تغییرات شیمیایی منگنز در ریزوسفر نهال‌های پسته تلقیح شده با باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت در شرایط شور

فرهاد آذرمی آتاجان[۱]، وحید مظفری[۲] و سعید دقیقی[۳]
۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه بیرجند، ۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه بیرجند

چکیده

شوری خاک و کمبود منگنز از عمده‌ترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد درختان پسته در بسیاری از مناطق پسته‌کاری ایران می‌باشند. به‌منظور بررسی تاثیر باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت بر توزیع شکل‌های شیمیایی منگنز در ریزوسفر نهال‌های پسته، مطالعه‌ای گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با چهار سطح جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت [pf_0 (شاهد)، pf_1، pf_2 و pf_3] و سه سطح شوری (صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که توزیع منگنز در خاک مورد مطالعه به‌صورت باقی‌مانده> متصل به اکسیدهای آهن و منگنز> کربناتی> آلی> محلول و تبادلی بود. تلقیح با سودوموناس‌های فلوروسنت و هم‌چنین اعمال شوری موجب افزایش منگنز تبادلی و محلول، کربناتی و آلی و موجب کاهش منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز شد. به‌عبارتی تلقیح با جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت فراهمی منگنز در خاک ریزوسفری برای نهال‌ها را افزایش داد.

واژه های کلیدی: پسته، جزءبندی، سودوموناس فلوروسنت، شوری، منگنز.

مقدمه

منگنز یکی از عناصرغذایی کم‌مصرف و ضروری است که برای توسعه همه مراحل گیاه مورد نیاز است. مهم‌ترین نقش منگنز در گیاه شرکت در فرآیند فتوسنتز و تولید اکسیژن است. فراهمی منگنز در خاک به‌طور عمده به pH و مقدار مواد آلی بستگی دارد. واکنش گیاهان به کمبود منگنز در بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است. حدود بحرانی منگنز در خاک‌های ایران بین ۲/۹ تا ۶/۵ با میانگین ۴/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (بلالی و همکاران، ۱۳۸۰). هم‌چنین حدود بحرانی منگنز در بافت‌های گیاهی بین ۴۰ تا ۱۰۰ میکروگرم در گرم وزن خشک و حد مطلوب آن در اغلب گیاهان زراعی ۵۰ تا ۱۵۰ میکروگرم در گرم وزن خشک است. عمده‌ترین عامل غیرفعال شدن منگنز در خاک‌های آهکی کربنات‌کلسیم است. حدود ۶۵ درصد سولفات‌منگنز مصرف شده در این خاک‌ها به‌فرم کربناتی تبدیل شده و حدود ۱۸ درصد آن نیز وارد بخش اکسیدی می‌شود. بنابراین تبدیل منگنز افزوده شده به خاک به‌فرم‌های کم‌محلول ذکر شده، باعث کمتر بودن کارایی منگنز در خاک های آهکی می‌باشد. گزارش شده است که فراهمی عناصر کم مصرف از جمله منگنز با مواد آلی همبستگی مثبت و با pH خاک همبستگی منفی دارد. هم‌چنین فرآیندهای جذب- واجذب و انحلال- رسوب از مهمترین عوامل کنترل کننده زیست فراهمی منگنز در خاک می‌باشند (Strawn and Sparks, 2000).

در مطالعات مربوط به سیستم خاک - گیاه، آگاهی از چگونگی توزیع عناصرغذایی بین اجزای مختلف خاک، در شناخت رفتار شیمیایی و برهم‌کنش آن‌ها با ریشه گیاه در محیط ریزوسفر و در نتیجه فراهمی آن‌ها برای گیاه اهمیت ویژه‌ای دارد. هر عنصر بسته به اینکه با ترکیبات مختلف خاک (کربنات‌ها، اکسیدهای آهن، آلومینیوم و منگنز و ماده آلی)، سطوح واکنش دهنده و محل پیوندهای داخلی یا خارجی با انرژی‌های مختلف پیوند داشته باشد، می‌تواند شکل‌های مختلفی را تشکیل دهد. تعیین شکل‌های مختلف عناصر در خاک در مطالعات مربوط به نگهداری و آزادسازی آن‌ها توسط خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر، تعیین شکل‌های شیمیایی عناصر، روشی متداول برای برقراری ارتباط بین جزء قابل‌جذب یک عنصر در

خاک و مقدار آن در گیاه می‌باشد. تعیین شکل‌های مختلف شیمیایی فرآیندی است که در طی آن، فرم‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی یک عنصر در نمونه شناسایی و تخمین زده می‌شود (Kot and Namiesnik, 2000). با تعیین شکل‌های مختلف عناصر کم‌مصرف می‌توان رفتار شیمیایی و چگونگی تبدیل این عناصر به شکل‌های مختلف را بررسی کرده و فرم‌های قابل-جذب برای گیاه را مشخص نمود.

