

بررسی تاثیر قارچ اندومیکوریز بر تغذیه معدنی و رشد گیاه پسته (*Pistacia vera* L.) در شرایط شوری

• فتح‌الله فلاحیان، • حسین عباسپور، • حمید فهیمی و • رمضانعلی خاوری‌نژاد
اعضاء هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۸۴

E-mail: abbaspour75@yahoo.com

چکیده

تنش شوری یکی از مهمترین فاکتورهای غیرزیستی است که میزان رشد و محصول دهی را در بسیاری از گیاهان محدود می‌نماید و مشخص شده که قارچ‌های اندومیکوریز قادرند که این محدودیت را در برخی گیاهان مناطق شور کاهش دهند. در این تحقیق تاثیر قارچ میکوریزی و زیگولار-آربوسکولار و غلظت‌های مختلف شوری بر نرخ رشد و تغذیه معدنی گیاه پسته مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور نهال‌های ۲۰ روزه پسته در مخلوطی از خاک شنی استریل با فسفر کم و اینوکولوم میکوریزی *Glomus etunicatum* (۱۲ اسپور در هر گرم خاک) در شرایط گلخانه به مدت سه ماه رشد کردند. درصد همزیستی میکوریزی ریشه پسته در غلظت‌های مختلف شوری نسبت به شاهد پایین تر بود. وزن خشک ریشه، ساقه و سطح برگ گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی در شرایط شاهد و شوری بالاتر بود. همچنین غلظت عناصر Zn و P، K، Cu در شرایط شاهد، شوری پایین و متوسط در گیاهان میکوریزی بالاتر از غیر میکوریزی بود اما غلظت عنصر Na در تمام شرایط شوری در گیاهان میکوریزی پایین تر از غیر میکوریزی بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گیاهان میکوریزی پسته در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی رشد و تحمل بیشتری نسبت به شوری دارند.

کلمات کلیدی: همزیستی میکوریزی، شوری، تغذیه معدنی، گیاه پسته، *Glomus etunicatum*

Pajouhesh & Sazandegi No:67 pp: 82-86

Investigation of the effects of endomycorrhizal fungi on mineral nutrition and growth of Pistachio (*Pistacia vera* L.) in salt stress condition

By: Fallahyan.F, Abbaspour.H, Fahimi.H, Khavarinejad.R.A, Department of Biology, Islamic Azad University (Science and Research Branch)

Salt stress is considered as one of the most important abiotic factors limiting plant growth and yield in many areas of the world. It has been shown that vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi can alleviate this deficiency. The effects

of VAM inoculation on growth and mineral nutrition of *Pistacia vera* L. in salt stress condition were studied. Plants were grown in a sterilized, low-P sandy soil with *Glomus etunicatum* inoculum (12 spore/g soil) in greenhouse. RLC % (Root Length Colonized) was higher in control plants than treated plants with different salt concentration. Shoot and root dry weight and also leaf area of mycorrhizal (M) plants were higher than nonmycorrhiza (NM) ones in both control and salt stressed plants. P, K, Cu and Zn content were higher in M than NM plants in control, low and medium salinity conditions but concentration of Na⁺ was lower in arial parts of the M plants. Results shows a higher tolerance of inoculated pistachio to the salt stress and more growth.

Key words: Mineral acquisition, Mycorrhiza, *Pistacia vera*, Salinity, *Glomus etunicatum*.

