نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۵۴۶-۵۳۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 4, Winter 2016, P. 537-546
ISSN: 2008 - 4730

بررسی کارایی قارچ‌های میکوریزا در شرایط مدیریتی کم آبیاری بر ویژگی‌های رشدی و جذب برخی عناصر غذایی در نهال چنار(*Platanus orientalis* L)

حامد عالی‌پور امرایی[۱*]- علی نیکبخت[۲]- نعمت‌اله اعتمادی[۳]- فرشید نوربخش[۴]- فرهاد رجالی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷

چکیده

درخت چنار از جمله مهم‌ترین درختان مورد استفاده در فضای سبز شهری ایران می‌باشد. یکی از عوامل محدود کننده‌ی گسترش فضاهای سبز شهری، تأمین آب برای گیاهان می‌باشد. کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای صرفه‌جویی در مصرف آب در شرایط کم‌آبی و در نهایت کاهش هزینه مورد نیاز جهت تأمین آب برای گیاهان فضای سبز است. همچنین ممکن است تلقیح ریشه گیاهان با قارچ میکوریزا بتواند به عنوان راهکاری جهت کاهش نیاز آبی گیاهان به کار گرفته شود. این بررسی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و به منظور تعیین تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر واکنش نهال‌های چنار به سطوح مختلف آب کاربردی (تأمین ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که صرف نظر از سطح آبیاری تلقیح گیاهان توسط میکوریزا باعث افزایش معنی‌داری در اکثر شاخص‌های رشدی از قبیل سطح برگ، کلروفیل و وزن تر و خشک در نهال‌های چنار گردیده‌است. همچنین غلظت عنصر فسفر در گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان تلقیح نشده به طور معنی‌داری افزایش یافت. در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که تلقیح با قارچ‌های میکوریزا، رشد گیاهان تحت تنش را به واسطه اثر مثبت بر جذب عناصر غذایی، افزایش میزان کلروفیل و در نهایت افزایش فتوسنتز بهبود می‌بخشد. پیشنهاد می‌شود که در مناطق خشک و کم‌آب از روش مدیریتی کم‌آبیاری با کاربرد قارچ میکوریزا برای ذخیره آب مصرفی استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: سطح آبیاری، درخت، فضای سبز، همزیستی

مقدمه

فضای سبز در شهرها، به ویژه شهرهای بزرگ و صنعتی، دارای عملکردهای مختلفی می‌باشد. فضای سبز از یک سو موجب بهبود وضعیت زیست محیطی شهرها می‌شود و از سوی دیگر شرایط مناسبی را برای گذراندن اوقات فراغت شهروندان فراهم می‌کند. اثرهای فضای سبز شهری از دیدگاه زیست محیطی مواردی چون کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی، بهبود شرایط بیوکلیماتیک در شهر، افزایش نفوذپذیری خاک و اثر مثبت بر چرخه آب در محیط زیست شهری و افزایش کیفیت آب‌های زیرزمینی را شامل می‌شود (۲۲). درختان و درختچه‌ها نقش اصلی در ایجاد فضای سبز دارند و در شهری مانند اصفهان حدود ۹۰ درصد از درختان موجود را درختان چنار و نارون تشکیل می‌دهند و این مطلب بیانگر این موضوع است که این درختان علاوه بر دارا بودن زیبایی و نقش مفید در فضای سبز، در سالیان متمادی با شرایط آب و هوایی منطقه نیز سازگاری نشان داده‌اند (۱۸). درخت چنارمعمولی ایران با نام علمی (*Platanus orientalis* L.). از خانوادهٔ Platanaceae است (۲۲). انواع درختان چنار تقریباً در تمام مناطق جهان وجود دارد و به خوبی خود را با شرایط مختلف آب و هوایی تطبیق می‌دهد. در عین حال درختان چنار، درختانی بزرگ و زیبا، با تنهٔ مستقل، تاجی گسترده و شاخه‌های قوی هستند. این ویژگی‌ها موجب شده‌اند تا چنار در ردیف مهم‌ترین درختان سایه‌دار پارک‌ها و حاشیه‌ی خیابان‌ها قرار گیرد (۳). هر ساله تعداد زیادی از این درختان زیبای شهری به دلیل غفلت و ناآگاهی و گاهی توسط عوامل محیطی آسیب می‌بینند، لذا لزوم تحقیقات و پژوهش‌های علمی هرچه بیشتر بر روی آن‌ها احساس می‌شود (۱۸). یکی از مشکلات و مسائل چنار، مرگ زودرس درختان چنار است. چنار بسیار آبدوست است و در مکان‌هایی که جوی آب از

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: h.ali@ag.iut.ac.ir)
۴- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۵- دانشیار مرکز تحقیقات خاک و آب کشور

