Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 6، بهمن – اسفند 1394، ص. 1480-1469

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1469-1480

رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته تحت تأثیر سطوح مختلف منگنز در شرایط گلخانه

طیبه پوربافرانی[1]- احمد تاج آبادی پور[2*]- وحید مظفری[3]- عبدالرضا اخگر[4]

تاریخ دریافت: 1392/04/05
تاریخ پذیرش: 1394/06/01

چکیده

خاک‌های ایران عمدتاً آهکی هستند که در آن‌ها کمبود عناصر کم‌مصرف از جمله منگنز به دلیل pH بالا و تثبیت عناصر غذایی مشاهده می‌شود. هدف این مطالعه بررسی اثر منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته در تعدادی از خاک‌های آهکی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت بود. برای این منظور یک آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح منگنز (0، 10 و 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به صورت سولفات منگنز) و 12 نوع خاک متفاوت از منطقه‌ی رفسنجان در جنوب ایران بود. نتایج نشان داد که کاربرد 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک باعث افزایش برخی پارامترهای رشدی گردید. ترکیب شیمیایی (غلظت و جذب) اندام هوایی نهال‌های پسته هم تحت تأثیر کاربرد منگنز قرار گرفت. کاربرد منگنز غلظت و جذب آهن، غلظت روی و مس را در اندام هوایی نهال پسته کاهش داد به‌طوری‌که بالاترین غلظت این عناصر در تیمار شاهد مشاهده شد. کاهش غلظت عناصر مس و روی در تیمار 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ولی در تیمار 20 میلی‌گرم در کیلوگرم معنی‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: پسته، ترکیب شیمیایی، خاک‌های آهکی، منگنز

مقدمه

منگنز یک عنصر غذایی کم‌مصرف ضروری در تغذیه‌ی گیاه محسوب می‌شود. این عنصر در فعال نمودن آنزیم‌های مختلفی در گیاه نقش داشته و در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، آمینواسیدها و پدیده‌ی فتوشیمیایی نقش مهمی را ایفا می‌کند (35). مهم‌ترین نقش شناخته و مطالعه شده‌ی منگنز در گیاهان سبز نقش آن در فتوسنتز و تولید اکسیژن است (27). منگنز در فعالیت‌های آنزیمی، انتقال الکترون، تشکیل کلروفیل، فرآیندهای اکسیداسیون و احیا و جلوگیری از بیماری‌های گیاهی شرکت می‌کند. این عنصر کم‌مصرف نقش کلیدی در فتوسنتز، تنفس، سنتز چربی‌ها، لیگنین، فنول‌ها و هورمون‌ها به ویژه اکسین بازی می‌کند (8). منگنز جذب و احیای دی‌اکسیدکربن و قند را در گیاهان افزایش می‌دهد و هم‌چنین نقش مهمی را در متابولیت‌های ثانوی ایفا نموده و مقاومت گیاهان را در برابر بیماری‌ها زیاد می‌کند (26). پسته گیاهی نیمه‌گرمسیری، دوپایه، خزان کننده، از خانواده Anacardiacae و جنس *Pistacia* است (3). پسته یکی از مهم‌ترین محصولات صادراتی ایران محسوب می‌شود و اهمیت اقتصادی زیادی دارد. درآمد ارزی حاصل از صادرات این محصول در سال 2006 بالغ بر 890 میلیون دلار بوده است. شهرستان رفسنجان با سطح زیر کشتی بالغ بر 110 هزار هکتار عمده‌ترین مرکز تولید پسته در جهان، ایران و استان کرمان است به‌طوری‌که سهم این شهرستان از سطح زیر کشت بارور این محصول در جهان، ایران و استان کرمان به ترتیب 24، 34 و 60 درصد می‌باشد (28). حد مطلوب غلظت عنصر غذایی منگنز در برگ پسته 80–50 میلی‌گرم در کیلوگرم است و کمتر از این مقدار منگنز باعث بروز علائم کمبود در گیاه می‌شود. همچنین حد بحرانی منگنز در خاک برای پسته 10-8 میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (25). خاک‌هایی با pH بالا، خاک‌های آهکی به ویژه خاک‌هایی با تهویه‌ی ضعیف و ماده‌ی آلی زیاد خاک‌هایی هستند که موجب کمبود منگنز در گیاه می‌گردند. کربنات کلسیم عامل عمده‌ی غیرفعال شدن منگنز در خاک‌های آهکی می‌باشد به‌طوری‌که 65 درصد سولفات منگنز پس از مصرف در این خاک‌ها به صورت کربناتی در می‌آید و حدود 18 درصد آن نیز به بخش اکسیدی وارد می‌شود. بنابراین علت راندمان کم منگنز در این خاک‌ها را می‌توان تبدیل آن به چنین شکل‌های کم محلولی نسبت داد و خاک‌های با کربنات کلسیم بالا معمولاً دارای کمبود منگنز هستند (12، 18 و 30). کریمیان و هاشمی (19) گزارش کردند کاربرد منگنز در خاک با کاهش غلظت روی و آهن و افزایش غلظت فسفر در دانه‌ی گندم همراه است. لیدون (23) گزارش کرد

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: tajabadi@vru.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد منگنز ممکن است اثر آنتاگونیسمی بر مقدار آهن داشته باشد. هالدر وماندال (14) گزارش کردند که کاربرد منگنز سبب کاهش غلظت مس، آهن و فسفر در برنج شد ولی غلظت روی در گیاه را افزایش داد. با توجه به آهکی بودن خاک‌های منطقه‌ی رفسنجان و pH بالا و هم‌چنین پایین بودن میزان ماده‌ی آلی این خاک‌ها، احتمال کمبود منگنز در این خاک‌ها وجود دارد. بنابراین بررسی وضعیت منگنز خاک‌های این منطقه و مقدار منگنز جذب شده توسط نهال‌های پسته و بررسی تأثیر کاربرد منگنز بر رشد و غلظت سایر عناصر غذایی کم‌مصرف هدف اصلی این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