میکوریزی، خاک و کلامیدوسپورهای *Glomus etunicatum* (بود). ماده تلقیح^۲ از ریزوسفر گیاهان ذرت^۳ تلقیح شده با قارچ *G.etunicatum* تهیه شده بود. پس از گذشت حدود ۵ هفته از رشد دانه رست‌ها، گلدان‌های دارای میکوریز و بدون میکوریز تیمارهای مختلف شوری شامل ۰ (شاهد)، ۵۰ (شوری پایین) ، ۱۰۰ (شوری متوسط) و ۲۰۰ میلی مولار (شوری بالا) نمک کلرور سدیم دریافت کردند و به منظور جلوگیری از شوک اسمزی، نمک به صورت مرحله‌ای به گلدان‌ها اضافه شد. در مدت ۸ هفته رشد گیاهان، از آب شهر برای آبیاری استفاده شد و سپس قسمت هوایی از ریشه جدا و مورد بررسی قرار گرفت. سطح برگی گیاهان با استفاده از دستگاه LAI meter مدل AM۲۰۰ تعیین شد و برای تعیین وزن خشک و سنجش عناصر معدنی قسمت هوایی به مدت ۴۸ ساعت در آن ۷۰ درجه سانتی گراد کاملاً خشک گردید. ریشه‌ها بعد از شستشو به قطعات یک سانتی متری بریده شدند و با استفاده از محلول ده درصد KOH بی رنگ و با استفاده از لاکتوفنل انیلین بلو ۰/۰۵ درصد به روش فیلیپس (۲۱) رنگ آمیزی شدند. درصد همزیستی آنها بر اساس روش بیرمن (۸) تعیین شد. وزن خشک ریشه‌ها نیز با روش بالا تعیین گردید. به منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر مختلف از بافت بخش هوایی از روش هضم اسیدی به کمک اسید پرکلریک - اسید نیتریک استفاده شد (۱۵). سنجش میزان سدیم و پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتر انجام گردید. فسفر به روش رنگ سنجی (۲۷) و مس و روی با استفاده از دستگاه طیف سنج جذب اتمی تعیین شد.

این آزمایش در قالب طرح دو فاکتوری بلوک‌های کامل تصادفی شامل چهار تیمار شوری، دو تیمار میکوریزی (دارای میکوریز و بدون میکوریز) و سه تکرار انجام شد. داده‌ها توسط آنالیز واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS و تست چند دامنه‌ای توکی در سطح $p < 0.05$ پردازش شدند و نمودارها با نرم افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج

تمام تیمارهای شوری و میکوریز اثر معنی داری بر پارامترهای رشد و تغذیه معدنی گیاه پسته داشتند، اما اثر متقابل بین شوری و میکوریز تنها در پارامترهای درصد همزیستی، وزن خشک ساقه، سطح برگی و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم معنی‌دار بود (جدول ۱). گیاهان تلقیح شده میکوریزی بالاترین درصد همزیستی را در تیمار شاهد بدون نمک نشان دادند. در حضور نمک درصد همزیستی کاهش یافت که این کاهش در تمام تیمارها در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود (جدول ۲). میزان کاهش همزیستی میکوریزی نسبت به شاهد در تیمارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی

مقدمه

شوری خاک یکی از جدی ترین عوامل محدود کننده کشاورزی است که خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک سبب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی شده است. شوری ناشی از کلرور سدیم از فراوانترین انواع شوری در خاک‌های زراعی محسوب می‌شود. این عنصر با به هم زدن توازن اسمزی بین گیاه و خاک، تعادل متابولیسم گیاه و ایجاد تنش اکسیداسیونی باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (۶، ۱۰، ۲۸). هر عاملی که بتواند توانایی تحمل شوری گیاهان را افزایش دهد در بهبود رشد و عملکرد آنها در شرایط شور موثر می‌باشد.

قارچ‌های وزیکولار- آربوسکولار^۱ بزرگترین گروه قارچ‌های میکوریزی هستند که به سلول‌های پوستی ریشه نفوذ کرده و ساختمان‌هایی بنام وزیکول و آربوسکول تشکیل می‌دهند که آربوسکول‌ها در پوست سطح تبادل ترکیبات متابولیکی را بین میزبان و قارچ افزایش می‌دهند (۱۶). قارچ‌های میکوریزی با افزایش جذب عناصر با قابلیت جابجایی کمتر نظیر فسفر، مس، روی (۲، ۳، ۹، ۱۷) و بهبود روابط آبی گیاه (۷، ۲۵) باعث افزایش رشد گیاه و افزایش رقت یون‌های سمی می‌گردند (۱۴). آنها می‌توانند تحمل و رشد گیاه را در شرایط شور بهبود بخشند (۵ و ۱۲). در پژوهش مورد نظر، اثرات غلظت‌های مختلف کلرور سدیم و قارچ میکوریز بر رشد و تغذیه معدنی گیاه پسته بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش مورد نظر در بهار سال ۸۳ در شرایط گلخانه‌ای با فتوپریود ۱۸ ساعت روشنایی ۶ ساعت تاریکی با شدت نور ۶ تا ۷ هزار لوکس و درجه حرارت 24 ± 5 صورت گرفت. بذر پسته اهلی رقم اکبری با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت ۲۰ دقیقه ضدعفونی سطحی شد. به منظور تسریع جوانه‌زنی، بذور به مدت ۱۲ ساعت در داخل آب مقطر استریل قرار داده شد و در گلدان محتوی ورمیکولیت مرطوب قرار گرفت. بعد از جوانه زنی، دانه رسته‌های ۲۰ روزه هم اندازه در خاک محتوی شن ۸۳/۶٪، رس ۱۳/۷٪، سیلت ۲/۷٪ با $pH=6.8$ و $EC=1/3$ که به نسبت ۹:۱ با پیت مخلوط شده بود، قرار داده شد. به نیمی از گلدان‌ها حدود ۱۰۰ گرم (۱۲ اسپور در گرم خاک) از ماده تلقیح میکوریزی اضافه و کاملاً مخلوط گردید. (ماده تلقیح میکوریزی شامل قطعات ریشه‌ای

