جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دورهٔ ٦٩، شمارهٔ ٢، تابستان ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٣/١٠/١٣
تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/٠١/١٥

ص ٢٥٩-٢٦٨

تأثیر تلقیح قارچ‌های آربسکولار *Glomus fasciculatum* و *G. mosseae* بر رشد، فتوسنتز و جذب برخی عناصر نهال‌های کنار (*Ziziphus spina-christi* L.)

❖ **جواد میرزایی*:** استادیار گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزی (*Glomus fasciculatum* و *G. mosseae* و ترکیب دو قارچ) بر رشد، فتوسنتز و جذب عناصر نهال‌های کنار در نهالستان گرمسیری مهران در استان ایلام انجام گرفت. نتایج نشان داد که درصد کلنیزاسیون ریشه در تیمار ترکیبی، بیشتر از تیمار خالص قارچ‌های *Glomus fasciculatum* و *G. mosseae* بود. وزن تر ریشه، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل a در نهال‌های میکوریزی نیز بیشتر از نهال‌های غیرمیکوریزی کنار بود. همچنین در تیمار ترکیبی و تیمار خالص *G. mosseae*، قطر یقه، وزن خشک ریشه، نیتروژن اندام هوایی و فسفر ریشه بیشتر از تیمار *G. fasciculatum* و آن هم بیشتر از شاهد بود. میزان فتوسنتز و تعرق نیز در تیمارهای ترکیبی و تیمار خالص *G. fasciculatum* از تیمار خالص *G. mosseae* و شاهد بیشتر بود. اما از طرفی، قارچ‌های میکوریزی بر ارتفاع نهال (P=٠/٢٦٩)، وزن تر اندام هوایی (P=٠/٤٧٩)، وزن خشک اندام هوایی (P=٠/٦٩٧)، کلروفیل b (P=٠/٠٩٧)، نیتروژن ریشه (P=٠/٣٠٧)، فسفر اندام هوایی (P=٠/١٢٦) و پتاسیم ریشه (P=٠/٦٣٨) و پتاسیم اندام هوایی (P=٠/٦٦٧) تأثیر معنی‌داری نداشتند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار ترکیبی به‌دلیل ایجاد همزیستی بیشتر با نهال‌های کنار تأثیر بیشتری بر رشد و فتوسنتز نهال‌ها دارد.

واژگان کلیدی: تعرق، فتوسنتز، کنار، میکوریز.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ٠٨٤٣٢٢٢٧٠١٥
Email: j.mirzaei@mail.ilam.ac.ir

مقدمه

کنار (*Ziziphus spina-christi* L.) گونه‌ای درختی یا درختچه‌ای خاردار است که به شرایط سخت محیطی، به‌ویژه شرایط خشکی و کم‌آبی، شوری و دماهای زیاد مقاوم است و به‌صورت طبیعی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری رویش دارد. همزیستی قارچ‌های میکوریزی با گونه‌های جنس کنار در عرصه‌های طبیعی نیز گزارش شده است [۱]. این ویژگی‌ها سبب شده که کنار گونه‌ای مناسب برای احیای زمین‌های تخریب‌شده در مناطق خشک و گرمسیری باشد [۲]. در ایران، گونه کنار به‌دلیل سیستم ریشه‌ای قوی و گسترد، در جنگلکاری‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک با خاک‌های ضعیف و غیر حاصلخیز استفاده می‌شود؛ اما از طرفی در بیشتر مناطق کشور به‌دلیل شرایط خشک و نیمه‌خشک و حاصلخیزی کم خاک، موفقیت زیادی در جنگلکاری‌ها حاصل نمی‌شود. برای موفقیت در برنامه‌های احیایی، باید روش‌هایی به‌کار گرفته شود که از طریق بهبود جذب آب و عناصر غذایی توانایی نهال‌ها را برای استقرار در این مناطق افزایش دهند. در این زمینه یکی از راهکارهای پیشنهادشده، استفاده از روش‌های زیستی، از جمله همزیست کردن نهال ها با قارچ های میکوریز آربوسکولار است [۳، ٤]. میکوریز به همزیستی متقابل بین قارچ های موجود در خاک و ریشهٔ گیاهان عالی گفته می‌شود [۵]؛ قارچ، آب، نیتروژن، فسفر و دیگر عناصر معدنی را برای گیاه میزبان فراهم می‌کند و گیاه نیز کربوهیدرات تولیدی را در اختیار قارچ قرار می‌دهد [٦]. قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا از شناخته‌شده‌ترین انواع قارچ‌های میکوریزند که پراکنش وسیع‌تری داشته و با اغلب گونه‌های گیاهی (بیش از ۸۰ درصد گونه‌های گیاهی) به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک همزیستی دارند [۷].

تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر رشد و جذب عناصر در نهال بیشتر گونه‌های درختی بررسی شده است. به‌طور مثال در یک بررسی مشاهده شد که قارچ‌های میکوریز در افزایش رشد و بهبود ویژگی‌های فتوسنتزی نهال‌های *Pinus densiflora* مؤثرند [٦]. کاراواکا و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که قارچ های میکوریز در افزایش رشد نهال، جذب عناصر غذایی و جلوگیری از فرسایش خاک مؤثرند [۸]. گیسو (۲۰۰۹) نیز نشان داد که قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش رشد و جذب عناصر در نهال‌های *Ziziphus mauritiana* می‌شوند [۹]. اثرهای مفید قارچ در افزایش رشد و جذب عناصر غذایی در گونه‌های *Quercus petraea*، *Quercus faginea* و *Pinus halepensis* [۱۰]، *Pistacia lentiscus* [۳]، *Pistacia khinjuk* [۱۱] و *Cercis griffithii* [۱۲] نیز گزارش شده است؛ با این‌حال در زمینهٔ تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر نهال‌های کنار پژوهشی صورت نگرفته است. بنابراین تحقیق حاضر در نظر دارد اثر قارچ‌های *Glomus fasciculatum* و *G. mosseae* را که از گونه‌هایی با پراکنش وسیع در کرهٔ زمین‌اند و با اکثر گونه‌های گیاهی همزیستی دارند، بر رشد، فتوسنتز و جذب عناصر نهال‌های کنار بررسی کند.

مواد و روش‌ها

شرایط نهالستان و گونه‌های استفاده شده

این تحقیق در نهالستان گرمسیری مهران با ارتفاع ۱۷۹ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالیانهٔ ۲٤۵/۹ میلی‌متر و میانگین درجهٔ حرارت ۱۹/۵ درجهٔ

سانتی‌گراد در فاصلهٔ زمانی بهمن ۱۳۹۲ تا مهر ۱۳۹۳ انجام گرفت. در ایستگاه مهران بارندگی از اوایل مهر شروع می‌شود؛ از اوایل آبان بارندگی‌های اصلی آغاز می‌شود و به‌تدریج افزایش می‌یابد، به‌طوری که بیشترین بارش در سه ماه زمستان اتفاق می‌افتد و متعاقب آن تا فروردین ادامه می‌یابد؛ از اوایل اردیبهشت فصل خشک این ایستگاه شروع می‌شود که حدود پنج ماه به طول می‌انجامد. در بعضی از سال‌ها به‌ویژه در چند سال اخیر ماه‌های مهر و آبان نیز بدون بارندگی بوده است. گونهٔ درختی این تحقیق، کنار است که بذرهای آن از رویشگاه‌های طبیعی تهیه شد. قارچ‌های بررسی‌شده نیز *G. mosseae* و *G. fasciculatum* بودند که در مجاورت ریشهٔ ذرت در گلخانهٔ دانشگاه ایلام تکثیر شدند.

روش پژوهش

برای اجرای این تحقیق، بذرهای کنار در داخل گلدان‌های پلاستیکی با مخلوطی از خاک، شن و کود دامی (به‌نسبت ۱:۱:۲) کاشته شد (جدول ۱). به هرکدام از گلدان‌ها ۱۰ درصد مایه تلقیح (خاک حاوی اسپور، ریسهٔ قارچ و ریشهٔ ذرت) و برای تیمار شاهد نیز به همین مقدار مایه تلقیح اتوکلاوشده اضافه شد. سپس همهٔ گلدان‌ها به‌طور یکسان تا پایان دورهٔ تحقیق آبیاری شدند. در پایان دوره (بعد از ٦ ماه) درصد آغشتگی، ارتفاع، قطر، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل a، کلروفیل b و مقدار جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی و ریشهٔ نهال‌های کنار اندازه‌گیری شد [۱۰].

