تأثیر دو جدایه خاک شور و غیر شور *Glomus mosseae* و سطوح NaCl بر خصوصیات رشدی، زیست شیمیایی و ترکیب معدنی سه پایه پسته. ۱: رشد و ویژگی‌های زیست شیمیایی *

EFFECT OF TWO ISOLATES OF *Glomus mosseae* FROM SALINE AND NON-SALINE SOIL and NACL LEVELS ON THE GROWTH, BIOCHEMICAL INDICES and MINERAL COMPOSITION OF THREE PISTACHIO ROOTSTOCKS. 1. GROWTH AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS

امیرحسین محمدی و ضیاءالدین بنی‌هاشمی[۱]**

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۵)

چکیده

شوری خاک یکی از مهم‌ترین مشکلات موجود در اکثر مناطق پسته کاری کشور بوده که می‌تواند با تأثیر بر جذب آب و عناصر غذایی رشد درختان پسته را به طور قابل توجهی کاهش دهد. از طرفی قارچریشه‌های وزیکولار آربوسکولار به عنوان عواملی برای کاهش آثار مخرب شوری و رشد بهتر گیاهان در شرایط شور شناخته شده‌اند. این تحقیق به منظور مطالعه تأثیر دو جدایه *Glomus mosseae* جدا شده از خاک شور و غیر شور در چهار سطح NaCl (صفر، ۱۴۰۰، ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl در کیلوگرم خاک) بر صفات رشدی و بیوشیمیایی سه پایه پسته سرخس، قزوینی و آتلانتیکا انجام شده است. در تیمار شوری بدون قارچریشه، پایه‌های آتلانتیکا و قزوینی وزن خشک اندام هوایی و ریشه، قطر و ارتفاع ساقه و نیز تعداد نهال‌های زنده بیشتری در مقایسه با سرخس داشتند. هم‌چنین میزان پرولین و قندهای محلول آنها بیشتر از سرخس بود که با توجه به این خصوصیات، آتلانتیکا و قزوینی به عنوان پایه متحمل و سرخس حساس به شوری ارزیابی گردیدند. در گیاهان کلنیزه شده با جدایه خاک شور *G. mosseae* وزن خشک اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، قطر و ارتفاع ساقه، غلظت کلروفیل، پرولین و قندهای محلول در حضور NaCl بیشتر از گیاهان بدون قارچریشه بود. هم‌چنین تعداد نهال‌های زنده در گیاهان دارای قارچریشه در سطوح مختلف NaCl بیشتر بود. در سرخس، بیشترین تأثیر جدایه خاک شور *G. mosseae* بر صفات رشدی و زیست شیمیایی در شوری پایین و در دو پایه دیگر در شوری متوسط دیده شد. در هر سه پایه میزان تأثیر این جدایه بر صفات اندازه‌گیری شده در بالاترین سطح NaCl کاهش یافته و حتی به کمتر از مقدار این صفات در سطح صفر NaCl رسید. هم‌چنین افزایش غلظت NaCl باعث کاهش درصد کلنیزاسیون طول ریشه در هر سه پایه گردید که این کاهش تنها در سرخس تفاوت معنی‌دار با سطح صفر NaCl نشان داد. جدایه خاک غیر شور *G. mosseae* اگرچه توانست در سطوح صفر و ۱۴۰۰ میلی‌گرم NaCl باعث بهبود وضعیت صفات اندازه‌گیری شده در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه شود ولی تأثیر آن معنی‌دار نبود. سرخس بیشترین تأثیر ناشی از جدایه خاک شور *G. mosseae* را بر صفات رشدی و بیوشیمیایی نشان داد. در مجموع نتایج نشان داد که که بهبود وضعیت صفات رشدی و بیوشیمیایی در گیاهان کلنیزه شده با جدایه خاک شور *G. mosseae* می‌تواند یکی از مکانیزم‌های کاهش آثار مخرب شوری و نیز تحمل بهتر نهال‌های پسته در شرایط شور باشد.

واژه‌های کلیدی: قارچریشه، شوری، پسته

---

*: بخشی از رساله دکتری نگارنده اول ارائه شده به دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

**: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: zia1937@yahoo.com

۱. به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و استاد بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

پسته یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی ایران بوده که در میان صادرات غیرنفتی اهمیت ویژه‌ای دارد. در حال حاضر بالغ بر ۴۲۰ هزار هکتار باغ بارور و غیر بارور پسته در ایران وجود دارد که بیشتر این باغ‌ها در استان کرمان قرار دارند. بخش وسیعی از مناطق پسته کاری ایران به خصوص در استان کرمان در مناطق خشک و نیمه خشک واقع گردیده است. در این مناطق تجمع نمک و شوری حاصل از آن همراه با پتانسیل کم آب و تأثیر منفی برخی از یون‌ها و هم‌چنین عدم توازن میان غلظت عناصر غذایی باعث کاهش رشد گیاهان و تولید محصول می‌شود (Al-Karaki *et al.* 2001). هم‌چنین شوری خاک می‌تواند در آزاد سازی عناصر غذایی از بخش جامد به محلول خاک، عرضه عناصر غذایی به سطح ریشه و نیز انتقال آنها از ریشه به شاخسار اثر سوء داشته باشد (Bloom & Epstein 1994). یون‌های مهم در شوری خاک دربرگیرنده Cl^-، SO_4^{2-}، HCO_3^-، Na^+، Ca^{2+}، Mg^{2+} و به ندرت NO_3^- و K^+ بوده که نمک این یون‌ها ممکن است در خاک‌ها وجود داشته باشد یا این‌که از طریق آبیاری وارد خاک شوند (Bloom & Epstein 1994). آثار مخرب شوری روی گیاهان می‌تواند نتیجه تأثیر مستقیم سمیت یون‌ها یا ناشی از تأثیر غیر مستقیم یون‌ها باشد که باعث برهم خوردن تعادل اسمزی در خاک و یا گیاه می‌شوند (Munns 1993). راهکارهای متعددی برای مقابله با شوری خاک وجود دارد که یکی از آنها استفاده از قارچریشه‌ها برای کاهش اثرات مضر شوری می‌باشد (Dixon *et al.* 1993). قارچریشه‌های وزیکولار آربوسکولار (vesicular arbuscular mycorrhiza=VAM) همزیست‌های مفید در ریشه بسیاری از گیاهان می‌باشند (Al-Karaki *et al.* 2001).

افزایش محصول در گیاهان دارای قارچریشه ممکن است از طریق بهبود جذب عناصر غذایی کم تحرک در محلول خاک نظیر فسفر، روی و مس (Al-Karaki *et al.* 2001) و یا تسریع در جذب و انتقال آب در گیاهان باشد (Sheng *et al.* 2008). هم‌چنین قارچ‌های VAM می‌توانند در همکنش با سایر ریزجانداران خاک باعث بهبود رشد گیاهان شوند (Sheng *et al.* 2008). قارچریشه‌های VA در بسیاری از موارد در خاک‌های شور نیز مشاهده شده‌اند (Aliasgharzadeh *et al.* 2001, Ruiz-Lozano & Azcon 2000). گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد که قارچ‌های VA می‌توانند اثرات مخرب شوری در گیاهان را کاهش دهند (Al-Karaki *et al.* 2001, Poss *et al.* 1985, Ruiz-Lozano *et al.* 1996, Ruiz-Lozano & Azcon 2000, Sheng *et al.* 2008). به علت اهمیت قارچریشه‌های VAM در شرایط شور، آنها به عنوان اصلاح کننده‌های زنده خاک‌های شور شناخته می‌شوند (Feng *et al.* 2002).

عباسپور و همکاران (Abbaspour *et al.* 2005) نشان دادند که مایه‌زنی پسته رقم اکبری با *Glomus etunicatum* در شرایط شور می‌تواند باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه و سطح برگ نهال‌ها شود. *آل کاراکی و همکاران* (Al-Karaki *et al.* 2001) گزارش کردند که مایه‌زنی دو رقم حساس و متحمل گوجه فرنگی به شوری با *Glomus mosseae* (Nicol. and Gerd.) Gerd. and Trappe در سه تیمار شوری ۱/۴، ۴/۹ و ۷/۱ دسی زیمنس بر متر باعث بیشتر شدن وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ آنها شده است. آنها هم‌چنین نشان دادند که علی‌رغم بالاتر بودن میزان کلنیزاسیون *G. mosseae* در ریشه رقم متحمل به شوری گوجه فرنگی، باز رقم حساس به شوری منافع بیشتری از کلنیزاسیون قارچریشه به دست آورده

است (Al-Karaki *et al.* 2001). *فنگ و همکاران* (Feng *et al.* 2002) ملاحظه کردند که ذرت‌های مایه‌زنی شده با *G. mosseae* در دو غلظت صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در مقایسه با ذرت‌های بدون قارچریشه دارای وزن خشک ریشه و اندام هوایی، کلروفیل و قندهای محلول بیشتری می‌باشند. در تحقیقی دیگر، مایه‌زنی گیاهچه‌های ماش (Mungbean) با قارچریشه *G. clarum* Nicolson and Schenck که با نسبت‌های مختلف آب دریا آبیاری می شدند، نشان داد که گیاهان با قارچریشه دارای رشد، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی و ارتفاع بیشتر و هم‌چنین کلروفیل و قندهای محلول بیشتری در مقایسه با گیاهان بدون قارچریشه می باشند (Rabie 2005). *گیری و موکرجی* (Giri & Mukerji 2004) با مطالعه تأثیر *G. macrocarpum* Tul. & Tul. روی دو گونه لوبیای درختی (*Sesbania* spp.) در خاکی با قابلیت هدایت الکتریکی ۱۵/۸ دسی زیمنس بر متر نتیجه گرفتند که در گیاهان دارای قارچریشه وزن خشک ریشه و اندام هوایی، کلروفیل و تعداد گره‌ها در مقایسه با گیاهان بدون قارچریشه بیشتر شده است.