جدول ۱: آنالیز واریانس داده های مربوط به تغییرات میزان رشد، کلونیزاسیون ریشه با قارچ میکوریزی آربوسکولار و غلظت عناصر معدنی (P, K, Na, Cu, Zn) اندام هوایی در غلظت های مختلف شوری در حضور میکوریز و بدون آن.

شوری × میکوریز	میکوریز	شوری	صفت مشخصه
**	**	**	درصد همزیستی
**	**	**	وزن خشک ساقه
Ns	**	**	وزن خشک ریشه
**	**	**	سطح برگی
*	**	**	غلظت فسفر
**	**	**	غلظت پتاسیم
Ns	**	**	غلظت سدیم
Ns	**	**	غلظت روی
Ns	**	**	غلظت مس

** تفاوتها در $p < 0/01$ معنی دار است. * تفاوتها در $p < 0/05$ معنی دار است. NS: تفاوتها معنی دار نیست

میکوریزی در اثر NaCl بیشتر ناشی از اثر بازدارندگی آن بر رشد ریشه می باشد (۱۴) و مطابق با یافته های Millen کاهش رشد ریشه نیز ناشی از سمیت یونی یا تنش اسمزی حاصل از غلظت بالای یونها در محلول خاک است (۱۸). در رابطه با اثر بازدارندگی شوری بر رشد قارچ های میکوریزی مختلف و کاهش درصد همزیستی در گیاهان میزبان گزارشات زیادی وجود دارد که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۰، ۱۳). این گزارش ها نشان داده اند که کاهش درصد همزیستی ریشه و قارچ های میکوریزی در اثر افزایش شوری خاک ناشی از اثرات سمی یون های نمک بر قارچ های میکوریزی است. در تحقیق حاضر مشخص شد گرچه در تیمارهای مختلف شوری وزن خشک اندام هوایی، ریشه و سطح برگی گیاهان پسته کاهش می یابد، اما بطور کلی مقادیر وزن خشک و سطح برگی در گیاهان میکوریزی بالاتر از گیاهان بدون میکوریز بود که این نتایج با کارهای Al-Karaki و همکاران در سال ۲۰۰۰ (۴) و کارهای Jindal و همکاران در سال ۱۹۹۳ (۱۳) مطابقت داشت. به طور کلی کاهش فشار تورژانسس بافتها، کاهش فعالیت های فتوسنتزی و اثرات مستقیم نمک بر متابولیسم سلولی به عنوان مکانیسم های فیزیولوژیکی مسئول کاهش رشد توسط شوری شناخته شده اند (۱۹). افزایش رشد گیاهان میکوریزی در محیط های شور تا حدودی به افزایش جذب فسفر گیاهان میزبان توسط میکوریز نسبت داده می شود (۲۳، ۲۲، ۱۱). در تحقیق مورد نظر در تمامی سطوح شوری غلظت فسفر اندام هوایی گیاهان میکوریزی افزایش یافت که تنها در شوری ۲۰۰ میلی مولار در سطح ۵ درصد معنی دار نبود. طبق جدول ۱، در گیاهان میکوریزی افزایش رشد گیاه (وزن خشک ساقه، ریشه و سطح برگی) با درصد کلونیزاسیون ریشه همبستگی مستقیم دارد، همچنین در شوری بالا درصد همزیستی کاهش می یابد و به دنبال آن طبق جدول ۲، از میزان فسفر گیاه کاسته شده است. مشخص شده که گیاهان تحت شوری بالا در مقایسه با گیاهان رشد یافته تحت شوری پایین نسبت به جذب $H_2PO_4^-$ میل ترکیبی پایین تری دارند (۲۴). کاهش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزی تحت سطوح شوری بالا توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۲۳، ۲۲، ۱۱). بسیاری از مطالعات نشان داده اند که همزیستی میکوریزی از طریق افزایش

