تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد، شاخص‌های رشد و غلظت عناصر پرمصرف گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش کادمیم

اکبر نعمتی[1] و احمد گلچین

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه زنجان؛ **akbar_nemati67@yahoo.com**

استاد دانشگاه زنجان؛ **agolchin2011@yahoo.com**

دریافت: **91/11/9** و پذیرش: **92/10/24**

چکیده

کادمیم (Cd) یکی از عناصر غیرضروری و سمی برای گیاهان است که غلظت‌های بالای آن باعث کاهش شدید عملکرد و نامطلوب شدن کیفیت محصولات کشاورزی برای مصرف می‌شود. بمنظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد، شاخص‌های رشد و غلظت عناصر پرمصرف بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش کادمیم یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد بررسی عبارت بودند از سطوح مختلف آلودگی خاک به کادمیم (صفر، 5، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و 80 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و ترکیب کود زیستی که خاک با آن تلقیح گردید. دو نوع کود زیستی شامل (M_1) : باکتری ازتوباکتر + قارچ میکوریز (VAM) + باکتری آزوسپریلوم و (M_2): باکتری محرک رشد گیاه (PGPR) + قارچ میکوریز (VAM) + باکتری آزوسپریلوم و یک تیمار بدون کود زیستی (M_0) نیز به عنوان شاهد در این آزمایش در نظر گرفته شد. کاربرد کودهای زیستی شاخص‌های رشد، عملکرد و غلظت عناصر بخش هوایی و ریشه گیاه گیاه گوجه‌فرنگی را نسبت به تیمار شاهد بطور معنی‌داری افزایش داد، ولی آلودگی خاک به کادمیم رشد گیاه را کاهش داد و با افزایش سطح آلودگی غلظت عناصر پرمصرف بخش هوایی و ریشه، شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه کاهش یافت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تلقیح خاک با کودهای زیستی می‌تواند اثر سوء کادمیم بر رشد گیاه را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: کودهای زیستی، باکتری محرک رشد، قارچ میکوریز، آلودگی خاک با کادمیم، گیاه گوجه‌فرنگی

مقدمه

خاک جزء مهم و اساسی محیط‌زیست است که نقش بارزی در تغذیه و سلامت انسان، گیاهان و جانوران ایفا می‌کند (سپهوند، 1386). آلودگی خاک به فلزات سنگین به دلیل سمیت و پایداری آنها در خاک و نگرانی از به مخاطره افتادن سلامت انسان و موجودات زنده مورد توجه زیاد قرار گرفته است (هامورکو و همکاران، 2010). به همین دلیل بررسی تأثیر عناصر سنگین بر اجزاء محیط‌زیست در چند دهه گذشته و در حال حاضر موضوع بسیاری از پژوهش‌های زیست محیطی بوده است (فاسچینلی و همکاران، 2001). غلظت فلزات سنگین در خاک به نوع و ترکیب شیمیایی مواد مادری خاک و فعالیت‌های انسانی که منجربه افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌شود، بستگی دارد (میرسال، 2008). محصولات پرورش یافته در خاک‌های آلوده، فلزات سنگین را جذب کرده و این امر خطر مصرف آنها را برای انسان و حیوانات افزایش می‌دهد (فو و همکاران، 2008). استفاده از تکنولوژی، صنعتی شدن جوامع و فعالیت‌های شهری خطر آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین را افزایش داده است. آلاینده‌ها از طروق مختلف از جمله دفع زباله‌های صنعتی، احتراق زغال سنگ و

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: زنجان، بلوار دانشگاه-دانشگاه زنجان-دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی علوم خاک

سایر سوخت‌های فسیلی، سوزاندن پسماندها، استفاده از کودهای شیمیایی و سموم در کشاورزی وارد خاک می‌شوند (سان و همکاران، 2010). آلودگی خاک به عناصر سنگین نظیرکادمیوم، روی و سرب به دلیل توانایی بالقوه در آسیب‌رسانی به سلامت انسان‌ها و موجودات زنده در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته و تلاش شده است که از ورود این عناصر به چرخه طبیعت تا حد امکان جلوگیری شود (بولان و همکاران، 2003). از این رو پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین و روش‌های کاهش قابلیت جذب آن توسط گیاه بوسیله محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (زانگ و جیانگ، 2008). قارچهای میکوریزی از جمله میکرو ارگانیسم‌هایی هستند که با ریشه گیاهان مختلف ایجاد همزیستی می‌کنند و از مهمترین فوائد آن‌ها می‌توان به افزایش جذب آب، کمک به کاهش تنش‌های محیطی مثل شوری و غلظت زیاد فلزات سنگین اشاره نمود (آزکون و الاطرش، 1997). برخی از گزارش‌ها نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزی تحمل گیاهان را در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین افزایش می‌دهند و مکانیسم اصلی افزایش تحمل گیاه اتصال فلزات سنگین به هیف‌های قارچ در ریزوسفر گیاه می‌باشد (زو و همکاران، 2001). باکتری‌های محرک رشد گیاه نیز، رشد و توسعه گیاه میزبان را در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین از طریق کاهش اثرات سمی آنها بهبود می‌بخشند. کودهای زیستی مایه‌های تلقیح میکروبی هستند که حاوی، باکتری‌های مختلف از جنس‌های *آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر*، *سودوموناس*، و غیره می‌باشند و با مکانیسم‌های متعدد از جمله تثبیت نیتروژن، آزاد کردن عناصرغذایی در خاک، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، افزایش کارایی جذب ریشه و داشتن اثرات آنتاگونیستی بر میکروارگانیسم‌های بیماریزا، موجب رشد و افزایش عملکرد گیاه می‌شوند (باشو و همکاران، 2008). از فواید تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد مثل *آزوسپریلوم*، می‌توان به افزایش رشد و عملکرد گیاه از طریق تثبیت نیتروژن، افزایش توسعه ریشه و جذب بیشتر مواد معدنی اشاره نمود. علاوه بر تثبیت نیتروژن، *آزوسپریلوم* با تولید مواد ارتقا دهنده رشد مثل ایندول استیک اسید و جیبرلیک اسید نقش مهمی در افزایش رشد گیاه ایفا می‌کند. ایندول استیک اسید تولید شده از *آزوسپریلوم* باعث افزایش هورمون‌های درونی گیاه که مسئول گرده افشانی و رشد عرضی هستند شده و در نهایت تولید میوه و دانه افزایش می‌یابد (پرمسکار و راجاشری، 2009). بنابراین برای دستیابی به کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی مثل باکتری‌های محرک رشد و دیگر میکروارگانیسم‌های سودمند امری اجتناب‌ناپذیر است (باشان و هولگین، 1997). باید توجه کرد که کشاورزی ارگانیک تعادل زیست محیطی را حفظ کرده و پایداری سطوح تولید را بدون آلوده کردن خاک، آب و هوا فراهم می‌کند. کودهای‌زیستی می‌توانند با تولید مواد محرک رشد گیاه اثر سوء تنش‌های محیطی را بر گیاه کاهش دهند (صدیقی و همکاران، 2004). مطالعات محدودی در زمینه کاربرد کودهای زیستی برای کاهش اثر سوء فلزات سنگین بر رشد گیاه صورت گرفته است. در همین راستا و با توجه به نقش سودمند کودهای زیستی در رشد و نمو گیاه و کاهش تنش‌های محیطی، این تحقیق بمنظور بررسی تأثیر این کودها بر رشد و نمو گوجه‌فرنگی تحت تنش کادمیم شکل گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کودهای‌زیستی بر شاخص‌های رشد، عملکرد و غلظت عناصر پرمصرف بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش کادمیوم در خاک‌های آلوده به کادمیم تحقیق حاضر بصورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار در گلخانه به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تیمارهای کود زیستی و سطوح آلودگی خاک به کادمیم بودند. تیمارهای کود زیستی شامل (M_1): باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* + قارچ میکوریز VAM (از نوع گلوموس موسائه)+ باکتری *آزوسپریلوم*، (M_2): باکتری محرک رشد (PGPR) + قارچ میکوریز VAM (از نوع گلوموس موسائه) + باکتری آزوسپریلوم و (M_0): تیمار شاهد (فاقد کود زیستی) بودند. در تیمار اول کود زیستی از باکتری‌های محرک رشد *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* که توانایی تثبیت ازت دارند استفاده شده است در حالی که باکتری محرک رشد مورد استفاده در تیمار دوم کود زیستی از نوع *سودوموناس* بود. ضمن اینکه قارچ میکوریز مورد استفاده از کلنیک گیاه‌پزشکی ارگانیک در اسدآباد همدان خریداری گردید. سایر کودهای زیستی نیز از موسسه تحقیقات و خاک و آب کرج تهیه گردیدند. سطوح کادمیم خاک (C_0، C_1، C_2، C_3، C4، C5) شامل ۴۰،۲۰،۱۰،۵،۰ و 80 میلی گرم در کیلوگرم خاک بودند و برای آلوده کردن خاک بطور مصنوعی از نمک سولفات کادمیم استفاده شد. پس از آلوده ساختن خاک با کادمیم و گذشت حدود یک ماه بمنظور ایجاد تعادل در آنها، نمونه‌های خاک آلوده به کادمیم با کودهای زیستی تلقیح گردیدند. تلقیح کودهای زیستی در خاک قرار گرفته در اطراف ریشه انجام شد. بدین ترتیب که مقداری از خاک سطحی منطقه ریشه به صورت گود برداشته شد و سپس