گیاهچه‌های مایه‌زنی شده اقاقیا (*Acacia nilotica*) با *G. fasciculatum* (Thaxter sensu Gerd.) Gerd. and Trappe در شوری های ۱/۲، ۴، ۶/۵ و ۹/۵ دسی زیمنس بر متر دارای وزن ریشه و اندام هوایی بالاتری در مقایسه با گیاهچه های بدون قارچریشه بوده و هم‌چنین درصد کلنیزاسیون قارچریشه تنها در بالاترین سطح شوری کاهش یافت (Giri *et al.* 2007).

سانازارو و همکاران (Sannazzaro *et al.* 2006) با مایه‌زنی دو ژنوتیپ حساس و متحمل به شوری نوعی یونجه پاکلاغی (*Lotus glaber*) با *G. intraradices* Schenck and Smith با صفر و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گزارش کردند که میزان کلنیزاسیون قارچریشه در ریشه ژنوتیپ متحمل به شوری بیشتر از ژنوتیپ حساس به شوری بوده است. هم‌چنین آنها نشان دادند که گیاهان دارای قارچریشه دارای رشد بیشتر، نسبت اندام هوایی به ریشه، کلروفیل و پروتئین بیشتری در مقایسه با گیاهان بدون قارچریشه می‌باشند.

هدف از تحقیق حاضر ارزیابی نقش دو جدایه *G. mosseae* از خاک شور و غیر شور در کاهش اثرات مخرب شوری روی سه پایه پسته در شرایط گلخانه می‌باشد.

روش بررسی

در این بررسی از گیاهچه های دو پایه پسته قزوینی و سرخس (*Pistacia vera* cvs. Sarakhs and Qazvini) و پایه *P. atlantica* استفاده شد.گیاهچه های *P. atlantica* از ایستگاه تحقیقات پسته دامغان تهیه گردید. بذرهای دو پایه پسته قزوینی و سرخس نیز طوری جوانه زده و رشد کردند که از نظر سن با گیاهچه‌های آتلانتیکا هم سن باشند. برای سبز کردن بذرهای قزوینی و سرخس پس از جداکردن پوست سخت پسته و ضدعفونی با محلول ۳۰ درصد وایتکس تجاری به مدت ۲۰ دقیقه، بذرها سه بار با آب مقطر سترون و هر بار به مدت ۱۵ دقیقه شسته شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر سترون حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر از هر یک از آنتی بیوتیک‌های آمپی سیلین و تتراسیکلین خیسانده شدند. پس از آن بذرها به مدت نیم ساعت در محلول قارچکش حاوی پنتاکلرونیتروبنزن (PCNB) و بنومیل (Benlate 50% wp) به نسبت ۲ در هزار از هر قارچکش خیسانده شده و به مدت ۱۰ روز در میان پارچه ململ سترون داخل ظروف در دار پلاستیکی

سترون و در دمای ۲۵°C نگهداری شدند. هشت عدد بذر جوانه زده در گلدان‌های دو کیلوگرمی حاوی خاک بکر سترون با بافت شنی لومی (جدول ۱)کاشته شد و دو هفته پس از کاشت و اطمینان از جوانه زدن بذرها، تعداد آنها به ۴ عدد کاهش داده شد. در این مرحله رطوبت گلدان ها به روش وزنی و با استفاده از آب مقطر در حد ظرفیت مزرعه نگهداری شد.

تهیه مایه *Glomus mosseae* و مایه‌زنی گیاهچه‌های پسته

در این تحقیق از دو جدایه خاک شور و غیر شور *G. mosseae* استفاده گردید. جدایه خاک شور از خاک اطراف درختان پسته با قابلیت هدایت الکتریکی ۱۲ دسی زیمنس بر متر در منطقه رفسنجان و جدایه خاک غیر شور نیز از باغ‌های پسته شهر بابک با قابلیت هدایت الکتریکی ۳/۳ دسی زیمنس بر متر جدا شده بود. تکثیر مایه هر دو جدایه *G. mosseae* روی ریشه ذرت در گلدان های حاوی مخلوطی از شن و خاک بکر سترون (۱:۱) به مدت حدود ۶ تا ۷ ماه انجام گردید. پس از قطع آبیاری و جدا کردن اندام هوایی، ریشه‌ها و خاک اطراف آنها پس از یک ماه برداشت گردید. نمونه ای از ریشه‌های کلنیزه شده و خاک اطراف آنها برای دکتر Jan Jansa در انستیتو ETH سوئیس فرستاده شده تا کار نهایی تشخیص و تأیید گونه *G. mosseae* انجام گیرد. برای مایه‌زنی *G. mosseae* روی نهال‌های دو ماهه پسته، حدود ۴۰ گرم از مایه تهیه شده که دارای بیش از ۱۰۰۰ زادمایه *G. mosseae* (اندام قارچریشه به همراه ریشه‌های کلنیزه شده) در هر گرم بود در ته گلدان های ۳ کیلوگرمی ریخته شد و سپس گیاهچه‌های پسته قزوینی، سرخس و آتلانتیکا به همراه خاک اطراف ریشه‌ها به این گلدان‌ها منتقل گردید. در گلدان‌های شاهد نیز حدود ۴۰ گرم مخلوط شن و خاک بکر سترون بدون مایه *G. mosseae* ریخته شد. برای رساندن وزن گلدان‌ها به ۲/۵ کیلوگرم، از خاک بکر سترون استفاده گردید. به منظور اطمینان از کلنیزاسیون ریشه نهال‌های پسته با *G. mosseae*، دو ماه پس از مایه‌زنی نهال‌ها، ریشه تعدادی از آنها مورد بررسی میکروسکوپی قرار گرفت.

اعمال تیمارهای شوری

تیمارهای شوری مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از چهار سطح شوری صفر، ۱۴۰۰، ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl در کیلوگرم خاک که پس از مایه‌زنی با *G. mosseae* روی نهال‌های ۴ ماهه پسته اعمال گردید. برای جلوگیری از وارد شدن تنش به نهال‌ها، مقدار مورد نیاز NaCl در هریک از تیمارها در آب مقطر حل شده و همراه با آب آبیاری در مدت ۱۴ روز به گلدان ها اضافه گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتورهای پایه، شوری و قارچریشه) در قالب طرح پایه ای کاملاً تصادفی به ۶ تکرار به اجرا در آمد.

برداشت گیاهان

پنج ماه پس از اعمال تیمارهای شوری و در مجموع ۹ ماه پس از شروع آزمایش، برداشت گیاهان انجام گردید. اندام هوایی نهال‌ها در محل طوقه از ریشه‌ها جدا شد. یک گرم از برگ‌ها و ریشه‌های تازه به صورت تصادفی جدا شد. این مقادیر برای کلیه تیمارها یکسان بود. برگ‌ها برای تعیین میزان کلروفیل، پرولین و قندهای محلول و ریشه‌ها به منظور رنگ آمیزی و تعیین درصد کلنیزاسیون قارچریشه‌ها در محلول FAA نگهداری شدند. ارتفاع ساقه نهال‌ها از محل طوقه با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد. هم‌چنین تعداد نهال‌های زنده نیز محاسبه و یادداشت

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک بکر مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of used uncultivated soil

NaCl در خاک (mg/kg of soil)	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع	نسبت جذب سدیم	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	کاتیون‌های محلول (meq/L)		
						Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}
صفر (خاک شاهد)	۳/۲۰	۸/۰	۲/۹	۲۷۴	۱۸	۱۵	۷/۵	۹/۷
۱۴۰۰	۱۲/۵۰	۷/۷	۶/۳	۶۱۴	۲۲	۴۷/۵	۳۶	۴۰/۸
۲۸۰۰	۱۹/۲۵	۷/۸	۱۲	۶۵۶	۲۱	۵۴	۳۵	۷۹/۹
۴۲۰۰	۲۳/۶	۷/۵	۱۶	۵۴۱	۱۸	۶۴	۲۸/۵	۱۰۸/۶

اطلاعات موجود در جدول فوق میانگین سه نمونه خاک می‌باشد. خصوصیات خاک شاهد در ابتدای آزمایش و سایر خاک‌ها در انتهای آزمایش اندازه‌گیری گردید.

گردید. سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه اسکنر سطح برگ مدل DAC AM100 اندازه‌گیری شد. قطر نهال‌ها در سه ناحیه پایینی، میانی و انتهایی ساقه‌ها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شده و میانگین آنها مورد استفاده قرار گرفت. باقیمانده اندام هوایی و ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ °C قرار داده شده و وزن خشک آنها تعیین گردید.

برای اندازه‌گیری قندهای محلول و پرولین به ترتیب از روش *ایریگوین و همکاران* (Irigoyen *et al.* 1992) و *باتس و همکاران* (Bathes *et al.* 1973) استفاده گردید. برای اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ‌ها از روش کیرک (Kirk 1968) و *بهبودیان و همکاران* (Behboudian *et al.* 1986) استفاده گردید.

