدود است.

همچنین خاک‌های آهکی با تشکیل ترکیبات کم محلول فسفر فراهمی این عنصر را کاهش می‌دهد (وانس و همکاران، 2003). داده‌های حاصل از این تحقیق بیانگر افزایش درصد کلونیزاسیون، تعداد اسپور و جمعیت فعال قارچ با افزایش مقدار روی می‌باشد. در تحقیقی در سال 2009 نشان داده شد که افزایش کاربرد کود روی در خاک تأثیری بر کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار نداشت (سوبرامانیان و همکاران، 2009).

اورتاس و همکاران (2002) نیز نشان دادند که افزایش روی تا حد پنج میلی‌گرم در کیلوگرم هیچ تأثیری بر درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار ندارد. این همبستگی مثبت می‌تواند ناشی از روابط رقابتی[1] روی با فسفر باشد.

محققان متعددی روابط رقابتی بین فسفر و روی را گزارش کرده‌اند که با افزایش فراهمی یک عنصر در خاک فراهمی و جذب عنصر دیگر توسط گیاه کاهش می‌یابد (میشرا و ابیدی، 2010).

نتایج محققین حاکی از آن است که همبستگی مثبت و معنی‌داری (0/46**) بین تعداد اسپور و کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار بدست آمد (علی‌اصغرزاده و همکاران، 2001). در این تحقیق نیز بین تعداد اسپور در خاک، جمعیت فعال قارچ و کلونیزاسیون ریشه همبستگی‌های مثبت بالایی در سطح یک درصد وجود داشت. همبستگی‌های بین تعداد اسپور و جمعیت فعال قارچ با درصد کلونیزاسیون بیانگر نقش مؤثر این دو پارامتر در کلونیزاسیون می‌باشد.

فهرست منابع:

1. Ali-asgharzadeh, N., Saleh-Rastin, N., Towfighi, H. and Alizadeh, A. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz Plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. Mycorrhiza 11: 119-122.
2. Aref, F. 2011. Zinc and Boron Content by Maize Leaves from Soil and Foliar Application of Zinc Sulfate and Boric Acid in Zinc and Boron Deficient Soils. Middle-East Journal Scientific Research 7(4): 610-618.
3. Balali, M.R., Malakouti, M.J., Mashayekhi, H. And Khademi, Z. 2000. Micronutrients effects on yield increasing and their critical level determination in irrigated wheat soils. p. 121-134. In: Malakouti, M.J. (ed.) balance nutrition of wheat (A complication of Papers). Agricultural Education Publication, Washington, DC.
4. Becerra, A., Zak, M.R., Horton, T. and Micolini, J. 2005. Ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal colonization of Alnus acuminata from Calilegua National Park (Argentina). Mycorrhiza 15: 525-531.
5. Becerra, A.G., Arrigo, N.M., Bartoloni, N., Domínguez, L.S. and Cofre, M.N. 2007. Arbuscular mycorrhizal colonization of alnus acuminate kunth in northwestern argentina in relation To season and soil parameters. Cienc Suelo (argentina) 25(1): 7-13.
6. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal 54: 464-465.
7. Brady, N.C. and Weil, R.R. 1996. The Nature and Properties of Soils (11th Edn). New Jersey,US.A.: Prentice-Hall, Inc 739.
8. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. p. 1085-1122. In: Sparks, D.L. (ed.) Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
9. Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P. and Vanderleyden, J. 2003. Beans *(Phaseolus* spp.) model food legumes. Plant Soil 252: 55-128.