از مناطق مختلف پسته‌کاری شهرستان رفسنجان (نوق، انار، کبوترخان و حومه) نمونه‌برداری خاک (40 نمونه) از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری صورت گرفت. در نمونه‌های جمع‌آوری شده خصوصیاتی مانند بافت، آهک و منگنز قابل استفاده تعیین گردید و در نهایت 12 نوع خاک که دارای دامنه‌ی وسیعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بود برای آزمایش گلخانه‌ای انتخاب شد. از نقاط مشخص شده، مقدار کافی خاک جمع‌آوری شد و بعد از هوا خشک نمودن و عبور از الک دو میلی‌متری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از جمله pH در خمیر اشباع خاک توسط الکترود شیشه‌ای(33)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، بافت به روش هیدرومتر(7)، کربن آلی(17)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (4)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جانشینی کاتیون‌ها با سدیم استات (9)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و اندازه‌گیری با روش اسید آسکوربیک(31) و غلظت روی، آهن، مس و منگنز عصاره‌گیری شده به وسیله‌ی DTPA (24) با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. آزمایش در شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار انجام شد. آزمایش با سه سطح منگنز (0، 10 و20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک از منبع سولفات منگنز) بر روی 12 نوع خاک انجام شد. برای تأمین احتیاجات کودی گیاه و بر اساس آزمون خاک، سایر عناصر غذایی (نیتروژن و فسفر به میزان 50 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب از منابع نیترات آمونیوم و پتاسم دی هیدروژن فسفات و عناصر آهن، روی و مس به میزان 5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ترتیب از منابع سکوسترین آهن 138، سولفات روی و سولفات مس) به خاک هر گلدان اضافه شد. مقدار 5 کیلوگرم خاک داخل کیسه‌های پلاستیکی 8 کیلویی ریخته شد و سپس سطوح مختلف منگنز و سایرعناصر غذایی به صورت محلول به تمام پلاستیک‌ها اضافه شد. پس از رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی، خاک موجود در هر کیسه به خوبی مخلوط و به داخل گلدان‌های پلاستیکی منتقل گردید. بذرهای پسته (رقم بادامی ریز زرند) بعد از جداسازی پوست سخت، به مدت 10 دقیقه در محلول وایتکس 10 درصد قرار داده شدند و پس از سه بار شستشو با آب مقطر استریل، به مدت 24 ساعت در آب مقطر استریل، در یک ظرف در بسته خیسانده شدند. سپس به مدت 30 دقیقه با قارچ‌کش بنومیل با غلظت دو گرم در لیتر ضدعفونی شده و تا مرحله جوانه‌زنی به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای 25 درجه‌ی سلسیوس قرار داده شدند. پس از جوانه زدن بذرها، در هر گلدان 8 بذر در عمق 3 سانتی‌متری کشت گردید و گلدان‌ها با آب مقطر آبیاری شده و رطوبت خاک از طریق وزنی به حد ظرفیت زراعی رسانیده شد. حدود یک ماه پس از کشت و پس از استقرار کامل نهال‌ها، تعداد نهال‌ها در هر گلدان به چهار بوته کاهش داده شد. در پایان دوره‌ی رشد گیاهان از محل طوقه قطع و برگ و ساقه‌ی آن‌ها جدا گردید. ریشه‌ها نیز از خاک خارج و هر کدام به صورت جداگانه، پس از شست‌وشو با آب معمولی و آب مقطر در دمای 65 درجه‌ی سلسیوس (72 ساعت) خشک شدند تا وزن آن‌ها به حد ثابتی برسد. پس از توزین جداگانه‌ی برگ، ساقه و ریشه‌های خشک شده، نمونه‌ها توسط آسیاب برقی پودر گردیدند. به منظور تهیه‌ی عصاره، یک گرم از نمونه‌های پودر شده ریشه و اندام هوایی (ساقه و برگ) در دمای 550 درجه‌ی سلسیوس به روش خشک‌سوزانی خاکستر شده و با استفاده از اسید کلریدریک دو نرمال به صورت محلول در آورده شدند. در عصاره به‌دست آمده، غلظت فسفر به روش زرد وانادات و به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر مدل PG instrument T80 UV/VIS و غلظت یون‌های منگنز، روی، مس و آهن به وسیله‌ی دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta تعیین شدند. در پایان نتایج و داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار کامپیوتری MSTATC تجزیه‌ی آماری شد و نمودارها و جدول‌های مربوطه با استفاده از برنامه‌های EXCEL و Word رسم و نتایج تفسیر گردیدند.

نتایج

نتایج تجزیه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دوازده خاک مناطق مختلف رفسنجان در جدول 1 آمده است.

با توجه به نتایج جدول 1 خاک‌های منطقه‌ی رفسنجان آهکی بوده و دارای pH بالا و ماده‌ی آلی کم می‌باشند که با توجه به این ویژگی‌ها احتمالاً کمبود منگنز در این خاک‌ها وجود دارد. در شرایط خاک‌های آهکی ایران به دلیل فراوانی کربنات کلسیم در خاک یون بی‌کربنات در خاک تولید شده که این یون را می‌توان یکی از عوامل اصلی کمبود منگنز در گیاه دانست. یون بی‌کربنات باعث غیرطبیعی شدن نوک ریشه‌ها و کاهش ظرفیت سیستم ریشه‌ی گیاه و اختلال در جذب منگنز و سایر عناصر غذایی در گیاه می‌شود. غلامعلی‌زاده آهنگر و همکاران (13) گزارش دادند که بین منگنز نگه‌داری شده در

www.SID.ir

Archive of SID

خاک و ویژگی‌های خاک نظیر ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان مواد آلی خاک و کربنات کلسیم معادل رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. آن‌ها دلیل عدم افزایش منگنز قابل عصاره‌گیری خاک به تناسب منگنز مصرفی را pH بالای خاک و وجود مقدار زیاد آهک در خاک می‌دانند که باعث می‌شود منگنز افزوده شده در خاک به شکل منگنز کربناتی رسوب نموده و از دسترس خارج شود.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده

Table 1- Physical and chemical propertiesofsoils used

خصوصیات خاک Soil properties	دامنه تغییرات Range	میانگین Mean
رس (درصد) Clay (%)	3-19	11.3
سیلت (درصد) Silt (%)	5-44	15.4
شن (درصد) Sand (%)	37-89	73.3
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	1.31-3.64	2.65
آهک (درصد) Lime (%)	9.2-17.9	12.9
قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m) Electrical conductivity (dS/m)	1.40-6.73	3.28
pH گل اشباع Soil pH	7.47-7.99	7.76
ظرفیت تبادل کاتیونی $Cmol(+)\ kg^{-1}$ Cation exchange capacity $Cmol(+)\ kg^{-1}$	10.96-25.26	17.73
منگنز(میلی‌گرم در کیلوگرم) Manganese ($mg\ kg^{-1}$)	4.45-20.24	8.57
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zinc ($mg\ kg^{-1}$)	0.21-3.70	1.2
مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Copper ($mg\ kg^{-1}$)	0.54-3.07	1.20
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Iron ($mg\ kg^{-1}$)	2.78-6.37	3.93

مواد آلی موجود در خاک در بهبود خواص فیزیکی خاک مؤثر بوده و نقش تغذیه‌ای آن برای گیاه مفید می‌باشد. از طرف دیگر فراوانی مواد آلی در خاک باعث تشکیل کمپلکس‌های پیچیده‌ی مواد آلی با عناصر غذایی شده و از آزادسازی عناصر غذایی ممانعت می‌کند و در نتیجه باعث کم شدن قابلیت استفاده‌ی منگنز برای گیاه می‌شود و در نتیجه غلظت منگنز در گیاه کاهش می‌یابد.