علاوه‌بر برهمکنش‌های فیزیکوشیمیایی با ترکیبات آلی و غیرآلی خاک، فعالیت‌های میکروبی نیز بر فراهمی عناصرغذایی در خاک موثر است. از مهمترین روش‌های بیولوژیکی در بهبود فراهمی عناصر در خاک باکتری‌ها می‌باشند. باکتری‌های خاک از طریق فرآیندهای مختلفی مانند جذب زیستی، اکسید و احیا و تشکیل کمپلکس با ترکیبات مختلف مانند سیدروفور بر تحرک عناصر در خاک تاثیر می‌گذارند (Gaad, 2004). در بین باکتری‌های مختلف خاکزی، باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت به دلیل تولید ترکیبات مختلف محرک رشد گیاه از قبیل اسیدهای آلی، پروتون، اسیدهای معدنی و سیدروفور بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

علاوه‌بر کمبود منگنز در مناطق پسته‌کاری ایران، شوری خاک و آب آبیاری نیز نقش مهمی در کاهش رشد و عملکرد درختان پسته دارد. مطالعات اندکی در رابطه با تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر فراهمی منگنز در خاک‌های شور وجود دارد. از این‌رو، هدف از این مطالعه بررسی تاثیر باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت بر تغییرات شیمیایی و توزیع شکل‌های شیمیایی منگنز در ریزوسفر نهال‌های پسته در سطوح مختلف شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

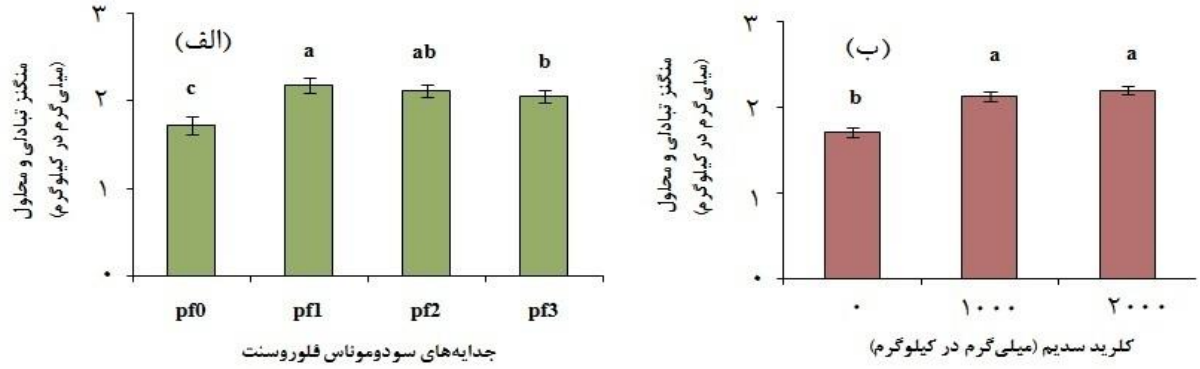
به‌منظور بررسی تاثیر تلقیح باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت بر توزیع شکل‌های شیمیایی منگنز در ریزوسفر نهال‌های پسته تحت تنش شوری، سه جدایه سودوموناس فلوروسنت جدا شده از ریزوسفر درختان پسته با خصوصیات محرک رشدی بالاتر (آذرمی و همکاران، ۱۳۹۳) انتخاب و در آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار به کار گرفته شدند. تیمارها شامل چهار سطح باکتری (شاهد (pf_0)، pf_1، pf_2 و pf_3) و سه سطح شوری (۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) بود. هر گلدان با ۵ کیلوگرم خاک مناسب با شوری کم ($EC=1/07\ dS\ m^{-1}$) پر شده و عناصرغذایی مختلف براساس آزمون خاک و قبل از کشت به گلدان‌ها اضافه شد. ابتدا در هر گلدان ۸ عدد بذر جوانه‌دار شده پسته (رقم بادامی) کشت شده و هر بذر با ۱ میلی‌لیتر سوسپانسیون آماده شده باکتری با جمعیت 10^8 سلول در میلی‌لیتر آغشته شد. پس از جوانه‌زنی تعداد نهال‌ها در هر گلدان به ۵ عدد کاهش داده شده و ۴ هفته پس از کشت تیمار شوری در سه نوبت و همراه آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. در طول دوره رشد گلدان‌ها با آب مقطر آبیاری شده و پس از ۲۴ هفته نهال‌ها برداشت شد. سپس ریشه نهال‌ها را به آرامی از خاک خارج کرده و پس از چند تکان ملایم، خاک چسبیده به ریشه به‌عنوان خاک ریزوسفری در نظر گرفته شد. در نهایت شکل‌های شیمیایی منگنز به‌صورت تبادلی و محلول، کربناتی، متصل به اکسیدهای آهن و منگنز، آلی و باقیمانده تعیین گردید (Tessier et al., 1979). محاسبات آماری و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