شاخص وابستگی به قارچریشه (Mycorrhizal Dependency Index) نیز به روش زیر محاسبه گردید (Plenchette *et al.* 1983):

$$\text{شاخص وابستگی به قارچریشه (٪)} = \frac{\text{وزن خشک گیاهان کلنیزه شده با قارچ میکوریزی} - \text{وزن خشک گیاهان بدون قارچ میکوریزی}}{\text{وزن خشک گیاهان کلنیزه شده با قارچ میکوریزی}} \times ۱۰۰$$

برای تعیین میزان کلنیزاسیون *G. mosseae*، از روش *کورمانیک و مک گراو* (Kormanik & Mc Graw 1982) با تغییراتی به شرح زیر استفاده شد. یک گرم از ریشه نهال‌ها به وسیله آب مقطر کاملاً شسته شده و به مدت یک ساعت در لوله‌های آزمایش حاوی هیدروکسید پتاسیم ۱۲٪ داخل بن ماری با دمای ۹۰ °C نگهداری شد. به خاطر ضخامت ریشه‌ها و مقدار بالای مواد رنگی در آنها، پس از بیرون ریختن هیدروکسید پتاسیم، این عمل دو بار تکرار شد. سپس نمونه ها با آب مقطر شسته و به مدت ۱۵ دقیقه در محلول آب اُکسیژنه قلیایی در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از شستشوی کامل با آب، نمونه هادر محلول ۱ ٪ اسید کلریدریک به مدت ۳ تا ۴ دقیقه نگهداری شده و بدون شستشو در داخل محلول لاکتوگلیسرول اسید فوشین ۰/۰۱ درصد به مدت یک ساعت قرار داده شدند. برای ارزیابی میزان کلنیزاسیون قارچریشه، ۷۰ قطعه یک سانتی متری از ریشه‌ها روی اسلاید قرار داده شده و با استفاده از میکروسکوپ اندام قارچریشه داخل ریشه‌ها مشاهده شدند. نتایج به صورت درصد کلنیزاسیون طول ریشه بیان گردید. نتایج به دست آمده به وسیله نرم افزار MSTAT C تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گردید.

نتایج

نتایج مربوط به تجزیه خاک بکر مورد استفاده در این آزمایش قبل و بعد از اعمال تیمارهای شوری در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می شود پس از اعمال تیمارهای شوری و در پایان آزمایش هدایت الکتریکی خاک مورد استفاده به میزان قابل توجهی افزایش یافت به طوری‌که در بالاترین تیمار شوری، هدایت الکتریکی خاک مورد استفاده به ۲۳ دسی زیمنس بر متر رسید. با توجه به افزایش شوری خاک در مناطق پسته کاری به خصوص در استان کرمان به نظر می‌رسد که تیمارهای شوری مورد استفاده در این تحقیق تا حدود زیادی با شرایط طبیعی مطابقت دارد.

اطلاعات موجود در جدول فوق میانگین سه نمونه خاک است. خصوصیات خاک شاهد در ابتدای آزمایش و سایر خاک‌ها در انتهای آزمایش اندازه‌گیری گردید.

مطالعه وزن خشک اندام هوایی نهال‌های مورد استفاده در این تحقیق نشان داد که با افزایش شوری، وزن خشک اندام هوایی در هر سه پایه کاهش می‌یابد که کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی در شوری ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl و پس از آن در هر سه پایه مشاهده گردید (جدول ۲). در تیمار شاهد، وزن خشک اندام هوایی پایه‌های قزوینی و آتلانتیکا دارای تفاوت معنی‌داری با سرخس در سطح یک درصد بود که در این میان سرخس و آتلانتیکا به ترتیب کمترین و بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشتند. هم‌چنین در تیمار شوری بدون قارچریشه، آتلانتیکا کمترین درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی (۴۰ درصد) را در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl در مقایسه با قزوینی و سرخس (به ترتیب ۴۶ و ۶۹ درصد) نشان داد. نهال‌های قزوینی و آتلانتیکای مایه‌زنی شده با GmS (جدایه خاک شور *G. mosseae*) در کلیه سطوح NaCl وزن خشک اندام هوایی بالاتری داشتند که در سرخس، وزن خشک اندام هوایی تنها در سطوح صفر و ۱۴۰۰ و در دو پایه دیگر در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl نیز دارای تفاوت معنی‌دار با سطوح متناظر در تیمار شوری بدون قارچ میکوریزی بود. در سطح صفر NaCl، بیشترین تأثیر در وزن خشک اندام هوایی (۳۵ درصد) در سرخس مشاهده شد. هم‌چنین در این پایه، بیشترین درصد افزایش وزن خشک اندام هوایی ناشی از GmS (۴۱ درصد) در سطح ۱۴۰۰ و در قزوینی و آتلانتیکا، در سطح ۲۸۰۰ میلی‌گرم NaCl دیده شد (به ترتیب ۳۴ و ۳۲ درصد). در هر سه پایه درصد افزایش وزن خشک اندام هوایی ناشی از این جدایه در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl کاهش یافت و حتی به کمتر از سطح صفر NaCl رسید. در سطح صفر NaCl، جدایه GmNS (جدایه خاک غیر شور *G. mosseae*) توانست وزن خشک اندام هوایی هر سه پایه را افزایش دهد که تفاوت معنی‌داری میان این جدایه با GmS مشاهده نشد. هم‌چنین GmNS تنها در آتلانتیکا توانست وزن خشک اندام هوایی را به طور معنی‌دار نسبت به تیمار شوری بدون قارچریشه افزایش دهد (جدول ۲).

وزن خشک ریشه هر سه پایه پسته در کلیه تیمارها با افزایش شوری کاهش یافت که در سرخس این کاهش از سطح ۱۴۰۰ و در دو پایه دیگر از سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl به بعد دارای تفاوت معنی‌دار با سطح صفر NaCl بود (جدول ۲). هم‌چنین در تیمار شوری بدون قارچریشه، کمترین درصد کاهش وزن خشک ریشه (۲۱ درصد) در مقایسه با قزوینی و سرخس (به ترتیب ۲۶ و ۳۸ درصد) در آتلانتیکا مشاهده گردید.

نهال‌های مایه‌زنی شده هر سه پایه پسته با GmS دارای وزن خشک ریشه بالاتری در مقایسه با تیمار شوری

جدول ۲. تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم با و یا بدون دو جدایه *Glomus mosseae* از خاک شور (GmS) و خاک غیر شور (GmNS) بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه سه پایه پسته

Table 2. Effect of different levels of NaCl with and/or without two isolates of *Glomus mosseae* from saline (GmS) and non-saline (GmNS) soil on shoot and root dry weight of pistachio rootstocks

تیمارها	سطوح کلرید سدیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)			وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)		
Treatments	NaCl Levels (mg/kg)	Shoot dry weight (g/pot)			Root dry weight (g/pot)		
		Sarakhs	Qazvini	Atlantica	Sarakhs	Qazvini	Atlantica
شاهد بدون قارچریشه Control	0	4.73	7.48	8.95	3.11	3.41	3.86
	1400	4.12	7.07	8.64	2.87	3.27	3.70
	2800	2.54	5.39	6.82	2.32	2.84	3.28
	4200	1.49	4.03	5.37	1.93	2.55	2.99
GmS-NaCl	0	6.36	9.29	11.34	3.95	4.20	4.80
	1400	5.82	9.11	11.13	3.84	4.21	4.76
	2800	3.38	7.21	8.98	2.93	3.79	4.31
	4200	1.79	4.90	6.25	2.34	3.03	3.60
GmNS-NaCl	0	5.61	8.72	10.59	3.64	3.64	4.24
	1400	4.20	7.31	9.5	3.14	3.47	3.98
	2800	2.60	5.44	7.14	2.43	3.03	3.56
	4200	1.48	4.04	5.42	1.98	2.60	3.06
LSD $P \leq 0.01$		1.41			0.60		

بدون قارچریشه بودند که این تفاوت در پایه‌های قزوینی و آتلانتیکا در سطوح صفر، ۱۴۰۰ و ۲۸۰۰ و در پایه سرخس تنها در سطوح صفر و ۱۴۰۰ میلی گرم NaCl در مقایسه با سطوح شوری متناظر در تیمار بدون قارچریشه معنی‌دار بود. درصد افزایش وزن خشک ریشه ناشی از GmS در پایه های قزوینی و آتلانتیکا تقریباً یکسان بوده و در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl مشاهده شد. در بالاترین سطح NaCl، این درصد در هر سه پایه کاهش یافته و حتی به کمتر از سطح صفر NaCl رسید. در سطح صفر NaCl، وزن خشک ریشه ناشی از GmNS در هر سه پایه، تفاوت معنی‌داری با GmS نداشت اما در سطوح ۱۴۰۰ و ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl میان دو جدایه تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید و روند تغییرات در GmNS مشابه تیمار شوری بدون قارچریشه بود.

در هر سه پایه و در کلیه تیمارها نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه (S/R) با افزایش شوری کاهش یافت که این کاهش تنها در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl و در سرخس دارای تفاوت معنی‌دار با سطح صفر NaCl بود (جدول ۳).

هم‌چنین در تیمار شوری بدون قارچریشه و تیمار برهمکنش NaCl و GmNS، نسبت S/R در دو پایه قزوینی و آتلانتیکا بدون این‌که دارای تفاوت معنی‌داری با یکدیگر باشند دارای تفاوت معنی‌دار با سرخس در کلیه سطوح NaCl بودند. در حضور GmS نسبت S/R تنها در سطوح ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl در قزوینی و آتلانتیکا دارای تفاوت معنی‌دار با سرخس بود. هیچ‌کدام از جدایه‌های *G. mosseae* نتوانستند تغییر معنی‌داری در نسبت S/R در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه ایجاد کنند.