[1] Antagonistic

10. Cardoso, I.M. and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems an Environment 116: 72-84.
11. Carrenho, R., Trufem, S.F.B., Bononi, V.L.R. and Silva, E.S. 2007. The effect of different soil properties on arbuscular mycorrhizal colonization of peanuts, sorghum and maize. Acta Botanica Brasilica Journal 21(3): 723-730.
12. Dalpe, Y. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhiza. p. 287-301. In: Carter, M.R. (ed.) Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society for Soil Science. Lewis, Boca Raton, Fla.
13. Das, P. and Kayang, H. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophyte colonization in bamboo from Northeast India. Frontiers of Agriculture in China 4(3): 375-382.
14. Feiziasl, V., Valizadeh, G.H.R., Toshieh, V., Taliee, A.A. and Belson, V. 2003. Determination of micronutrients critical level in Northwestern of Iran for Dryland wheat. Iran. Journal of Crop Science 5: 236-249.
15. Gambrell, R.P. 1996. Manganese. Methods of Soil Analysis: Part3. Chemical Methods Soil Science Society of America Book Series No5, Madison, USA.
16. Giovannetti, M. and Moss, B. 1980. Estimating the percentage of root length colonized (Grindline-intersect method). New Phytologist 84: 489-500.
17. Hamel C., Barrentes-Cartin U., Furlan, V. and Smith, D.L. 1991. Endomycorrizal fungi in nitrogen transfer from soybean to maize. Plant Soil 138: 33-40.
18. Hamel, C., Dalpé, Y., Furlan, V. and Parent, S. 1997. Indigenous populations of arbuscular mycorrhizal fungi and soil aggregate stability are major determinants of leek (*Allium porrum* L.) response to inoculation with *Glomus intraradices* Schenk and Smith or *Glomus versiforme* (Karsten) Berch. Mycorrhiza 7: 187-196.
19. Hayman, D.S. 1982. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Phytopathology 72: 1119-1125.
20. He, X. and Nara, K. 2007. Element biofortification: can mycorrhizas potentially offer a more effective and sustainable pathway to curb human malnutrition. Trends Plant Science 12(8): 331-333.
21. Hemke, P.H. and Sparks, D.L. 1996. Potassium. p. In:551-574. Sparks, D.L. et al. (ed.) Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
22. Hildebrandt, U., Janetta, K., Fouad, O., Renne, B., Nawrath, K. and Bothe, H. 2001. Arbuscular mycorrhizal colonization of halophytes in Central European salt marshes. Mycorrhiza 10: 175-183.
23. Khalil, S., Loynachan, T.E. and Mc nabb, H. S. 1992. Colonization of soybean by mycorrhizal fungi and spore population in lowa soils. Agronomy Journal 84: 832-836.
24. Koske, R.E. and Gemma, J.N. 1996. Arbuscular mycprrhizal funji: in Hawaiian sand dunes. Pacific Science 50(1): 36-45.
25. Kuo, S. 1996. Phosphorus. p. 869-920. In: Sparks, D.L. et al. (ed.) Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
26. Lifang, H., Fan, S., Zongsheng, Z. and Libo, F. 2000. A systematic approach to balancing soil nutrients in broad bean-rice rotation in Yunnan. Better Crops International 14(2): 18-23.
27. Loeppert, R.H. and Inskeepm, W.P. 1996. Iron Methods of Soil Analysis, Part 3, Soil Science Society of America Inc., and American Society of Agronomy Inc., Madison, WI 639-664.