کنار آن می‌گذرد و تهویهٔ ریشه در آن به خوبی صورت می‌گیرد، رشد سریعی دارد. پژوهشی که در سال ۱۳۶۰ در تهران به منظور بررسی علل خزان زودرس و خشک شدن درختان چنار انجام شد نشان داد که عامل اصلی خزان زودرس درختان چنار در تهران که گاهی منجر به خشک شدن کامل آن‌ها می‌گردد تنش کمبود آب بخصوص در فصل گرما است (۱۸). نتایج پژوهشی در روسیه نیز نشان داده است که چنار معمولی مقاومت کمی به خشکی دارد و در شرایط تنش خشکی برگ‌ها دچار خزان زودرس می‌شوند (۱۸). در نواحی که تأمین آب برای فضای سبز روز به روز مشکل‌تر می‌شود، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان است که مسلماً رفع این نیاز در مناطق خشک و نیمه خشکی چون ایران به ویژه در ماه‌های گرم سال بسیار مشکل و پرهزینه می‌باشد، لذا باید استراتژی‌های مدیریتی ویژه‌ای جهت کاهش نیاز آبی اعمال شود. یکی از راهکارهای مدیریتی نوین در حمایت از گیاهان در برابر اثرات زیان‌بار تنش خشکی، استفاده از میکروارگانیسم‌های همزیست با گیاهان نظیر قارچ‌های میکوریزا می‌باشد. قارچ‌های میکوریزا، رایج‌ترین و با سابقه ترین ارتباط‌های همزیستی را در مجموعه گیاهی دارا می‌باشد. آغشتگی ریشه گیاهان با قارچ میکوریزا بر رشد و افزایش تحمل گیاهان به کمبود آب تأثیر زیادی دارد (۸ و ۳۲). اثر همزیستی میکوریزایی در تحمل گیاه به خشکی نتیجه ترکیب اثرات فیزیکی، تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی و سلولی است (۳۶). افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه (۳۷)، تنظیم روزنه‌ای و نسبت تعرق (۱)، افزایش جذب آب توسط ریسه برون ریشه‌ای (۵ ،۱۵)، تنظیم فشار اسمزی (۳۳،۷)، تغییر در انعطاف پذیری دیواره سلولی (۶)، افزایش فعالیت فتوسنتزی (۳۷)، تجمع پرولین وکربوهیدرات (۹)، بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه (۴۰)، از جمله مکانیسم‌های احتمالی افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی در اثر همزیستی آن‌ها با قارچ میکوریزا می‌باشند. متأسفانه اطلاعات محدودی در مورد تغییرات مورفولوژی ریشه در شرایط تنش خشکی وجود دارد (۱۰). تغییرات مورفولوژیکی ریشه گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریزا، به ویژه در افق‌های سطحی خاک، ممکن است سبب افزایش تحمل گیاه به خشکی و یا جذب فسفر شود. معمولاً تنش آب بسته به شدت و مدت آن، باعث تغییر در رشد و جذب عناصر توسط ریشه‌ها و اختلال در انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی می‌شود. تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا باعث افزایش جذب عناصر غذایی (ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) و تولید بیشتر ماده خشک نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی در شرایط تنش آبی می‌گردد (۲). هدف از این پژوهش بررسی کارایی قارچ‌های میکوریزا در شرایط مدیریتی کم آبیاری بر روی ویژگی‌های رشدی و جذب برخی عناصر غذایی در درخت چنار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

روش اعمال تیمارها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ به صورت گلدانی بر روی نهال‌های ۲ ساله در محوطه گلخانه علمی-پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. برای انجام این آزمایش از گلدان های چوبی با ابعاد ۸۰ در ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر استفاده شد. کود میکوریزا مخلوط دو گونه از جنس گلوموس (*Glomus mosseaea* و *G.intraradices*) با جمعیت مساوی ۸۰ اسپور در هر گرم بود که از مرکز تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. برای تلقیح نهال‌های جوان چنار با قارچ میکوریزا از مخلوط اسپور قارچ، پیت و کود کامل بر حسب تیمار در هنگام قرار گرفتن نهال‌ها در خاک استفاده شد. بدین صورت که در هر گلدان دو لوله‌ی پلیکا به قطر ۱۱ سانتی‌متر قرار داده شد و بعد از قرار دادن نهال‌ها در داخل گلدان و ریختن خاک اطراف آن‌ها داخل لوله‌ها مخلوط کودی مذکور اضافه شد (به صورت چالکود). سپس لوله‌ها از داخل گلدان خارج شد (شکل۳-۱). برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول یک آورده شده است.

انتخاب تیمارها و طرح آزمایشی

آزمایش مورد نظر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد مطالعه عبارت بودند از:

الف) خاک زراعی (شاهد)

ب) خاک زراعی+ چالکود (پیت آلمانی+ کودکامل)

ج) خاک زراعی+ چالکود [پیت آلمانی+ کود کامل+ قارچ میکوریزا (در شرایط آبیاری استاندارد)]

د) خاک زراعی+ چالکود [پیت آلمانی+ کود کامل+ قارچ میکوریزا (در شرایط آبیاری نیمه‌استاندارد)].

روش اعمال تیمار آبیاری

دو روش معمول برای ایجاد تنش رطوبتی وجود دارد که عبارتند از: ۱-ثابت نگه داشتن دور آبیاری و تغییر حجم آب آبیاری ۲- تغییر دور آبیاری با ثابت نگه داشتن حجم آب آبیاری برای هر بار آبیاری شاهد و تنش (۴۳) که در این بررسی از روش اول استفاده گردید. تیمارهای آبیاری در دو سطح شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (سطح مطلوب آبیاری) و ۵۰ درصد (تنش متوسط) رطوبت ظرفیت زراعی اعمال گردید. برای اندازه‌گیری میزان آب ورودی به گلدان‌ها از کنتور حجمی استفاده شد.

تعیین همزیستی میکوریزایی

برای تعیین همزیستی از روش به کار برده‌شده توسط میرانسری و همکاران استفاده شد (۲۸).

صفات مورد بررسی و نحوه اندازه‌گیری آن‌ها

۵-۱- اندازه گیری ارتفاع هر درخت از سطح زمین تا بلندترین شاخه های درخت، برای نهال‌ها توسط شاخص نقشه برداری با دقت ۱ سانتی به صورت ماهیانه به دست آمد. در انتها با کسر ارتفاع اولیه میزان افزایش ارتفاع نسبی به دست آمد.

۵-۲- اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی به صورت ماهیانه و با انتخاب ۵ برگ از هر نهال به صورت تصادفی صورت پذیرفت. پس از اندازه‌گیری وزن تر، برای به دست آوردن وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

۵-۳- اندازه گیری قطر نهال‌ها با استفاده از کولیس دیجیتال صورت پذیرفت.