جدول 2 بیانگر تأثیر معنی‌دار کاربرد منگنز بر وزن خشک اندام هوایی نهال‌های پسته می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک مشاهده گردید. وزن خشک اندام هوایی نهال‌های پسته در این سطح نسبت به شاهد 25 درصد افزایش داشت در صورتی که با کاربرد بیشتر منگنز (20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد حدود 6/7 درصد افزایش ولی نسبت به سطح ماقبل خود کاهش نشان داد. علت کاهش وزن خشک اندام هوایی در این سطح می‌تواند به دلیل اختلال در جذب سایر عناصر غذایی وعدم تعادل تغذیه‌ای به‌ویژه عناصر کم‌مصرف توسط نهال‌های پسته باشد.

نتایج ارائه شده در شکل 1 بیانگر تأثیر معنی‌دار کاربرد منگنز بر وزن خشک ریشه‌ی، ساقه و برگ نهال‌های پسته می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین میزان وزن خشک ریشه، ساقه و برگ نهال‌های پسته در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک مشاهده گردید. وزن خشک ریشه‌ی نهال‌های پسته در این سطح نسبت به شاهد 23/9 درصد افزایش نشان داد در صورتی که با کاربرد بیشتر منگنز (20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) وزن خشک ریشه نسبت به شاهد 4/32 درصد کاهش نشان داد. وزن خشک ساقه در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد 25/2 درصد افزایش نشان داد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 2- تأثیر سطوح مختلف منگنز و نوع خاک بر وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) نهال‌های پسته

Table 2- Effect of different levels of manganese and soil type on shoot dry weight (gram per pot) of pistachio seedlings

سطوح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)

Manganese levels (mg kg^{-1}soil)

شماره خاک Soil number	منگنز اولیه خاک Available Initial Mn	0	10	20	میانگین Mean
1	11.62	12.41^{cdefg}	14.81^{b}	12.00^{efgh}	13.07^{C}
2	6.72	11.67^{fgh}	11.48^{gh}	11.16^{h}	11.44^{E}
3	9.77	12.25^{cdefg}	17.06^{a}	14.74^{b}	14.68^{A}
4	5.90	6.10^{l}	12.30^{cdefg}	12.13^{defgh}	10.18^{G}
5	5.33	16.38^{a}	16.69^{a}	8.14^{k}	13.74^{B}
6	13.85	9.81^{i}	13.18^{c}	13.15^{c}	12.05^{D}
7	4.74	5.19^{m}	11.43^{gh}	11.45^{gh}	9.36^{H}
8	6.30	2.23^{n}	2.69^{n}	2.82^{n}	2.58^{J}
9	6.71	11.73^{fgh}	13.02^{cd}	12.60^{cdef}	12.45^{D}
10	20.24	12.15^{defgh}	12.95^{cde}	9.15^{ij}	11.42^{E}
11	7.21	8.79^{jk}	12.27^{cdefg}	11.47^{gh}	10.85^{F}
12	4.45	5.40^{lm}	4.66^{m}	2.94^{n}	4.33^{I}
میانگین (Mean)	8.57	9.50^{C}	11.88^{A}	10.14^{B}	

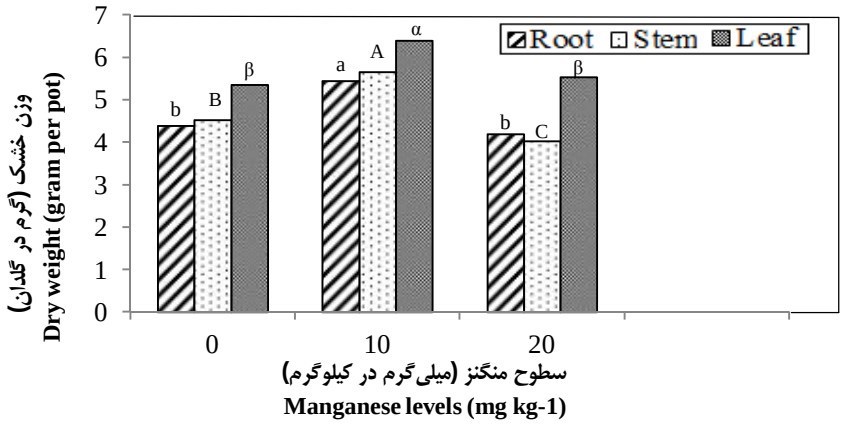
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون یا ردیف در سطح احتمال 5 درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different by Duncan test ($p<0.05$)

در صورتی که کاربرد بیشتر منگنز (20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک) باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌ی نهال‌های پسته نسبت به سطوح ماقبل آن گردید. وزن خشک برگ در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد 19/2 درصد افزایش نشان داد. در صورتی که کاربرد بیشتر منگنز (20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک) باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ نهال‌های پسته نسبت به سطح ماقبل آن گردید. علت کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ در سطح 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک را می‌توان به احتمال زیاد به اختلال در جذب سایر عناصر غذایی (عدم تعادل تغذیه‌ای) به‌ویژه عناصر کم‌مصرف نسبت داد. سرچشمه‌پور (36) در یک آزمایش گلخانه‌ای اثرات متقابل عنصر روی را با عناصر منگنز، مس و آهن به طور جداگانه در گیاه پسته مورد مطالعه قرار داد. نتایج بررسی نشان داد که سطوح بالای هر یک از عناصر باعث بروز اختلالاتی در جذب و یا انتقال عنصر دیگر شد. افروشه و همکاران (1) با کاربرد منگنز، آهن، مولیبدن و منیزیم بر روی پسته و شرایط گلخانه به این نتیجه رسیدند که این عناصر تولید ماده‌ی خشک نهال‌های پسته را از نظر آماری در سطح یک درصد افزایش دادند. ایل-شازلی و دریس (11) گزارش کردند مصرف منگنز، آهن و روی در درختان سیب باعث افزایش کیفیت میوه، وزن میوه و هم‌چنین افزایش استحکام گیاه می‌گردد. با مصرف کودهای حاوی این عناصر، منگنز، آهن و روی قابل استفاده‌ی گیاه افزایش یافته و این عامل باعث افزایش سنتز کلروفیل، انجام بیشتر عمل فتوسنتز و ساخت بیشتر مواد غذایی به‌ویژه قندها شده و عملکرد افزایش می‌یابد. غلامعلی‌زاده آهنگر و همکاران (13) با کاربرد سه سطح منگنز (0 و 15 و 30 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک) از منبع سولفات منگنز بر روی گیاه سویا در خاک‌های آهکی استان فارس به این نتیجه رسیدند که کاربرد 15 میلی‌گرم منگنز درکیلوگرم خاک غلظت و جذب منگنز در گیاه سویا را افزایش داد و عملکرد ماده‌ی خشک نیز افزایش یافت .در خاک‌های آهکی منگنز قابل استفاده گیاه به دلیل نگه‌داری آن بر روی سایت‌های ماده آلی و کربنات کلسیم بسیار پایین است. بنابراین مصرف کود سولفات منگنز، منگنز قابل استفاده‌ی گیاه را در این خاک‌ها افزایش داده و عملکرد ماده خشک گیاه هم با افزایش غلظت وجذب منگنز در گیاه افزایش می‌یابد. شیبلی و همکاران (37) گزارش کردند که با مصرف 16/2 میلی‌گرم منگنز در لیتر، وزن خشک بخش هوایی و ریشه‌ی گیاه سیب افزایش معنی‌داری پیدا کرد اما با افزایش غلظت منگنز به 21/6 میلی‌گرم در لیتر، وزن خشک ریشه و بخش هوایی کاهش یافت که دلیل این کاهش را تجمع منگنز در گیاه و سمیت آن اعلام کردند. کاسیساکال و آنال (21) گزارش کردند کاربرد منگنز سبب افزایش کلروفیل اندام‌های سبز گیاه و فتوسنتز و در نتیجه افزایش وزن خشک برگ در گیاه گوجه فرنگی گردید.