منگنز محلول و تبادلی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر مقدار منگنز تبادلی و محلول معنی‌دار شد ($p<0.05$). براساس نتایج بدست آمده، تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 منگنز تبادلی و محلول را به‌ترتیب ۲۷، ۲۳ و ۱۹ درصد نسبت به شاهد بدون تلقیح افزایش داد (شکل ۱- الف). هم‌چنین اعمال شوری موجب افزایش

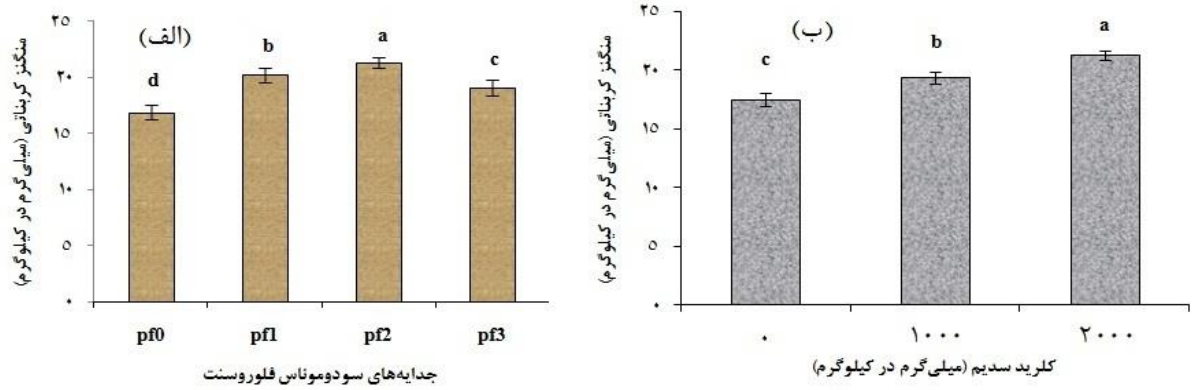
این فرم منگنز در خاک ریزوسفری شد. به‌طوری‌که با کاربرد ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیکوگرم خاک، منگنز تبادلی و محلول به‌ترتیب ۲۵ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ا- ب).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر منگنز تبادلی و محلول در ریزوسفر

منگنز کربناتی

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر مقدار منگنز کربناتی معنی‌دار شد ($p<0.05$). نتایج نشان داد که تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 منگنز کربناتی را به‌ترتیب ۱۹، ۲۶ و ۱۳ درصد در مقایسه با شاهد بدون تلقیح افزایش داد (شکل ۲- الف). از طرف دیگر با اعمال ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، این شکل از منگنز به‌ترتیب ۱۱ و ۲۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲- ب).