قارچ میکوریز و سایر کودهای زیستی با خاک برداشته شده از گلدان تلقیح گردیدند. پس از تلقیح خاک‌های آلوده با کودهای زیستی، نمونه‌های تلقیح شده در گلدان-های 6 کیلوگرمی ریخته شدند و در آنها نشاءهای گوجه-فرنگی رقم اوربانا کاشته شدند. عملکرد گیاه از روی محصول برداشت شده در چین‌های مختلف اندازه‌گیری شد. پس از اتمام دوره کشت ارتفاع گیاه و تعداد برگ و تعداد شاخه‌های فرعی در بوته اندازه‌گیری شدند. همچنین سطح برگ در بوته نیز با استفاده از دستگاه تعیین سطح برگ اندازه‌گیری گردید. بخش هوایی و ریشه گیاه پس از برداشت و شستشو با آب معمولی و مقطر در دمای 55 درجه سانتیگراد خشک شدند. سپس بخش هوایی و ریشه گیاه خشک شده به طور جداگانه آسیاب شده و پس از گذراندن از الک نیم میلیمتری به روش تر هضم گردیدند (علی احیایی و بهبهانی زاده، 1372). اندازه‌گیری منیزیم و کلسیم در نمونه هضم شده توسط دستگاه جذب اتمی مدل Spectr AA 20 (علی احیایی و بهبهانی‌زاده، 1372)، فسفر با روش رنگ‌سنجی و بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (علی احیایی و بهبهانی زاده،1372)، پتاسیم با دستگاه فیلم فتومتر (علی احیایی و بهبهانی زاده، 1372) و نیتروژن به روش کجلدال (علی احیایی و بهبهانی زاده، 1372) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار (SAS) و برای ترسیم نمودار از نرم افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 1درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکری و اجزای عملکرد

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر کودهای زیستی و سطوح آلودگی خاک به کادمیم بر شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه گوجه فرنگی در سطح 1% و اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی، در سطح 5% معنی‌دار بود (جدول1).

کاربرد کود زیستی عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی را بطور معنی‌داری (در سطح 1%) افزایش داد (جدول1). بیشترین میزان عملکرد از تیمار کود زیستی M_1 و کمترین میزان آن از تیمار بدون تلقیح یا (شاهد) بدست آمد (شکل1 الف). در آزمایشی که توسط سانهیتا-جوپتا و همکاران (1995) انـجام شد تلقیح بذرهای گوجه‌فرنگی با سه نوع باکتری *آزوسپریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس* سبب افزایش رشد رویشی گیاه و در نـهایت عملکرد گیاه شد. اردکانی (1379) طی تحقیقی نشان داد که تلقیح گندم با *آزوسپیریلوم برازیلنس* موجب افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. سطوح کادمیوم عملکرد گیاه را بطور معنی‌داری و در سطح احتمال 1% کاهش داد (جدول1). بیشترین مقدار عملکرد از سطح 5 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و کمترین میزان آن از سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل1 ب). اثر متقابل کود زیستی و سطوح کادمیم نیز در سطح 5% بر میزان عملکرد معنی‌دار بود (جدول1). بیشترین مقدار عملکرد از تیمار 5 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و کود زیستی M_1 و کمترین مقدار عملکرد از تیمار 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و عدم استفاده از کود زیستی (M_0) حاصل شد (جدول2). اگر چه بکارگیری کود زیستی M_2 باعث افزایش غلظت برخی عناصر پرمصرف در بخش هوایی و زمینی گیاه گوجه-فرنگی شد ولی بیشترین عملکرد از بکارگیری کود زیستی M_1 حاصل شد. این امر احتمالاً می‌تواند ناشی از افزایش قابل توجه غلظت نیتروژن بخش هوایی و زمینی گیاه گوجه‌فرنگی در اثر مصرف کود زیستی M_1 باشد.