مولار کلرور سدیم به ترتیب ۲۴/۶، ۴۱/۵۳ و ۸۲/۴ درصد بود. وزن خشک ساقه، ریشه و همچنین سطح برگی گیاهان میکوریزی پسته در شرایط شاهد و شوری از گیاهان غیر میکوریزی بالاتر بود اما هیچگونه تفاوت معنی داری بین گیاهان میکوریزی و غیر میکوریزی برای وزن خشک ساقه و سطح برگی در شوری بالا و برای وزن خشک ریشه در شوری بالا و متوسط مشاهده نگردید. با افزایش شوری وزن خشک ساقه، ریشه و همچنین سطح برگی کاهش یافت که این کاهش تنها در شوری پایین برای ریشه معنی دار نبود (جدول ۲).

غلظت فسفر اندام هوایی گیاهان میکوریزی به استثنای شوری بالا در سایر شرایط از گیاهان غیر میکوریزی بالاتر بود. با افزایش شوری خاک، فسفر هم در گیاهان میکوریزی و هم در گیاهان غیر میکوریزی کاهش یافت (جدول ۳).

غلظت عناصر پتاسیم و روی در شرایط شاهد و شوری پایین و مس تنها در شرایط شاهد در گیاهان میکوریزی از گیاهان غیر میکوریزی پسته بالاتر بود. غلظت این عناصر با افزایش شوری خاک کاهش یافت که این کاهش تنها در تیمار ۵۰ میلی مولار میکوریزی برای عنصر مس و پتاسیم در مقایسه با شاهد معنی دار نبود (جدول ۳).

با افزایش شوری خاک غلظت یون سدیم در گیاهان میکوریزی و غیر میکوریزی افزایش یافت که این افزایش در گیاهان غیر میکوریزی شدیدتر بود، به طوری که در تمام تیمارها نسبت به شاهد معنی دار بود اما در گیاهان میکوریزی تنها در شوری ۲۰۰ میلی مولار افزایش سدیم نسبت به شاهد معنی دار بود. در شوری پایین و متوسط غلظت یون سدیم در گیاهان میکوریزی پایین تر از گیاهان غیر میکوریزی بود که از لحاظ آماری در سطح کمتر از ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳).

بحث

در پژوهش حاضر با افزایش تنش شوری درصد همزیستی میکوریزی ریشه گیاهان پسته کاهش یافت به طوری که بیشترین کاهش در شوری بالا (۲۰۰ mM) مشاهده شد. بر طبق نظر Juniper کاهش همزیستی

جدول ۲: اثر غلظت‌های مختلف کلرور سدیم بر درصد همزیستی میکوریزی، وزن خشک اندام هوایی و ریشه (گرم)، سطح برگ (میلیمتر مربع) در گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی پسته. در جدول حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تیمارها نسبت به یکدیگر است

Leaf area	Root DM	Shoot DM	درصد همزیستی	میکوریز	NaCl (mM)
۹۲۸a ۷۵۲c	۰/۴a ۰/۲۹bc	۱/۹۷a ۱/۴۶b	۴۹/۶a ۰	M NM	۰
۸۱۷b ۶۴۸d	۰/۳۸ab ۰/۲۷cd	۱/۴۹b ۰/۹۳c	۴۱/۳۳b ۰	M NM	۵۰
۶۸۳d ۴۹۳e	۰/۲۵cde ۰/۱۸de	۱/۰۱c ۰/۷۱d	۲۹c ۰	M NM	۱۰۰
۴۴۵ef ۴۲۲f	۰/۱۹de ۰/۱۶ef	۰/۶۱d ۰/۶۳d	۸/۶۶d ۰	M NM	۲۰۰

جدول ۳: اثر غلظت‌های مختلف کلرور سدیم بر غلظت عناصر P, K, Na (میلی گرم بر گرم وزن خشک) و Cu, Zn (میکروگرم بر گرم وزن خشک) اندام هوایی در گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی پسته. در جدول حروف متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن تیمارها نسبت به یکدیگر است.