۵-۴- اندازه‌گیری سطح برگ‌ها با نمونه‌گیری از ۱۰ برگ کامل از هر درخت در انتهای فصل رشد توسط دستگاه تعیین کننده سطح برگ محاسبه شد.

۵-۵- شاخص سبزینگی با دستگاه کلروفیل سنج پورتابل (مدل CL-01) اندازه گیری شد.

۵-۶- فاکتورهای مربوط به تبادلات گازی برگ شامل فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت CO_2زیر روزنه توسط دستگاه قابل حمل اندازه‌گیری فتوسنتز (مدلLCi ساخت کشور انگلستان) در برگ کاملاً توسعه یافته در هر تکرار اندازه‌گیری شد. بدین منظور هر برگ به مدت ۴۰ ثانیه درون اتاقک اندازه‌گیری تبادلات گازی برگ قرار گرفت. اندازه‌گیری در روز صاف و آفتابی بین ساعت ۱۱ - ۹ انجام شد.

۵-۷- کلروفیل برگ‌ها به روش لیشتنتالر (۲۵) توسط حلال استون۱۰۰ درصد استخراج گردید.

۵-۸- اندازه گیری میزان قندهای ساده محلول در اندام هوایی با استفاده از روش دابیوس (۱۲) انجام شد.

۵-۹- برای اندازه گیری عناصر در گیاه به روش خاکسترگیری خشک عمل شد. در این روش یک گرم از نمونه گیاهی آسیاب شده در کروزه چینی ریخته شده و به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی تحت حرارت ۵۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا مواد آلی آن سوخته و به خاکستر تبدیل شوند. سپس به کروزه ها ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال افزوده و با حرارت دادن ملایم کروزه روی هات پلیت مواد خاکستر شده در اسید حل می‌شوند. سپس محلول تهیه شده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده و عصاره در بالن ژوژه جمع‌آوری شد. با آب مقطر حجم عصاره به ۱۰۰ سی سی رسانده شد. سپس میزان عناصر داخل آن به شرح زیر اندازه‌گیری شد (۳۱).

۵-۹-۱- مقدار پتاسیم محلول به وسیله دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7) اندازه‌گیری و مقدار آن با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد.

۵-۹-۲- آهن و روی با دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer AA3030) قرائت شد.

۵-۹-۳- اندازه‌گیری فسفر به روش السنو با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۸۸۰ نانومتر صورت پذیرفت (۲۹).

جدول ۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Physical and Chemical characteristics of soil

بافت خاک Soil texture	رسی Clay
وزن مخصوص ظاهری Apparent specific weight of soil ($g.cm^3$)	1.45
رطوبت حجمی در حد ظرفیت زراعی volumetric water content at field capacity (درصد)	28.2
رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی volumetric water content at wilting point (درصد)	12.6
اسیدیته خاک pH (1:5)	7.6
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک EC (dSm^{-1})	2.53
مواد آلی Organic matter (درصد)	1.5
آهک $Caco_3$ (درصد)	36.5
نیتروژن N (درصد)	0.247
فسفر قابل جذب P ($mg\ kg^{-1}$)	38.5
پتاسیم قابل جذب K ($mg\ kg^{-1}$)	120
آهن Fe ($mg\ kg^{-1}$)	2020
روی Zn ($mg\ kg^{-1}$)	155

تجزیه‌های آماری

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به هر صفت و آنالیز به کمک نرم‌افزار سیستم پردازش آماریSAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. همچنین همبستگی بین صفات نیز به وسیله نرم افزارSAS صورت پذیرفت. برای انجام محاسبات و رسم شکل‌ها از نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۰) استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک برگ

اثر تیمارها بر وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقایسات اورتوگونال نشان داد که بین تیمار میکوریزا با آبیاری کامل و تیمار میکوریزا با اعمال ۵۰ درصد نیاز آبی از لحاظ وزن تر و خشک اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن تر و خشک برگ در تیمار میکوریزا با آبیاری کامل مشاهده شد به طوری که از نظر وزن تر و خشک به ترتیب ۳۲ درصد و ۳۹/۷۱ درصد افزایش نسبت به گیاهان شاهد را نشان داد (جدول ۴). تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا از طریق افزایش ساختار و راندمان فتوسنتزی موجب افزایش وزن خشک برگ و وزن خشک اندام هوایی گردیده و در نهایت به افزایش رشد گیاه و تولید وزن خشک بیشتر منتهی می‌گردد. گزارش شده‌است که با تلقیح درختان چنار گونه *P. occidentalis* با قارچ‌های میکوریزا وزن خشک برگ به طور قابل توجهی در مقایسه با گیاهان شاهد فاقد میکوریزا افزایش می‌یابد (۴۲). در آزمایشی که به منظور ارزیابی میزان همزیستی گونه‌های قارچ میکوریزا با نهال‌های ساج (*Tectona grandis*) انجام شد، نتیجه گرفتند که وزن تر و خشک نهال‌های تلقیح شده و نشده تفاوت معنی‌داری با هم داشتند و تمامی گونه‌های قارچ میکوریزا در افزایش وزن گیاه تأثیرگذار بودند (۳۴). همچنین افزایش در وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا نسبت به گیاهان شاهد فاقد میکوریزا توسط محققین مختلف گزارش گردیده است (۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۳۰). نتایج حاصل از همبستگی صفات نشان داد که بین وزن تر با محتوای کلروفیل (R=۰/۸۲, P<۰/۰۰۱) و غلظت عناصر فسفر (۰/۰۳ , R=۰/۶۲P<)، پتاسیم (R=۰/۶۹, P<۰/۰۱) و همچنین وزن خشک با محتوای کلروفیل (R=۰/۸۲, P<۰/۰۰۱) و غلظت عناصر فسفر (R=۰/۶۰,P<۰/۰۴) و پتاسیم (R=۰/۵۷,P<۰/۰۵) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد که با توجه به این نتایج می‌توان گفت که اثرات مطلوب تلقیح گیاهان با میکوریزا در افزایش وزن تر و خشک تا حدود زیادی به دلیل بهبود روابط آبی، جذب عناصر غذایی و افزایش محتوای کلروفیل در گیاهان چنار تلقیح شده با این قارچ‌ها می‌باشد که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد (۳ و ۹).