تلقیح با کودهای‌زیستی ارتفاع گیاه را بطور معنی‌داری (در سطح 1%) افزایش داد (جدول 1). بیشترین میزان ارتفاع گیاه در اثر تلقیح با کودزیستی M_2 و کمترین میزان این صفت از تیمار بدون تلقیح (M_0) حاصل شد (شکل2 الف). نتایج آزمایش خرم دل و همکاران (1387) نشان داد که تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، در مقایسه با تیمار شاهد شد و ارتفاع گیاه در تیمار حاوی *آزوسپریلوم* و قارچ میکوریز نسبت به سایر تیمارهای مورد آزمایش بیشتر بود. ولی نتایج اردکانی و همکاران (1386) نشان داد که کاربرد *آزوسپریلوم* به تنهایی هیچ گونه تأثیر معنی-داری بر ارتفاع گیاه و عملکرد دانه نداشت. عقیقی و همکاران (1389) گزارش کردند که اثر تلقیح بذور دو رقم گلرنگ با *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بر روی صفات وزن گیاهچه، تعداد برگ در بوته، وزن تر ساقه و برگ در بوته، وزن خشک برگ و ساقه در بوته و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. سطوح آلودگی خاک به کادمیم بطور معنی‌داری (در سطح 1%) ارتفاع گیاه را کاهش داد (جدول 1). بیشترین مقدار ارتفاع گیاه از تیمار بدون کادمیوم و کمترین میزان آن از تیمار80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل2 ب). نتایج آزمایش یعقوب زاده و همکاران (1390) نشان داد که اثر سطوح کادمیم بر صفات مورفولوژیک گیاه معنی‌دار بود و بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار شاهد (بدون کادمیوم) و کمترین میزان ارتفاع از غلظت 400 میلی گرم نیترات کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد. افزایش

غلظت کادمیم در بستر رشد گیاه سبب کاهش محتوای آب گیاه از طریق تأثیر بر کانال‌های آبی تونوپلاست گردید و به دنبال آن کاهش طویل شدگی یاخته‌ای و کاهش طول اندام هوایی اتفاق افتاد (یعقوب زاده و همکاران، 1390). ارتفاع گیاه تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی است و غلظت‌های بالای عناصر سنگین می‌تواند آنرا تحت تأثیر قرار داده و کاهش دهند (یعقوب زاده و همکاران، 1390). اثر متقابل سطوح کادمیم و کود زیستی بر میزان ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول1).

کاربرد کودهای زیستی میزان سطح برگ را بطور معنی‌داری (در سطح 1%) افزایش داد (جدول 1). بیشترین میزان سطح برگ در تیمار کود زیستی M_1 و کمترین میزان آن در تیمار بدون تلقیح (M_0) مشاهده شد (شکل3 الف). خرمدل و همکاران (1387)، گزارش کردند حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ 82 روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار حاوی آزوسپیریلوم + میکوریز و شاهد مشاهده شد و شاخص سطح برگ این تیمار نسبت به شاهد 68/2% افزایش داشت. سطوح کادمیم بطور معنی‌داری میزان سطح برگ را (در سطح احتمال 1%) کاهش داد (جدول 1). بیشترین میزان سطح برگ از سطح صفر میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و کمترین میزان آن از سطح 80 میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل3 ب). اثر متقابل سطوح کادمیم وکودهای زیستی بر میزان سطح برگ در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول 1). بیشترین میزان سطح برگ از تیمار کود زیستی M_1 و سطح صفر کادمیوم و کمترین میزان سطح برگ از تیمار بدون کود زیستی (M_0) و سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (جدول 2).

کاربرد کود زیستی تعداد شاخه‌های فرعی در بوته را بطور معنی‌داری (در سطح احتمال 1%) افزایش داد (جدول 1). بیشترین تعداد شاخه فرعی از کاربرد کودهای زیستی و کمترین تعداد شاخه فرعی از تیمار فاقد کود زیستی (M_0) بدست آمد (شکل4 الف). آلودگی خاک به کادمیم تعداد شاخه های فرعی در بوته را بطور معنی‌داری (در سطح احتمال 5%) کاهش داد (جدول 1). بطوری که بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته از سطح صفر کادمیم و کمترین تعداد آن از سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل4 ب). اثر متقابل سطوح کود زیستی و کادمیم بر تعداد شاخه های فرعی در بوته گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود (جدول 1).

تلقیح خاک با کودهای زیستی تعداد برگ در بوته را بطور معنی‌داری (در سطح احتمال 1%) افزایش داد (جدول 1). بیشترین تعداد برگ در بوته در اثر کاربرد کود زیستی (M_1) و کمترین تعداد آن از تیمار (M_0) یا بدون تلقیح بدست آمد (شکل5 الف). نتایج این آزمایش با نتایج حمیدی و همکاران (1389) که اثر تلقیح گیاه ذرت با ازتوباکتر و آزوسپریلوم را بر تعداد برگ غیر معنی‌دار گزارش کردند، مطابقت نداشت. آلودگی خاک به کادمیم تعداد برگ در گیاه را بطور معنی‌داری (در سطح 1%) کاهش داد (جدول 1). بیشترین تعداد برگ از سطح صفر کادمیم (شاهد) و کمترین تعداد برگ از سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل5 ب). یعقوب زاده و همکاران (1390) همچنین در تحقیق خود نشان دادند تعداد برگ در بوته با افزایش سطح کادمیم خاک روند کاهشی داشت. اثر متقابل کودهای زیستی و سطوح کادمیم بر تعداد برگ گیاه گوجه‌فرنگی معنی‌دار نبود (جدول 1).

غلظت عناصر پر مصرف بخش هوایی و ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کودهای زیستی و سطوح کادمیم بر غلظت عناصر غذایی پر مصرف بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های 3و 4).

کاربرد کودهای زیستی غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه را بطور معنی‌داری (درسطح 1%) افزایش داد (جدول 3و4). بیشترین غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه از تیمار M_1 کود زیستی بدست آمد. اعمال تیمار M_1 غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه را به ترتیب به میزان 70/5% و 116% نسبت به تیمار شاهد (M_0) افزایش داد. کمترین غلظت نیتروژن در هر دو بخش هوایی و ریشه از تیمار شاهد (M_0) بدست آمد (شکل6 الف). به نظر می‌رسد ترکیب دو باکتری تثبیت کننده نیتروژن شامل *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* در کود زیستی M_1 به همراه قارچ میکوریز باعث تثبیت بیشتر نیتروژن در ریزوسفر و افزایش غلظت نیتروژن در بخش هوایی و ریشه گیاه شده باشد. زهیر و همکاران (2005) نیز به افزایش 40 درصدی جذب نیتروژن در ذرت در تیمارهای حاوی *ازتوباکتر* اشاره کردند. بالدانی و همکاران (1987) در سه آزمایش مزرعه‌ای نشان دادند که بیشترین میزان نیتروژن در اندام‌های هوایی و دانه از تلقیح گندم با باکتری *آزوسپریلوم برازیلنس* حاصل شد. تحقیقات زانگ و همکاران (1995) نشان داد که استفاده از قارچ میکوریز همراه با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن سبب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه سویا شد. سایر محققان نیز طی نتایج مشابهی افزایش جذب نیتروژن در اثر همزیستی با قارچ میکوریز را گزارش کردند (آزکون و الاترش، 1997؛

لیو و همکاران، 2000؛ مارچنر و دل، 1994). آلودگی خاک با کادمیم غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی را بطور معنی‌داری در سطح احتمال 1% کاهش داد (جدول‌های 3و4). بطوری که بیشترین غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه از سطح 5 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و کمترین غلظت آنها از سطح 80 میلی-گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل6 ب). کادمیم به علت آسیب رسانی به جمعیت میکروبی خاک و در نتیجه اختلال در فرایند معدنی شدن نیتروژن آلی، آثار منفی بر جذب نیتروژن دارد (دوسک، 1995؛ دیانی و رئیسی، 1385). اثر متقابل سطوح کود زیستی و کادمیم بر غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود (جدول‌های 3 و 4). بیشترین غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه از تیمار M_1 کود زیستی و سطح صفر کادمیم خاک بدست آمد و کمترین غلظت آن در بخش هوایی از تیمار M_2 کود زیستی و سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و در بخش ریشه از تیمار M_2 و سطح 40 میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک حاصل گردید (جدول 5).

