علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۳ (ص ۳۰۷-۲۹۷)

اثر قارچ میکوریز آربسکولار (*Glomus mosseae*) و باکتری سودوموناس فلورسنس بر رشد رویشی دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی در چهار رژیم مختلف آبیاری

افسانه شول[1*]، محمدحسین شمشیری[2]، عبدالرضا اخگر[3] و مجید اسماعیلی‌زاده[4]
۱، ۲، ۳ و ۴. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان
(تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۱۱ - تاریخ تصویب: ۹۱/۸/۳)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریز آربسکولار (*Glomus mosseae*) و باکتری سودوموناس فلورسنس سویه P_{52} بر رشد رویشی دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی در شرایط تنش خشکی، آزمایشی با چهار سطح تنش خشکی (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌منزلهٔ شاهد و سطوح ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) و چهار سطح از کود زیستی (گیاهان بدون میکوریز و باکتری به‌منزلهٔ گیاهان شاهد، تیمار میکوریز، تیمار باکتری و تیمار ترکیبی میکوریز و باکتری) اجرا شد. در این آزمایش کاربرد باکتری به‌تنهایی و همچنین در سطوح مختلف خشکی نتوانست بر آلودگی ریشه تأثیرگذار باشد اما افزایش تنش خشکی به‌تنهایی سبب افزایش آلودگی ریشه شد. بیشترین تعداد و سطح برگ، ارتفاع ساقه، وزن خشک برگ و ساقه در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به شاهد مشاهده شد. با افزایش تنش خشکی طول ریشه افزایش یافت. وزن خشک ساقه، طول ریشه و سطح برگ در تیمار میکوریز و تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز نسبت به شاهد بیشتر بود که افزایش طول ریشه نسبت به شاهد تفاوت معنادار داشت. حداقل تعداد برگ، سطح برگ، قطر ساقه، طول ریشه و وزن خشک ساقه در تیمار باکتری نسبت به شاهد مشاهده شد. حجم ریشه و وزن خشک ریشه بیشترین میزان خود را در تیمار باکتری نشان دادند، که نسبت به شاهد اختلاف آن معنادار بود. در مجموع تیمار تلفیقی میکوریز و باکتری بیشترین تأثیر را بر افزایش رشد رویشی دانهال‌های پسته بر جای گذاشت و از نظر رطوبتی گیاهان بهترین رشد را در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه داشتند.

واژه‌های کلیدی: پستهٔ قزوینی، تنش خشکی، سودوموناس فلورسنس، میکوریز آربسکولار.

مقدمه

پسته یکی از محصولات مهم صادراتی کشور ایران به حساب می‌آید که به‌طور عمده در استان کرمان و به‌ویژه در شهرستان رفسنجان تولید می‌شود که بنا به گزارش‌ها یکی از مراکز بزرگ تولید پسته در جهان است (Bagheri *et al*., 2011). با توجه به اینکه خشکی و خشکسالی از خصوصیات طبیعی و اقلیمی ایران است و میزان بارندگی در کشورمان به‌طور متوسط نزدیک به یک‌سوم متوسط جهانی است، تولید این محصول در مراکز عمدهٔ تولید آن با مشکل کمبود آب روبه‌روست (Mirzai khalilabadi, 2004). شایان یادآوری است که گرچه درخت پسته، نوعی گیاه مقاوم به خشکی است، این بدین معنا نیست که این درخت برای تولید محصول مناسب به آب کم نیاز دارد (Bagheri *et al*., 2011).

تنش خشکی یکی از تنش‌های مهم غیرزیستی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

* تلفن: ۰۹۱۳۵۸۴۹۶۰۵
E-mail: shool_136611@yahoo.com

تنش خشکی سبب کاهش فتوسنتز، بسته‌شدن روزنه‌ها بر اثر ساخته‌شدن اسیدآبسیزیک در ریشه‌ها، اختلال در ساختار غشای تیلاکوئیدها، تأثیر کاهشی روی تولید ای تی پی توسط ای‌تی‌پی آز، تأثیر روی فعالیت آنزیم روبیسکو، تأثیر روی تنفس و متابولیسم کربوهیدرات و کاهش در انتقال مواد فتوسنتزی و درنتیجه سبب کاهش رشد در گیاهان می‌شود (Nilsen & Orcutt, 1996). رشد سلول‌ها یکی از فرایندهای حساس فیزیولوژیکی وابسته به کاهش فشار تورژسانس است. رشد گیاه بر اثر تولید سلول‌های دختری در تقسیم سلول‌های مریستمی و افزایش ابعاد سلول‌های جوان ایجاد می‌شود. در شرایط کمبود آب، از طویل‌شدن سلول‌های بیشتر گیاهان با قطع جریان آب از آوند چوب به سلول‌های در حال طویل‌شدن جلوگیری می‌شود. در نتیجه خشکی سبب کاهش رشد و عملکرد می‌شود. با افزایش تنش خشکی، قطر ساقه و ارتفاع گیاه کاهش پیدا می‌کند و این کاهش به طویل‌نشدن سلول‌ها بر اثر تنش خشکی نسبت داده می‌شود. همچنین با کاهش پتانسیل آب تعداد و اندازهٔ برگ کاهش پیدا می‌کند. کاهش ایجادشده در سطح برگ توسط تنش خشکی به جلوگیری از افزایش رشد برگ توسط کاهش فتوسنتز نسبت داده می‌شود. اثر رایج تنش خشکی روی گیاهان، کاهش در وزن خشک و تر گیاه است (Anjum, 2011) و این اثر را می‌توان این‌گونه بیان داشت که به‌طورکلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد. کاهش رشد بر اثر تنش خشکی تا حدودی به اثرات تغذیه‌ای مربوط می‌شود (Narayanan, 1992).

قارچ‌های میکوریز آربسکولار بزرگ‌ترین قارچ‌های میکوریزی هستند که با تشکیل آربسکول درون سلول‌های پوست ریشه گیاه، سطح تبادل ترکیبات متابولیکی را بین قارچ و گیاه میزبان افزایش می‌دهند. قارچ‌های میکوریز با افزایش جذب عناصر کم‌تحرک مانند مس، روی و فسفر و بهبود روابط آبی گیاه سبب افزایش رشد گیاه و کاهش اثرات یون‌های سمی می‌شوند (Falahian *et al*., 2006)، همچنین آن‌ها می‌توانند میزان تحمل گیاه را به خشکی با بهبود روابط آبی گیاه، تنظیم اسمزی، افزایش تبادلات گازی برگ و میزان فتوسنتز، حفاظت در برابر خسارت اکسیداسیونی حاصل از تنش خشکی و افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز افزایش دهند (Falahian *et al*., 2006). افزایش در رشد و مادهٔ خشک در گیاهان آلوده به میکوریز به‌شدت وابسته به توانایی میکوریز در جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر است (Clark *et al*., 2000). بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاهان میکوریز در طول دورهٔ خشکی میزان رشد گیاه را افزایش می‌دهد و درنتیجه سبب مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی می‌شود (Brundrett *et al*., 1994). پژوهش‌های اندکی تا کنون بر روی همزیستی میکوریزی پسته انجام شده است. بررسی‌های پیشین نشان می‌دهد که نقش این همزیستی در افزایش مقاومت دانهال‌های پسته به تنش خشکی ناشی از بهبود در روابط آبی و اکوفیزیولوژیکی (Bagheri *et al*., 2011) و همچنین افزایش جذب برخی عناصر به‌ویژه فسفر است (Bagheri *et al*., 2012b).

باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از دو راه مستقیم و غیرمستقیم بر رشد و نمو گیاه اثر مفید داشته باشند. افزایش غیرمستقیم رشد گیاه زمانی اتفاق می‌افتد که این باکتری‌ها برخی اثرات مضر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (اغلب قارچ‌ها) را با استفاده از یک یا چندین سازوکار حذف یا تعدیل کنند (GLICK, 1995). سازوکارهایی که باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند از طریق آن‌ها به شکل مستقیم سبب بهبود و افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند عبارت‌اند از: ۱. تثبیت نیتروژن، ۲. حل‌کردن فسفات‌های نامحلول، ۳. تأمین آهن از طریق تولید سیدروفورها، ۴. تولید هورمون‌های گیاهی مانند اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها و ۵. کم‌کردن اتیلن (Kloepper *et al*., 1989). افزایش قابلیت استفادهٔ فسفر برای گیاه توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه احتمالاً مهم‌ترین نقشی است که این باکتری‌ها در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی برای گیاهان میزبان و درنتیجه، افزایش رشد آن‌ها دارند (Richardson, 2001). سیدروفورهای میکروبی می‌توانند به‌طور مستقیم و از طریق افزایش قابلیت استفادهٔ آهن در ریزوسفر سبب تحریک و افزایش رشد گیاه شوند (Kleopper *et al*., 1980). تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه اکسین سبب افزایش طول سلول‌های گیاهی و تحریک تقسیم سلولی و تمایز در گیاه می‌شود و درنتیجه، رشد را در گیاه افزایش می‌دهد (Cleland, 1990). در چندین پژوهش انجام‌شده تیمارهای میکوریز، باکتری‌های محرک رشد و کاربرد تلفیقی آن‌ها سبب افزایش رشد رویشی

گیاهان شد (Marschner *et al*., 1997; Ravnskov & Jakobsen, 1999; Sabannavar & Lakshman, 2008; Bisht *et al*., 2009).

از کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر روی پسته به‌تنهایی یا در تلفیق با میکوریز آربسکولار گزارشی در دست نیست به همین دلیل آزمایش حاضر به‌منظور بررسی نقش همزیستی میکوریزایی و باکتری بر پاسخ دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی به سطوح مختلف تنش خشکی از جنبهٔ رشد رویشی گیاهان پسته اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش

این آزمایش به‌صورت گلخانه‌ای بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰ در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان انجام شد.

مواد بیولوژیکی و تیمارها

در یک دورهٔ سه‌ماهه قارچ گلوموس موسه[1] بر روی ریشهٔ سورگوم تکثیر شد و در پایان این دوره براساس نمونه‌گیری‌های انجام‌شده میزان آلودگی ریشه حدود ۸۰ درصد تعیین شد و به دنبال آن با قطع آبیاری و حذف اندام هوایی گیاهان سورگوم، ریشه‌ها از خاک خارج و قطعه‌قطعه شدند و پس از مخلوط‌شدن با خاک ناحیهٔ ریزوسفر به‌منزلهٔ مایهٔ تلقیح در آزمایش استفاده شدند. برای رنگ‌آمیزی ریشه‌ها ابتدا آن‌ها با آب مقطر کاملاً شسته شدند و سپس به قطعات دو سانتی‌متری تقسیم و در محلول هیدروکسید پتاسیم ۱۵ درصد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. در مرحلهٔ بعد نمونه‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در محلول پراکسید هیدروژن قلیایی قرار گرفتند و سپس به‌مدت سه دقیقه در محلول یک درصد اسید کلریدریک نگهداری و سپس با معرف تریپان بلو رنگ‌آمیزی شدند (Schenck & Perez, 1990). میزان آلودگی آن‌ها براساس فرمول زیر محاسبه شد (Phillips & Hyman, 1970):

۱۰۰× (تعداد کل ریشهٔ مشاهده‌شده/ تعداد ریشهٔ آلوده به میکوریز) = درصد آلودگی ریشه

برای تلقیح گیاهان پسته با باکتری از سوسپانسیون باکتری سودوموناس فلورسنس سویه P_{52} که یک باکتری محرک رشد است، استفاده شد. تیمار قارچ و باکتری در چهار سطح شامل: تیمار باکتری، تیمار میکوریز، تیمار ترکیبی میکوریز و باکتری و گیاهان شاهد (بدون قارچ و باکتری) در زمان کشت انجام شد.

آماده‌سازی و کشت بذر

برای انجام این آزمایش از بذرهای پستهٔ رقم قزوینی استفاده شد. ابتدا خاک مزرعه و ماسه به نسبت ۲:۱ مخلوط (برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی در جدول۱ آورده شده است) و به‌مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و فشار ۱۵ اتمسفر اتوکلاو شد. برای هر گلدان به میزان ۲/۴ گرم سنگ فسفات پودرشده به‌منزلهٔ منبع فسفر نامحلول با خاک به‌صورت یکنواخت مخلوط شد. بعد از ریختن ۳/۶ کیلوگرم خاک در گلدان‌های شاهد، شش بذر جوانه‌دار پسته رقم قزوینی روی سطح خاک قرار داده شد و با دو سانتی‌متر خاک اتوکلاو شده پوشانده شد. در تیمار میکوریز ابتدا ۳ کیلوگرم خاک در گلدان ریخته و سطح خاک با ۱۰۰ گرم از مایهٔ قارچ پوشانده شد و پس از افزودن دو سانتی‌متر از مخلوط خاکی، شش بذر جوانه‌دار روی سطح خاک قرار داده و درنهایت سطح گلدان با دو سانتی‌متر دیگر از مخلوط خاکی، اتوکلاو شده پوشانده شد. در تیمار باکتری ابتدا ۳/۶ کیلوگرم خاک در گلدان ریخته و شش بذر جوانه‌دار روی سطح خاک قرار داده شد و دو سی‌سی از سوسپانسیون باکتری را با سمپلر روی هر بذر ریخته و سپس دو سانتی‌متر از خاک اتوکلاوشده روی سطح خاک ریخته شد. در تیمار تلفیقی مجموعه مراحل بالا برای هر گلدان انجام شد. پس از کشت به فاصلهٔ زمانی هر دو روز یک بار آبیاری انجام شد. در تمام طول دورهٔ آزمایش برای آبیاری از آب مقطر استفاده شد. پس از گذشت سه ماه و قبل از آغاز تیمارهای خشکی برای اطمینان از آلوده‌شدن ریشه‌ها، نمونه‌گیری از ریشهٔ گیاهان پسته به‌صورت تصادفی انجام و در آزمایشگاه میزان آلودگی ۸۰ درصد تشخیص داده شد (روش استفاده‌شده برای رنگ‌آمیزی و تعیین آلودگی در بالا توضیح داده شده است).