28. Loeppert, R.H. and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. p. 437-473. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnson, C.T. and Sumner, M.E (Eds.) Method of soil analyses part 3 chemical methods. SSSA Special publication No. 5. Madison, W.I.
29. Loveland, P. and Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review? Soil and Tillage Research 70: 1-18.
30. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. 2th Edition. Academic press, Londn.
31. Mishra, L.K. and Abidi, A.B. 2010. Phosphorous-Zinc interaction: effect on yield components and biochemical composition and bread making qualities of wheat. World Applied Sciences Journal 10(5): 568-573.
32. Mohammad, M.J., Hamad, S.R. and Malkawi, H.I. 2003. Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. Journal of Arid Environments 53: 409-417.
33. Mortvedt, J.J., Cox, F.R., Shuman, L.M. and Welch, R.M. 1991. Micronutrients in Agriculture, SSSA Books.
34. Nelson, E.W. and Sommers, L.E. 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: Sparks, D.L. (ed.) Methods of Soil Analysis: Chemical Methods. Part 3. Soil Sci. Soc. of Am., Madison WI.
35. Ortas, I., Ortakci, D., Kaya, Z., Cinar, A. and Onelge, N. 2002. Mycorrhizal dependency of Sour orange in relation to phosphorus and zinc nutrition. Journal of Plant Nutrition 25: 1263-1279.
36. Philips, J.M. and Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection. T. Brit. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
37. Reed, S.T. and Martens, D.C. 1996. Copper and Zinc. In: Sparks, D.L. (ed.) Methods of soil analysis. Part 3-Chemical methods. Madison, Wisconsin, Soil Sci. Soc. Am., Inc.
38. Rhodes, J.D. 1996. Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks D.L. (ed.): Methods of Soil Analysis. Chemical methods. Soil Science Society American, Madison. 417-437.
39. Safari, A.A. 2006. Relationships Between land Use and Arbuscular Mycorrhizal (AM) Spore Abundance in Calcareous Soils. Caspian Journal of Environment Science 4(1): 59-65.
40. Safari, A.A., Mahboobi, A.A. and Nazarizadeh, F. 2005. The Effect of Agricultural Practices on the Spatial Variability of Arbuscular Mycorrhiza Spores. Turkish Journal of Biology 29: 149-153.
41. Saif, S.R. 1981. The influence of soil aeration on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. Effect of soil oxygen on the growth and mineral uptake of *Eupatorium odoratum* L. inoculated with *Glomus macrocarpus*. New Phytol. 88: 649-659.
42. Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H., Besharati, H. and Miransari, M. 2010. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. Australian Journal of Crop Science 4(5): 330-334.
43. Schleiff, U. 2005. Research aspects for crop salt tolerance under irrigation with special reference to root environment. In: Research Accents in Agricultural Chemistry, Special Issue/Sonderheft FAL Agricultural Research, Braunschweig, and also under http://www.salinity. deonline publications. 83-94.
44. Sharma, A.K., Srivastava, P.C. and Johri, B.N. 1994. Contribution of VA mycorrhiza to zinc uptake in plants. p. 111-123. In: Manthey, J.A., Crowley, D.E. and Luster, D.G. (eds.) Biochemistry of Metal Micronutrient in the rhizosphere. Lewis Publishers, Boca Raton FL.

45. Smith, S.E. and Read, D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis, 2nd Edition, Academic Press, London 605.
46. Su, Y.Y. and Guo, L.D. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi in non-grazed, restored and over-grazed grassland in the Inner Mongolia steppe. Mycorrhiza 17: 689-693.
47. Subramanian, K.S., Tenshia, V., Jayalakshmi, K. and Ramachandran, V. 2009. Biochemical changes and zinc fractions in arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) inoculated and uninoculated soils under differential zinc fertilization. Applied Soil Ecology 43: 32-39.
48. Tawaraya, K., Hashimoto, K. and Wagatsuma, T. 1998. Effect of root exudate fractions from P-deficient and P-sufficient onion plants on root colonization by the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. Mycorrhiza 8: 67-70.
49. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. p. 475-490. In: Bigham J.M. (Ed.) Methods of soil analysis. Part 3—chemical methods. Soil Science Society of America Book Series No. 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
50. Trindade, A.V., Siqueira, J.O. and Sturmer, S.L. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi in papaya plantations of espírito santo and bahia, brazil. Brazilian Journal of Microbiology 37: 283-289.
51. Vance, C.P., Uhde-Stone, C. and Allan, D.L. 2003. Phosphorous acquisition and use: critical adaptation by plant for recurring a non-renewable resources. New phytologist 157: 423-447.
52. Wang, B. and Qiu, Y.L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. Mycorrhiza 16: 299-363.