جدول ۱. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک استفاده‌شده در پژوهش

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
اسیدیته	۷/۳۲	فسفر (ppm)	۱۹/۶
هدایت الکتریکی	۰/۵۲	پتاسیم (ppm)	۶۰۱
بافت	رسی – لومی	نیتروژن (گرم بر کیلوگرم)	۰/۱۲
مواد آلی (درصد)	۱/۵	سدیم (گرم بر کیلوگرم)	۱/۱

برای بررسی درصد آغشتگی ریشه از روش فیلیپس و هیمن (۱۹۷۰) استفاده شد [۱۳]. برای این کار از هر تیمار پنج تکرار و از هر تکرار ده قطعهٔ ۱ سانتی‌متری از ریشه تهیه و درصد آلودگی بررسی شد. ارتفاع نهال به‌وسیلهٔ خط‌کش تا دقت میلی‌متر و قطر یقه با استفاده از کولیس تا دقت میلی‌متر، اندازه‌گیری شد. سپس شش نهال از سطح خاک قطع و وزن تر اندام هوایی و ریشهٔ آنها تعیین شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک قسمت هوایی و ریشه، آنها به‌مدت ۹۰ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند [۷]. کلروفیل a و b به‌کمک دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج‌های ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر اندازه‌گیری شد. فتوسنتر، تعرق و هدایت روزنه‌ای نیز توسط دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز مدل LCA-4, ACD با ۱۰ تکرار اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن در ریشه و اندام هوایی، ۰/۵ گرم از وزن خشک بافت تهیه و با استفاده از دستگاه کجلدال مقدار آن برحسب واحد درصد قرائت شد. برای اندازه‌گیری فسفر، پس از هضم نمونه‌ها، میزان جذب آن در طول موج ٤۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر و برحسب و احد میلی‌گرم در گرم قرائت

شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم نیز ۲ گرم از نمونه‌های خشک‌شده به خاکستر تبدیل و پس از تهیهٔ محلول رقیق، توسط دستگاه جذب اتمی مقدار آن برحسب واحد میلی‌گرم در گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری جذب عناصر از هر تیمار چهار تکرار اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد. بدین صورت که پس از آزمودن نرمالیته و همگنی واریانس داده‌ها، با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون دانکن اثر قارچ‌های میکوریزی *G. mosseae*، *G. fasciculatum* و ترکیب دو قارچ بر درصد آغشتگی، ارتفاع، قطر یقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی و ریشه ارزیابی شد.

نتایج و بحث

کلنیزاسیون و مورفولوژی نهال

نتایج نشان که درصد کلنیزاسیون قارچ‌های میکوریزی با همدیگر متفاوت است (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین کلنیزاسیون مربوط به تیمار ترکیبی و کمترین آن مربوط به قارچ *G. fasciculatum* است (جدول ۳). برخی از محققان اذعان دارند گیاهانی که همزیستی بیشتری با قارچ های میکوریز دارند، در جذب عناصر غذایی از خاک تواناتر بوده و از رشد بهتری نیز برخوردارند [۱۴]؛ زیرا قارچ‌ها قادرند از فواصل دور، آب و مواد غذایی را بگیرند و در دسترس گیاه میزبان قرار دهند [۱۵]. در این پژوهش نیز مشخص شد نهال‌هایی که درصد همزیستی بیشتری داشتند، از رشد قطری بیشتری نیز برخوردار بودند (جدول ۳ و شکل‌های ۱ و ۲)؛ به‌طوری که در تیمار ترکیبی که درصد همزیستی ریشه نهال با قارچ‌ها بیشتر بود، نهال‌ها رشد قطری بیشتری داشتند. بیشتر بودن قطر نهال‌های میکوریزی در مقایسه با نهال‌های غیر میکوریزی در گونه‌های *Retama sphaerocarpa* [۳]، خنجوک [۱۱] و ارغوان [۱۲] نیز گزارش شده است. همچنین مشخص شد که وزن تر و خشک ریشه در نهال‌های میکوریزی از نهال‌های غیر میکوریزی بیشتر است (جدول ۲). افزایش رشد ریشه در نهال‌های کنار که یکی از گونه‌های مناطق گرمسیری و خشک بوده و ناچار است برای جذب آب ریشه‌دوانی عمیق داشته باشد، یک امتیاز مثبت به حساب می‌آید که توسط قارچ‌های میکوریزی حاصل شده است. در این زمینه گیری و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعهٔ گونهٔ آکاسیا [۱۶]، چوی همکاران (۲۰۰۵) با مطالعهٔ *Pinus densiflora* [۶]، کاراکاوا و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعهٔ گونه‌های *Olea europaea*، *Retama sphaerocarpa*، *Rhamnus lycioides* و *Pistacia lentiscus* [۸] و میرزایی و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعهٔ گونهٔ خنجوک [۱۱] به نتایج مشابهی دست یافتند. درحالی که اختلاف معنی‌داری بین نهال‌های میکوریزی و غیر میکوریزی کنار از نظر ارتفاع نهال و وزن تر و خشک اندام هوایی مشاهده نشد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد کم بودن درصد همزیستی قارچ‌ها با نهال‌های کنار یا وابستگی کم گونهٔ کنار به این قارچ‌ها، مهم‌ترین دلیل این امر است. در این زمینه پالنزولا (۲۰۰۳) با مطالعهٔ وزن خشک نهال‌های *Retama sphaerocarpa* و *Pistacia lentiscus* به نتایج مشابهی دست یافت [۴]. درحالی که برخی محققان گزارش کردند که میکوریز سبب افزایش ارتفاع و وزن تر و خشک *Ziziphus spinosus* [۱۷]، *Casuarina equisetifolia* [۱۸] شده است که نتایج تحقیق حاضر با آنها همخوانی نداشت.