1. *Glomus mosseae*

تیمار خشکی

برای ایجاد تنش خشکی از ظرفیت مزرعه[1] (FC) استفاده شد. بدین صورت که ابتدا سه گلدان حاوی ۴ کیلوگرم خاک آزمایش آبیاری و روی آن‌ها با نایلون پوشانده شد تا تبخیر نشود و پس از خروج آب اضافی، گلدان‌ها مجدداً توزین شدند و میانگین اعداد به‌دست آمده به‌منزلهٔ وزن گلدان در حالت ظرفیت مزرعه در نظر گرفته شد و بقیهٔ تیمارهای خشکی برمبنای آن محاسبه شد. تیمارهای خشکی در چهار سطح شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌منزلهٔ شاهد، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه در نظر گرفته شد و تا پایان آزمایش گلدان‌ها به‌صورت روزانه توزین و مقدار آب لازم به گلدان‌ها اضافه شد.

پس از گذشت ۸۰ روز از آغاز تنش خشکی، آزمایش با خارج‌کردن گیاهان از خاک و تقسیم آن‌ها به ریشه، ساقه و برگ پایان یافت و پارامترهای زیر اندازه‌گیری شد.

پارامترهای رویشی

پارامترهای رویشی اندازه‌گیری‌شده در آزمایش شامل این موارد بود:

تعداد برگ و سطح برگ: سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf Area meter) مدل CI 202 اسکن شد و سطح برگ براساس سانتی‌متر مربع به دست آمد. ارتفاع ساقه با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد.

طول سیستم ریشه براساس روش Newman (1966) و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

= طول سیستم ریشه‌ای (سانتی‌متر مربع)

تعداد نقاط قطع شده × ۰/۵ × ۰/۷۹

حجم سیستم ریشه از طریق تغییر حجم آب در استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری وزن خشک، ابتدا گیاه از ناحیهٔ طوقه جدا و به سه قسمت برگ، ساقه و ریشه تقسیم شد و سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن شدند.

1. Field capacity

درصد آلودگی ریشه

میزان آلودگی ریشه مطابق آنچه قبلاً توضیح داده شد صورت گرفت.

طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد.

تجزیهٔ آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTATC انجام و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج مربوط به برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۲) تنها آثار تیمارهای خشکی و کود زیستی بر تعداد برگ در سطوح ۱ و ۵ درصد معنادار بودند. بیشترین تعداد برگ در سطح ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد و این سطح با سطوح دیگر تفاوت معنادار داشت و کمترین تعداد برگ مربوط به سطح مطلوب آبیاری بود (شکل ۱. A). تیمار باکتری نسبت به شاهد و سایر سطوح کود زیستی سبب کاهش معنادار تعداد برگ شد و سایر سطوح این تیمار تفاوتی با یکدیگر نداشتند (شکل ۱. B).

بر اساس نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۲)، تیمارهای خشکی و کود زیستی و همچنین برهمکنش آن‌ها، تأثیر معناداری بر سطح برگ دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی بر جای گذاشت. نتایج مربوط به اثر متقابل تیمارهای خشکی و کود زیستی بر سطح برگ در شکل۲ گزارش شده است. بیشترین سطح برگ در سطح ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و کمترین سطح برگ در شاهد مشاهده شد که تفاوت آن‌ها با هم معنادار بود. از نظر اثر کود زیستی بیشترین سطح برگ در تیمار میکوریز و کمترین میزان آن در تیمار باکتری مشاهده شد. در سطح شاهد کود زیستی سطوح مختلف تنش خشکی بر سطح برگ بی‌تأثیر بود. در تیمار باکتری سطح ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به شاهد افزایش معناداری را نشان داد. در تیمار میکوریز و تیمار ترکیبی میکوریز و باکتری با افزایش تنش خشکی سطح برگ افزایش یافت.

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی استفاده‌شده در آزمایش

٪رس	٪سیلت	٪شن	بافت	pH	EC	N %	P mg/kg	K mg/kg	Ca meq/l	Mg meq/l	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn Ppm
۱۶	۱۰	۷۴	شنی لومی	۷/۹	۱/۷	۰/۱۲	۵	۱۳۹	۶/۴	۶/۲	۲/۸۷	۱/۱۸	۰/۶۲	۲/۷۱

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس خصوصیات رویشی دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی

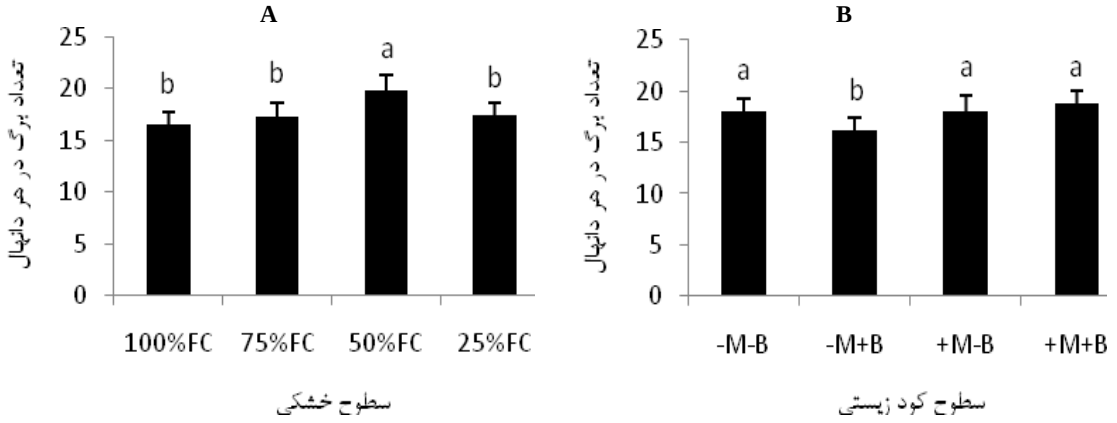
منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات								
		تعداد برگ	سطح برگ	قطر ساقه	ارتفاع ساقه	طول ریشه	حجم ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه
خشکی	۳	۳۰/۲۲**	۵۸۹۴/۱۸***	۰/۱۱۴۷ns	۹۸/۷۱**	۳۲۸۸/۷۵***	۰/۳۳۸۱ns	۵/۰۲۷***	۱/۲۴۹*	۱/۰۶۶ns
کود زیستی	۳	۲۰/۷۷*	۲۲۸۷/۴۳*	۰/۴۸۲۸***	۱۰/۴۴ ns	۱۷۴۴/۱۳**	۲/۲۳۵۱*	۰/۸۶۵ns	۲/۴۹۴**	۴/۷۸۸**
خشکی × کود زیستی	۹	۶/۷۱ns	۱۹۸۲/۵۵**	۰/۰۷۱ns	۱۳/۶۵ns	۱۰۹۰/۶۲ **	۰/۳۴۵۲ns	۰/۲۹۶ns	۰/۲۶۲ns	۰/۹۶۴ns
خطا	۴۸	۴/۹۹	۶۹۴/۲۹	۰/۰۵۰۵	۱۵/۹۶	۲۸۳/۸۳	۰/۷۷۴۶	۰/۴۸۷	۰/۳۸۰	۰/۹۵۳
CV		۱۲/۵	۲۰/۴	۸/۲	۱۴/۵	۱۶/۴	۲۳/۷	۱۷/۹	۱۹/۴	۱۹/۸