کاربرد کودهای زیستی غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه را بطور معنی‌داری (در سطح 1%) افزایش داد (جدول‌های 3و4). بیشترین غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه از کود زیستی M_2 بدست آمد. این کود زیستی M_2غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه را به ترتیب به میزان 98% و 104/2% نسبت به تیمار شاهد (M_0) افزایش داد. کمترین غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه از تیمار شاهد (M_0) حاصل گردید (شکل7 الف). باکتری محرک رشد گیاه از طریق تولید آنزیم آمینو سیکلو پروپان کربوکسیلات دآمیناز و هورمون ایندول استیک اسید باعث کاهش سطح اتیلن تنشی در گیاه (گلیک و همکاران، 2002) و افزایش رشد میسلیوم های خارجی و داخلی قارچ‌های میکوریزی می‌گردد، بنابراین سطح جذب ریشه افزایش می‌یابد که این امر منجربه افزایش جذب بیشتر فسفر می‌گردد (راجکومار و فریت، 2008). بونیا و همکاران (1991) بیان کردند که مهمترین نقش قارچ‌های میکوریزی، افزایش جذب فسفر درگیاه میزبان می‌باشد به گونه‌ای که این قارچ‌ها می‌توانند میزان فسفر را 60 الی 335 درصد درگیاهان مختلف افزایش دهند. رحیمی و همکاران (1390) گزارش کردند که تلقیح با باکتری ازتوباکتر اثر معنی‌داری بر افزایش غلظت و مقدار فسفر بخش هوایی گیاه داشت. افزایش کمتر غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه در کود زیستی M_1 میتواند به دلیل تثبیت نیتروژن بیشتر، رشد و نمو بیشتر گیاه و اثر رقت باشد. مطالعات هدج (1988) نشان داد که با افزایش میزان مصرف نیتروژن در پیاز، غلظت فسفر کاهش یافت. سطوح کادمیم غلظت فسفر بخش هوایی را در سطح احتمال 1% و بخش ریشه را درسطح 5% کاهش داد (جدول‌های 3و4). بطوری که بیشترین غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه از سطح 5 میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک و کمترین غلظت فسفر این بخش‌ها از سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل7 ب). سمیت کادمیم ممکن است باعث ایجاد کمبود فسفر یا بروز مشکلات مربوط به انتقال فسفر در داخل گیاه گردد (مک لاگلین، 1999؛ دنیس، 2000؛ حقیری، 1974). با افزایش سطح کادمیم خاک میزان فسفر قابل عصاره-گیری کاهش میابد که دلیل این کاهش احتمالا مربوط به تشکیل ترکیبات نامحلولی همچون فسفات کادمیم می‌باشد (بیکر و همکاران، 1994). سیکوئیرا و همکاران (1999) همچنین اظهار نمودند که در خاکهای آلوده به کادمیم درصد کلنیزاسیون ریشه به قارچ‌های میکوریزی و رشد ریشه گیاه کاهش می‌یابد. اثر متقابل کادمیم و کود زیستی بر غلظت فسفر بخش هوایی در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین غلظت فسفر این بخش از صفر میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و کاربرد کود زیستی M_2 و کمترین غلظت آن از سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و عدم کاربرد کود زیستی (M_0) بدست آمد (جدول5). اثر متقابل سطوح کادمیم و کود زیستی بر غلظت فسفر بخش ریشه معنی دار نبود (جدول 4).

تلقیح با کودهای زیستی غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه را بطور معنی‌دار (در سطح 1%) افزایش داد (جدول‌های 3و4). بیشترین غلظت پتاسیم بخش هوایی از کود زیستی M_1 بدست آمد که با کود M_2 تفاوت معنی-داری نداشت. این کود زیستی غلظت پتاسیم بخش هوایی را به میزان 74/5% افزایش داد (شکل8 الف). بیشترین غلظت پتاسیم بخش ریشه از کود زیستی M_2 بدست آمد این کود غلظت پتاسیم بخش ریشه را به میزان 191/6% نسبت به تیمار شاهد (M_0) افزایش داد. کمترین میزان پتاسیم بخش هوایی و ریشه در تیمار شاهد یا عدم مصرف کود زیستی اندازه‌گیری شد. (شکل8 الف). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که هیف های قارچ‌های میکوریزی قادر به تامین 10 درصد از نیاز گیاه میزبان به پتاسیم هستند (مارچنر و دل، 1994). ساکیا و همکاران (2007) بیان داشتند که تلقیح بذور ذرت، با باکتری آزوسپریلوم باعث افزایش معنی‌دار مقدار پتاسیم گیاه شد. گویندراجالو و همکاران (2005) بیان کردند در اثر فعالیت قارچ‌های میکوریزی محیط خاک از حالت قلیایی به

حالت اسیدی متمایل می‌شود این امر باعث می‌شودکه عناصر کم محلول مانند پتاسیم حلالیت بیشتر پیدا کرده و غلظت این عناصر در محلول خاک افزایش یابد. افزایش بیشتر غلظت پتاسیم توسط کود زیستی M_2 دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از جمله آنها می‌توان به کاهش pHو حلالیت بیشتر پتاسیم توسط باکتری‌های محرک رشد اشاره نمود. کارلیداق و همکاران (2007) بیان کردند که افزایش پتاسیم گیاه را ممکن است بتوان با کاهش pH خاک بوسیله اسیدهای آلی تولید شده توسط باکتری‌های PGPR و افزایش دسترسی به عناصر K و Ca توضیح داد. آلودگی خاک به کادمیوم غلظت پتاسیم بخش هوایی را به طور معنی‌داری (در سطح 5%) و غلظت پتاسیم بخش ریشه را در سطح 1% کاهش داد (جدول‌های 3و4). بیشترین غلظت پتاسیم بخش هوایی ازسطح 5 میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و کمترین غلظت از سطح 40 میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل8 ب). در بخش ریشه بیشترین غلظت از سطح بدون کادمیوم (شاهد) و کمترین غلظت پتاسیم از سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل8 ب). اثر متقابل سطوح کادمیم و کود زیستی بر میزان پتاسیم بخش هوایی معنی‌دار نبود (جدول3). ولی بر غلظت پتاسیم بخش ریشه در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود (جدول 4). بیشترین غلظت پتاسیم بخش ریشه از تیمار کود زیستی M_2 و سطح صفر میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و کمترین غلظت پتاسیم بخش ریشه از تیمار عدم مصرف کود زیستی M_0 و سطح 80 میلی گرم کادمیم در کیلوگرم خاک بدست آمد (جدول 5).