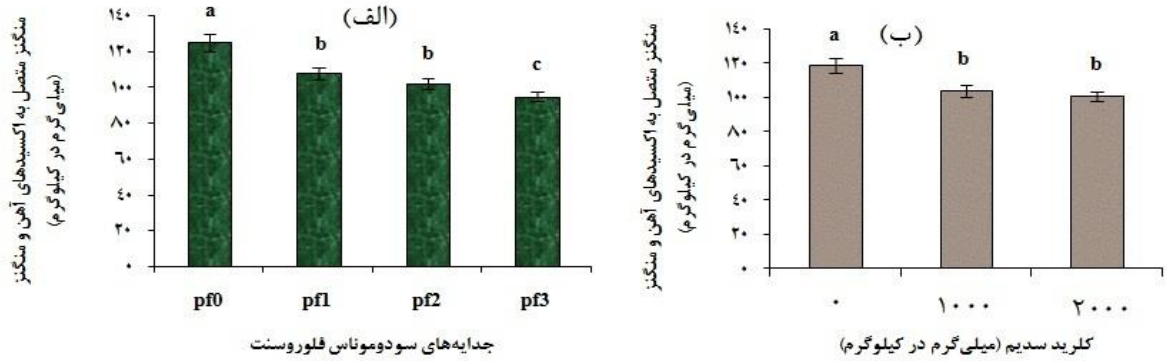


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر منگنز کربناتی در ریزوسفر

منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر مقدار منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز در ریزوسفر نهال‌های پسته معنی‌دار شد ($p<0.05$). براساس نتایج بدست آمده، تلقیح با جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و هم‌چنین اعمال شوری موجب کاهش منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز گردید. تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز را به‌ترتیب ۱۴، ۱۸ و ۲۴ درصد نسبت به شاهد بدون

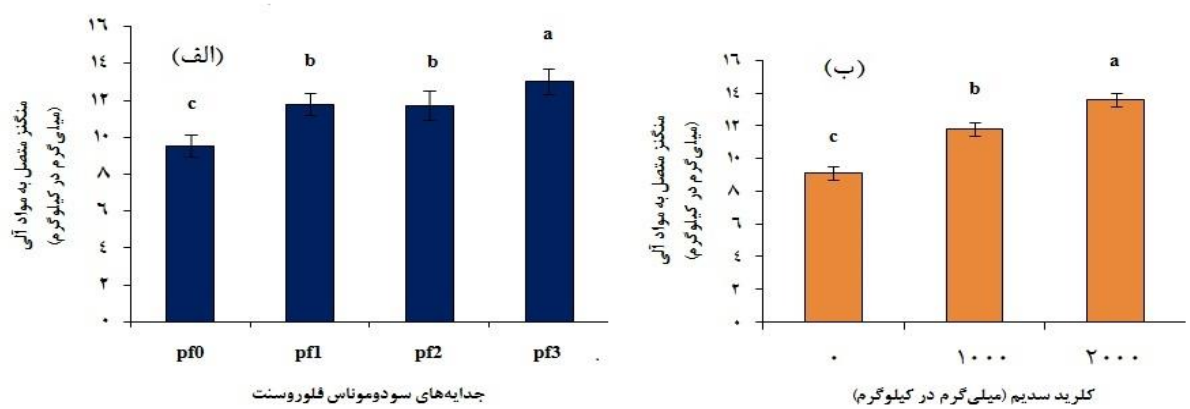
تلقیح کاهش داد (شکل ۳- الف). هم‌چنین با کاربرد ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیکوگرم خاک، منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز به‌ترتیب ۱۳ و ۱۵ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۳- ب).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز در ریزوسفر

منگنز آلی

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت و شوری بر مقدار منگنز آلی معنی‌دار شد ($p<0.05$). نتایج نشان داد که تلقیح با جدایه‌های pf_1، pf_2 و pf_3 منگنز آلی را به‌ترتیب ۲۴، ۲۳ و ۳۶ درصد در مقایسه با شاهد بدون تلقیح افزایش داد (شکل ۴- الف). هم‌چنین با اعمال ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، این شکل از منگنز به‌ترتیب ۳۰ و ۴۹ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴- ب).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی جدایه‌های سودوموناس فلوروسنت (الف) و شوری (ب) بر منگنز آلی در ریزوسفر

به‌طور کلی نتایج نشان داد که بخش اعظم منگنز در خاک مورد مطالعه در بخش باقیمانده قرار داشت و توزیع شکل‌های مختلف منگنز در آن به‌صورت زیر بود: باقی‌مانده> متصل به اکسیدهای آهن و منگنز> کربناتی> آلی> محلول و تبادلی. این روند توزیع منگنز در خاک با نتایج مطالعات Alvarez و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. از طرف دیگر، Zinati و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که قسمت اعظم منگنز در خاک‌های آهکی مورد مطالعه در بخش متصل به اکسیدهای آهن و منگنز قرار داشت. براساس نتایج، تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت موجب انتقال منگز از بخش متصل به اکسیدهای آهن