www.SID.ir

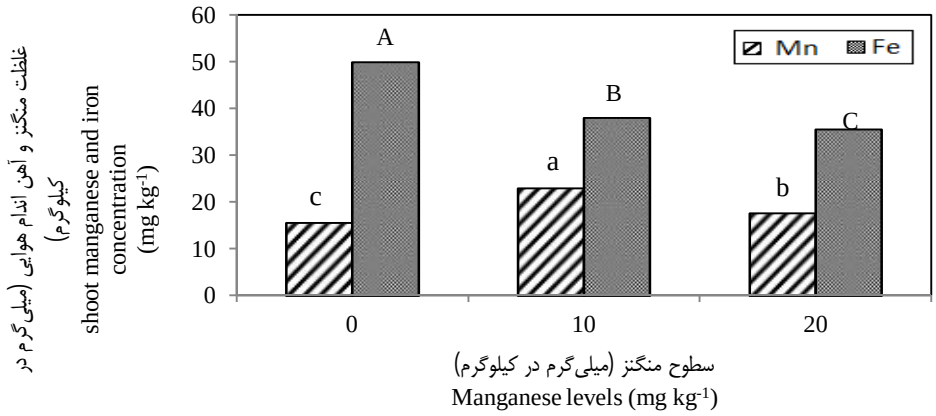
Archive of SID



شکل 1- تأثیر سطوح مختلف منگنز بر وزن خشک ریشه، ساقه و برگ نهال‌های پسته

Figure 1- Effect of different levels of manganese on root, stem and leaf dry weight of pistachio seedlings

علم و انصاری (2) گزارش نمودند که کاربرد منگنز و آهن به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد (ماده خشک) برنج تحت شرایط غرقاب در خاک‌های آهکی پاکستان گردید. نتایج موجود در شکل 2 بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف منگنز بر غلظت منگنز و آهن اندام هوایی نهال‌های پسته می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین غلظت منگنز اندام هوایی نهال‌های پسته در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک مشاهده گردید؛ غلظت منگنز اندام هوایی در این سطح نسبت به شاهد 48/3 درصد افزایش نشان داد هر چند که کاربرد بیشتر منگنز (20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) باعث کاهش غلظت منگنز اندام هوایی نهال‌های پسته نسبت به سطح ماقبل آن گردید. غلظت منگنز اندام هوایی در این سطح نسبت به شاهد 13/4 درصد افزایش یافت. در سطح 10 میلی‌گرم منگنز وزن خشک ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته نسبت به سطح شاهد و سطح 20 میلی‌گرم منگنز افزایش داشته و این امر باعث افزایش غلظت منگنز گیاه در سطح 10 میلی‌گرم منگنز گردیده است ولی در سطح 20 میلی‌گرم منگنز به دلیل عدم تعادل بین عنصر منگنز و سایر عناصر غذایی و کاهش وزن اندام هوایی، غلظت منگنز گیاه نسبت به سطح 10 میلی‌گرم منگنز کاهش داشته است. حاتم و رونقی (16) گزارش کردند که با کاربرد 20 و 40 میلی‌گرم منگنز در خاک، غلظت منگنز در برگ ذرت به ترتیب به میزان 23 و 22 درصد نسبت به گیاه شاهد افزایش یافت و جذب منگنز نیز در برگ‌های ذرت افزایش نشان داد که علت این امر افزایش غلظت منگنز و نیز وزن ماده‌ی خشک اندام هوایی ذرت بود. حسنی و همکاران (15) گزارش کردند محلول‌پاشی درختان انار با محلول 0/6 درصد از منبع سولفات منگنز، غلظت منگنز در برگ‌ها و میوه را افزایش داد و اثرات قابل توجهی بر روی عملکرد و کیفیت میوه داشت. پاپاداکیس و همکاران (32) گزارش کردند که محلول‌پاشی با محلول 0/018 مولار سولفات منگنز به‌طور قابل توجهی غلظت منگنز را در برگ، ساقه و ریشه‌ی مرکبات افزایش داد. موسوی و همکاران (29) گزارش کردند که کاربرد کود سولفات منگنز باعث افزایش غلظت منگنز در برگ و غده‌ی سیب‌زمینی و هم‌چنین افزایش عملکرد غده‌ی سیب‌زمینی شد.



شکل 2- تأثیر سطوح مختلف منگنز بر غلظت منگنز و آهن اندام هوایی نهال‌های پسته

Figure 2- Effect of different levels of manganese on shoot manganese and iron concentration of pistachio seedlings

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌چنین نتایج موجود در شکل 2 نشان می‌دهد که کاربرد منگنز باعث کاهش معنی‌دار غلظت آهن اندام هوایی نهال‌های پسته گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان غلظت آهن اندام هوایی در سطح شاهد یعنی بدون کاربرد منگنز مشاهده گردید؛ بدین صورت که با کاربرد 10 و 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک غلظت آهن اندام هوایی نهال‌های پسته نسبت به شاهد به ترتیب 24 و 29 درصد کاهش نشان داد که این کاهش در غلظت آهن به دلیل اثر آنتاگونیسمی بین عنصر منگنز و آهن در نهال‌های پسته می‌باشد. کریمیان و هاشمی (19) گزارش کردند که کاربرد منگنز در خاک با کاهش غلظت آهن در دانه گندم همراه بود. کاهش غلظت آهن در ریشه‌ی گیاه گندم احتمالاً به دلیل رقابت بین منگنز و آهن در غشای ریشه در مرحله‌ی جذب می‌باشد. هم‌چنین از آن جایی که ترکیبات حاوی منگنز می‌توانند روی سطح ریشه را بپوشانند، بخشی از کاهش آهن در ریشه می‌تواند به دلیل تشکیل این ترکیبات نامحلول اکسیدهای منگنز در سطح ریشه باشد که این نتایج توسط کو و میکلسون (22) نیز گزارش شده است. حاتم و رونقی (16) گزارش کردند که کاربرد منگنز بر روی گیاه ذرت غلظت آهن را در گیاه کاهش داد. آن‌ها گزارش کردند با کاربرد 20 و 40 میلی‌گرم منگنز غلظت آهن گیاه به میزان 18 درصد نسبت به گیاه شاهد کاهش یافت که این نتایج بیانگر اثر ضدیتی منگنز با آهن در ذرت می‌باشد.