جدول ۲. نتایج آنالیز واریانس تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر کلنیزاسیون و ویژگی‌های مورفولوژیکی نهال‌های کنار

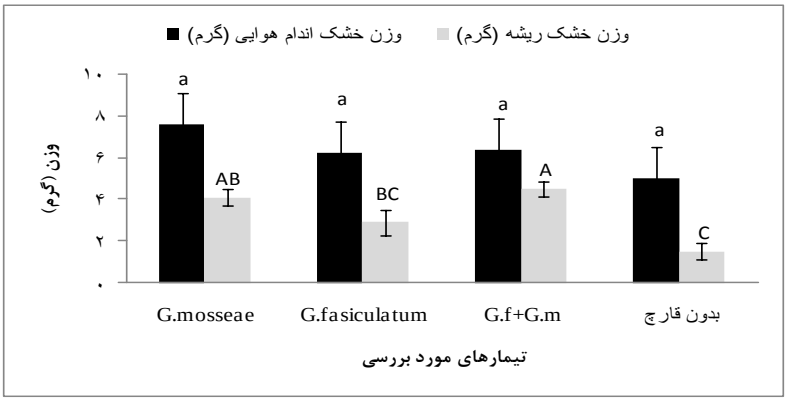
پارامتر اندازه‌گیری‌شده	میانگین مربعات	*f*		*p*
کلنیزاسیون (درصد)	۳۲۸۱/۱۵	۲۷/۲۴	**	۰/۰۰۰
ارتفاع نهال (سانتی‌متر)	۱۷۰/۳۱	۱/۴۲	ns	۰/۲۶۹
قطر یقه (میلی‌متر)	۹/۰۲	۱۴/۶۵	**	۰/۰۰۰
وزن تر اندام هوایی (گرم) در نهال	۱۳/۶۷	۰/۸۶	ns	۰/۴۷۹
وزن تر ریشه (گرم) در نهال	۱۲	۶/۶۷	**	۰/۰۰۴
وزن خشک اندام هوایی (گرم) در نهال	۵/۶۵	۰/۴۸	ns	۰/۶۹۷
وزن خشک ریشه (گرم) در نهال	۹/۱۶	۷/۵۷	**	۰/۰۰۲

**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد و ns: نبود اختلاف معنی‌دار آماری.

جدول ۳. نتایج مقایسهٔ میانگین‌های درصد کلنیزاسیون، ارتفاع نهال، وزن تر ریشه و اندام هوایی بین تیمارها