و منگنز به دیگر بخش‌ها (به‌جز باقیمانده) شد. انحلال ترکیبات معدنی حاوی عناصر مختلف توسط سودوموناس‌های فلوروسنت را می‌توان به کاهش pH ریزوسفر به‌دلیل تولید اسیدهای آلی، پروتون و سیدروفور توسط این باکتری‌ها نسبت داد. در این رابطه Hariprasad and Niraniana (2009) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند. هم‌چنین اعمال شوری موجب افزایش شکل‌های محلول و تبادلی، کربناتی و آلی و موجب کاهش منگنز متصل به اکسیدهای آهن و منگنز شد. افزایش فراهمی منگنز در شرایط شور را می‌توان به جایگزینی منگنز با سدیم (Na^+) نسبت داد. تلقیح با جدایه‌ها و هم‌چنین اعمال شوری تاثیر معنی‌داری بر منگنز باقیمانده نداشت.

منابع

آذرمی، ف. مظفری، و. عباس‌زاده دهجی، پ. و حمیدپور، م. ۱۳۹۳. جداسازی باکتری‌های سودوموناس فلوروسنس از ریزوسفر درختان پسته و تعیین برخی خصوصیات محرک رشدی آن‌ها. مجله زیست شناسی خاک، جلد ۲، شماره ۲، صفحه‌های ۱۷۳ تا ۱۸۶.

بلالی، م. ملکوتی، م. ج. ضیائیان، ع. خوگر، ز. فرجنیا، ع. کلهر، م. لطفالهی، م. ا. گلچین، ا. مجیدی، ع. قادری، ج. و کاظمی طلاچی، م. ۱۳۸۰. مقایسه روش‌های مختلف کاربرد عناصر کم‌مصرف بر عملکرد کمی و کیفی گندم آبی در استان‌های مختلف کشور. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۵، صفحه‌های ۱۴۰ تا ۱۵۳.

Alvarez, J., M. Lopez-Valdivia, L. M., Novillo, J., Obrador, A. and Rico, M. I. 2006. Comparison of EDTA and sequential extraction tests for phytoavailability prediction of manganese and zinc in agricultural alkaline soils. Geoderma, 132: 450-463.

Hariprasad, P. and Niranjana, S. R. 2009. Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. Plant and Soil, 316: 13-24.

Kot, A. and Namiesnik, J. 2000. The role of speciation in analytical chemistry. Trends in Analytical Chemistry, 19: 69-79.

Strawn, D. G. and Sparks, D. L. 2000. Effects of soil organic matter on the kinetics and mechanisms of Pb (II) sorption and desorption in soil. Soil Science Society of America Journal, 64: 144-156.

Tessier, A., Campbell, P. G. C. and Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for speciation of particular trace elements. Analytical Chemistry, 51: 844-851.

Zinati, G. M., Li, Y. and Bryan, H. H. 2001. Accumulation and fractionation of copper, iron, manganese and zinc in calcareous soils amended with composts. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 36: 229-243.

Fractionation of Mn in the Fluorescent Pseudomonads inoculated Pistachio Seedlings Rhizosphere under Saline Condition

Farhad Azarmi Atajan[1], Vahid Mozafari[2] and Saeid Daghighi[3]
1- Assistant Professor, Soil Science Departement, University of Birjand, 2- Associated Professor, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, 3- Assistant Professor, Horticultural Science Departement, University of Birjand.

Abstract
Soil salinity and Mn deficiency are among the major limiting factors for growth and yield of pistachio trees in Iran. In order to evaluation of fluorescent pseudomonads on fractionation of Mn in the rhizosphere of pistachio seedlings under saline condition, the greenhouse study were conducted following completely randomized design with four levels of isolates [pf_0 (Control), pf_1, pf_2 and pf_3) and three levels of salinity (0, 1000, 2000 mg NaCl kg^{-1} soil) with three replications. The results indicated that Mn forms in the studied soil were in the following order: Res-Mn> FeMnOX-Mn> CA-Mn> OM-Mn> WSEXC-Mn. Inoculation by fluorescent pseudomonads as well as salinity increased WSEXC-Mn, OM-Mn and CA-Mn, but decreased FeMnOX-Mn in ther rhizosphere. On the other hand, availability of Mn in the rhizosphere of fluorescent pseudomonads inoculated pistachio seedlings was increased.

Keywords: Pistachio, Fractionation, Fluorescent pseudomonads, Salinity, Manganese.