نتایج ارائه شده در جدول 3 بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف منگنز بر میزان جذب منگنز اندام هوایی نهال‌های پسته می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین میزان جذب منگنز اندام هوایی نهال‌های پسته در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک مشاهده گردید که علت این امر افزایش غلظت منگنز و نیز وزن بیشتر ماده‌ی خشک اندام هوایی نهال‌های پسته در این سطح منگنز می‌باشد. اسدی کنگرشاهی و همکاران (6) گزارش کردند که مصرف 30 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک موجب افزایش غلظت و جذب کل منگنز به ترتیب معادل 4/5 و 26/6 درصد در اندام هوایی گیاه سویا گردید.

جدول 3- تأثیر سطوح مختلف منگنز و نوع خاک بر جذب منگنز (میکروگرم در گلدان) اندام هوایی نهال‌های پسته

Table3- Effect of different levels of manganese and soil type on shoot manganese uptake (microgram per pot) of pistachio seedlings

شماره خاک Soil number	سطوح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Manganese levels (mg kg^{-1}soil) 0	10	20	میانگین Mean
1	177.9^{jk}	279.5^{cd}	247.4^{efg}	235.0^{BC}
2	147.5^{lm}	261.9^{de}	184.2^{jk}	197.9^{F}
3	167.4^{kl}	386.9^{a}	244.5^{efg}	266.3^{A}
4	142.7^{mn}	200.0^{ij}	140.5^{mn}	161.1^{G}
5	222.9^{gh}	384.5^{a}	127.4^{mno}	245.0^{B}
6	183.7^{jk}	280.0^{cd}	228.7^{fgh}	230.8^{CD}
7	115.2^{o}	148.8^{lm}	199.8^{ij}	154.6^{G}
8	35.60^{q}	56.05^{q}	52.69^{q}	48.1^{I}
9	172.3^{k}	304.1^{b}	213.4^{hi}	229.9^{CD}
10	141.2^{mn}	229.3^{fgh}	247.8^{efg}	206.1^{E}
11	120.5^{no}	287.3^{bc}	190.2^{ijk}	199.3^{F}
12	79.72^{p}	112.9^{o}	50.57^{q}	81.05^{H}
میانگین (Mean)	142.2^{C}	244.3^{A}	177.2^{B}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون یا ردیف در سطح احتمال 5 درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different by Duncan test ($p<0.05$)

نتایج جدول 4 نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب آهن اندام هوایی نهال‌های پسته در سطح شاهد (بدون کاربرد منگنز) مشاهده گردید و کاربرد منگنز باعث کاهش معنی‌دار جذب آهن اندام هوایی نهال‌های پسته شد؛ به‌طوری‌که با کاربرد 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک جذب آهن اندام هوایی نسبت به شاهد 4/9 درصد و با کاربرد 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک جذب آهن اندام هوایی نسبت به شاهد 22/9 درصد کاهش نشان داد.

نتایج موجود در شکل 3 نشان می‌دهد که کاربرد منگنز باعث کاهش معنی‌دارغلظت روی و مس اندام هوایی نهال‌های پسته گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان غلظت عنصر روی اندام هوایی در سطح شاهد (بدون کاربرد منگنز) مشاهده گردید؛ و کاربرد منگنز باعث کاهش غلظت عنصر روی اندام هوایی نهال‌های پسته نسبت به این سطح گردید. به عبارت دیگر، با کاربرد 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک، غلظت عنصر روی اندام هوایی نهال‌های پسته نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

به شاهد 2/3 درصد کاهش یافت که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود ولی با کاربرد 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک غلظت روی اندام هوایی نسبت به شاهد 4/3 درصد کاهش یافت که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار بود.

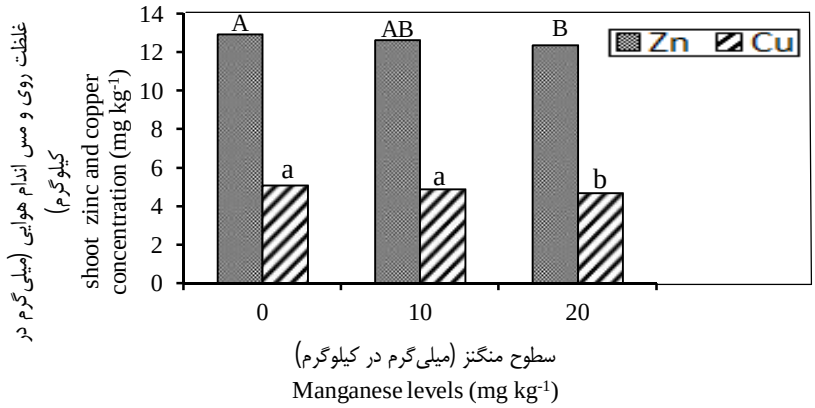
جدول 4- تأثیر سطوح مختلف منگنز و نوع خاک بر جذب آهن (میکروگرم در گلدان) اندام هوایی نهال‌های پسته

Table4- Effect ofdifferent levels of manganese and soil type on shoot iron uptake (microgram per pot) of pistachio seedlings

شماره خاک Soil number	سطوح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Manganese levels (mg kg^{-1}soil) 0	10	20	میانگین Mean
1	524.4^{defgh}	799.3^{ab}	485.9^{efghij}	603.2^{A}
2	457.7^{ghijkl}	485.0^{efghij}	343.5^{no}	428.7^{C}
3	503.3^{efghi}	761.7^{b}	563.7^{de}	609.6^{A}
4	373.7^{lmno}	406.9^{jklmn}	236.0^{p}	338.9^{D}
5	676.3^{c}	539.4^{defg}	320.3^{o}	512.0^{B}
6	846.6^{a}	401.8^{jklmno}	446.1^{hijklm}	564.8^{A}
7	465.8^{fghijk}	418.3^{ijklmn}	214.3^{p}	366.1^{D}
8	109.5^{qr}	123.1^{qr}	75.77^{r}	102.8^{F}
9	729.5^{bc}	421.2^{ijklmn}	600.6^{d}	538.8^{A}
10	439.7^{ijklm}	452.6^{hijklm}	376.7^{lmno}	423.0^{C}
11	371.2^{mno}	388.7^{klmno}	543.7^{def}	434.5^{C}
12	187.6^{pq}	207.3^{p}	170.6^{pq}	188.5^{E}
میانگین (Mean)	473.7^{A}	450.4^{B}	364.8^{C}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون یا ردیف در سطح احتمال 5 درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different by Duncan test ($p<0.05$)



شکل 3- تأثیر سطوح مختلف منگنز بر غلظت روی و مس اندام هوایی نهال‌های پسته

Figure3- Effect of different levels of manganese on the shoot zinc and copper concentration of pistachio seedlings