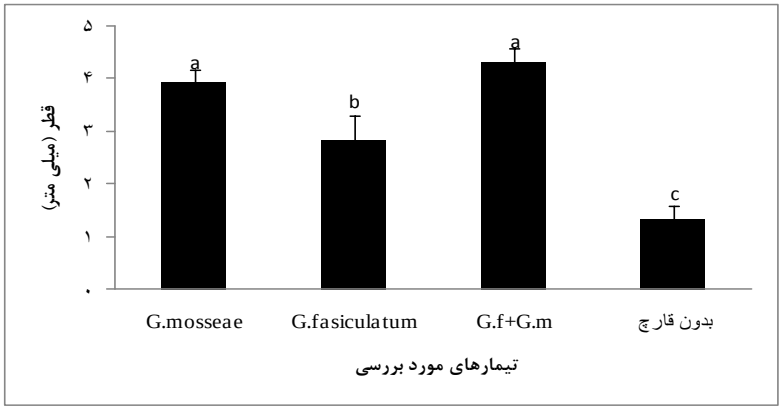
تیمارهای بررسی‌شده	کلنیزاسیون	ارتفاع نهال	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه
G. mosseae	۴۸± ۶/۵۴ab	۲۸/۸± ۴/۵۳a	۱۰/۸± ۱/۶۷a	۷/۲± ۰/۵۱a
G. fasciculatum	۳۵/۵± ۴/۴۲b	۱۹/۸± ۴/۹۵a	۹/۱۶± ۱/۹۲a	۵/۹۱± ۰/۷۶a
آمیخته	۵۹± ۶/۰۴a	۳۲/۸± ۴/۵۳a	۹/۸± ۱/۷۷a	۷/۴۴± ۰/۲۹a
شاهد (بدون قارچ)	۰ c	۲۸/۸± ۴/۸۴a	۶/۹± ۱/۴a	۴/۰۶± ۰/۵۳b

حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۱. نتایج مقایسهٔ میانگین‌های وزن خشک ریشه و اندام هوایی بین تیمارهای بررسی‌شده

حروف مشابه روی ستون‌ها نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۲. نتایج مقایسهٔ میانگین‌های قطر یقهٔ نهال‌ها بین تیمارهای بررسی‌شده

حروف مشابه روی ستون‌ها نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار است.

جذب عناصر

قارچ‌های میکوریزی سبب افـزایش جـذب نیتـروژن در اندام هوایی نهال‌های کنار شدند و بر نیتروژن ریشه تـأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ٤). افـزایش جـذب نیتـروژن در نهـــال‌هـــای میکـــوریزی آکاســـیا [١٤]، *Olea europaea*، *Retama sphaerocarpa*، *Rhamnus lycioides* و *Pistacia lentiscus* [٨] نسبت به نهال‌های غیر میکوریز آنهـا، در تحقیقـاتی مشـابه نیـز دیـده شـده است؛ با این‌حـال اخـتلاف معنـی داری بـین نهـال هـای میکـوریز و غیرمیکـوریز *Pinus halepensis*، *Quercus faginea* و *Q. petraea* [١٠] مشـاهده نشـده اسـت. از طرف دیگر جذب فسفر در ریشهٔ نهال‌های همزیست بـا میکـوریز بیشـتر از نهـال‌هـای غیـر میکـوریزی بـود (جدول‌های ٤ و ٥). افزایش جذب فسـفر در نهـال‌هـای آکاســـــیا [١٦]، *Olea europaea*، *Retama sphaerocarpa*، *Rhamnus lycioides* و *Pistacia lentiscus* [٨]، *Pinus halepensis*، *Quercus faginea*، *Quercus petraea* [١٠] و *Poncirus trifoliate* [١٩] در اثر همزیستی با قارچ‌های میکوریز نیز گـزارش شـده است. فسفر یکی از عناصر پرمصرف مـورد نیـاز گیاهـان است و حـدود ۰/۱۵ درصـد از وزن خشـک گیاهـان را تشـکیل مـی‌دهـد [۲۰]. بـه‌طـور معمـول فسـفر خـاک به‌صورت دور از دسترس و به شکل‌هایی کـه در خـارج از منطقهٔ ریزوسفر گیـاه‌انـد، وجـود دارد [۲۰]؛ بنـابراین قارچ‌های میکوریزی تأثیر مهمـی در جـذب ایـن عنصـر دارند [۹]. نتایج تحقیق همچنین نشان داد که قـارچ‌هـای میکوریزی تأثیر معنی‌داری در جـذب عنصـر پتاسـیم در ریشه و اندام هوایی نهال‌های کنـار ندارنـد. ایـن عنصـر به‌نسبت متحرک است و توسط ریشه‌های گیاهان جـذب می‌شود [۲۰]. بنابراین احتمال می‌رود تـأثیر میکـوریز در جذب این عنصر کمتر از عناصر کم‌تحـرک ماننـد فسـفر باشد.