سطح برگ

نتایج به دست آمده نشان داد که تیمارها بر سطح برگ درختان تأثیر معنی داری داشته است (جدول۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار میکوریزا و آبیاری کامل بیشترین میزان سطح برگ را دارا بود و ۲۴/۴۹ درصد سطح برگ بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشت. از طرفی بین گیاهان میکوریزایی با دو سطح آبیاری متفاوت، اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید که این نتیجه تا حدودی می‌تواند بحث برانگیز باشد (جدول۴). سطح برگ یکی از عوامل موثر در رشد می‌باشد، به این صورت که برگ‌ها به عنوان کارخانه تولید انرژی در گیاه عمل می‌کنند. از طرفی گیاه در شرایط تنش، به خصوص تنش خشکی سطح برگ خود را کاهش می‌دهد. به عبارتی کاهش سطح برگ یکی از مهم‌ترین عوامل در صرفه جویی آب و زنده مانی گیاه می‌باشد (۲۴و ۴۶). کاهش رشد برگ، کاهش جذب نور و در نهایت کاهش رشد را به دنبال خواهد داشت. در شرایطی که گیاه با مشکل کم آبی مواجه نباشد سطح برگ‌های خود را افزایش می‌دهد تا حداکثر استفاده از انرژی خورشید را داشته باشد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار (R=۰/۷۸, P <۰/۰۰۳) بین مقادیر محتوای آب نسبی و سطح برگ در این پژوهش نشان می‌دهد که هر چه آب در دسترس گیاه زیاد باشد رشد و سطح برگ بیشتر خواهد بود. نتایج ما با نتایج حاصل از تحقیقات سایر پژوهشگران که عنوان کرده‌اند که تلقیح میکوریزایی باعث افزایش سطح برگ گیاهان میزبان می‌شود مطابقت دارد (۱۴ و ۳۵). این در حالی است که در برخی موارد تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا هیچ گونه تفاوتی را از نظر سطح برگ بر روی گیاهان تلقیح شده و نشده ایجاد نکرده‌است (۱۶). پیشنهاد شده است که همزیستی با قارچ‌های میکوریزا می‌تواند میزان فتوسنتز را از طریق تغییرات مورفولوژیکی از قبیل افزایش سطح برگ افزایش دهد (۳۵)، که وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار (R=۰/۷۵, P<۰/۰۰۵) بین صفات سطح برگ و میزان فتوسنتز در این پژوهش این موضوع را تأیید می‌کند.

شاخص سبزینگی برگ (spad)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها برای شاخص سبزینگی نشان داد که بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای میکوریزا با سطوح آبیاری مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد ولی اختلاف این تیمارها با تیمار پیت آلمانی+ کود کامل معنی‌دار نبود (جدول۲). مقایسه میانگین اثر تیمارها نشان داد که درختان تلقیح شده با میکوریزا در شرایط آبیاری کامل بیشترین میزان سبزینگی را داشته است به طوری که ۴۶/۶ درصد سبزینگی بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشته است. همچنین اختلاف بین گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در شرایط آبیاری استاندارد و گیاهان تلقیح شده در شرایط آبیاری نیمه‌استاندارد حدود ۲۴/۲ درصد می‌باشد (جدول۴). در تحقیقات مختلفی افزایش محتوای کلروفیل در اثر تلقیح قارچ‌های میکوریزا در گیاهان میزبان گزارش شده‌است (۱۳، ۲۶ و ۴۱). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین قرائت اسپد و میزان کلروفیل کل

(R=۰/۶۸, P<۰/۰۱) دراین آزمایش مشاهده گردید.