تلقیح با کودهای زیستی غلظت منیزیم بخش هوایی را در سطح احتمال 1% و بخش ریشه را در سطح 5% افزایش داد (جدول‌های 3و4). بیشترین غلظت منیزیم بخش هوایی و ریشه از کاربرد کود زیستی M_2 بدست آمد. مصرف کودزیستی M_2 غلظت منیزیم بخش هوایی و ریشه را به میزان (102/4% و 8/8%) نسبت به تیمار شاهد (M_0) افزایش داد. کمترین غلظت منیزیم بخش هوایی از تیمار شاهد (M_0) و بخش زمینی از تیمار M_1 کود زیستی بدست آمد (شکل 9، الف). کود زیستی M_1 غلظت منیزیم بخش ریشه را به میزان (10/7%) کاهش داد. قارچ‌های میکوریزی در مواقع کمبود، انحلال عناصر پر مصرف کم محلول نظیر منیزیم را در خاک افزایش می‌دهند (آزکون و الاطرش، 1997). کاهش غلظت منیزیم بخش زمینی گیاه گوجه فرنگی در اثر بکارگیری کودزیستی M_1 می‌تواند بدلیل تثبیت بیشتر نیتروژن توسط دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلوم باشد و اثر آنتاگونیسمی آمونیوم تولید شده بر جذب منیزیم توسط گیاه باشد. سلطانی و همکاران (1385) بیان کردند غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه با افزایش میزان نیتروژن آمونیومی مصرفی، کاهش یافت. با افزایش سطوح کادمیم خاک غلظت منیزیم بخش هوایی و ریشه گیاه به طور معنی‌داری (در سطح 1%) کاهش یافت (جدول‌های 3و4). بیشترین غلظت منیزیم بخش هوایی و ریشه از سطح صفر کادمیم (شاهد) و کمترین غلظت آن از سطح 80 میلی‌گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل9 ب). اثر متقابل سطوح کادمیم و کودهای‌زیستی نیز بر غلظت منیزیم بخش هوایی در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود (جدول3). بیشترین غلظت منیزیم بخش هوایی از سطح صفر کادمیم و کود زیستی M_2 و کمترین غلظت آن از سطح 80 میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و عدم استفاده از کود زیستی (M_0) بدست آمد (جدول 5). اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر غلظت منیزیم بخش ریشه معنی‌دار نبود (جدول4).

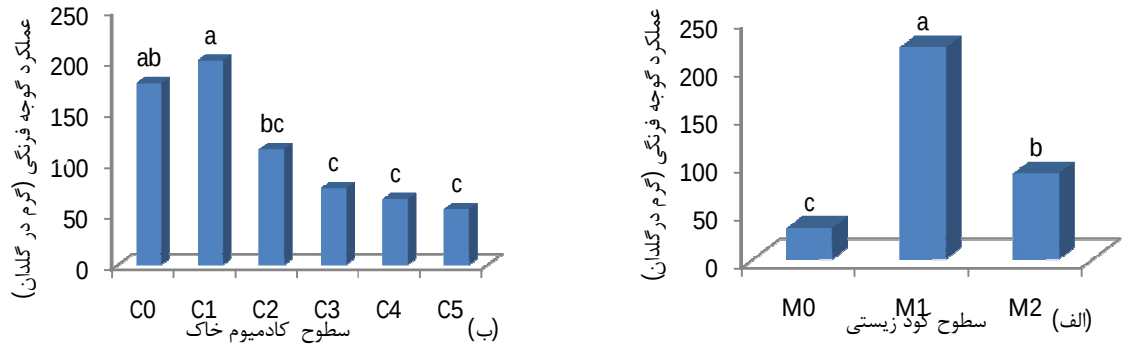
نتیجه‌گیری

بکارگیری کودهای زیستی تعداد شاخه‌های فرعی و برگ در بوته را افزایش داد و باعث افزایش عملکرد گیاه گوجه فرنگی گردید.کاربرد کودهای زیستی غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی را افزایش داد. ولی آلودگی خاک به کادمیم باعث کاهش غلظت همه عناصر پرمصرف در بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی گردید و با افزایش میزان آلودگی خاک، میزان این کاهش نیز بیشتر شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تلقیح خاک با کودهای زیستی اثر سوء کادمیم خاک بر رشد گیاه را کاهش داد.

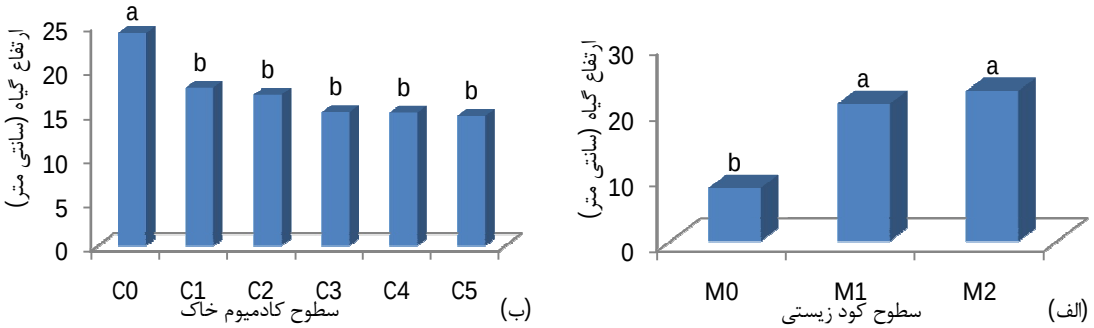
جدول 1- نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف آزمایشی بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه گوجه فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد	سطح برگ در بوته	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد شاخه‌های فرعی در بوته
سطوح کادمیم	5	34274/9**	15178/3*	113/4**	2497/4**	60/8*
سطوح کود زیستی	2	167861/5**	74344/4**	1165/3**	9630/4**	325/1**
اثر متقابل کادمیم×کود زیستی	10	14369/02*	9104/2*	4/62ns	432/6ns	3/6ns
خطا	36	6688/113	4313/9	14/44	365/2	21/8

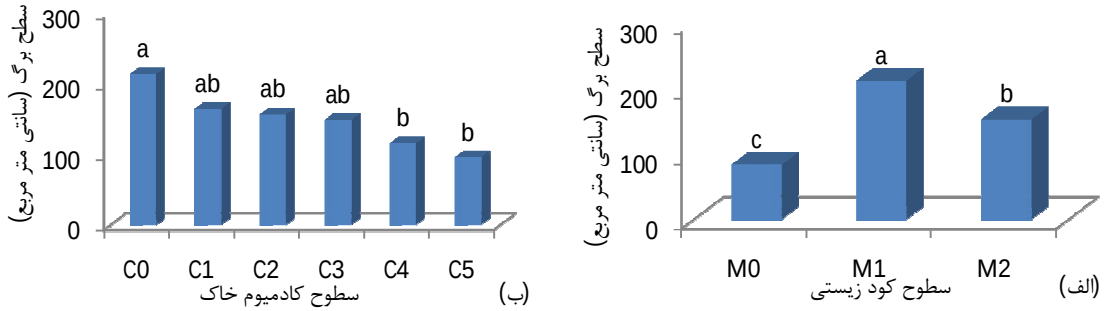
*و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5 درصد و1درصد- ns بدون معنی می‌باشد