جدول ٤. نتایج آنالیز واریانس تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر جذب عناصر در نهال‌های کنار

عناصر اندازه‌گیری شده	میانگین مربعات	f		p
نیتروژن اندام هوایی (گرم در کیلوگرم)	۴/۲۰	۱۰/۲۶	**	۰/۰۰۰
نیتروژن ریشه (گرم در کیلوگرم)	۱/۳۵	۱/۲۹	ns	۰/۳۰۷
فسفر اندام هوایی (ppm)	۴/۰۶	۲/۱۹	ns	۰/۱۲۶
فسفر ریشه (ppm)	۴/۱۱	۴/۶۳	*	۰/۰۱۵
پتاسیم اندام هوایی (ppm)	۲/۷۵	۰/۵۱	ns	۰/۶۶۷
پتاسیم ریشه (ppm)	۱/۸۷	۰/۵۷	ns	۰/۶۳۸

**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد، ns: نبود اختلاف معنی‌دار آماری

جدول ۵. نتایج مقایسهٔ میانگین‌های جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بین تیمارهای بررسی‌شده

تیمارهای بررسی‌شده	نیتروژن (گرم در کیلوگرم)		فسفر (ppm)		پتاسیم (ppm)	
	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه
G. mosseae	۳/۹۲± ۰/۲۹a	۲/۸۲± ۰/۵۳a	۳/۸۵± ۰/۴۷a	۴/۱۱± ۰/۴۷ab	۳/۰۹± ۱/۰۳a	۲/۹۸± ۰/۸۳a
G. fasiculatum	۲/۸۶± ۰/۲۵b	۲/۲۱± ۰/۳۹a	۳/۵۴± ۰/۷۳a	۳/۵۴± ۰/۷۳b	۲/۶± ۰/۹۲a	۲/۳۲± ۰/۷۲a
آمیخته	۴/۶۲± ۰/۲۹a	۳/۱۲± ۰/۴۸a	۵/۱۵± ۰/۵۴a	۵/۱۵± ۰/۵۴a	۳/۹۹± ۱/۰۳a	۳/۴۸± ۰/۷۶a
شاهد (بدون قارچ)	۲/۷۲± ۰/۲۷b	۲/۰۲± ۰/۳۶a	۴/۰۵± ۰/۴۷a	۳/۰۵± ۰/۴۷b	۲/۳۱± ۱/۰۱a	۲/۱۸± ۰/۸۳a

حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار است.

فیزیولوژی نهال

تیمارهای مورد بررسی از نظر فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل a اختلاف معنی‌داری داشتند، درحالی که از نظر کلروفیل b اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٦). براساس این نتایج، میزان فتوسنتز و تعرق در تیمار ترکیبی و تیمار *G. fasiculatum* بیشتر از تیمار *G. mosseae* و شاهد بود (جدول ۷). این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته روی گونه‌های *Pinus densiflora* [٦] و *Ziziphus spinosus* [۱۷] همخوانی دارد. به‌طور مثال، جینینگ و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعهٔ نهال‌های کنار به این نتیجه رسیدند که میکوریز سبب افزایش تعرق و هدایت روزنه‌ای نهال‌های *Ziziphus spinosus* می شود [۱۷]. بهبود وضعیت کلروفیل در اثر همزیستی با قارچ‌های میکوریز در گیاه *Aster tripolium* نیز دیده شده است [۲۱]. در این پژوهش نیز مشخص شد که قارچ‌های میکوریزی، کلروفیل برگ را در نهال‌های کنار افزایش می‌دهند.

جدول ٦. نتایج آنالیز واریانس تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر فیزیولوژی نهال‌های کنار

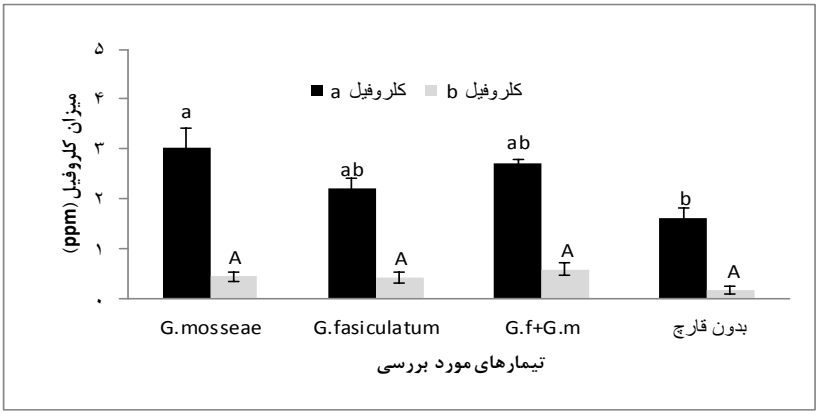
پارامتر اندازه‌گیری‌شده	میانگین مربعات	f		p
فتوسنتز (میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه)	۲۴/۸۷	۸/۴۲	**	۰/۰۰۱
تعرق (میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه)	۰/۸۵	۷/۵۸	**	۰/۰۰۲
هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه)	۰/۰۰۱	۷/۳۴	**	۰/۰۰۲
کلروفیل a (ppm)	۱/۹۰	۶/۱۴	**	۰/۰۰۵
کلروفیل b (ppm)	۰/۱۵	۲/۴۶	ns	۰/۰۹۷