میزان کلروفیل و کارتنوئید

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارها بر میزان کلروفیل a در نهال‌ها معنی‌دار بود. همچنین بین تیمار میکوریزا با آبیاری کامل و میکوریزا در شرایط کم‌آبیاری اختلافی در سطح احتمال ۰/۱ درصد وجود داشت (جدول۲). مقایسه میانگین نوع تیمار بر میزان کلروفیل a نشان می‌دهد که گیاهان میکوریزایی در شرایط آبیاری کامل بیشترین میزان کلروفیل a را به خود اختصاص داده‌اند به طوری که ۵۲ درصد کلروفیل a بیشتری نسبت به شاهد داشتند (جدول۴). همچنین اثر تیمارها بر میزان کلروفیلa+b معنی‌دار است. اثر سطح آبیاری در گیاهان میکوریزایی بر میزان کلروفیل a+b معنی‌دار بود ولی بین این تیمارها و تیمار پیت آلمانی اثر معنی‌داری وجود نداشت (جدول۴). بیشترین میزان کلروفیلa+b در تیمار میکوریزا و آبیاری کامل مشاهده شد و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود (جدول۴). همچنین نتایج نشان داد که بین تیمارهای اعمال شده از لحاظ میزان رنگیزه کارتنوئید نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول۲). خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (۴). گزارش‌های زیادی مبنی بر بالابودن میزان غلظت کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در مقایسه با گیاهان فاقد میکوریزا وجود دارد (۲، ۴۵ و ۴۷). در تحقیقی بر روی گیاه توت فرنگی گزارش شد که تلقیح گیاهان با میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی محتوای رنگدانه برگ را افزایش می‌دهد و مانع از تجزیه کلروفیل تحت تنش آبی می‌گردد. همچنین میزان کلروفیل a+b در گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان تلقیح نشده به طور مؤثری بهبود یافت و ۱۰ روز پس از تلقیح تفاوت معنی‌داری در محتوای کارتنویید مشاهده گردید که این میزان در گیاهان تلقیح شده تحت تنش خشکی حتی بالاتر از گیاهان آبیاری شده بود (۴۷). شائو و همکاران گزارش کردند که میزان کلروفیل می‌تواند یک شاخص مهم برای میزان فتوسنتز باشد، بنابراین محتوای کلروفیل می‌تواند یکی از شاخص‌های ارزیابی میزان فتوسنتز نیز باشد (۳۸). وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار (R=۰/۸۲, P<۰/۰۰۱) بین کلروفیل کل و میزان فتوسنتز در پژوهش ما این موضوع را تأیید می‌کند. مطالعه ما نشان داد که گیاهان چنار تلقیح‌شده با میکوریزا (صرف نظر از سطح آبیاری) سطوح بالاتری از کلروفیل و کارتنوئید را به خود اختصاص داده‌اند که بالا بودن رنگیزه‌ها در شرایط کم‌آبیاری بیان کننده این موضوع است که قارچ‌های میکوریزا مقاومت گیاهان را به تنش احتمالی افزایش داده و این گیاهان کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفته‌اند.

شدت فتوسنتز

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس تیمارها نشان می‌دهد که هرچند به طور کلی از نظر شدت فتوسنتز بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در مقایسه اورتوگونال تیمارها، بین تیمار شاهد با سایر تیمارهای به کاربرده شده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد (جدول۳). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که تیمار میکوریزا با آبیاری کامل دارای فتوسنتز بیشتری از گیاهان شاهد بوده است. به طوری که گیاهان این تیمار ۲۷/۹۵ درصد فتوسنتز بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشته‌اند (جدول۵). از نظر میزان دی اکسید کربن زیر روزنه ای اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ولی اثر تیمارها بر هدایت روزنه ای در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، تیمار میکوریزا با آب کامل دارای بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای می‌باشد و کمترین آن به گیاهان شاهد تعلق دارد (جدول۵). برخی محققین افزایش عملکرد فتوسنتزی در گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا را گزارش کرده‌اند (۴، ۲۳، ۲۷ و ۴۴). افزایش فتوسنتز در تیمار میکوریزا با آبیاری کامل به دلیل افزایش در میزان کلروفیل است. مطالعات نشان داده که تولید بیوماس و محصول گیاه در ارتباط مستقیم با فتوسنتز است (۱۱ و ۱۷). همچنین وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار (R=۰/۷۵, P<۰/۰۰۵) بین میزان فتوسنتز و سطح برگ در این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز نیز افزایش یافته‌است.

غلظت عناصر غذایی

فسفر

تأثیر تیمارها بر غلظت فسفر در برگ نهال‌های چنار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود همچنین مقایسات اورتوگونال نشان داد که بین تیمار شاهد با سایر تیمارها، تیمار پیت آلمانی با تیمارهای دارای میکوریزا و تیمارهای میکوریزا با هم اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول۳). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که تیمار میکوریزا با آبیاری کامل بیشترین میزان فسفر را دارا می‌باشد و غلظت فسفر دراین گیاهان نزدیک به دو برابر گیاهان شاهد بود (جدول ۵). با توجه به pH قلیایی و درصد بالای آهک در خاک مورد استفاده (جدول ۱)، مقدار جذب بالای فسفر توسط گیاهان میکوریزایی می‌تواند بیانگر نقش مؤثر قارچ‌های میکوریزا در جذب فسفر از خاک آهکی و کاهش شرایط تنش اسیدیته خاک باشد که در نهایت به رشد بهتر این گیاهان منتهی می‌شود. در آزمایشی بر روی نهال‌های چنار گزارش شد که ۵ هفته پس از تلقیح با قارچ‌های میکوریزا به طور قابل توجهی میزان فسفر نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته‌است (۴۲).

جدول۲ -تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی نهال چنار به صورت مقایسات اورتوگونال

Table 2- Analysis of variance (ANOVA) for growth and physiological characteristics of plane trees in orthogonal comparisons.

منابع تغییرات Source of variation	میانگین مربعات Mean square										درجه آزادی df
	وزن خشک برگ Dry weight (gr)	وزن تر برگ Fresh weight	قطر تنه Trunk diameter	سطح برگ Leaf area	ارتفاع درختان trees high(m)	کارتنوئید Carotenoid (mg/g leaf)	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b (mg/g leaf)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g leaf)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g leaf)	کلروفیل سنج (spad)	
تیمار (Treatment)	0.19^{**}	0.80^{**}	0.0002^{ns}	1416136^{ns}	2.08^{ns}	0.03^{**}	0.24^{**}	0.01^{**}	0.14^{**}	5.49^{*}	3
تیمار A با بقیه (A with other)	0.13^{*}	1.23^{**}	0.0002^{ns}	323192^{ns}	4.69^{ns}	0.04^{**}	0.42^{***}	0.02^{**}	0.24^{**}	8.91^{*}	1
تیمار B با C و D (B with C & D)	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.0002^{ns}	4802^{ns}	0.88^{ns}	0.001^{ns}	0.009^{ns}	0.001^{ns}	0.001^{ns}	1.05^{**}	1
تیمار C با D (C with D)	0.42^{*}	1.15^{**}	0.0001^{ns}	392041^{**}	0.66^{ns}	0.05^{**}	0.30^{**}	0.01^{**}	0.18^{**}	6.51^{ns}	1
خطای کل (Total error)	0.02	0.1	0.003	40413	1	0.003	0.009	0.001	0.004	1.09	8
CV(%)	9.02	7.09	24.5	17.71	14.81	18.10	11.87	14.99	11.36	11.86	

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

*, **: significant at P = 0.05, P = 0.01, and ns, non-significant respectively.