سطح برگ نهال‌های پسته نیز با افزایش شوری کاهش

جدول ۳. تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم با و یا بدون دو جدایه *Glomus mosseae* از خاک شور (GmS) و خاک غیر شور (GmNS) بر نسبت اندام هوایی به ریشه و سطح برگ سه پایه پسته

Table 3. Effect of different levels of NaCl with and/or without two isolates of *Glomus mosseae* from saline (GmS) and non-saline (GmNS) soil on shoot/root ratio and leaf area of pistachio rootstocks

تیمارها Treatments	سطوح کلرید سدیم (میلی گرم در کیلوگرم) NaCl Levels (mg/kg)	نسبت اندام هوایی به ریشه Shoot/Root			سطح برگ (سانتی متر مربع در گلدان) Leaf area (cm^2/pot)		
		Sarakhs	Qazvini	Atlantica	Sarakhs	Qazvini	Atlantica
شاهد بدون قارچریشه Control	0	1.53	2.23	2.36	246	466	507
	1400	1.45	2.19	2.36	172	431	475
	2800	1.12	1.92	2.1	85.3	235	323
	4200	0.76	1.67	1.8	18.2	63.3	104
GmS-NaCl	0	1.67	2.23	2.29	301	529	576
	1400	1.55	2.18	2.35	223	500	556
	2800	1.19	1.93	2.09	107	289	388
	4200	0.78	1.63	1.76	20.7	69.8	118
GmNS-NaCl	0	1.61	2.53	2.51	279	505	547
	1400	1.35	2.13	2.45	177	461	502
	2800	1.05	1.80	1.94	85.8	237	323
	4200	0.76	1.58	1.81	18.3	63.5	106
LSD $P \leq 0.01$		0.56			45.17		

یافت که در سرخس کاهش معنی‌دار در کلیه سطوح NaCl و در دو پایه دیگر تنها در سطوح ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl دیده شد (جدول ۳). در تیمار شوری بدون قارچریشه، آتلانتیکا در کلیه سطوح NaCl بیشترین سطح برگ را داشت که با قزوینی در سطح ۲۸۰۰ میلی‌گرم NaCl و با سرخس در کلیه سطوح NaCl دارای تفاوت معنی‌دار بود. در مقایسه با قزوینی و سرخس (به ترتیب با ۸۷ و ۹۳ درصدکاهش سطح برگ)، آتلانتیکا کمترین درصد کاهش سطح برگ (۷۹ درصد) را در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl نشان داد. مایه‌زنی GmS باعث افزایش سطح برگ نهال‌ها شد که این افزایش در سرخس در سطوح صفر و ۱۴۰۰ و در دو پایه دیگر در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl نیز دارای تفاوت معنی‌دار با سطوح متناظر در تیمار شوری بدون قارچریشه بود (جدول ۳). در شرایط بدون NaCl، بیشترین درصد افزایش سطح برگ ناشی از GmS (۲۳ درصد) در سرخس مشاهده شد که این مقدار در دو پایه دیگر ۱۴ درصد تعیین گردید. در شرایط شور، سرخس با ۳۰ درصد و قزوینی و آتلانتیکا به ترتیب با ۲۳ و ۲۰ درصد بیشترین و کمترین افزایش سطح برگ ناشی از GmS را نشان دادند با این تفاوت که در سرخس این افزایش در سطح ۱۴۰۰ و در دو پایه دیگر در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl دیده شد. سطح برگ نهال‌های مایه‌زنی شده با GmNS تنها در سطح صفر NaCl فاقد تفاوت معنی‌دار با GmS بود اما در کلیه سطوح NaCl این جدایه نتوانست در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ نهال‌ها نشان دهد.

افزایش سطح NaCl در کلیه تیمارها و در هر سه پایه باعث کاهش میانگین قطر ساقه گردید که این کاهش تنها در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl دارای تفاوت معنی‌دار با سطوح صفر NaCl بود (جدول ۴). آتلانتیکا و قزوینی میانگین قطر ساقه بالاتری در مقایسه با سرخس داشتند که در کلیه سطوح NaCl تفاوت معنی‌دار داشت. در تیمار شوری بدون قارچریشه کمترین درصد کاهش قطر ساقه (به ترتیب ۲۰ و ۲۴ درصد) در آتلانتیکا و قزوینی و

جدول ۴. تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم با و یا بدون دو جدایه *Glomus mosseae* از خاک شور (GmS) و خاک غیر شور (GmNS) بر میانگین قطر ساقه و ارتفاع سه پایه پسته

Table 4. Effect of different levels of NaCl with and/or without two isolates of *Glomus mosseae* from saline (GmS) and non-saline (GmNS) soil on mean of stem diameter and stem height of pistachio rootstocks

تیمارها	سطوح کلرید سدیم (میلی گرم در کیلوگرم)	میانگین قطر ساقه (میلی متر)			ارتفاع ساقه (سانتی متر)		
Treatments	NaCl Levels (mg/kg)	**Mean of stem diameter (mm)**			**Stem height (cm)**		
		Sarakhs	Qazvini	Atlantica	Sarakhs	Qazvini	Atlantica
شاهد بدون قارچریشه Control	0	2.31	3.04	3.23	16.08	28.42	32.33
	1400	2.19	2.94	3.11	14.50	27.33	31
	2800	1.99	2.76	2.99	13.20	27	30.92
	4200	1.59	2.31	2.58	11.08	21.75	25.17
GmS-NaCl	0	2.62	3.35	3.52	19.75	33.33	36.75
	1400	2.62	3.38	3.54	18.92	32.25	35.92
	2800	2.29	3.16	3.43	15.08	31.17	34.42
	4200	1.78	2.51	2.80	13.17	22.92	26.92
GmNS-NaCl	0	2.46	3.19	3.38	18.08	30.83	34.75
	1400	2.22	2.99	3.15	16.17	28.75	32.67
	2800	2.03	2.75	3.02	13.75	28.50	32.5
	4200	1.58	2.34	2.56	11.08	21.33	25.17
LSD $P \leq 0.01$			0.41			2.35	

بیشترین آن (۳۱ درصد) در سرخس مشاهده شد. اگرچه GmS باعث افزایش میانگین قطر ساقه در کلیه سطوح NaCl و در هر سه پایه گردید اما این افزایش در سطح یک درصد معنی‌دار نبود. بیشترین تأثیر این جدایه بر افزایش قطر ساقه سرخس ۱۹ درصد و در سطح ۱۴۰۰ میلی گرم NaCl مشاهده شد در حالی‌که در قزوینی و آتلانتیکا، GmS باعث افزایش ۱۵ درصدی قطر ساقه در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl شد. در بالاترین سطح شوری، تأثیر این جدایه کاهش یافته و حتی به کمتر از سطح صفر NaCl رسید. هر چند که جدایه GmNS توانست باعث افزایش قطر ساقه نهال‌ها به خصوص در سطح صفر NaCl در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه شود اما تفاوت معنی‌داری میان این دو تیمار با GmS مشاهده نشد.

افزایش میزان NaCl در هر سه پایه و در کلیه تیمارها باعث کاهش ارتفاع ساقه نهال‌ها گردید (جدول ۴). آتلانتیکا و سرخس به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه را داشتند. در تیمار شوری بدون قارچریشه، ارتفاع ساقه سرخس در سطوح ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ و در قزوینی و آتلانتیکا تنها در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl دارای تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد بود.

درصد کاهش ارتفاع ساقه در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl در قزوینی و آتلانتیکا ۲۳ و در سرخس ۳۱ درصد تعیین گردید. ارتفاع ساقه نهال‌های مایه‌زنی شده با جدایه GmS در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه افزایش یافت که در سرخس این افزایش در سطوح صفر و ۱۴۰۰ و در دو پایه دیگر علاوه بر این دو سطح، در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl نیز دارای تفاوت معنی‌دار با سطوح متناظر در تیمار شوری بدون قارچریشه بود. اگرچه جدایه خاک شور توانست باعث افزایش ارتفاع ساقه هر سه پایه در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه شود اما این افزایش معنی‌دار نبود. در

سرخس، قزوینی و آتلانتیکا، بیشترین درصد افزایش ارتفاع ساقه ناشی از این جدایه در سطح ۱۴۰۰ میلی‌گرم NaCl و به ترتیب ۳۱، ۱۸ و ۱۶ درصد بود. در سطوح بالاتر تأثیر قارچریشه در افزایش ارتفاع کاهش یافت و حتی در بالاترین سطح شوری، به کمتر از سطح صفر NaCl رسید. اگرچه ارتفاع ساقه ناشی از GmNS تنها در سطح صفر NaCl فاقد تفاوت معنی‌دار با GmS بود اما این جدایه نتوانست ارتفاع نهال‌ها را در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه به طور معنی‌داری افزایش دهد.

در کلیه تیمارها و در هر سه پایه با افزایش غلظت NaCl در خاک تعداد نهال‌های زنده کاهش یافت (جدول ۵). در تیمار شوری بدون قارچریشه، تعداد نهال‌های زنده سرخس و قزوینی در سطوح ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ و در آتلانتیکا تنها در سطح ۴۲۰۰ میلی‌گرم NaCl دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد در سطح یک درصد بود. علاوه بر این، آتلانتیکا کمترین درصد کاهش تعداد نهال‌های زنده (۲۹ درصد) را در مقایسه با ۴۶ و ۶۷ درصد کاهش در قزوینی و سرخس در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl نشان داد. مایه‌زنی نهال‌های سرخس و قزوینی با جدایه خاک شور Gm، توانست باعث افزایش تعداد نهال‌های زنده در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه شود که این افزایش تنها در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl دارای تفاوت معنی‌دار بود. تعداد نهال‌های زنده آتلانتیکای مایه‌زنی شده با GmS، در هیچ یک از سطوح NaCl تفاوت معنی‌داری با تیمار شوری بدون قارچریشه نداشت. سرخس با ۴۲ درصد و قزوینی و آتلانتیکا به ترتیب با ۲۹ و ۲۰ درصد بیشترین و کمترین درصد افزایش تعداد نهال‌های زنده را در حضور GmS نشان دادند. جدایه GmNS تنها در سطوح صفر و ۱۴۰۰ میلی گرم NaCl توانست تعداد نهال‌های زنده را مانند GmS و بدون تفاوت معنی‌دار با آن افزایش دهد اما در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه در هیچ یک از سطوح شوری نتوانست تغییر معنی‌داری در تعداد نهال‌های زنده ایجاد نماید.