**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد، ns: نبود اختلاف معنی‌دار آماری.

جدول ۷. نتایج مقایسهٔ میانگین‌های فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای نهال‌ها بین تیمارهای بررسی‌شده

تیمارهای بررسی‌شده	فتوسنتز	تعرق	هدایت روزنه‌ای
G. mosseae	۲/۴۲± ۱/۰۱b	۰/۸۵± ۰/۰۹b	۰/۰۲۸± ۰/۰۰۳a
G. fasiculatum	۶/۶۱± ۰/۷۶a	۰/۹۷± ۰/۰۵۳ab	۰/۰۳± ۰/۰۰۲a
آمیخته	۵/۷۲± ۰/۷۴a	۱/۳± ۰/۲۰a	۰/۰۴± ۰/۰۰۶a
شاهد (بدون قارچ)	۲/۵۵± ۰/۲۳b	۰/۴۷± ۰/۰۹c	۰/۰۱۲± ۰/۰۰۳b

حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۳. نتایج مقایسهٔ میانگین‌های کلروفیل a و کلروفیل b نهال‌ها بین تیمارهای بررسی‌شده

حروف مشابه روی ستون‌ها نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار است.

نتیجه‌گیری کلی

کنار از گونه‌های بومی نواحی خشک و گرمسیری ایران است و به‌طور گسترده‌ای در جنگلکاری‌های این مناطق کاربرد دارد؛ اما به‌دلیل شرایط سخت محیطی و کمبود بارندگی در این نواحی در بیشتر مواقع این جنگلکاری‌ها با موفقیت زیادی همراه نخواهد بود. همزیست کردن نهال‌های کنار با قارچ‌های میکوریز می‌تواند در افزایش موفقیت این جنگلکاری‌ها تأثیرگذار باشد. در این پژوهش مشخص شد که قارچ‌های میکوریزی به‌ویژه زمانی که به‌صورت ترکیبی استفاده می‌شوند، تأثیر مثبتی در افزایش قطر، رشد ریشه، فرایندهای فیزیولوژیکی و جذب عناصر به‌ویژه نیتروژن و فسفر در نهال‌های کنار خواهند داشت.

سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از طرحی پژوهشی در دانشگاه ایلام است. نگارنده مقاله از دانشگاه ایلام به دلیل فراهم آوردن امکان این تحقیق قدردانی می‌کنند. همچنین از آقای مهندس نظربیگی مدیر محترم منابع طبیعی شهرستان مهران و آقای آبروشن مسئول محترم گلخانهٔ علوم جنگل دانشگاه ایلام تقدیر و سپاسگزاری می‌گردد.

References

[1]. Kumar, A., Hashmi, S., Shukla, A., Jha, A. (2009). Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in *Emblica officinalis* Gaertn. and *Zizyphus mauritiana* Lamk. Indian Phytopathology, 62 (3): 295-303.

[2]. Saied, A.S., Gebauer, J., Hammer, K., and Buerkert, A. (2008). *Ziziphus spina-christi* (L.) wild: a multipurpose fruit tree. Genetic Resources and Crop Evolution, 55: 929-937.

[3]. Caravaca, F., Barea, J.M., Palenzuela, J., Figueroa, D., Alguacil, M.M., and Roldan, A. (2003). Establishment of shrubs species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. Applied Soil Ecology, 22: 103-111.

[4]. Palenzuela, J., Azcon, C., Figueroa, D., Caravaca, F., Roldan, A., and Barea, J.M. (2002). Effects of mycorrhizal inoculation of shrubs from Mediterranean ecosystems and composed residue application on transplant performance and mycorrhizal development in a desertified soil. Biology and Fertility of Soils, 36: 170-175.