Cu	Zn	Na	K	P	میکوریز	NaCl (mM)
۶۸a ۵۲bc	۷۳۲a ۶۲۳b	۱۵۲a ۱۶۰a	۱۲۷۲a ۱۰۷۵b	۲۰/۳a ۱۵/۲c	M NM	۰
۵۵ac ۴۶ce	۵۳۳bc ۴۳۱d	۱۸۶a ۲۸۴bc	۱۱۸۲ac ۹۰۱de	۱۸/۴ab ۱۲/۱de	M NM	۵۰
۴۵ce ۴۱ce	۴۵۰cd ۳۷۳d	۲۳۴acd ۳۶۱be	۸۹۰ef ۷۹۸f	۱۴/۲ce ۱۱/۱df	M NM	۱۰۰
۳۹de ۳۸de	۲۴۸e ۲۱۴e	۳۵۲be ۴۱۵e	۶۰۶g ۵۷۶g	۱۰/۴df ۸/۴f	M NM	۲۰۰

بودن غلظت یون سدیم در این گیاهان و جلوگیری از غلظت سمی سدیم توسط میکوریز باشد.

با توجه به نتایج مورد نظر در مورد افزایش رشد پسته و افزایش جذب مواد غذایی به خصوص فسفر در شرایط شوری NaCl در اثر تلقیح آن با میکوریز می‌توان استنباط نمود که ممکن است میکوریز بر هر دو مرحله پاسخ رشد گیاه به شوری تاثیر داشته باشد و سبب افزایش رشد گیاه و تحمل شوری شود، که این اثرات ممکن است از یک طرف به بهبود انتقال آب و افزایش پتانسیل آبی پسته و از طرف دیگر با کاهش انباشتگی یون‌های سدیم در شرایط شور موجب کاهش اثرات اسمزی و سمیت یونی حاصل از نمک مربوط باشد.

نتایج حاصل از این مطالعه لزوم به‌کارگیری قارچ‌های میکوریز را در تلقیح گیاه پسته برای افزایش رشد گیاه و بهره‌برداری بیشتر از آن و نیز افزایش سطح زیرکشت این محصول در شرایط نامساعد نشان می‌دهد.

جذب مواد معدنی به‌خصوص عناصر غذایی با تحرک کم (Zn, Cu, P) سبب رشد گیاه می‌شوند (۱۷، ۷، ۳، ۱). در این تحقیق غلظت عناصر Zn, Cu, K در گیاهان میکوریزی از گیاهان غیرمیکوریزی بالاتر بود که این افزایش ممکن است بدلیل افزایش سطح مورد نیاز برای جذب یا انتقال توسط هیف قارچ باشد. افزایش جذب Zn, Cu, K، P گیاهان میکوریزی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۲، ۱۷، ۳، ۲۶). در سطوح مختلف شوری غلظت سدیم در اندام هوایی پسته در حضور میکوریز و غیاب آن افزایش یافت اما نکته قابل توجه این بود که غلظت سدیم گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز کمتر بود که این نتیجه با نتایج Jindal و همکاران در سال ۱۹۹۳ (۱۳) و Al-Karaki و همکاران در سال ۲۰۰۰ (۵، ۴) مطابقت داشت. اگر چه چگونگی کاهش سدیم در اثر همزیستی میکوریزی هنوز به‌خوبی روشن نیست اما به نظر می‌رسد یکی از عوامل بهبود رشد گیاهان میکوریزی در محیط‌های شور در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز، پایین‌تر

14-Juniper S, Abbott L .1993; Vesicular arbuscular mycorrhizas and soil salinity. *Mycorrhiza* 4:45-57.

15-Johnson C.M., Ulrich A.1959; Analytical methods for use in plants analysis. *Bull. Calif. Agr. Expt. Sta.* No.7656.