افزایش شوری در کلیه تیمارها و در پایه‌های قزوینی و آتلانتیکا نتوانست تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان کلروفیل برگ بگذارد هر چند که در مجموع و به خصوص در شوری‌های بالاتر روند تغییرات آن کاهشی بود (جدول ۵). در تیمار شوری بدون قارچریشه، بالاترین سطح NaCl تنها در سرخس توانست میزان کلروفیل را در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری کاهش دهد. هم‌چنین آتلانتیکا و قزوینی به ترتیب با ۱۲ و ۱۴ درصد و سرخس با ۲۲ درصد، کمترین و بیشترین درصد کاهش کلروفیل در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl را نشان دادند. میزان کلروفیل نهال‌های آتلانتیکای مایه‌زنی شده با GmS در کلیه سطوح NaCl در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه به طور معنی‌داری بالاتر بود اما در قزوینی و سرخس این جدایه نتوانست کلروفیل را در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl به طور معنی‌داری افزایش دهد. در سطح صفر NaCl، بیشترین افزایش غلظت کلروفیل ناشی از GmS (۳۱ درصد) در سرخس و کمترین آن (۲۷ درصد) در دو پایه دیگر دیده شد. جدایه GmS، بیشترین درصد تأثیر خود بر کلروفیل هر سه پایه را در سطوح ۱۴۰۰ و ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl نشان داد که تأثیر این جدایه در سرخس ۳۷ و در دو پایه دیگر ۲۷ درصد بود. در بالاترین سطح شوری، درصد افزایش غلظت کلروفیل ناشی از جدایه خاک شور کاهش یافت و حتی مقدار آن کمتر از سطح صفر NaCl رسید. جدایه GmNS در کلیه سطوح NaCl توانست کلروفیل برگ نهال را در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه افزایش دهد ولی این افزایش معنی‌دار نبود. هم‌چنین تنها در سطح صفر NaCl، غلظت

جدول ۵. تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم با و یا بدون دو جدایه *Glomus mosseae* از خاک شور (GmS) و خاک غیر شور (GmNS) بر تعداد گیاهان زنده و غلظت کلروفیل برگ سه پایه پسته

Table 5. Effect of different levels of NaCl with and/or without two isolates of *Glomus mosseae* from saline (GmS) and non-saline (GmNS) soil on number of living palnts and chlorophyll concentration of pistachio rootstocks

تیمارها	سطوح کلرید سدیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	تعداد گیاهان زنده			غلظت کلروفیل برگ (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)		
Treatments	NaCl Levels (mg/kg)	**Number of living plants**			**Chlorophyll concentration (mg/g FW)**		
		Sarakhs	Qazvini	Atlantica	Sarakhs	Qazvini	Atlantic
شاهد	0	4	4	4	2.14	2.33	2.78
بدون قارچریشه	1400	3.33	3.67	3.83	2.04	2.33	2.74
Control	2800	2	2.83	3.33	1.84	2.13	2.60
	4200	1.33	2.17	2.83	1.67	2.01	2.45
	0	4	4	4	2.80	2.97	3.52
GmS-NaCl	1400	4	4	4	2.78	3.02	3.61
	2800	2.83	3.67	4	2.51	2.79	3.39
	4200	2	2.5	3.17	1.99	2.45	3.12
	0	4	4	4	2.44	2.59	3.15
GmNS-NaCl	1400	3.5	3.5	3.67	2.22	2.51	3.03
	2800	2	2.67	3	2.04	2.31	2.88
	4200	1.17	2	2.5	1.67	2.23	2.72
LSD $P \leq 0.01$		0.67			0.38		

کلروفیل این جدایه در مقایسه با GmS تفاوت معنی‌داری نشان نداد. روند تغییرات میزان کلروفیل برگ در نهال‌های مایه‌زنی شده با این جدایه همانند سایر تیمارها بود (جدول ۵).

غلظت پرولین در کلیه تیمارها و پایه‌ها با افزایش شوری به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶). در کلیه سطوح NaCl، پایه سرخس دارای کمترین و پایه های قزوینی و آتلانتیکا دارای بیشترین غلظت پرولین بودند. نهال‌های مایه‌زنی شده با GmS تقریباً در اکثر موارد غلظت پرولین کمتری در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه داشتند که به غیر از سطح ۲۸۰۰ در سرخس و ۱۴۰۰ میلی گرم NaCl در قزوینی، در سایر موارد تفاوت معنی‌داری با تیمار شوری بدون قارچریشه مشاهده نگردید. غلظت پرولین در جدایه GmNS در هیچ‌یک از سطوح NaCl تفاوت معنی‌داری با تیمار شوری بدون قارچریشه نداشت.

با افزایش شوری قندهای محلول در برگ هر سه پایه پسته نیز افزایش یافت (جدول ۶). در تیمار شوری بدون قارچریشه، غلظت قندهای محلول در هر سه پایه تنها در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد بود. اگرچه آتلانتیکا و قزوینی غلظت بیشتری از قندهای محلول را داشتند ولی میان سه پایه تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. جدایه GmS در کلیه سطوح NaCl توانست غلظت قندهای محلول را در مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه در هر سه پایه به طور معنی‌داری افزایش دهد. در این تیمار، نهال‌های آتلانتیکا غلظت بالاتری از قندهای محلول داشتند که در کلیه سطوح NaCl دارای تفاوت معنی‌دار با سرخس بود. میزان قندهای محلول در نهال‌های مایه‌زنی شده با GmNS تنها در سطح صفر NaCl فاقد تفاوت معنی‌دار با GmS بود. در

جدول ۶. تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم با و یا بدون دو جدایه *Glomus mosseae* از خاک شور (GmS) و خاک غیر شور (GmNS) بر غلظت پرولین و قندهای محلول سه پایه پسته

Table 6. Effect of different levels of NaCl with and/or without two isolates of *Glomus mosseae* from saline (GmS) and non-saline (GmNS) soil on proline and soluble sugar concentration of pistachio rootstocks

تیمارها	سطوح کلرید سدیم (میلی گرم در کیلوگرم)	غلظت پرولین (میکرومول در گرم وزن تر برگ)			غلظت قندهای محلول (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)		
Treatments	NaCl Levels (mg/kg)	**Proline concentration (µmol/ g FW)**			**Soluble sugar concentration (mg/g FW)**		
		Sarakhs	Qazvini	Atlantica	Sarakhs	Qazvini	Atlantica
شاهد	0	10.9	19.5	23.3	214	250	260
بدون قارچریشه	1400	19.6	26.9	29	237	271	277
Control	2800	25.6	32.2	37.2	245	278	286
	4200	33.2	42.4	48	267	304	320
	0	10	18.6	22.4	281	326	336
GmS-NaCl	1400	18.9	24.9	28.3	328	361	383
	2800	23.8	31.8	36.3	330	379	391
	4200	33.2	42	47.1	345	386	412
	0	10.8	19.3	23.3	241	284	304
GmNS-NaCl	1400	19.5	26.9	29.5	256	291	308
	2800	25.7	32.8	36.8	258	291	314
	4200	33.3	42.6	47.6	291	334	356
LSD $P \leq 0.01$		1.60			40.82		

مقایسه با تیمار شوری بدون قارچریشه، GmNS اگرچه باعث افزایش غلظت قندهای محلول گردید اما در مجموع نتوانست غلظت قندها را به طور معنی‌دار افزایش دهد (جدول ۶).

در سطح صفر NaCl، اگرچه بیشترین درصد کلنیزاسیون طول ریشه به وسیله GmS در سرخس دیده شد ولی تفاوت معنی‌داری میان سه پایه دیده نشد (جدول ۷). در هر سه پایه با افزایش غلظت کلرید سدیم، درصد کلنیزاسیون ریشه کاهش یافت با این تفاوت که در پایه های قزوینی و آتلانتیکا، کاهش درصد کلنیزاسیون بدون اختلاف معنی‌دار با سطح صفر NaCl بود ولی در سرخس درصد کلنیزاسیون در سطوح ۲۸۰۰ و ۴۲۰۰ میلی‌گرم NaCl به طور معنی‌دار کاهش یافت. هم‌چنین در سطح ۴۲۰۰ میلی گرم NaCl ، سرخس در مقایسه با دو پایه دیگر کمترین درصد کلنیزاسیون طول ریشه را نشان داد. در بالاترین سطح NaCl، سرخس با ۴۲ درصد و قزوینی و آتلانتیکا با ۱۰ درصد بیشترین و کمترین درصد کاهش کلنیزاسیون طول ریشه را نشان دادند.

در سطح صفر NaCl، جدایه GmNS درصد کلنیزاسیون کمتری داشت که بر خلاف GmS، درصد کلنیزاسیون آن به طور معنی‌داری در کلیه سطوح شوری کاهش یافت.