[5]. Peterson, R.L., Masssicotte, H.B., and Meliville, L.H. (2004). Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology, NRC Research press, Canada.

[6]. Choi, D.S., Quoreshi, A.M., Maruyama, Y., Jin, H.O., and Koike, T. (2005). Effect of ectomycorrhizal infection on growth and photosynthetic of *Pinus densiflora* seedling grown under elevated CO_2 concenterations. Photosynthetica, 43 (2): 223-229.

[7]. Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F., and Huang, Y. (2008). Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza, 18: 287-296.

[8]. Caravaca, F., Alguacil, M.M., Barea, J.M., and Roldan, A. (2005). Survival of inocula and native AM fungi species associated with shrubs in a degraded Mediterranean ecosystem. Soil Biology and Biochemistry, 37: 227-233.

[9]. Guissou, T. (2009). Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to growth and nutrient uptake by jujube and tamarind seedlings in a phosphate (P)-deficient soil. African Journal of Microbiology Research, 3 (5): 297-304.

[10]. Nunez, J.A.D., Gonzalez, R.P., Barreal, J.A.R., and Gonzalez, J.A.S.O. (2008). The effect of *Tuber melanosporum* Vitt. mycorrhization on growth, nutrition, and water relations of *Quercus petraea* Liebl., *Quercus faginea* Lamk., and *Pinus halepensis* Mill. seedlings. New Forests, 35: 159-171.

[11]. Mirzaei, J., Akbarinia, M., Mohamadi Goltapeh, E., Sharifi, M., and Rezaei Danesh, Y. (2011). Effect of arbuscular mycorrhizae fungi on morphological and physiological characteristics of *Pistacia khinjuk* under drought stress. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19 (2): 291-300.

[12]. Mirzaei, J. (2014). Effects of *Glomus mosseae, G. intraradices* and *Gigaspora gigantea* mycorrhizal fungi on growth and nutrient absorption in *Cercis griffithii* L. seedlings**.** Iranian Journal of Plant Biology, 6(21): 143-155.

[13]. Phillips, J.M., and Hayman, D.S. (1970). Improved procedure forclearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55: 158-161.

[14]. Camargo-Ricalde, S.L., Montano, N.M., Reyes-Jaramillo, I., Jimenez-Gonzalez, C., and Dhillion, S.S. (2010). Effect of mycorrhizae on seedlings of six endemic Mimosa L. species

(Leguminosae–Mimosoideae) from the semi-arid Tehuacan–Cuicatlan Valley, Mexico. Trees, 24: 67-78.

[15]. Allen, M.F., Swenson, W., Querejeta, J.I., Egerton-Waburton, L.M., and Treseder, K.K. (2003). Ecology of mycorrhiza: a conceptual framework for complex interactions among plants and fungi. Annual Reviews in Phytopathology, 41: 271-303.

[16]. Giri, B., Kapoor, R., and Mukerji, K.G., (2005). Effect of the arbuscular mycorrhizae *Glomus fasciculatum* and *G. macrocarpum* on the growth and nutrient content of *Cassia siamea* in a semi-arid Indian wasteland soil. New Forests, 29: 63-73.

[17]. Jinying, L., Min, L., Yongmin, M., and Lianying, S. (2007). Effects of vesicular arbuscular mycorrhizae on the drought resistance of wild jujube (*Zizyphs spinosus* Hu) seedlings. Frontiers of Agriculture in China, 1(4): 468-471.

[18]. Zhang, Y., Zhong, C.L., Chen, Y., Chen, Z., Jiang, Q.B., Wu, C., and Pinyopusarerk, K. (2010). Improving drought tolerance of *Casuarina equisetifolia* seedlings by arbuscular mycorrhizas under glasshouse conditions. New Forests, 40: 261-271.

[19]. Wu, Q.H., and Zou, Y.N. (2009). Mycorrhizal Influence on Nutrient Uptake of Citrus Exposed to Drought Stress. The Philippine Agricultural Scientist, 92 (1): 33-38.

[20]. Malakooti, M.G., Keshavarz, P., Kariman, N. (2008). Comprehensive approach to diagnosis and optimum fertilizer recommendation for sustainable agriculture, Tarbiat Modarres University Press, Tehran.

[21]. Neto, D., Carvalho, L.M., Cruz, C., and Martins-Loucao, M.A. (2006). How do mycorrhizas affect C and N relationships in flooded *Aster tripolium* plants?. Plant and Soil, 279: 51-63.