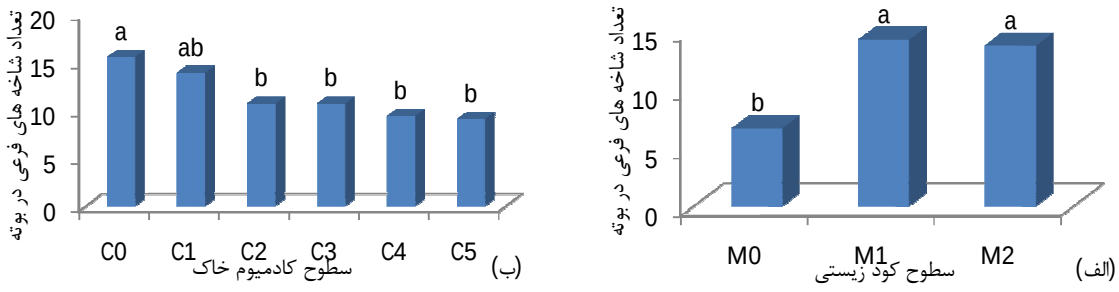
شکل 1- اثرات سطوح کود زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر میزان عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی



شکل 2- اثرات سطوح کود زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر میزان ارتفاع گیاه گوجه‌فرنگی



شکل 3- اثرات سطوح کود زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر میزان سطح برگ گیاه گوجه‌فرنگی

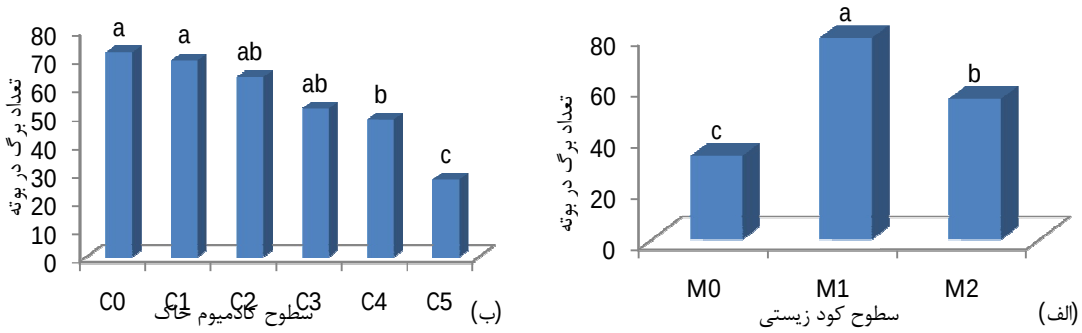


شکل 4- اثرات سطوح کود زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر تعداد شاخه‌های فرعی در بوته گیاه گوجه‌فرنگی

جدول 2- اثر متقابل کود زیستی و سطوح کادمیم بر عملکرد و سطح برگ در بوته در گیاه گوجه‌فرنگی

تیمار	عملکرد	سطح برگ
C0M0	61/9 bc	96/43 bcd
C0M1	359/3 a	401/61 a
C0M2	112/83 bc	142/66 bcd
C1M0	49/52 bc	110/29 bcd
C1M1	426/89 a	202/12 bc
C1M2	124/25 bc	181/43 bc
C2M0	35/98 c	90/23 bcd
C2M1	204/92 b	186/22 bc
C2M2	98/97 bc	193/26 bc
C3M0	22/48 c	78/97 bcd
C3M1	136/61 bc	205/96 b
C3M2	65/98 bc	161/48 bcd
C4M0	13/28 c	72/8 cd
C4M1	94/55 bc	141/88 bcd
C4M2	85/55 bc	132/52 bcd
C5M0	11/63 c	50/46 d
C5M1	102/46 bc	131/75 bcd
C5M2	49/49 bc	104/45 bcd

* در هر ستون اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری آزمون دانکن در سطح 5% معنی‌دار نیستند.



شکل 5- اثرات سطوح کود زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر تعداد برگ در بوته گیاه گوجه‌فرنگی

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف آزمایشی بر غلظت عناصر پر مصرف بخش هوایی گیاه گوجه‌فرنگی

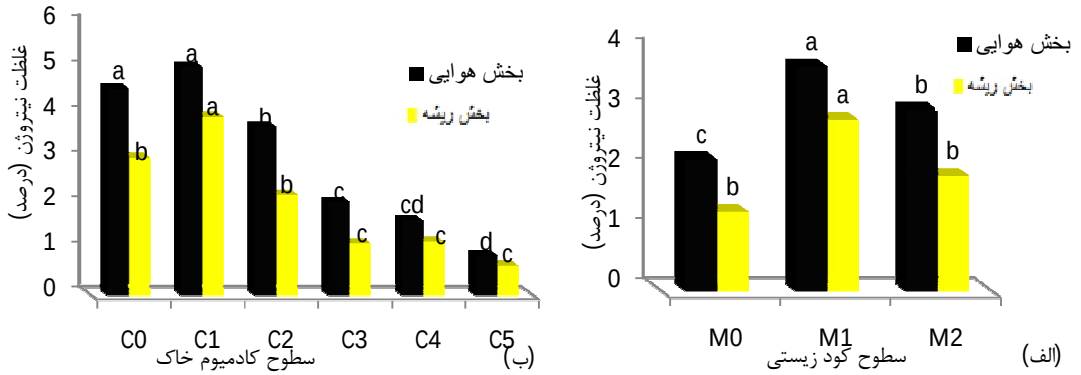
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)
سطوح کادمیم	5	25/77**	0/06**	2/48*	0/066**	1/017*
سطوح کود زیستی	2	10/84**	0/074**	12/64**	0/083**	7/55**
اثر متقابل کادمیم*کود زیستی	10	1/56*	0/007*	0/042ns	0/008*	0/14ns
خطا	36	0/71	0/003	0/72	0/003	0/32

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و1درصد- ns بدون معنی می‌باشد.