16-Linderman, R. G., 1992; Vesicular arbuscular mycorrhizae and soil microbial interaction. In: *Mycorrhizae in sustainable agriculture.* (Eds). G.L. Bathkenfalvay and R.G. Linderman. *Am. Soc. Agron. Special Publication* 54: 45-70.

17-Marschner H, Dell B.1994; Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil* 159:89-102.

18-McMillen B.G., Juniper S., Abbott L.K. 1998; Inhibition of hyphal growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus in soil containing sodium chloride limits the spread of infection from spores. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 1639-1646.

19-Neumann P.1977; Salinity resistance and plant growth revised. *Plant Cell and Environment* 20:1193-1198.

20-Ojala J.C., Jarrell M.W., Menge J.A., Johnson E.L.V. 1983; Influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. *Agronomy* 75:225-259.

21-Phillips J, Hayman D .1970; Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br Mycol Soc* 55:158-161.

22-Pond EC, Merge JA, Jarrell WM .1984; Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi collected from saline soils. *Mycologia* 76:74-84.

23-Poss JA, Pond E, Menge JA, Harrell WM .1985; Effect of salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and without additional phosphate. *Plant Soil* 88:307-319.

24-Sentenac H, Grignon C .1985; Effect of pH on orthophosphat uptake by corn roots. *Plant Physiol* 77:136-141.

25-Sylvia DM, Hammond LC, Bennett JM, Hass JH, Linda SB .1993; Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agron J* 85:193-198.

26-Trimble MR, Knowles NR .1995; Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth, carbohydrate partitioning and mineral nutrition of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants during establishment. *Can J Plant Sci* 75:239-250.

27-Watanabe FS, Olsen S .1965; Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extract for soil. *Soil Sci* 21:677-678.

28-Wyn Jones RG, Gorham J .1983; Osmoregulation . In: Lange OL Nbel PS, osmond CB, Ziegler H (eds) *Physiological plant ecology. III. Responses to chemical and biological environments.* New Series 12C. Springer. New York. pp 35-38.

پاورقی ها

- 1-Vesicular arbuscular fungi
- 2- Inoculum
3. *Zea mays*

منابع مورد استفاده

1-AI – Karaki GN, AI – Raddad A.1997; Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Mycorrhiza* 7:83-88.

2-AI – Karaki GN .1997; Barley response to salt stress at varied phosphorus. *J Plant Nutr* 20:1635-1643.

3-AI – Karaki GN.1998; Benefit/cost analysis and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal association with wheat under drought stress. *Mycorrhiza* 8:41-45.

4-AI – Karaki GN. 2000a; Growth, water use efficiency, and mineral acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *J Plant Nutr* 23:1-8.

5-AI – Karaki GN .2000b; Growth and mineral acquisition by mycorrhizal tomato grown under salt stress. *Mycorrhiza* 10:51–54.

6-Ayers RS, Westcot DW .1985; Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and drainagr paper* No. 29, Rome, Italy, pp 77-81.

7-Bethlenfalvay Gj, Brown MS, Ames RN, Thomas RS .1988; Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. *Physiol Plant* 72:565-571.

8-Bierman B, Linderman R.1981; Quantifying vesicular arbuscular mycorrhizae:proposed method towards standardization. *New Phytol* 87:63-67.

9-George E.Romheld V. Marschner H .1994; Contribution of mycorrhizal fungi to micronutrient uptake by plants. In Manthey JA Crowley DE. Luster DG (eds) *Biochemistry of metal micronutrient in rhizospher.* Lewis. Boca Raton, Fla, pp 93-109.

10-Hasegawa PM, Bressan RA, Hanada AK .1986; Cellular mecanism of salinity tolerance. *Hort Sci* 21:1317-1324.

11-Hirrel MC, Gerdeman JW .1980; Improved growth of onion and bell pepper in saline soils by to vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci Soc Am J* 44:654-655.

12-Jain RK , Paliwal K, Dixon RK, Gjerstad DH.1989; Improving productivity of multipurpose trees on substandard soil in India. *J For* 87:38-42.

13-Jindal V., Atwal A., Sekhon B.S., Singh R.1993; Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae on metabolism of moong plants under NaCl salinity. *Plant physiology and Biochemistry* 31:475-481.