همان‌طورکه شکل 3 نشان می‌دهد کاربرد سطوح مختلف منگنز سبب کاهش میزان مس اندام هوایی نهال‌های پسته گردید به‌گونه‌ای که در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک میزان مس اندام هوایی 3/7 درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ولی در سطح 20 میلی‌گرم منگنز میزان مس اندام هوایی نسبت به شاهد 7/6 درصد کاهش یافت که این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. خرسندی و همکاران (20) گزارش کردند که کاربرد منگنز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای غلظت روی در برگ‌های درختان انار را کاهش داد. تنک و همکاران (38) گزارش کردند که با کاربرد منگنز از منبع سولفات منگنز غلظت روی در برگ‌های درختان پرتقال کاهش یافت و یک اثر آنتاگونیسمی بین غلظت منگنز و روی در برگ‌های درختان پرتقال مشاهده شد. عارف و همکاران (5) نیز گزارش کردند که یک ارتباط آنتاگونیسمی بین غلظت روی و منگنز در برگ‌های ذرت وجود دارد. حسنی و همکاران (15) گزارش کردند که با کاربرد منگنز از منبع سولفات منگنز بر روی درختان انار غلظت مس در برگ‌های درختان انار به دلیل اثر آنتاگونیسمی بین منگنز و

www.SID.ir

Archive of SID

مس کاهش یافت. حاتم و رونقی (16) گزارش کردند که با کاربرد 20 و40 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک میانگین غلظت مس در اندام هوایی ذرت به ترتیب به میزان 18 و 17/7 درصد نسبت به گیاه شاهد کاهش یافت که این امر بیانگر اثر آنتاگونیسمی منگنز و مس در ذرت علوفه‌ای می‌باشد.

نتایج ارائه شده در جدول 5 نشان می‌دهد که کاربرد 10 و 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک جذب عنصر روی اندام هوایی نهال‌های پسته را به ترتیب 20/2 و 0/39 درصد نسبت به شاهد افزایش داد که این اختلاف بین سطح شاهد و سطح 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. دومینی و برتلینگ (10) گزارش کردند افزودن منگنز به خاک، جذب روی توسط خیار را افزایش داد. حاتم و رونقی(16) گزارش کردند که با کاربرد 10، 20 و 40 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک، جذب روی در ذرت نسبت به گیاه شاهد به ترتیب به میزان 21/6، 49/5، 52/7 درصد افزایش یافت که علت این امر افزایش وزن ماده‌ی خشک اندام هوایی ذرت بود. نتایج موجود در جدول 6 نشان می‌دهد که کاربرد سطوح مختلف منگنز تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب مس توسط اندام هوایی نهال‌های پسته داشت به‌طوری‌که با کاربرد 10 و 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک جذب مس توسط اندام هوایی نهال‌های پسته نسبت به شاهد به ترتیب 15/16 و 2/9 درصد افزایش نشان داد که اختلاف بین جذب مس در سطح 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک و شاهد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. حاتم و رونقی (16) گزارش کردند با افزودن 20 و 40 میلی‌گرم منگنز درکیلوگرم خاک به گیاه ذرت، نسبت مس به منگنز در مقایسه با گیاه شاهد به میزان 33/3 درصد کاهش یافت و این به دلیل کاهش غلظت

مس در گیاه ذرت در نتیجه کاربرد منگنز می‌باشد امّا با کاربرد منگنز جذب مس در گیاه ذرت افزایش پیدا کرد که علت این امر افزایش وزن ماده‌ی خشک ذرت به دنبال کاربرد منگنز در خاک می‌باشد.

نتیجه‌گیری

کاربرد 10میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک از منبع سولفات منگنز، باعث افزایش معنی‌دار اکثر پارامترهای رویشی نهال‌های پسته نسبت به شاهد گردید. اگرچه مصرف مقدار بیشتر منگنز (20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) باعث کاهش پارامترهای رشدی نسبت به سطح ماقبل خود گردید. علت کاهش عملکرد در سطح 20 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک را به احتمال زیاد می‌توان به عدم تعادل تغذیه‌ای به‌ویژه در مورد عناصر کم‌مصرف نسبت داد. ترکیب شیمیایی (غلظت و جذب عناصر) اندام هوایی نهال‌های پسته نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد سطوح منگنز قرار گرفت.

جدول 5- تأثیر سطوح مختلف منگنز و نوع خاک بر جذب روی (میکروگرم در گلدان) اندام هوایی نهال‌های پسته

Table5- Effect ofdifferent levels of manganese and soil type on shoot zinc uptake (microgram per pot) Pistachio seedlings

شماره خاک Soil number	سطوح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Manganese levels (mg $kg^{-1}$of soil) 0	10	20	میانگین Mean
1	122.3^{ijk}	161.6^{ef}	175.1^{de}	153.0^{C}
2	139.7^{ghi}	162.8^{ef}	154.0^{fg}	152.1^{C}
3	212.4^{ab}	198.8^{bc}	147.2^{fgh}	186.1^{A}
4	128.4^{ijk}	134.1^{hij}	60.69^{o}	107.7^{F}
5	99.58^{m}	193.3^{c}	212.4^{ab}	168.4^{B}
6	160.9^{ef}	218.5^{a}	134.6^{hij}	171.3^{AB}
7	164.2^{ef}	190.9^{cd}	78.45^{n}	144.5^{CD}
8	17.61^{p}	27.71^{p}	23.77^{p}	23.03^{H}
9	115.2^{klm}	157.5^{f}	136.2^{hij}	136.3^{D}
10	127.2^{ijk}	130.6^{lm}	119.1^{jkl}	116.6^{E}
11	192.1^{c}	128.6^{ijk}	200.1^{bc}	173.6^{AB}
12	32.34^{p}	113.4^{klm}	74.84^{no}	73.54^{G}
میانگین (Mean)	125.9^{B}	151.4^{A}	126.4^{B}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون یا ردیف در سطح احتمال 5 درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different by Duncan test ($p<0.05$)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 6- تأثیر سطوح مختلف منگنز و نوع خاک بر جذب مس (میکروگرم در گلدان) اندام هوایی نهال‌های پسته

Table6- Effect ofdifferent levels of manganese and soil type on shoot copper uptake (microgram per pot) Pistachio seedlings

شماره خاک Soil number	سطوح منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Manganese levels (mg kg^{-1} soil) 0	10	20	میانگین Mean
1	36.72^{no}	48.91^{ijkl}	50.53^{hijk}	45.39^{F}
2	44.80^{klmn}	46.92^{jklm}	54.31^{ghij}	48.68^{EF}
3	76.61^{b}	97.42^{a}	67.18^{cdf}	80.40^{A}
4	33.68^{op}	27.98^{pq}	17.15^{rs}	26.27^{I}
5	44.48^{klmn}	76.43^{b}	94.25^{a}	71.72^{B}
6	49.77^{hijkl}	60.89^{efg}	39.80^{mno}	50.15^{E}
7	69.60^{bcd}	76.65^{b}	41.78^{lmno}	62.68^{C}
8	18.34^{rs}	12.90^{s}	17.11^{rs}	16.12^{J}
9	56.14^{fghi}	64.14^{def}	52.71^{hijk}	57.66^{D}
10	39.79^{mno}	41.66^{lmno}	37.80^{no}	39.75^{G}
11	63.64^{def}	49.61^{ijkl}	57.97^{fgh}	57.07^{D}
12	22.70^{qr}	40.34^{mno}	38.93^{mno}	33.99^{H}
میانگین (Mean)	46.36^{B}	53.39^{A}	47.72^{B}	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون یا ردیف در سطح احتمال 5 درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by the same letter in each column or row are not significantly different by Duncan test ($p<0.05$)