ns غیرمعنادار

*، **، *** به‌ترتیب معنادار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱؛ * تیمار کود زیستی در چهار سطح M-B-: بدون باکتری و میکوریز، M+B-: *Pseudomonas fluorescens*، M-B+: *Glomus mosseae*، M+B+: تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز و تیمار خشکی در چهار سطح شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌منزلهٔ شاهد، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه

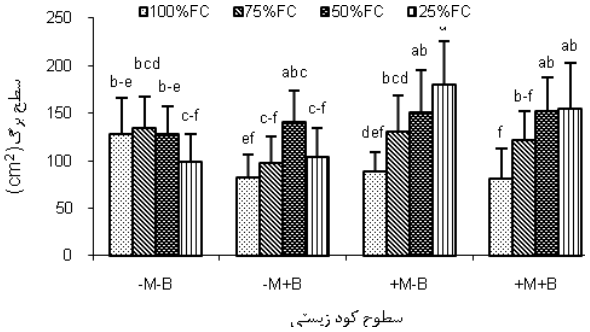
بر اساس نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۲) تنها اثر تیمار کود زیستی بر قطر ساقه و اثر تیمار خشکی بر ارتفاع ساقه از نظر آماری معنادار بود. قطر ساقه در دانهال‌های پسته تحت‌تأثیر باکتری نسبت به شاهد کاهشی معنادار یافت (حدود ۱۶ درصد) اما سایر سطوح این تیمار تأثیری بر قطر ساقه نداشتند (شکل۳. A). ارتفاع ساقه در سطح ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشتر از سایر سطوح بود و نسبت به شاهد (کمترین ارتفاع ساقه) ۲۲ درصد افزایش داشت (شکل۳. B).

بر اساس نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۲)، تیمارهای خشکی و کود زیستی و همچنین برهمکنش آن‌ها، تأثیر معناداری بر طول ریشهٔ دانهال‌های پسته رقم قزوینی داشت. نتایج تأثیر کود زیستی بر طول سیستم ریشه‌ای در تقابل با سطوح خشکی در شکل ۴ آورده شده است. با افزایش تنش خشکی طول سیستم ریشه‌ای افزایش نشان داد. تیمار میکوریز بیشترین طول ریشه را نشان داد و اختلاف آن با تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز معنادار نبود. در سطح شاهد کود زیستی و تیمار باکتری با افزایش خشکی طول ریشه افزایش یافت. در تیمار میکوریز تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به شاهد کاهش معناداری را در طول ریشه نشان داد. در تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز سطوح مختلف تنش خشکی اثر بر طول ریشه بر جای نگذاشت.



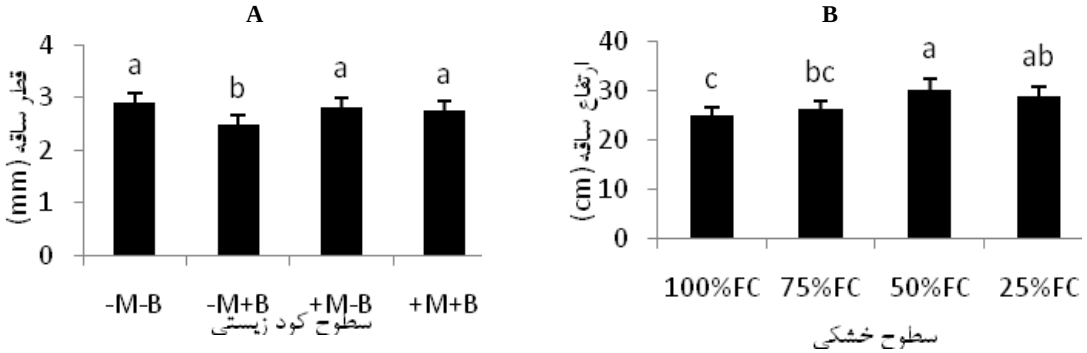
شکل ۱. اثر سطوح مختلف خشکی (A) و کود زیستی (B) بر تعداد برگ دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی

*M-B-: بدون باکتری و میکوریز، M+B-: *Pseudomonas fluorescens*، M-B+: *Glomus mosseae*، M+B+: تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز. شاخص بالای هر ستون نشان‌دهندهٔ خطای استاندارد (±SE) است. حروف مشابه نشانهٔ نبود اختلاف معنادار در آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح ۱ یا ۵ درصد است.



شکل ۲. اثر برهمکنش تنش خشکی و کود زیستی بر سطح برگ دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی

*M-B-: بدون باکتری و میکوریز، M+B-: *Pseudomonas fluorescens*، M-B+: *Glomus mosseae*، M+B+: تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز. شاخص بالای هر ستون نشان‌دهندهٔ خطای استاندارد (±SE) است.



شکل ۳. اثر سطوح مختلف کود زیستی بر قطر ساقه (A) و اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر ارتفاع ساقه (B) دانهال‌های پسته رقم قزوینی

*M-B-: بدون باکتری و میکوریز، M+B-: *Pseudomonas fluorescens*، M-B+: *Glomus mosseae*، M+B+: تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز. شاخص بالای هر ستون نشان‌دهندهٔ خطای استاندارد (±SE) است. حروف مشابه نشانهٔ نبود اختلاف معنادار در آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح ۱ یا ۵ درصد است.