**A= تیمار شاهد، B= پیت آلمانی+کود کامل، C= کود کامل+ پیت آلمانی+ میکوریزا در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، D= کود کامل+ پیت آلمانی+ میکوریزا در شرایط ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی

fertilizer, C= Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 50% of field capacity, D= Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 100% of field capacity + A= without fertilizer, D= Germans peat

جدول ۳-تجزیه واریانس عناصر و شاخص‌های فتوسنتزی برای آزمایش اول به صورت مقایسات اورتوگونال

Table 3- Analysis of variance (ANOVA) for nutrients and photosynthetic characteristics of plane trees in orthogonal comparisons.

منابع تغییرات Source of variation	میانگین مربعات Mean square							درجه آزادی DF
	هدایت روزنه‌ای Ci (Pa)	Gs زیرروزنه Co_2 ($molm^{-2}$ s^{-1})	فتوسنتز Photosynthesis (μ $molm^{-2}$ s^{-1})	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	
تیمار (Treatment)	0.03^{*}	103.86^{ns}	3.13^{ns}	57.79^{ns}	243.55^{ns}	9.46^{*}	4.76^{**}	1
تیمار A با بقیه (A with other)	0.07^{**}	164.69^{ns}	5.70^{*}	15.47^{ns}	16^{ns}	19.94^{*}	9.92^{**}	3
تیمار B با C و D (B with C & D)	0.01^{ns}	6.72^{ns}	0.02^{ns}	48.60^{ns}	392^{ns}	2^{ns}	2.35^{*}	1
تیمار C با D (C with D)	0.01^{ns}	140.17^{ns}	3.67^{ns}	10.22^{ns}	322.66^{ns}	6.44^{ns}	2^{*}	1
خطای کل (Total error)	0.008	114.33	0.56	11.84	159.66	2.04	0.20	1
CV(%)	18.84	9.83	12.95	8.89	15.26	14.63	11	

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

*, **: significant at P = 0.05, P = 0.01, and ns, non-significant respectively.

** A= تیمار شاهد، B= پیت آلمانی+کود کامل، C= کود کامل+ پیت آلمانی+ میکوریزا در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، D= کود کامل+ پیت آلمانی+ میکوریزا در شرایط ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی

fertilizer, C= Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 50% of field capacity, D= Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 100% of field capacity + A= without fertilizer, B=Germans peat

جدول ٤-اثر تیمارها بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی نهال های چنار

Table 4- Effect of treatments on growth and physiological characteristics of plane trees

تیمار Treatment	وزن خشک برگ Dry weight (gr)	وزن تر برگ Fresh weight	سطح برگ Leaf area	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b (mg/g leaf)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g leaf)	کلروفیل a Chlorophyl l a (mg/g leaf)	قندهای محلول Total sugar (mgg^{-1})	کلروفیل نسبی spad
Control	1.36^{b}	3.59^{c}	7519^{b}	0.46^{d}	0.1^{d}	0.36^{d}	12.77^{b}	7.2^{b}
A	1.37^{b}	4.37^{ab}	7932^{b}	0.92^{b}	0.21^{b}	0.70^{b}	13.66^{ab}	8.80^{ab}
B	1.55^{b}	3.86^{b}	8278^{ab}	0.66^{c}	0.15^{c}	0.51^{c}	14.22^{a}	8.50^{ab}
C	1.90^{a}	4.74^{a}	9136^{a}	1.11^{a}	0.25^{a}	0.86^{a}	13.66^{ab}	10.56^{a}
Mean میانگین	1.55	4.14	8216	0.79	0.18	0.61	13.45	8.77

* در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند

In each column, means followed by the same letter are not significantly different (P <0.05) using Least Significant Difference test (LSD)

** A= پیت آلمانی+کود کامل، B= پیت آلمانی+کودکامل + میکوریزا در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، C= پیت آلمانی +کود کامل + میکوریزا در شرایط ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی

fertilizer, B = Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 50% of field capacity, C = + control = without fertilizer, A = Germans peat Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 100% of field capacity

جدول ٥- اثر تیمار بر میزان عناصر و شاخص فتوسنتزی در نهال‌های چنار

Table 5- Effect of treatments on for nutrients and photosynthetic characteristics of plane trees

تیمار Treatment	هدایت روزنه‌ای Ci (Pa)	زیر روزنه Co_2 Gs ($(molm^{-2} s^{-1})$)	فتوسنتز Photosynthesis ($\mu molm^{-2} s^{-1}$)	Zn (mg/kg dw)	Fe (mg/kg dw)	K (g/kg dw)	(g/kg dw)	P
Control	0.35^{b}	102.33^{a}	3.83^{b}	40.66^{a}	260^{a}	7.54^{b}	2.56^{c}	
A	0.49^{b}	109.67^{a}	5.49^{ab}	41.33^{a}	253.30^{a}	9.85^{ab}	3.93^{b}	
B	0.52^{ab}	106.67^{a}	4.61^{ab}	39.13^{a}	274.67^{a}	9.82^{ab}	4.42^{b}	
C	0.60^{a}	116.33^{a}	6.18^{a}	40.67^{a}	261^{a}	11.89^{a}	5.60^{a}	
Mean میانگین	0.49	108.57	5.03	6.48	262.24	9.87	4.13	

*اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

**شاهد= بدون اعمال کود، A= پیت آلمانی+کود کامل، B= پیت آلمانی+کودکامل + میکوریزا در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، C= پیت آلمانی +کود کامل + میکوریزا در شرایط ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی

fertilizer, B = Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 50% of field capacity, C = + control = without fertilizer, A = Germans peat Germans peat + fertilizer + mycorrhiza in 100% of field capacity

افزایش میزان فسفر در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا تحت شرایط مدیریت آبیاری کامل و شرایط کم‌آبیاری در گیاهان مختلف گزارش شده‌است (۴ و ۲۳). در تحقیقات مختلفی نیز گزارش شده‌است که تلقیح گیاهان توسط میکوریزا تحت رژیم‌های مختلف آبیاری باعث افزایش غلظت فسفر در گیاهان میکوریزایی صرف نظر از نوع تیمار آبیاری می‌شود (۳۹ و۴۰).