در سطح صفر NaCl، بیشترین درصد وابستگی (Mycorrhizal Dependency=MD) به جدایه GmS در پایه سرخس مشاهده گردید (جدول ۷). با افزایش شوری، این درصد ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. بیشترین درصد MD در سرخس و در سطح ۱۴۰۰ میلی‌گرم NaCl مشاهده شد در حالی‌که در دو پایه دیگر، بیشترین درصد MD در سطح ۲۸۰۰ میلی گرم NaCl مشاهده گردید. درصد MD هر سه پایه به GmNS در مقایسه با GmS

جدول ۷. تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم با و یا بدون دو جدایه *Glomus mosseae* از خاک شور (GmS) و خاک غیر شور (GmNS) بر میزان کلنیزاسیون ریشه و شاخص وابستگی به قارچریشه در سه پایه پسته

Table 7. Effect of different levels of NaCl with and/or without two isolates of *Glomus mosseae* from saline (GmS) and non-saline (GmNS) soil on root length colonization and mycorrhizal dependency of pistachio rootstocks

تیمارها	سطوح کلرید سدیم (میلی گرم در کیلوگرم)	کلنیزاسیون طول ریشه (٪)			شاخص وابستگی به قارچریشه (٪)		
Treatments	NaCl Levels (mg/kg)	**Root length colonization (%)**			**Mycorrhizal dependency index (%)**		
		Sarakhs	Qazvini	Atlantica	Sarakhs	Qazvini	Atlantica
شاهد	0	0	0	0	-	-	-
بدون قارچریشه	1400	0	0	0	-	-	-
Control	2800	0	0	0	-	-	-
	4200	0	0	0	-	-	-
	0	61.5	58.5	59.1	35.8	24.6	26.8
GmS-NaCl	1400	55.9	56.6	57.1	42.1	29	28.7
	2800	53.5	55.6	55.2	35.5	35.1	31.3
	4200	35.3	52.2	52.7	26.2	21.6	18.6
	0	27.5	23.7	26	19.3	16.4	18.6
GmNS-NaCl	1400	19	17	19.5	2.5	3.8	10
	2800	12.4	11.7	13.6	3.5	1.3	3.3
	4200	5.8	8.3	10	1.2	0.2	1.4
LSD $P \leq 0.01$			6.34				

کمتر بود و هم‌چنین باافزایش شوری میزان آن کاهش یافت.

بحث

در مطالعات قبلی، *محمدی و همکاران* (Mohammadi *et al.* 2007)، *محمدی و بنی هاشمی* (Mohammadi & Banihashemi 2008) بر اساس خصوصیات وزن خشک اندام هوایی و ریشه و نیز غلظت یون‌های Na، Cl و K، پایه های سرخس و قزوینی را به ترتیب حساس و متحمل به شوری گزارش نمودند. در مطالعه حاضر، پایه آتلانتیکا در کلیه سطوح NaCl وزن خشک اندام هوایی و ریشه ونسبت S/R بالاتر و درصد کاهش کمتری نسبت به دو پایه دیگر به خصوص در شوری بالا داشت که این نتایج با یافته‌های *والکر و همکاران* (Walker *et al.* 1987) و *پیکچیونی و همکاران* (Picchioni *et al.* 1990) مطابقت داشت. هم‌چنین آتلانتیکا کمترین درصد کاهش سطح برگ و قطر ساقه را در بالاترین سطح شوری (۴۲۰۰ میلی‌گرم NaCl در کیلوگرم خاک) نشان داد. به نظر می رسد که یکی از مکانیزم‌های کاهش رشد یاخته‌های گیاهی در اثر شوری افزایش فعالیت و مصرف انرژی توسط سلول‌ها به منظور تولید تنظیم کننده‌های اُسمزی می‌باشد (Volkmar *et al.* 1997). هم‌چنین غلظت بالای یون Na در خاک می‌تواند با کاهش میزان یون‌های K، Mg و Ca قابل دسترس و استفاده گیاه و دخالت در فعالیت یون K به عنوان یک کوفاکتور مهم در بسیاری از واکنش‌های متابولیکی رشد گیاهان تحت تنش شوری را کاهش دهد (Rabie 2005). هم‌چنین با جایگزین شدن یون Na به جای Ca در دیواره سلول‌ها باعث کاهش کشش‌پذیری دیواره سلول‌ها که لازمه کشیده شدن و رشد سلول‌هاست می‌گردد (Kurth *et al.* 1986). کاهش ارتفاع نهال‌ها در اثر شوری که در این تحقیق مشاهده شد توسط

پیکچیونی و همکاران (Picchioni *et al.* 1990) و *سپاسخواه و مفتون* (Sepaskhah & Maftoun 1981) نیز گزارش شده است که این درصد کاهش در بالاترین سطح شوری در آتلانتیکا مشابه قزوینی بود. بر خلاف قزوینی، تعداد نهال‌های زنده آتلانتیکا تنها در بالاترین سطح شوری دارای تفاوت معنی‌دار با شاهد بود و علاوه بر آن کمترین درصد کاهش نهال‌های زنده در این سطح شوری، در آتلانتیکا مشاهده شد. تنها در شوری‌های متوسط و بالا و در هر سه پایه کاهش کلروفیل مشاهده شد در حالی‌که در تیمار شاهد و شوری پایین در برخی موارد میزان کلروفیل افزایش مختصر و بدون تفاوت معنی‌دار نیز نشان داد. بر خلاف پایه سرخس، در قزوینی و آتلانتیکا کاهش کلروفیل در بالاترین سطح NaCl معنی‌دار نبود. این نتایج با نتایج *حکم آبادی و همکاران* (Hokmabadi *et al.* 2005) مطابقت دارد. غلظت کلروفیل در آتلانتیکا در کلیه سطوح NaCl به طور معنی‌داری بیشتر از قزوینی بود علاوه بر این آتلانتیکا، کمترین درصد کاهش کلروفیل در بالاترین سطح شوری را نشان داد. هم‌چنین به علت تأثیر بیشتر NaCl بر میزان رشد، حتی می توان انتظار افزایش میزان کلروفیل را داشت اما باید توجه داشت که با افزایش شوری میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد که این کاهش می‌تواند به دلیل اثر مخرب NaCl بر فرآیندهای بیوشیمیایی فتوسنتز باشد. سمیت برخی از یون‌ها مانند Na و Cl و اختلال در توازن یونی و کاهش جذب عناصر غذایی به خصوص NO_3^- به علت افزایش کلر و یا کاهش جذب منیزیوم به عنوان یک عنصر ضروری در سنتز کلروفیل از جمله عوامل تخریب و یا کاهش میزان کلروفیل در گیاهان تحت تنش شوری می باشد (Giri & Mukerji 2004). افزایش شوری توانست غلظت پرولین و قندهای محلول را افزایش دهد که این نتیجه با نتایج *والکر و همکاران* (Walker *et al.* 1988)، *حکم آبادی* (Hokmabadi *et al.* 2005) مطابقت داشت. نهال‌های آتلانتیکا در مقایسه با قزوینی در کلیه سطوح شوری به طور معنی‌داری غلظت پرولین بیشتری داشتند اما میزان قندهای محلول در آتلانتیکا علیرغم بیشتر بودن تفاوت معنی‌داری با قزوینی نداشت. پرولین در اثر تنش های آبی و شوری در بافت‌های گیاهی تجمع یافته که تجمع آن به علت سنتز بیشتر، ممانعت از اکسایش و جلوگیری از شرکت آن در سنتز پروتئین ها می باشد (Volkmar *et al.* 1998). پرولین مانند کربوهیدرات‌ها و اسیدهای آلی جزو مواد تنظیم کننده اُسمزی است که می‌تواند باعث افزایش تحمل سلول‌ها در برابر از دست دادن آب یا تجمع زیاد نمک‌های محلول گردد. از طرفی هر چه غلظت این مواد در گیاهان بالاتر باشد می‌تواند بیانگر تحمل بیشتر این گیاهان به تنش‌های شوری و خشکی باشد (Volkmar *et al.* 1998). به طور کلی با توجه به خصوصیات رشدی مانند بالاتر بودن وزن خشک اندام هوایی و ریشه، قطر و ارتفاع ساقه، تعداد بیشتر نهال‌های زنده و نیز فاکتورهای بیوشیمیایی مانند بیشتر بودن قابل توجه میزان پرولین و قندهای محلول و هم‌چنین درصد کاهش کمتر یا مشابه هر یک از این فاکتورها در مقایسه با قزوینی، به نظر می‌رسد که آتلانتیکا در مقایسه با قزوینی متحمل‌تر به NaCl می‌باشد. *فرگوسون و همکاران* (Ferguson *et al.* 2005) در میان *P. atlantica*، UCB 1 و *P. integerrima*، نهال‌های آتلانتیکا را دارای بیشترین میزان تحمل به شوری معرفی نموده‌اند.