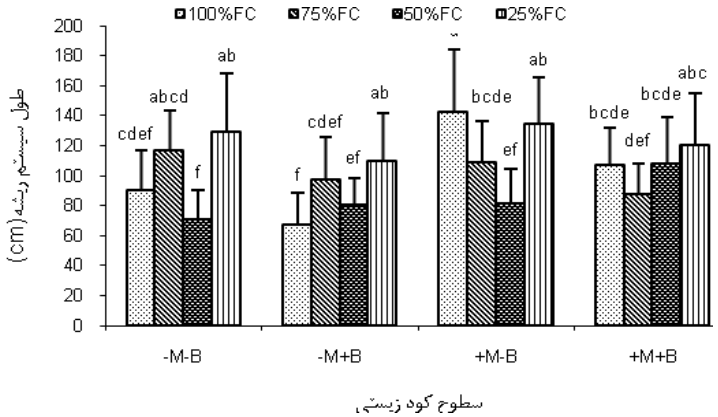
براساس نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۲) تنها اثر تیمار کود زیستی بر حجم ریشه و وزن خشک ریشه معنادار شد. نتایج مربوط به این اثرات در شکل ۵ نشان داده شده است. روند تغییرات حجم ریشه و وزن خشک ریشه مشابه بود. بیشترین میزان این پارامترها مربوط به تیمار باکتری بود. این تیمار با تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز دارای اختلاف معنادار نبود، اما با تیمار میکوریز و شاهد اختلاف معنادار داشت.

تنها اثر تیمار خشکی بر وزن خشک برگ دانهال‌ها در سطح ۰/۱ درصد معنادار بود (جدول۲). الگوی روند تغییرات وزن خشک برگ تحت‌تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی در شکل ۶ آورده شده است. وزن خشک برگ در سطح ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به شاهد افزایش معنادار ۴۴ درصدی نشان داد.

بر اساس نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول۲) تنها اثر تیمار خشکی و کود زیستی بر وزن خشک ساقه معنادار شدند. نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف خشکی و کود زیستی بر وزن خشک ساقه در شکل ۷ آورده شده است. وزن خشک ساقه نیز مانند سایر پارامترها در سطح ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشترین میزان را به خود اختصاص داد. بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار میکوریز و تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز مشاهده شد که با شاهد اختلاف معنادار نداشتند، اما با کمترین وزن خشک ساقه که در تیمار باکتری مشاهده شد، از نظر آماری اختلاف معنادار بود.

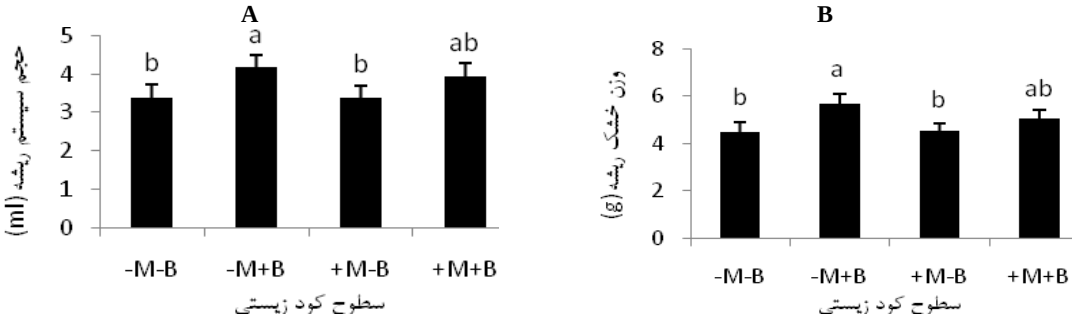
اثر برهمکنش تیمارهای کود زیستی و تنش خشکی بر آلودگی ریشه در شکل ۸ آورده شده است. کاربرد باکتری به‌تنهایی و همچنین در سطوح مختلف خشکی نتوانست بر آلودگی ریشه تأثیرگذار باشد، اما افزایش تنش خشکی به‌تنهایی سبب افزایش آلودگی ریشه شد.

در آزمایشی که انجام شد بیشترین میزان در پارامترهای رویشی تعداد و سطح برگ، ارتفاع ساقه، وزن خشک برگ و ساقه در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و کمترین میزان آن در سطح مطلوب آبیاری مشاهده شد. در برخی آزمایشاتی که انجام شده است نتایج به‌دست‌آمده با نتایج آزمایش حاضر مغایرت دارد (Yordanov *et* al., 2003; Maftoun & Sepaskhah, 1981). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد که سیستم ریشه‌ای پسته بیشترین کارایی را در سطوح آبی پایین‌تر از ظرفیت مزرعه دارد که این نکته می‌تواند در شرایط بحران آبی منطقه حائز اهمیت فراوان باشد. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های پیشین روی همزیستی میکوریزی پسته در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد (Bagheri *et al*., 2011; Bagheri *et al*., 2012b).



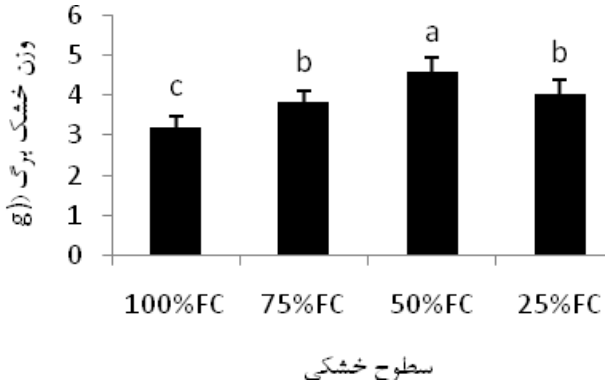
شکل ۴. اثر برهمکنش تنش خشکی و کود زیستی بر طول ریشه دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی

*-M-B: بدون باکتری و میکوریز، -M+B: *Pseudomonas fluorescens*، +M-B: *Glomus mosseae*، +M+B: تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز.