به‌طوری‌که بیشترین میزان غلظت و جذب منگنز اندام هوایی نهال‌های پسته در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک مشاهده گردید. کاربرد منگنز باعث کاهش معنی‌دار غلظت و جذب آهن اندام هوایی نهال‌های پسته گردید. هم‌چنین کاربرد منگنز باعث کاهش غلظت روی و مس اندام هوایی نهال‌های پسته گردید در حالی‌که بیشترین میزان جذب عنصر روی و مس اندام هوایی نهال‌های پسته در سطح 10 میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک مشاهده گردید. تحقیق انجام شده نشان می‌دهد که برای رسیدن به عملکرد بهینه در بیشتر خاک‌های آهکی از جمله خاک‌های آهکی رفسنجان، مصرف عنصر غذایی کم‌مصرف منگنز ضروری است چون در این خاک‌ها به دلیل نگه‌داری منگنز روی سایت‌های ماده آلی و کربنات کلسیم و pH بالا بازیافت منگنز بسیار پایین است و مقدار منگنز قابل استفاده‌ی گیاه محدود می‌باشد. از طرف دیگر در تغذیه گیاه نه تنها باید عنصر غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه قرارگیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای (با افزودن منگنز به مقدار بیشتر از حد نیاز گیاه)، غلظت سایر عناصر کم‌مصرف به دلیل اثر آنتاگونیسمی و رقابت بر سر مکان‌های جذب در گیاه کاهش یافته و نه تنها افزایش عملکردی رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی نیز در رشد گیاه ایجاد شده و نهایتاً افت محصول رخ می‌دهد. بنابراین با توجه به آهکی بودن خاک‌های تحت کشت پسته و نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که تأثیر عناصر کم‌مصرف به خصوص منگنز، در این گونه خاک‌ها مورد بررسی قرار گرفته و حدود بهینه این عناصر برای درختان پسته تعیین شود تا زمینه را برای افزایش کمی و کیفی عملکرد فراهم سازد.

منابع

1- Afrousheh M., Hokmabadi H., and Hosseini H.M. 2010. Effect of nitrogen, iron, magnesium, manganese and molybdenum deficiencies on biochemical and ecophysiological characteristics of pistachio seedling (*Pistaciavera*), Ciheam Options Mediterraneannes, 94:53-63.

2- Alam S.M., and Ansari R. 2001. Influence of iron and manganese on the growth and contents of Fe, Mn and P in rice. Journal of Biological Sciences, 1(6):434-435.

3-Alipour H., and Hosseinifard J. 2003. Detection and alleviation nutrient deficiency in pistachio. Ministry of Agriculture, Agricultural Research Organization, Page 53.

4- Alison L.E., and Moodie C.D. 1965. Carbonate. In: C. A. Black et al. (eds.), Methods of soil analysis. Part II, American Society of Agronomy, Madison, WI, 1379-1396.

www.SID.ir

Archive of SID

5- ArefF. 2011. Influence of zinc and boron nutrition on copper, manganese and iron concentration in the maize leaf. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(7):52-62.

6- AsadiKangarshahi A., AkhlaghiAmiri N., and Malakouti M.J. 2011. Residual effects of manganese sulfate on growth, yield and manganese uptake in soybean. Iranian Journal of Soil and Water Research, 1(42):143-153. (in Persian with English abstract).

7- Bouyoucos G.J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal, 43:434-438.

8- Burnell J.N. 1988. The biochemistry of manganese in plants.In Manganese in soils and plants. pp. 125-137. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

9- Chapman H.D. 1965. Cation exchange capacity. In: C. A. Black et al. (eds.), Methods of soil analysis. Part II, American Society Agronomy, Madison, WI, USA, 891-900.

10- Dominy A., and Bertling I. 2001. Manganese, zinc and silicon studies of cucumber (*Cucumissativus*) using a miniature hydroponic system. ActaHorticulturae (ISHS), 644:393-398.

11- El-Shazly S.M., and Dris R. 2004. Response of'Anna'apple trees to foliar sprays of chelated iron, manganese and zinc. Journal of Food, Agriculture and Environment, 2(3-4):126-130.

12-Ghafarinejad S.A., and Karimian N.A. 1998.The correlation between manganese extracted by five procedure with soil properties and soybean responsein calcareous soils of Fars state. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 2(4):65-76. (in Persian).

13- GholamalizadehAhangar A., Karimian N., Abtahi A., Assad M.T., and Emam, Y. 1995. Growth and manganese uptake by soybean in highly calcareous soils as affected by native and applied manganese and predicted by nine different extractants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 26(9-10):1441-1454.

14- Haldar M., and Mandal L.N. 1982.Cu x Mn interaction and the availability of Zn, Cu, Fe, Mn and P in waterlogged rice soils. Plant and Soil, 69(1):131-134.

15- Hasani M., Zamani Z., Savaghebi, G., and Fatahi R. 2012. Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(3):471-480.

16- Hatam Z., and Ronaghi A. 2011.Growth and nutrient simbalance in silage corn as affected by copper and manganese application in a calcareous soil. Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences), 25(3):197-206. (in Persian with English abstract).

17- Jackson M.L. 1975. Soil chemical analysis, advanced course.University of Wisconsin College of Agriculture Department of Soil Science, Madison, WI., U.S.A.

18- Karimian N., and GholamalizadehAhangar A. 1998. Manganese retention by selected calcareous soil as related to soil properties. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 29:1061-1070.

19- Karimian N., and Hashemi S.M. 2002. Manganese nutrition of wheat as affected by phosphorus and manganese application to a calcareous soil. Journal of Plant Nutrition, 92:834-835.

20- Khorsandi F., AlaeiYazdi F., and Vazifehshenas M.R. 2009. Foliar zinc fertilization improves marketable fruit yield and quality attributes of pomegranate. International Journal of Agriculture and Biology, 11 (6):766-770.

21- Kosesakal T., and Unal M. 2010. Role of zinc deficiency in photosynthetic pigments and peroxidase activity of tomato seedlings. IUFS Journal of Biology, 68(2):113-120.

22- Kuo S., and Mikkelsen D.S. 1981. Effect of P and Mn on growth response and uptake of Fe, Mn and P by sorghum. Plant and Soil, 62(1):15-22.