نتایج این تحقیق نشان داد که جدایه GmS می‌تواند موجب رشد بهتر پایه‌های پسته شود. در این مطالعه مقدار و نیز درصد افزایش اکثر صفات رویشی در نهال‌های مایه‌زنی شده با GmS در شرایط غیر شور و نیز در حضور

NaCl بیشتر بود هر چند تأثیر این جدایه در سه پایه متفاوت بود. نکته‌ای که باید به آن توجه نمود این است که آثار مفید قارچریشه‌ها روی گیاهان تنها مختص شرایط شور نیست بلکه در شرایط خشکی، تنش ناشی از وجود فلزات سنگین و حتی در شرایط بدون تنش نیز قارچریشه‌ها می‌توانند آثار مثبتی روی رشد گیاهان بگذارند (Giri *et al*. 2007). در شرایط غیر شور، بیشترین درصد افزایش رشد رویشی ناشی از کلنیزاسیون GmS، در سرخس دیده شد. در حضور NaCl، سرخس در سطح پایین شوری (۱۴۰۰ میلی گرم NaCl در کیلوگرم خاک) و دو پایه دیگر در اکثر موارد، در سطح متوسط شوری (۲۸۰۰ میلی‌گرم NaCl) بیشترین درصد افزایش ناشی از جدایه خاک شور را نشان دادند. در مورد کلیه صفات رشدی، میزان تأثیر این جدایه در بالاترین سطح شوری کاهش یافته و در اکثر موارد مقدار آنها کمتر از سطح صفر NaCl بود. نتایج حاصل از تأثیر جدایه خاک شور بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه در این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعات *عباسپور و همکاران* (Abbaspour *et al*. 2005) و *برین و همکاران* (Barin *et al*. 2006) هم‌آهنگی دارد. ال *کاراکی و همکاران* (Al-Karaki *et al*. 2001) تأثیر بیشتر قارچریشه بر افزایش وزن خشک اندام هوایی رقم حساس به شوری گوجه فرنگی در مقایسه با رقم متحمل را در تیمار شاهد و شوری نشان دادند در حالی‌که *سانازارو و همکاران* (Sannazzaro *et al*. 2006) عدم تفاوت معنی‌دار میان ارقام یونجه پاکلاغی متحمل و حساس به شوری را گزارش کردند. به نظر می رسد که افزایش رشد گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزی در شرایط غیر شور و شور نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی از جمله فسفر از طریق سیستم ریشه‌ای و افزایش میزان فتوسنتز باشد (Giri & Mukerji 2004). هیچ یک از دو جدایه *G. mosseae* نتوانستند تغییر معنی‌داری در نسبت S/R در هر سه پایه ایجاد نمایند که این نتیجه با نتایج *سانازارو و همکاران* (Sannazzaro *et al*. 2006) و *ربیع* (Rabie 2005) مغایرت دارد. در تحقیق حاضر هرچند جدایه خاک شور توانست وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به خصوص در شوری‌های پایین و متوسط افزایش دهد ولی درصد کاهش این دو صفت با شوری و در حضور و غیاب قارچ میکوریزی در بیشتر موارد تقریباً یکسان بود که به این ترتیب عدم وجود تفاوت قابل توجه در نسبت S/R در تیمارهای با و بدون قارچ میکوریزی را توجیه می‌کرد.

هم‌چنین *عباسپور و همکاران* (Abbaspour *et al*. 2005)، *آل کاراکی و همکاران* (Al-Karaki *et al*. 2001) و *گراهام و سیورتسن* (Graham & Syvertsen 1989) به ترتیب افزایش سطح برگ پسته، دو رقم گوجه فرنگی و دو گونه مرکبات مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزی را در سطوح متوسط شوری نشان دادند. جدایه خاک شور تأثیر معنی‌داری بر قطر ساقه نداشت اما توانست ارتفاع ساقه را افزایش دهد. سایر تغییرات در این صفات مشابه صفات رشدی دیگر بود. *گیری و همکاران* (Giri *et al* . 2005) افزایش معنی‌دار قطر و ارتفاع ساقه سنا (*Cassia siamea*) در حضور قارچ میکوریزی و نیز تأثیر متفاوت گونه های قارچریشه ای بر این صفات را نشان دادند. جدایه GmNS گرچه توانست باعث افزایش صفات رشدی در سطح صفر NaCl شود اما تفاوت معنی‌داری نیز با GmS نداشت و با افزایش شوری تأثیر این جدایه کاهش و میزان تأثیر آن کمتر از GmS گردید. *کافکاس و اُرتاس* (Kafkas & Ortas 2008) نیز به توانایی متفاوت جدایه‌ها و گونه های مختلف قارچ میکوریزی در افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه چند گونه پسته اشاره نموده‌اند. هم‌چنین در شرایط شور، روند تغییر صفات در حضور

GmNS مانند تیمار شوری بدون قارچریشه بود. جدایه GmS باعث افزایش تعداد نهال‌های زنده گردید هر چند که این افزایش تنها در شوری متوسط دارای تفاوت معنی‌دار بود. سرخس بیشترین و قزوینی و آتلانتیکا کمترین درصد افزایش تعداد نهال‌های زنده را در حضور جدایه خاک شور نشان دادند. این درحالی بود که تعداد نهال‌های زنده مایه‌زنی شده با GmNS تنها در سطوح پایین شوری مشابه GmS بود. روند تغییرات در صفات بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در حضور جدایه‌های *G. mosseae* مشابه صفات رشدی بود. جدایه خاک شور توانست میزان کلروفیل نهال‌های متحمل به شوری را حتی در بالاترین سطح NaCl به طور معنی‌داری افزایش دهد. *گیری و موکرجی* (Giri & Mukerji 2004)، *ربیع* (Rabie 2005) و *شنگ و همکاران* (Sheng *et al.* 2008) نیز بالاتر بودن غلظت کلروفیل در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزی، کاهش کلروفیل گیاهان مایه‌زنی شده با قارچریشه در اثر افزایش شوری و نیز عدم وجود تفاوت معنی‌دار میان غلظت کلروفیل گیاهان با و یا بدون قارچ میکوریزی در سطوح بالای شوری را در مطالعات خود نشان دادند. سانازارو و همکاران (Sannazzaro *et al.* 2006) تنها افزایش معنی‌دار کلروفیل رقم متحمل به شوری یونجه پاکلاغی را در شرایط غیر شور و نیز عدم تأثیر قارچریشه در جلوگیری از کاهش معنی‌دار کلروفیل تحت تنش شوری را نشان دادند. در حالی که در مطالعه حاضر و در حضور جدایه خاک شور، به جزء پایه سرخس، در سایر پایه‌ها شوری نتوانست باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل شود. میزان کلروفیل نهال‌های هر سه پایه در حضور GmNS در سطح صفر NaCl، تفاوت معنی‌داری با GmS و نیز تیمار شوری بدون قارچریشه نداشت ولی با افزایش غلظت NaCl از تأثیر GmNS بر میزان کلروفیل کاشته شد و میان دو جدایه تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. *گیری و همکاران* (Giri *et al.* 2003) نیز بر توانایی متفاوت گونه‌های مختلف قارچ میکوریزی در افزایش میزان کلروفیل اشاره کرده‌اند. شوری خاک اثرات مخربی روی کلروفیل دارد که از آن جمله می‌توان به نقش شوری در مختل شدن فعالیت‌های آنزیمی ویژه در سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی اشاره نمود (El-Desouki & Atawia 1998). هم‌چنین کاهش جذب یون Mg در حضور غلظت زیاد یون Na و اثر آنتاگونیستی آن با یون Mg نیز می‌تواند در سنتز کلروفیل اختلال ایجاد نماید (Giri & Mukerji 2004, El-Desouki & Atawia 1998). بر اساس گزارش *گیری و موکرجی* (Giri & Mukerji 2004) در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچریشه اولاً از جذب بیش از حد یون Na جلوگیری شده و ثانیاً افزایش جذب یون Mg نیز مشاهده می‌شود که بدین ترتیب ثابت ماندن یا حتی در برخی موارد افزایش غلظت کلروفیل در این گیاهان با وجود شرایط شور دیده می‌شود. مایه‌زنی هر دو جدایه *G. mosseae* و به خصوص جدایه خاک شور باعث کاهش غلظت پرولین گردید اگرچه این کاهش معنی‌دار نبود. گزارش‌ها در مورد نقش قارچ های VAM بر غلظت پرولین در گیاهان متناقض می‌باشد. در حالی‌که *جیندال و همکاران* (Jindal *et al.* 1993)، *حاتیمی* (Hatimi 1999) و *شریفی و همکاران* (Sharifi *et al.* 2007) به ترتیب بالاتر بودن غلظت پرولین در ماش، اقاقیا و سویای میکوریزی گزارش کرده‌اند، در مقابل *داک و همکاران* (Duke *et al.* 1986)، *ربیع و آلمادینی* (Rabie & Almadini 2005) و *جهرمی و همکاران* (Jahromi *et al.* 2008) به ترتیب کمتر بودن غلظت پرولین در مرکبات، باقلا و کاهوی مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزی را در حضور و غیاب شوری نشان داده‌اند. *جهرمی و همکاران* (Jahromi *et al.* 2008) بهتر

بودن وضعیت آب در گیاهان قارچریشه‌ای را دلیلی بر کمتر بودن میزان تنش در آنها و در نتیجه کمتر بودن غلظت پرولین دانسته‌اند. *سانازارو و همکاران* (Sannazzaro *et al.* 2006) و *مایالی و همکاران* (Maiale *et al.* 2006) نشان داده‌اند نقش تنش شوری بر افزایش غلظت پرولین به مراتب بیشتر از قارچ میکوریزی می باشد. هم‌چنین *وانگ و همکاران* (Wang *et al.* 2004) عقیده دارند که افزایش غلظت یون K در گیاهان قارچریشه ای به مراتب مؤثرتر از تجمع پرولین در تنظیم اسمزی گیاهان تحت تنش شوری می باشد.