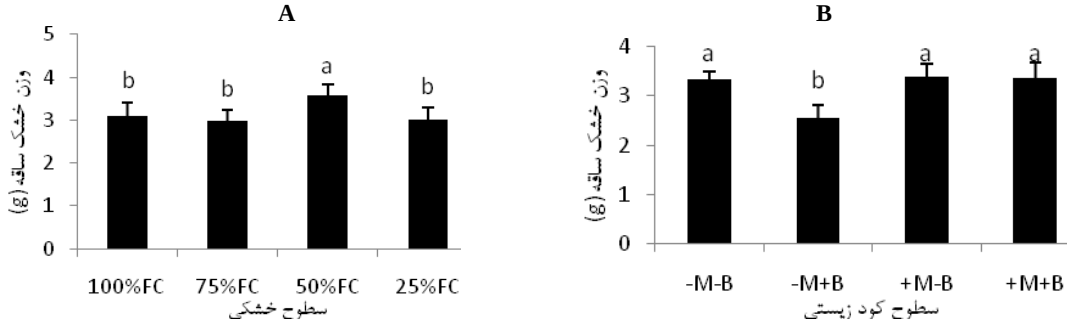


شکل ۵. اثر سطوح مختلف کود زیستی بر حجم ریشه (A) و وزن خشک ریشه(B) دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی

*-M-B: بدون باکتری و میکوریز، -M+B: *Pseudomonas fluorescens*، +M-B: *Glomus mosseae*، +M+B: تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز. شاخص بالای هر ستون نشان‌دهندهٔ خطای استاندارد (±SE) است.

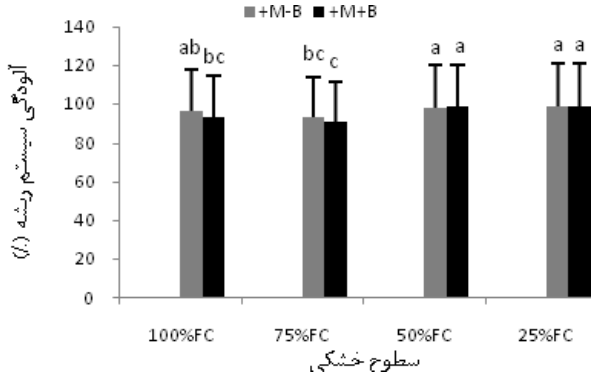


شکل۶. اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن خشک برگ دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی



شکل ۷. اثر سطوح مختلف خشکی (A) و کود زیستی (B) بر وزن خشک ساقهٔ دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی

*M-B: بدون باکتری و میکوریز، M+B-: *Pseudomonas fluorescens*، M-B+: *Glomus mosseae*، M+B+: تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز.



شکل ۸. اثر بر همکنش سطوح مختلف خشکی و کود زیستی بر آلودگی ریشهٔ دانهال‌های پستهٔ رقم قزوینی

*M-B: *Glomus mosseae*، M+B+: تیمار ترکیبی *Glomus mosseae* و *Pseudomonas fluorescens*.

بررسی‌های به‌عمل‌آمده در این آزمایش بیانگر وجود همبستگی معناداری بین تعدادی از پارامترهای رویشی و کارایی استفاده از آب بود (ضریب همبستگی به‌دست‌آمده برای پارامترهای تعداد برگ، ارتفاع ساقه، وزن خشک برگ و ساقه به‌ترتیب ۰/۸، ۰/۹۴، ۰/۸ و ۰/۹ بود)، در نتیجه با توجه به اینکه بیشترین میزان کارایی استفاده از آب در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد (نتایج آورده نشده است)، بنابراین گیاهان در این سطح از تنش خشکی بیشترین میزان این پارامترهای رویشی را نشان دادند و این نتیجه با نتیجه‌ای که Baghani & Ghodsi (2005) روی گیاه گندم گرفتند و در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه بیشترین میزان رشد مشاهده شد، مطابقت دارد. در آزمایشی که انجام شد با افزایش تنش خشکی طول ریشه افزایش نشان داد. گیاهان مقاوم به تنش خشکی برای استفادهٔ بهینه از آب موجود در خاک در شرایط کمبود آب طول ریشه خود را افزایش می‌دهند و این افزایش طول ریشه با کاهش قطر ریشه همراه است و درنتیجه، ریشهٔ گیاه بهتر می‌تواند به منافذ خاک نفوذ و آب را جذب کند. تنش خشکی سبب ظهور ژن‌های تولیدکنندهٔ پروتئین اکسپانزین می‌شود و تولید این پروتئین در ریشه زیاد شده و این پروتئین سبب سست‌کردن پیوندهای دیگلوکان بین رشته‌های سلولزی در دیوارهٔ سلولی می‌شود و به دنبال سست‌شدن دیوارهٔ سلولی با جذب آب و تورژسانس سلولی سلول‌ها بزرگ و نیز سبب افزایش طول ریشه می‌شوند (Wu *et al*., 2001). این نتیجه با نتیجه‌ای که Aliabadi Farahani (2010) روی گیاه گشنیز گرفت و افزایش تنش خشکی سبب افزایش طول ریشه شد، مطابقت دارد.

در پژوهش‌های زیادی که صورت گرفته، ثابت شده است که قارچ‌های میکوریز بر رشد رویشی بسیاری از گیاهان که با آن‌ها ارتباط همزیستی برقرار کرده‌اند تأثیر داشته‌اند و سبب افزایش رشد شده‌اند. در آزمایشی که انجام شد نشان داده شد که میزان رشد در پارامتر طول ریشه در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان بدون میکوریز بیشتر بود. افزایش رشد رویشی گیاهان بر اثر تیمار با میکوریز، قبلاً نیز توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (Mizoguchi, 1992; Al-Karaki,