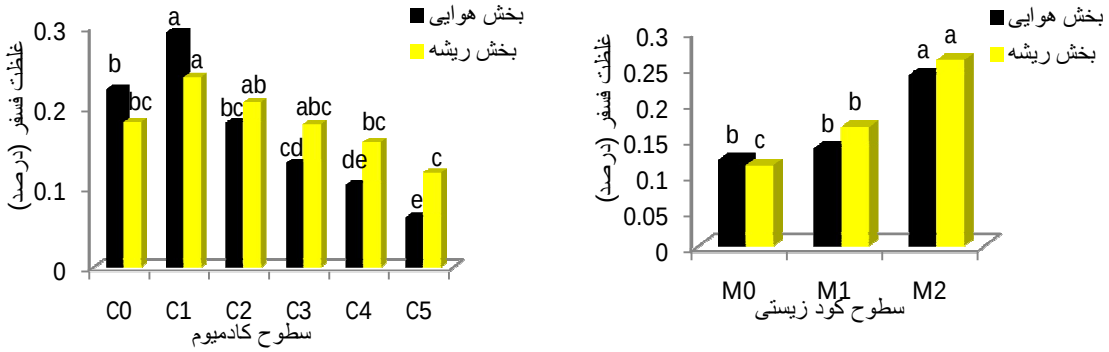
جدول 4- نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل تیمارهای مختلف آزمایشی بر غلظت عناصر پر مصرف بخش ریشه گیاه گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)
سطوح کادمیم	5	14/61**	0/01*	6/25**	0/07**	3/38**
سطوح کود زیستی	2	10/75**	0/09**	30/1**	0/013*	8/61**
اثر متقابل کادمیم*کود زیستی	10	1/81*	0/001ns	0/78*	0/0002ns	0/57*
خطا	36	0/8	0/004	0/36	0/003	0/21

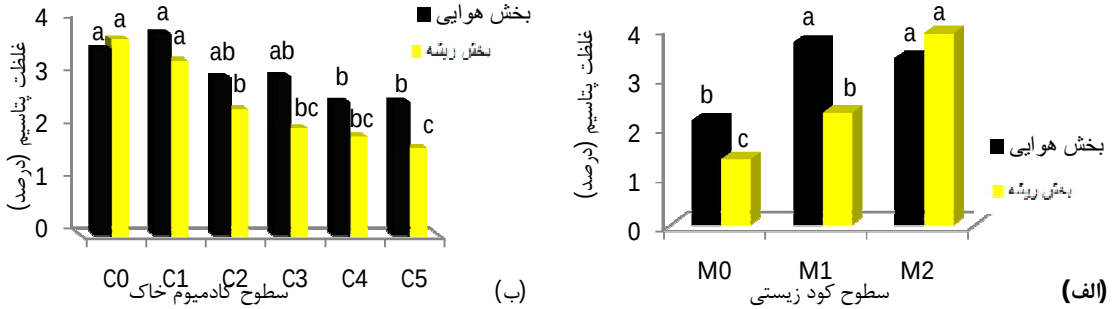
*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و1درصد- ns بدون معنی می‌باشد.



شکل 6- اثرات سطوح کودهای زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی



شکل 7- اثرات سطوح کودهای زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی

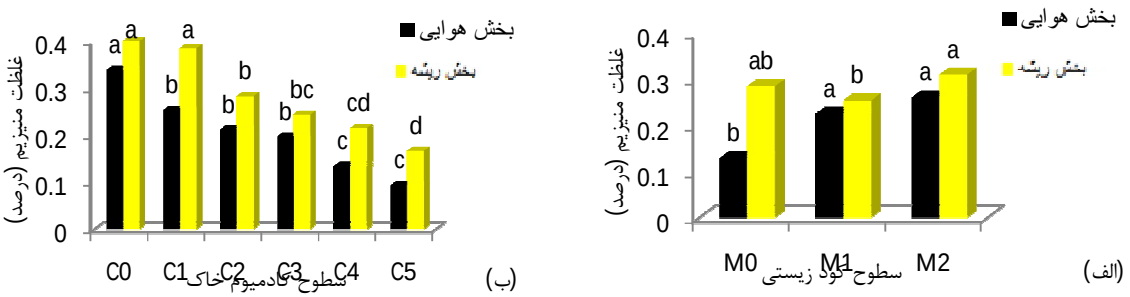


شکل 8- اثرات سطوح کودهای زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی

جدول 5- اثر متقابل سطوح کود زیستی و کادمیم بر غلظت عناصر بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی

تیمار	نیتروژن بخش هوایی	منیزیم بخش هوایی	فسفر بخش هوایی	پتاسیم بخش ریشه	کلسیم بخش ریشه	نیتروژن بخش ریشه
			درصد			
C_0M_0	3/0765 defg	0/192defgh	1/58defg	1/954defg	2/31bcd	1/597cdefg
C_0M_1	6/1081ab	0/33bc	1/66cdef	3/194bc	1/62cdef	4/974 a
C_0M_2	4/528 cd	0/485 a	3/43 b	6/021 a	4/486 a	2/556bcde
C_1M_0	3/579cdef	0/156defghi	1/86cde	1/66efg	1/99cde	2/662bcd
C_1M_1	6/558 a	0/255bcde	2/397 cd	3/09bc	1/846cdef	5/716 a
C_1M_2	5/0003bc	0/35 b	4/541 a	5/18 a	2/919 b	3/462 b
C_2M_0	2/647efgh	0/132fghi	1/285efg	1/399efg	1/766cdef	1/499cdefg
C_2M1	3/88cde	0/263bcd	1/485defg	2/264cdef	1/552def	2/362bcdef
C_2M_2	4/63bc	0/24bcdef	2/662bc	3/515 b	3/002 b	2/823bc
C_3M_0	1/61ghi	0/117ghi	1/126efg	1/13fg	1/45def	0/863efg
C_3M_1	2/748efgh	0/218cdefg	1/218efg	1/93defg	1/237ef	1/456cdefg
C_3M_2	1/832ghi	0/255bcde	1/563defg	3/049bcd	2/464bc	1/115cdefg
C_4M_0	1/26 hi	0/104ghi	0/891efg	0/971g	1/114ef	0/555 g
C_4M_1	2/29fghi	0/155defghi	0/878efg	1/603efg	1/009 f	1/96bcdefg
C_4M_2	1/404 hi	0/143efghi	1/323defg	3/054bcd	1/624cdef	1/025edfg
C_5M_0	0/99 i	0/067 i	0/496 g	0/885 g	1/041f	0/75gf
C_5M_1	0/9 i	0/125fghi	0/554fg	1/574efg	1/076 f	0/657gf
C_5M_2	0/76 i	0/086 hi	0/825efg	2/529bcde	1/619cdef	0/569 g

* در هر ستون اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری آزمون دانکن در سطح 5٪ معنی‌دار نیستند



شکل 9- اثرات سطوح کودهای زیستی (الف) و کادمیم (ب) بر غلظت منیزیم بخش هوایی و ریشه گیاه گوجه‌فرنگی

فهرست منابع:

۱. اردکانی، م. 1379 . بررسی کارایی کودهای بیولوژیک در زراعت پایدار گندم . رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات. ص: 85-89.

۲. اردکانی، م. ر. ثانی، ب. نور محمدی، ق. خسروی، ه. و فرح بخش، ا. 1386. مقایسه کارایی تلقیح کودهای زیستی روی بازدهی تولید و عملکرد سویا. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. 25-26مهرماه 1386 – گرگان. ص: 3334-3347.