پتاسیم

نتیجه تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارها از نظر غلظت پتاسیم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. این در حالی است که بین ۳ تیماری که در آن‌ها از پیت آلمانی و کود کامل استفاده شده‌است اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). که این نتیجه می‌تواند حاکی از این موضوع باشد که اختلافی که بین گیاهان شاهد و سایر تیمارها از نظر غلظت پتاسیم وجود دارد می‌تواند به دلیل استفاده از کود کامل (که دارای پتاسیم است) در این تیمارها باشد و قارچ میکوریزا نمی‌تواند چندان تأثیرگذار باشد.

آهن و روی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارها از نظر میزان غلظت عناصر آهن و روی اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول ۵).

نتیجه‌گیری کلی

در مطالعه ما تلقیح نهال‌های چنار با قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش پارامترهای رشدی در این گیاهان تحت شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری در مقایسه با گیاهان شاهد فاقد میکوریزا شد. افزایش پارامترهای رشدی توسط گیاهان میکوریزایی اغلب با بهبود جذب عناصر از قبیل فسفر و سایر عناصر وابسته است. غلظت عنصر فسفر در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا افزایش یافت. از طرفی یکی از مکانیسم‌های اصلی برای مقاومت به تنش آبی توسط قارچ‌های میکوریزا بهبود جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر می‌باشد.

منابع

1- Allen M. F. 1982. Influence of vesicular- arbuscular mycorrhizae on water movement through *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag ex Steud. New Phytologist., 91: 191-196.

2- Allen M. F., Edith B., Jennifer L., Lansing A., Kurt S., Pregitzer B., Ron L., Hendrick C., Roger W., Ruess D., and Collins S.L. 2010. Responses to chronic N fertilization of ectomycorrhizal pinon but not arbuscularmycorrhizal juniper in a pinon-juniper woodland. Journal of Arid Environments, 74:1170-1176.

3- Asrar A. A., Abdel-Fattah G. M., and Elhindi K.M. 2012. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirhinum majus*L.) plants grown under well-watered andwater-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. Photosynthetica, 50(2): 305-316.

4- Asrar A. A., and Elhindi K. M. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi Journal of Biological Sciences, 18:93–98.

5- Auge R. M., Stodola A., Brown M. S., and Bethlenfalvay G. L. 1992. Stomatal response of mycorrhizal cowpea and soybean to short-term osmotic stress. New Phytologist. 120: 117-125.

6- Auge R. M., Moore J. L., Sylvia D. M., and Cho, K. 2004a. Mycorrhiza promotion of host stomatal conductance in relation to irradiance and temperature. Mycorrhiza. 14: 85-92.

7- Auge R. M., Schekel K. A., and Wample R. L. 1986. Osmotic adjustmentin leaves of VA mycorrhizal rose plants in response to drought stress. Journal of Plant Physiology, 82: 765-770.

8- Borkowska B. 2002. Growth and photosynthetic activity of micropropagated strawberry plants inoculated with endomycorrhizal fungi (AMF) and growing under drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 4: 365-370.

9- Caravaca F., Alguacil M. M., Hernandez J. A., and Rodan A. 2005. Involvment of antioxidant enzyme and nitrate reductase activities during water stress and recovery of mycorrhizal *Myrtus communi* and *Phillyrea angustifolia* plants. Plant Science, 169: 191- 197.

10- Chaves M. M., Maroco J. P., and Pereira J.S. 2003. Understanding plant responses to drowght from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30: 239-264.

11- Dodd J. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro-natural ecosystem. Outlook on Agriculture, 29:63-70.

12- Dubios M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. A., and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28: 350-356.

13- Estarda L. A., and Davies A. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water relation, gas exchange, absicic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capsicum annum*) plantlets during acclimatization and post- acclimatization. Journal of Plant Physiology, 160:1073-1083.

14- Fini A., Frangi P., Amoroso G., Piatti R., Faoro M., Bellasio C., and Ferrini F. 2011. Effect of controlled inoculation with specific mycorrhizal fungi from the urban environment on growth and physiology of containerized shade tree species growing under different water regimes. Mycorrhiza, 21: 703–719.

15- Hardie k. 1985. The effect of removal of extraradical hyphae on water uptake by vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. New Phytologist, 101: 677-684.

16- Hooker J. E., Munro M., and Atkinson D. 1992. Vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi induced alteration in poplar root system morphology. Plant and Soil, 145:207-214.

17- Ibrahim H. A., Abdel-Fattah G. M., Eman F. M., Abdel-Aziz M. H., and Shohr A.E. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi and spermine alleviate the adverse effects of salinity stress on electrolyte leakage and productivity of wheat plants. Phyton-Annales Rei Botanicae, 51: 261-276.

18. Kafi, M., and Nikbakht, A. 2006. Investigation of different nutrition methods via trunk injection and placement in holes in order to control the Platanus orientalis L. chlorosis. The final report of a joint project with the city of Karaj, Tehran University, Iran (in Farsi).