1997; Caracava, 2005; Qiangsheng, 2006; James *et al*., 2008). سازوکارهای مختلفی در زمینهٔ تأثیر میکوریز بر رشد رویشی گیاهان ذکر شده است. یکی از این سازوکارهای مهم تأثیر میکوریز بر جذب عناصر غذایی ازجمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک است (James *et al*., 2008). به‌طورکلی، تحرک فسفر در خاک کم است و زمانی که تنش خشکی ایجاد می‌شود، از این تحرک در عناصر بیشتر کاسته و سرعت انتشار آن‌ها در خاک محدود می‌شود. از آنجایی که ریشهٔ گیاهان قادر است مواد غذایی اطراف ریزوسفر را جذب کند، درنتیجه در این شرایط دچار مشکل می‌شود و جذب کاهش می‌یابد. میکوریزها قادرند با استفاده از گسترش ریشه‌های خارجی و افزایش سطح جذب ریشه فاصلهٔ بین مواد غذایی و ریشه را کاهش دهند (James *et al*., 2008). طول ریشه در تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز نیز نسبت به شاهد بیشتر بود. در پارامتر تعداد برگ بیشترین میزان در تیمار ترکیبی باکتری و میکوریز نشان داده شد. نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تعدادی از آزمایش‌ها مطابقت دارد (Ravnskov & Jakobsen, 1999; Sabannavar & Lakshman, 2008). در میان باکتری‌های محرک رشد گیاه، گروه سودوموناس‌های فلورسنس به‌دلیل توانایی در تولید دامنهٔ وسیعی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه، ترکیبات کلات‌کنندهٔ آهن، تولید اسیدهای آلی (اسید سوکسینیک و اسید لاکتیک) و حل‌کردن فسفر و درنهایت کنترل زیستی عوامل بیماریزای گیاهی اهمیت فراوان دارند و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم سبب افزایش رشد گیاه می‌گردند. اگرچه معمولاً مقدار فسفر کل خاک زیاد است، اما مقدار فسفر قابل استفاده برای گیاهان پایین است، چراکه عمده فسفر خاک به شکل‌های غیرمحلول است. میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفات نقش بسیار مهمی در حل ترکیبات نامحلول فسفر در خاک ایفا می‌کنند (Raju, 1999 & Reddy). این باکتری‌ها معمولاً از طریق ترشح اسیدهای آلی و فسفاتازها سبب تبدیل شکل‌های نامحلول معدنی و آلی فسفر به شکل‌های قابل جذب می‌شوند (Kim *et al*., 1998). باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات با قابلیت تولید سیدروفورها می‌توانند سبب شوند که سیدروفور با آهن موجود در خاک تولید کمپلکس آهن و سیدروفور کند و از این طریق سبب افزایش قابلیت استفادهٔ آهن و افزایش رشد گیاه شوند (Neilands, 1981). جذب سیدروفورهای میکروبی توسط گیاه به میکروارگانیسم‌هایی که در بافت ریشه‌ای گیاه حضور دارند و با میکروارگانیسم‌هایی که ارتباط نزدیکی با سطح ریشه برقرار می‌کنند، نسبت داده می‌شود (Bar-ness *et al*., 1992). یکی از سازوکارهای مهمی که از طریق آن باکتری‌های محرک رشد گیاه سبب افزایش رشد و نمو گیاه می‌شوند، تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه اکسین است. ایندول-۳-استیک اسید (IAA) یکی از فعال‌ترین اکسین‌ها از نظر فیزیولوژی است. ثابت شده است که IAA سبب افزایش طول سلول‌های گیاهی و تحریک تقسیم سلولی و تمایز در گیاه می‌شود و درنتیجه رشد را در گیاه افزایش می‌دهد (Cleland, 1990). همان‌طور که قبلاً ذکر شد قارچ‌های میکوریز سبب افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو به‌ویژه فسفر در گیاه می‌شوند، بنابراین مایه‌کوبی این دو میکروارگانیسم با هم می‌تواند سبب افزایش رشد در گیاه شود. حداقل تعداد برگ، قطر ساقه، وزن خشک ساقه در تیمار باکتری نسبت به شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج همبستگی بین این پارامترها و میزان فسفر گیاه چون کمترین میزان فسفر گیاه، در این سطح وجود دارد و اهمیت فسفر در ساختارهای مولکولی مهم نظیر اسیدهای نوکلئیک، نقش آن در فتوسنتز و تقسیم‌بندی کربن بین کلروپلاست و سیتوپلاسم ثابت شده است (Shuman, 2000)، بنابراین طبیعی است که میزان این پارامترها در این سطح کود زیستی نسبت به سطوح دیگر کمتر باشد و همچنین با توجه به اینکه بیشترین مقدار حجم ریشه و وزن خشک ریشه در تیمار باکتری است و این مسئله به این علت است که یکی از سازوکارهای مهمی که از طریق آن باکتری‌های محرک رشد گیاه سبب افزایش رشد و نمو گیاه می‌شوند تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و بالاخص اکسین‌هاست که سبب افزایش طول سلول‌های گیاهی و تحریک تقسیم سلولی می‌شوند (Cleland, 1990). در نتیجه، احتمال می‌رود با افزایش انبوهی ریشه نیاز به عناصر و به‌خصوص فسفر برای عمل تنفس و سایر سوخت و سازهای ریشه بالا می‌رود، بنابراین عناصری که از ریشه جذب می‌شوند و به‌خصوص فسفر در خود ریشه مصرف و صرف رشد ریشه می‌شوند، درنتیجه با انتقال‌نیافتن عناصر به اندام هوایی قسمت هوایی گیاه در

این سطح از کود زیستی کمترین میزان رشد را نشان می‌دهد. با کاربرد کود زیستی نسبت به گیاهان شاهد بیشترین میزان سطح برگ در تنش خشکی ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه نسبت به سطح شاهد مشاهده شد. این افزایش را می‌توان به وجود میکوریز و باکتری نسبت داد. در حضور باکتری همان‌طور که قبلاً ذکر شد فسفر نامحلول به فسفر محلول و قابل جذب تبدیل می‌شود و فسفر قابل جذب بیشتری برای گیاه فراهم می‌شود. در شرایط خشکی میکوریز جذب بعضی از عناصر را نسبت به گیاهان بدون میکوریز افزایش می‌دهد و درنتیجه میزان مقاومت گیاهان را به تنش خشکی بالا می‌برد. ازجملهٔ این عناصر می‌توان به فسفر پتاسیم و بعضی عناصر کم‌مصرف مانند روی، مس، آهن اشاره کرد. این تقریباً در بین دانشمندان پذیرفته شده است که میکوریز مقاومت به تنش خشکی را در گیاه میزبان از طریق بهبود وضعیت تغذیه‌ای افزایش می‌دهد. یکی از نقش‌های مهم میکوریز در ارتباط با همزیستی، جذب فسفر در تنش خشکی است که مقاومت گیاهان را در برابر خشکی افزایش می‌دهد (Lie *et al*., 1991).

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش گیاهان در تنش خشکی متوسط (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) بهترین رشد را نسبت به شاهد نشان دادند، در نتیجه می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که دانهال‌های پسته برای رشد حداکثر نیازی به رطوبت کامل نداشته و به‌عکس نیاز به تهویهٔ خاکی بیشتری دارند که این نکته در اقتصاد آب مناطق پرورش پسته اهمیت فراوانی دارد. نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد میکوریز و کاربرد تلفیقی آن با باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات می‌تواند رشد گیاه پستهٔ قزوینی را افزایش دهد. با تأکید بر این نکته که کاربرد سنگ فسفات ارزان‌قیمت به همراه باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات و میکوریز می‌تواند یک استراتژی سه‌جانبهٔ مؤثر در کاهش هزینه‌های مربوط به استفاده از کودهای فسفره باشد.