نهال‌های مایه‌زنی شده با جدایه خاک شور تقریباً در همه موارد میزان بیشتری از قندهای محلول را داشتند که این نتیجه با نتایج *فنگ و همکاران* (Feng *et al.* 2002)، *ربیع* (Rabie 2005) و مورکیوت و همکاران (Murkute *et al.* 2006) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد که کلنیزاسیون قارچریشه در ریشه‌ها باعث افزایش میزان فتوسنتز گیاهان و به دنبال آن تولید و ذخیره بیشتر کربوهیدراتها در گیاهان می شود. هم‌چنین افزایش میزان کربوهیدرات ریشه‌ها می‌تواند کمبود این مواد که ناشی از مصرف قارچریشه‌ها بوده و ممکن است تا ۲۰ درصد تولیدات گیاهی را نیز شامل شود، جبران می‌کند (Feng *et al.* 2002). افزایش تجمع قندهای محلول در بافت‌های گیاهی به خصوص در ریشه‌ها می‌تواند باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش اُسمزی ناشی از زیادی نمک‌ها شود (Feng *et al.* 2002). میزان تأثیر GmNS بر غلظت پرولین و قندهای محلول هر سه پایه در سطح صفر NaCl تفاوت معنی‌دار با GmS نداشت که با افزایش شوری از تأثیر این جدایه کاسته شد. افزایش غلظت NaCl باعث کاهش درصد کلنیزاسیون GmS در هر سه پایه شد که به جزء پایه سرخس در سایر پایه‌ها این کاهش معنی‌دار نبود. مطالعات *سانازارو و همکاران* (Sannazzaro *et al.* 2006)، *گیری و همکاران* (Giri *et al.* 2003, 2007) و *ربیع* (Rabie 2005) نیز کاهش درصد کلنیزاسیون طول ریشه گیاهان مختلف مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزی در شرایط شور را تایید می‌کند. *پاس و همکاران* (Poss *et al.* 1985) بی تأثیر بودن شوری بر درصد کلنیزاسیون قارچریشه در ریشه پیاز را نشان دادند. اَل *کاراکی و همکاران* (Al-Karaki *et al.* 2001) بالاتر بودن درصد کلنیزاسیون قارچریشه را در رقم متحمل به شوری گوجه فرنگی گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر هم‌آهنگی داشت. *سانازارو و همکاران* (Sannazzaro *et al.* 2006) نیز نشان دادند اگرچه در هر دو رقم متحمل و حساس به شوری یونجه پاکلاغی با افزایش شوری درصد کلنیزاسیون قارچریشه کاهش می‌یابد اما این کاهش در رقم متحمل بدون تفاوت معنی‌دار بوده و هم‌چنین میزان آن نیز بیشتر از رقم حساس می‌باشد. این نتیجه نیز با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. با بررسی سیستم ریشه پایه‌ها مشخص می‌شود که سرخس بیشترین میزان ریشه را نسبت به اندام هوایی در میان پایه‌ها دارد که فراوانی بیشتر ریشه‌ها در این پایه امکان تماس بیشتر ریشه‌ها با زادمایه‌های قارچریشه و کلنیزاسیون بیشتر ریشه‌ها را در شرایط غیر شور توجیه می‌کند. درصد کلنیزاسیون GmNS در کلیه سطوح NaCl و به خصوص در سطح صفر به میزان قابل توجهی پایین‌تر از GmS بود که این مسئله تأثیر کمتر این جدایه بر صفات اندازه‌گیری شده را در مقایسه با GmS توجیه می‌کند. با افزایش شوری درصد کلنیزاسیون GmNS در مقایسه با GmS کاهش داشته است، علاوه بر این، درصد کلنیزاسیون در کلیه سطوح NaCl دارای تفاوت معنی‌دار با سطح صفر NaCl بود. بررسی تأثیر GmNS بر صفات اندازه‌گیری شده نیز

نشان داد که بیشترین تأثیر این جدایه در سطح صفر NaCl بوده و با افزایش شوری درصد تأثیر آن کاهش یافته است. به نظر می‌رسد که کلنیزاسیون کمتر ریشه نهال‌های پسته به وسیله GmNS در مقایسه با GmS در غیاب کلرید سدیم، نتیجه عدم سازش اکولوژیکی و فیزیولوژیکی میان GmNS و ریشه‌های پسته و نیز قدرت کمتر این جدایه در برقراری رابطه همزیستی باشد که این موضوع با داده‌های *گیری و همکاران* (Giri *et al.* 2005) نیز مطابقت دارد. این جدایه از منطقه شهربابک و از خاک اطراف درختان پسته جوانی جدا شده بود که در خاک آن سابقه کاشت محصولاتی مانند گندم وجود داشت حال آن‌که GmS از منطقه رفسنجان با سابقه کشت حداقل چندین دهه پسته کاری جدا شده بود. کاهش میزان کلنیزاسیون قارچریشه‌ها در ریشه گیاهان مختلف در اثر افزایش شوری می‌تواند نتیجه تأثیر شوری بر جوانه‌زنی اسپورها، محدود شدن رشد ریسه‌ها و کاهش تشکیل آربوسکول‌ها باشد (Barin *et al.* 2006, Sannazzaro *et al.* 2006). به نظر می‌رسد این دلایل همراه با کاهش تولید ریشه توسط هر سه پایه به خصوص سرخس در شرایط شور می‌تواند کاهش درصد کلنیزاسیون GmNs را توجیه نماید.

در مورد جدایه خاک شور با وجودیکه درصد کلنیزاسیون ریشه کاهش یافت اما این کاهش به خصوص در پایه‌های متحمل به شوری معنی‌دار نبود. با توجه به EC خاکی که GmS از آن جدا شده بود می‌توان گفت که کاهش درصد کلنیزاسیون در تیمارهای شوری نمی‌تواند ارتباط زیادی با تأثیر شوری روی قارچ میکوریزی داشته باشد. به نظر می‌رسد در مورد این جدایه کاهش تولید ریشه در شوری‌های بالا و نیز تأثیر مخرب شوری بر عملکرد مناسب سلول‌های ریشه نهال‌ها، تأثیر بیشتری در کاهش درصد کلنیزاسیون داشته باشد چراکه تنها در پایه سرخس که تولید ریشه‌ها و وزن خشک ریشه به میزان بیشتری در مقایسه با دو پایه دیگر کاهش یافت، کاهش معنی‌دار درصد کلنیزاسیون نیز دیده شد. هم‌چنین در تحقیق حاضر، پایه‌های متحمل به شوری به خصوص آتلانتیکا میزان کلروفیل بیشتری در مقایسه با سرخس داشتند که این موضوع در شوری‌های بالاتر مشخص تر بود. بالاتر بودن میزان کلروفیل و به دنبال آن افزایش فتوسنتز می‌تواند نیاز قارچ میکوریزی را به ترکیبات آلی جهت تأمین انرژی و کربن بهتر تأمین نماید. این موضوع نیز می‌تواند بیشتر بودن میزان کلنیزاسیون جدایه خاک شور و نیز عدم کاهش آن را در پایه‌های متحمل به شوری توجیه نماید، موضوعی که *سانازارو و همکاران* (Sannazzaro *et al.* 2006) نیز به آن اشاره نموده‌اند. هم‌چنین نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش غلظت NaCl می‌تواند بر جوانه‌زنی زادمایه‌ها و رشد ریسه‌های GmS اثر تحریک کنندگی داشته باشد زیرا که این جدایه بر صفات اندازه‌گیری شده در حضور NaCl تأثیر بیشتری را نشان داد هرچند که غلظت NaCl لازم برای افزایش تأثیر این جدایه در پایه‌ها متفاوت بود. باید توجه کرد که گونه و رقم گیاه میزبان، شرایط رشدی و نیز نوع جدایه قارچریشه می‌تواند در برقراری یک رابطه موفق همزیستی و تأثیر قارچریشه بر صفات رویشی و زیست شیمیایی مؤثر باشد (Al-Karaki *et al.* 2001).

در تحقیق حاضر درصد وابستگی به قارچریشه (Mycorrhizal Dependendy=MD) در هر سه پایه در ابتدا با افزایش شوری افزایش و سپس کاهش یافت. هر چند که در سرخس این افزایش در شوری پایین و در دو پایه دیگر در شوری متوسط دیده شد. *پاس و همکاران* (Poss *et al.* 1985) افزایش درصد MD را در کلیه جدایه‌ها و گونه های قارچریشه مایه‌زنی شده روی گوجه

فرنگی حتی تا شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر گزارش کرده‌اند. *سانازارو و همکاران* (Sannazzaro *et al.* 2006) نیز افزایش درصد MD را با افزایش شوری در دو ژنوتیپ حساس و متحمل به شوری یونجه پاکلاغی و نیز بالاتر بودن درصد MD در ژنوتیپ حساس را گزارش نموده‌اند. شاخص وابستگی به قارچریشه به میزان عناصر غذایی موجود در گیاه و نیز گونه قارچریشه استفاده شده بستگی دارد (Gemma *et al.* 2002). بالاتر بودن این شاخص در پایه حساس به شوری در مطالعه حاضر می‌تواند در مطالعات تکمیلی بعدی به عنوان یک فاکتور کلیدی برای انتخاب پایه‌های پسته مورد استفاده در شرایط شور مورد استفاده قرار گیرد.

در مجموع با توجه به تأثیر بهتر GmS روی رشد رویشی و خصوصیات زیست شیمیایی نهال‌های پسته می‌توان نتیجه گرفت که در حضور این قارچ میکوریزی، رشد نهال‌های پسته بیشتر شده و از آثار مخرب شوری روی پایه‌ها کاسته می‌شود. هر چند که پایه سرخس (حساس به شوری)، توانست در شرایط بدون NaCl و نیز عمدتاً در شوری‌های پایین بیشترین تأثیر ناشی از کلنیزاسیون GmS را روی این ویژگی‌ها نشان دهد اما در پایه های قزوینی و آتلانتیکا (متحمل به شوری) این تأثیر تا شوری متوسط نیز مشاهده شد. هم‌چنین در بالاترین سطح شوری که تأثیر جدایه خاک شور بر کلیه خصوصیات اندازه‌گیری شده کمرنگ‌تر بود درصد کاهش در پایه‌های متحمل به شوری کمتر از سرخس بود.

منابع

جهت ملاحظه به صفحات (18-15) متن انگلیسی مراجعه شود.