19- Kafkas S., and Ortas I. 2009. Various Mycorrhizal Fungi Enhance Dry Weights, P and Zn Uptake of Four Pistacia Species. Journal of Plant Nutrition, 32:146–159.

20- Kapoor R., Giri B., and Mukerji K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. Bioresource Technology, 93:307-311.

21- Karagianidis N., Bletsos F., and Stavropoulos N. 2002. Effect of verticillium wilt and mycorrhiza on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedling. Scientia Horticulturae, 94: 145-156.
22. Khorsandi, S. 2011. Reviews presence linkages endophytic fungi with longevity and morphologic properties plane trees. M.S. thesis. College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran (in Farsi).
23- Lee B. R., Muneer S., Avice J. C., Jung W. J., and Kim T. H. 2012. Mycorrhizal colonisation and P-supplement effects on N uptake and N assimilation in perennial ryegrass under well-watered and drought-stressed conditions. Mycorrhiza, 22(7):525-534.
24-Levitt J. 1990. Responses of plants to environmental stress. Academic press, New York, 698 pp.
25- Lichtenhaler H. K.1987. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. p. 350-382. *In*: R. Douce and L. Packer (Eds.). Methods Enzymol. Academic Press Inc, New York.
26- Loucher T. D., Samson G., Hernandez C., Chagavardieff P., and Desjardin Y. 1999. Importance of light and CO_2 on the effects of endomycorrhizal colonization on growth and photosynthesis of potato plantlets (*Solanum tuberosum*) in an invitro tripartite system. New Phytologist, 142:539-550.
27- Mathur N., and Vyas A. 1995. Influence of VA mycorrhiza on net photosynthesis and transpiration of *Ziziphus mauritiana*. Journal of Plant Physiology, 147:328–330.
28- Miransari M., Bahrami H. A., Rejali F., Malakouti M. J., and Torabi H. 2007. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (*Zea Mays* L.) growth. Soil Biology and Biochemistry, 39: 2014-2026.
29- Olsen S. R., and Sommers L. E. 1982. Phosphorus. p. 403-431. *In* A.L. Page et al. (ed.). Method of soil analysis. Par 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
30- Ozgonen H., and Erkilic A. 2007. Growth enhancement and phytophthora blight (*Phytophtora capsici* Leonian) control by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in pepper. Crop Protection, 26: 1682-1688.
31- Page A.L., Miller R. H., and Keeney D. R. 1982. Methods of soil analysis.p. 1159 In Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed., ASA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
32- Peterson R. L., Massicotte H. B., and MelvilleL. 2004. Mycorrhizas:Anatomy and Cell Biology, Inc., National Research Council of Canada, 176pp.
33- Porcel R., and Ruiz-Lozano J. M. 2004. Arbuscular mycorrhizalinfluence on leaf water potential, solute accumulation and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany, 55: 1743-1750.
34- Rajan S. K., Reddy B. J. D., and Bagyaraj D. J. 2000. Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. Forest Ecology and Management, 126: 91-95.
35- Rooney D. C., Prosser J. I., Bending G. D., Baggs E. M., Killham K., and Hodge A. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal colonisation on the growth and phosphorus nutrition of *Populus euramericana* c.v. Ghoy. Biomass and Bioenergy, 35:4605-4612.
36- Ruiz-Lozano J. M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress: New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza, 13: 309-317.
37- Schellenbaum L., Sprenger N., Schuepp H., Wiemken A., and Boller T. 1999. Effects of drought, transgenic expression of fructan synthesizing evzyme and of mycorrhizal symbiosis on growth and soluble carbohydrate pools tobacco plants. New Phytologist, 142: 67-77.
38- Shao H. B., Chu Y., Wu G., Zhang J. H., Lu Z. H., and Hu Y. C. 2007. Changes of some antioxidative physiological indices under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum*L.) genotypes at tillering stage. Colloids and Surfaces, 54: 143–149.
39- Subramanian K. S., and Charest C. 1995. Influence of arbuscular mycorrhizae on the metabolism of maize under drought stress. Mycorrhiza, 5: 273-278.
40- Subramanian K. S and Charest C. 1999. Acquisiion of N by external hyphae of arbuscular mycorrhizal fungus and its impact on physiological responses in maize under drought-stressed and well-watered conditions. *Mycorrhiza*. 9: 69-75.
41- Thakur A. K., and Panwar J. D. S. 1997. Response of rhizobium-vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in greengram (*Phaseolus radiates*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 67(6):245-248.
42- Tisserant B., Gianinazzi S., and Pearson V.G. 1996. Relationships between lateral root order, arbuscular mycorrhiza development, and the physiological state of the symbiotic fungus in *Platanus acerifolia*. Canadian Journal of Botany, 74:1947-1955.
43- University of California Cooperative Extension. 2000. A guide toestimating irrigation water needs of landscape plantings in California. California Department of Water Resources, 160pp.
44- Veresoglou S. D., Menexes G., and Rillig M. C. 2012. Do arbuscular mycorrhizal fungi affect the allometricpartition of host plant biomass to shoots and roots?A meta-analysis of studies from 1990 to 2010. Mycorrhiza, 22:227–235.
45- Wu, Q. S., and Xia R. X. 2004. The relation between vesicular-arbuscular mycorrhizae and water metabolism in

plants. Chinese Agricultural Science Bulletin, 20(1): 188–192.
46- Wu, Q.s., ZouY.n., Xia R.X., and Wang M.Y. 2007. Five Glomus species affect water relation of *Citrus tangerine* during drought stress. Botan. Stu., 48: 147-158.
47- xiloyannis, C., B. Dichio., V. Nuzzo., and G. Celano, 1999. Defense strategies of Olive against water stress. Acta Horticulturae, 47: 423-426.