23- Lidon F.C. 2002. Micronutrient uptake and translocation in Mn treated rice. Journal of Plant Nutrition, 25(4):757-768.

24- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42:421-428.

25-Malakouti M.J., and Tehrani M.M. 2008. The role of micronutrients to increase yield and improve the quality of agricultural products (micro elements with macro effect). TarbiatModarres University, Tehran.

26-Malakouti M.J., Keshavarz P., and Karimian N.A. 2008. Methods of diagnosis and recommend the best fertilizer for sustainable agriculture. TarbiatModarres University, Tehran.

27- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed., Academic Press, London, UK, pp. 324-333.

28-Mirzaeekhalilabadi H.R., and Chizari A.H. 2004. Determination of technical efficiency and optimum amount of water in pistachio production. Journal of Research and reconstruction in agriculture and horticulture, 49:43-62.(in Persian).

29- Mousavi S.R., Galavi M., and Ahmadvand G. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanumtuberosum* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6(8):1256-1260.

30- Nielsen D., Nielsen, G.H., Sinclair, A.H., and Linehan, D.J. 1992. Soil phosphorous status, pH, and manganese nutrition of wheat. Plant and Soil, 145:45-50.

31- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939, U.S. Govern. Print. Office, Washington, D. C., U.S.A.

www.SID.ir

Archive of SID

32- Papadakis I.E., Sotiropoulos T.E., and Therios I.N. 2007. Mobility of iron and manganese within two citrus genotypes after foliar applications of iron sulfate and manganese sulfate. Journal of Plant Nutrition, 30:1385-1396.
33- Richards L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A. Handbook, 60. Washington, D.C., U.S.A.
34- Salardini A.A. 1987. Soil Fertility. Tehran University Publications.
35- Sarcheshmehpoor M. 1998. Investigation of the interactions between zinc and iron, copper and manganese in pistachio seedlings, MSc Thesis in Soil Science, College of Agriculture, Tehran University, Tehran, Iran.
36- Shibli R.A., Shatnawi M.A., Mohammad M.J., Hindiyeh M.Y., and Abu-Ein A. 2007. Influence of Zn and Mn levels on growth and micronutrient acquisition of apple microculture. American-Euroasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2(2):147-152.
37- Tanq M., Sharif M., Shah Z., and Khan R. 2007. Effect of foliar application of micronutrients on the yield and quality of sweet orange (*Citrus sinensis* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(11):1823-1828.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1469-1480

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 6، بهمن –اسفند 1394، ص. 1480-1469

Growth and Chemical Composition of Pistachio Seedlings under Different Levels of Manganese in Greenhouse Conditions

T. Poorbafrani[1]- A. Tajabadi Pour[2]*- V. Mozafari[3]- A.R. Akhgar[4]

Received: 26-06-2013
Accepted: 23-08-2015

Introduction: Pistachio is one of the most important crops in many regions of Iran with respect of production and export. There are more than 470000 ha of nonbearing and bearing pistachio trees mainly in Kerman province. Despite the economic importance of this crop, very little information is available on its nutritional requirements. Pistachio trees like other crops need to macro and micro nutrients. one of these elements is manganese (Mn). Manganese is an essential mineral nutrient, playing a key role in several physiological processes, particularly photosynthesis, respiration and nitrogen assimilation. This element is normally supplied to the plants by soil. Therefore, soil conditions affect its availability to plants. Soils with high pH, calcareous soils, especially those with poor drainage and high organic matter, are among the soils which produce Mn-deficient plants. Calcium carbonate is the major inactivation factor of Mn in calcareous soils. The soils of Iran are predominantly calcareous in which micronutrients deficiency, including Mn, is observed due to the high pH and nutrient fixation. The objective of this research was to examine the effect of manganese application on growth and chemical composition of pistachio seedlings in some calcareous soils with different chemical and physical properties.

Materials and Methods: For this purpose a greenhouse experiment was carried out as factorial (two factors including soil type and Mn levels) experiment in completely randomized design with three replications. Treatments were consisted of three levels of Mn (0, 10 and 20 mg Mn Kg^{-1} soil as Manganese sulfate) and 12 different soils from Rafsanjan region in Southern Iran. Soil samples were air dried and crushed to pass through a 2-mm sieve, and some physical and chemical properties of soils such as texture, electrical conductivity, pH, organic matter content, calcium carbonate equivalent, cation exchange capacity and iron, manganese, copper and zinc availability were determined. Then plastic pots were filled with 5 kg of these soils. Pistachio seeds (cv Badami Zarand) were placed in muslin sacks and pretreated for 24 h with Benomyl solution. The germinated seeds were planted in each pot, and each pot was irrigated with distilled water. Nitrogen and phosphorous were applied uniformly to all pots at the rate of 50 mg kg^{-1} soil as ammonium nitrate and potassium dihydrogen phosphate forms, respectively. Zinc, iron and copper also were added to treatments at level of 5 mg kg^{-1} soil as zinc sulfate, iron sequestrine138 and copper sulfate. After 24 weeks, the seedlings were cut at the soil surface, and the roots were washed free of soil. Leaves, stems and roots were dried at 70 ^{o}C for 48 h in an oven. The total leaf, stem, and root dry weights were recorded. The ground plant samples were dry- ashed at 550^{o}C, dissolved in 2 N HCl, and made to volume with hot distilled water. Plant Mn, Cu, Zn and Fe concentrations determined by atomic absorption spectrophotometry. All data were statistically analyzed according to the technique of analysis variance (ANOVA) by MSTATC.

Results and Discussion: Results indicated that the application of manganese increased leaf, stem and root dry weight of pistachio seedlings so that the maximum amount of the dry weight of roots stems and leaves of pistachio seedlings were observed at 10 mg Mn kg^{-1}soil. Application of 10 mg Mn kg^{-1} soil increased leaf, stem and root dry weight by 19.2%, 25.2% and 23.9% in comparison to control, respectively. Chemical composition (concentration and uptake) of shoot of pistachio seedlings was also affected by Mn application. Mn application decreased the concentration and uptake of iron, concentrations of copper and zinc in Pistachio seedling shoots so that the highest concentrations of these elements were observed in control treatment. Reductions in concentrations of zinc and copper elements in 10 mg Mn kg-1 treatment were not statistically significant but in 20 mg Mn kg^{-1} treatment they were significant.

Conclusions: The results of this research showed that the application of 10 mg Mn kg^{-1}soilto highly

1, 2, 3 and 4- Former M.SC. Student and Associate Professors of Department of Soil Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Respectively
(*- Corresponding Author Email: tajabadi@vru.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

calcareous soils significantly increased most of growth parameters of pistachio seedlings in comparison to control. Although higher amounts of manganese (20 mg Mn kg^{-1} soil) reduced the growth parameters than the previous level. In overall, the results of this study indicated that for optimum growth and chemical composition of pistachio seedlings in calcareous soils, application of 10 mg Mn kg^{-1} sol is necessary.

Keywords: Calcareous Soils, Chemical Composition, Manganese, Pistachio

www.SID.ir