REFERENCES

1. Al-Karaki, G. N. & Al-Ruddad, A. (1997). Effect of arbuscular myocrrhizal fungi and drought stress on grow and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Mycorrhiza*, 7, 83-88.
2. Aliabadi Farahani, H. (2010). Effect of Triple super phosphate, water stress, Biological fertilize *Glomus hoi* on some of Qualitative and quantitative traits of Medicinal plant *Coriandrum sativum* L. *Journal of Green science*, 5 (1), 7-15.(In Farsi).
3. Anjum, Sh. A., Xie, X. Y., Wang, Ch. L., Saleem, M. F., Man Ch. & Lei. W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 2026-2032.
4. Baghani, J. & Ghodsi, M. (2005). Effect of water stress on Wheat cultivars. *Journal of Khorasan Agricultural Research Center*, 109 (19), 12-20.(In Farsi).
5. Bagheri, V., Shamshiri, M. H., Shirani, H. & Roosta, H. R. (2011). Effect of mycorrhizal inoculation on ecophysiological responses of pistachio plants grown under different water regimes. *Photosynthetica*, 49, 531-538.
6. Bagheri, V., Shamshiri, M. H., Shirani, H. & Roosta, H. R. (2012a). Nutrient Uptake and Distribution in Mycorrhizal Pistachio Seedlings under Drought Stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 1591-1604.
7. Bagheri, V., Shamshiri, M. H., Shirani, H. & Roosta, H. R. (2012b). Effect of arbuscular mycorrhizae and drought stress on growth indexes, water relations and proline as well as soluble carbohydrate content in pistachio (*pistacia vera*) rootstock seedlings. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42, 365-377.
8. Bar-ness, E., Hadar Y., Chen, Y., Shanzer, A. & Libman, J. (1992). Iron uptake by plants from microbial siderophores. *Plant Physiology*, 99, 1329-1335.
9. Bisht, R., Chaturvedi, S., Srivastava, R., Sharma, A. K. & Johri, B. N. (2009). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas fluorescens* and *Rhizobium leguminosarum* on the growth and nutrient status of *Dalbergia sissoo* Rox. *Tropical Ecology*, 50, 231-242.
10. Brundrett, M., Melville, L. & Peterson, L. (1994). *Practical methods in mycorrhiza research*. Mycologue, Sydney.
11. Caracava, F., Alguacil, M. M., Hernandes, J. A. & Roldan, A. (2005). Involvment of antioxidant enzyme and nitrate reductase activities during water stress and recovery of Mycorrhizal myrtus communis and Phillyrea folia plants. *Plant Science*, 169, 191-197.
12. Clark, R. B, & Zeto, S. K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 867-902

13. Cleland, R. E. (1990). Auxin and cell elongation. In: Davies, P. J. (Ed.), *Plant hormones and their role in plant growth and development*. (pp. 132-148.) Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
14. Falahian, F. H., Abaspor, H., Fahimi, H. & Khavarinejad, R. (2006). Study effect of Endomycorrhiza on Nutrient uptake and Pistachio plant growth in under salty stress. *Journal of Research and development in agriculture and horticulture*, 82-86.(In Farsi).
15. Glick, B. R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 41, 109-117.
16. Kleopper, J. W., Leong, J., Teintze, M. & Schroth, M. N. (1980). Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth promoting rhizobacteria. *Nature*, 286, 885-886.
17. Kleopper, J. W., Lifshittz, R. & Zablotowicz, R. M. (1989). Free-living bacterial inocula for enchancing crop productivity. *Trends in Biotechnology*, 7, 39-43.
18. Kim, K. Y., Jordan, D. & McDonald, G. A. (1998). Effect of phosphate-solubilizing bacteria and d vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biology and Fertility of Soils*, 26, 79-87.
19. Lie, X. L., George, E. & Marschner, H. (1991). Extension of phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil. *Plant and Soil*, 135, 41–48.
20. James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E. & Tariq H. (2008). Effect of vesicular arbescular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistavce of *Senna Spectabilis*. *Pakistan Journal of Botanicaly*, 40, 2217-2224.
21. Maftoun, M., & A. R. Sepaskhah. (1981). Relative salt tolerance of eight wheat cultivars. *Agrochemical*, 33, 1-14.
22. Marschner, P., Crowley, D. E. & Higashi, R. M. (1997). Root exudation and physiological status of a root- colonizing fluorescent pseudomonad in mycorrhizal and non-mycorrhizal pepper (*Capsicum annuum* L.). Kluwer Academic Publisher. *Plant and Soil*, 189, 11-20.
23. Mirzai khalilabadi, H. (2004). Determination of amount eficiency water in production of pistacia. *Journal of Research and development in agriculture and horticulture*, 63, 43-49.(In Farsi).
24. Mizoguchi, T. (1992). Effects of inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of non-nodulated *Acacia* spp. seedlings in two soil water regimes. *Japanese Journal of Socology*, 74, 409–419.
25. Narayanan, A. (1992). Nutritional approaches for drought management in agricultur crops. A review. *Plant Physiology*, 19, 59-64.
26. Neilands, J. B. (1981). Iron absorption and trasport in microorganisms. *Annual Review of Nutrition*, 1, 27-46.
27. Newman, E. I. (1966). A metod of estimating the total length of root in a sample. *Journal Application Ecology*, 3, 139-145.
28. Nilsen, E. & Orcutt, D. (1996). *Physiology of plants under stress. Abiotic Factors*. Wiley Publication.
29. Phillips, J. & Hyman, D. (1970). Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Socology*, 55, 158-161.
30. Qiangsheng, W., Renxue, X. & Zhengjia, H. (2006). Effect of arbuscular mycorrhizal on the drought tolerance of *Poncirus Trifoliate* seedling. *Frontiers of Forestry in China*, 1, 100-104.
31. Raju, R. A. & Reddy, M. N. (1999). Effect of rock phosphate amended with phosphate solubilizing bacteria and farmyard manure in wetland (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agriculture Science*, 69, 451-453.
32. Ravnskov, S. & Jakobsen, I. (1999). Effects of *Pseudomonas fluorescens* DF57 on growth and p uptake of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with cucumber. Orginal Paper. *Mycorrhiza*. 8, 329-334.
33. Richardson, A. E. (2001). Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28, 897-906.
34. Sabannavar, S. J. & Lakshman, H. C. (2008). Interactions between azotobacter, pseudomonas and arbuscular mycorrhizal Fungi on two varieties of *Sesamum indicum* L. *Journal Agronomy and Crop Science*, 194, 470-478.
35. Schenck, N. C. & Perez, K. (1990). *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi*. Synergistic Publishing Gainesville, Florida, USA.
36. Shuman, L. M. (2000). Mineral nutrition, In: Wikinson, R. E. (Ed.), *Plant-environment interactions*. (pp. 65-111.) Marcel Dekker Inc, New York.
37. Wu, Y., Thorne, E. T., Sharp, R. E. & Cosgrove, D. J. (2001). Modification of Expansin Transcript Levels in the Maize Primary Root at Low Water Potentials. *Plant Physiology*, 126, 1471-1479.
38. Yordanov, I., Velikova, V. & Tsonev, T. (2003). Plan responses to dtought and stress tolerance. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 21, 187–206.