۳. حمیدی، آ. اصغرزاده، ا. چوکان، ر. دهقان شعار، م. قلاوند، ا. و ملکوتی، م.ج. 1389. تأثیر کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) بر تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی‌های رشد ذرت در شرایط گلخانه. مجله پژوهش‌های علوم خاک وآب. 24 (1): 55-67.

۴. خرمدل، س.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و قربانی، ر. 1387. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه . مجله پژوهش‌های زراعی ایران. 6 (2): 293-285.

۵. دیانی، ل . و ف . رئیسی .1385 . اثر سطوح مختلف کادمیم بر پویایی نیتروژن در یک خاک مرتعی. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار. ص: 111- 112.

۶. رحیمی، ل. علی اصغرزاده، ن. و اوستان، ش. 1390. اثر سویه های بومی ازتوباکتر کروکوکوم بر رشد، جذب نیتروژن و فسفر گیاه گندم درشرایط گلخانه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شماره پنجاه و هشتم. ص:159-171.

۷. سلطانی، ف. کاشی، ع. و بابالار، م. 1385. اثر محلول‌های غذایی مختلف روی فاکتورهای رشد و درصد عناصر برگ دو رقم خیار گلخانه‌ای در بستر پرلیت. مجله علوم کشاورزی ایران. 16 (9): 381-387.

۸. سپهوند، م.1386 . کلش سوزی مزارع گندم و جو، تهدیدی جدی برای منابع خاک و محیط زیست، اولین همایش ملی حفاظت محیط زیست و توسعه پایدار روستایی. ص: 4-1.

۹. عقیقی شاهوردی کندی، م.توبه، ا. عباسی شاه مرسی، ف. و صنایعی،س.1389. تاثیر محرکهای رشد (PGPR) بر روی صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد دو رقم گلرنگ. سومین سمینار بین المللی دانه‌های روغنی و روغن‌های خوراکی. تهران دیماه 1389. ص: 196.

۱۰.علی احیایی، م. و بهبهانی زاده، ع. ا. 1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، 1(893).

۱۱.یعقوب زاده، ف. ارادتمند، د. و یوسفی راد، م. 1390. مقایسه دو گیاه آفتابگردان و ذرت در گیاه پالایی کادمیم از خاک. اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی دانشگاه زنجان،19الی21شهریور1390. ص: 1-4.

12. Azcon, R. and El-Atrash, F. 1997. Influence of Arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth , nodulation and fixation (N15) in Medicago sativa at four salinity levels. Biology and Fertility of Soils, 24: 81-86.
13. Baker, A. J. M., McGrath, S. P., Sidoli, C. M. D. and Reeves, R. D. 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants. Resources, Conservation and Recycling. 11:41-49.
14. Baldani, V. L. D. and Alvarez, M. A. B. 1987.Establishment inoculated *Azospirillum* Spp. in the rhizosphere and in roots of field grown wheat and sorghum. Plant Soil. 90: 35-45.
15. Bashan, Y. and Holguin, G. 1997. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances microbial (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology, 43: 103-121.
16. Basu, M., Bhadoria, P. B. S. and Mahapatra, S. C. 2008.Growth, nitrogen fixation, yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. Bioresource Technology, 99: 4675-4683
17. Bolan, N. S., Adriano, B. C. and Mani, P. A. 2003. Immobilization and phyto availibility of cadmium in variable charge soils. II. Effect of lime addition. Plant and Soil, 251: 187 - 198.
18. Bun – Ya, M., Nishimura, M., Harashima, S. and Oshima, Y. 1991. The PHO 84 gene of saccharomyces cerevisiae encodes an inorganic phosphate transporter. Molecular and Cellular Biology, 11:3229 – 3238.

19. Dennis, T. 2000. A report of the uptake of metal from fertilizer. J. Environ. Qual. 33:497-504.
20. Dusek, L. 1995.The effect of cadmium on the activity of nitrifying populations in two different grassland soils. Plant Soil, 177: 45-53.
21. Facchinelli, A., Sacchi, E. and Mallen, L. 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal source in soils. Environmental pollution, 114: 313 - 324.
22. Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, Th., Zhang, Q. and Jiang, G. 2008. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa L.*) from a typical E-waste recycling in south east China and its potential risk to human health, Chemosphere, 71: 1269-1275
23. Glick, B. R., Penrose, D. M. and Li, J. A. 2002. Model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. Journal of Theoretical Biology, 190: 63–68.
24. Govindarajulu, M., Pfeffer, P., Jin, H., Abubacker, J., Douds, D. D., Allen, J. W., Bucking, H., Lammers, P. J. and Shachar – hil, Y. 2005. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Nature, 435: 819 – 823.
25. Haghiri, F., 1974. Cadmium uptake by plants. Journal of Environmental Quality. 2: 93-96.
26. Hamurcu, M., ozcan, M. M., Dursun, N. and Gezgin, S. 2010.Mineral and heavy metal levels some of fruit group at the roadside, Food and Chemical Toxiclogy, 48: 1767 - 1770.
27. Hedge, D. M. 1988. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on yield, quality, nutrient uptake and water use of onion (*Allium cepa L.*). Singapore Journal of Primary Industries, 16: 111-123.
28. Karlidag, H., Esitken, A., Metin, T. and Fikrettin, S. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. Scientia Horticulturae, 114: 16–20
29. Liu, A., Harnel, C., Hamilton, R.I., Ma, B. L. and Smith, D. L. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays L.*) grown in soil at different P and micronutrient levels, Mycorrhiza. 9(6): 331-336
30. Marschner, H. and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizai symbiosis. Plant and Soil, 159:89–102.
31. McLaughlin, M. J., Parker, D. R. and Clarke, J. M. 1999. Metals and micronutrients. Food Safety Field Crops Research. 60: 143-163.
32. Mirsal, I. A. 2008.Soil Pollution. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany: 115 - 172.
33. Premsekhar, M. and Rajashree, V. 2009. Influence of bio-fertilizers on the growth characters, yield attributes, yield and quality of tomato. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 3(1): 68-70.
34. Rajkumar, M. and H. Freitas. 2008. Effects of inoculation of plant-growth promoting bacteria on Ni uptake by Indian mustard. Bioresource Technology, 99: 3491–3498.
35. Sakia, S. P., Jain, V., Khetarpal, S. and Aravid, S. 2007. Dinitrogen fixation activity of Azospirillum brasilence in maize (*zea mays*). Current Science, 93(9): 188-195.
36. Sanhita-Gupta, D., Dilp, K., Arora, K. D. and Srivastava, K. 1995. Growth promotion of tomato plants by rhizobacteria and imposition of energy stress on rhizoctonia solani. Soil Biology Biochemistry, 27:1051-1058.
37. Siddiqui, Z. A. 2004. Effects of plant growth promoting bacteria and composed organic fertilizers on the reproduction of meloidogyne incognita and tomato growth. Bioresources Technology, 95: 223-227.

38. Siqueria, J.O., Pereira, M. A. M., Simao, J. B. P. and Moreira, F. M. S.1999. Effect of formononetin on mycorrhiza colonization and growth corn in soil with excess of heavy metals. Revista Brasilierade Fisiologia Vegetal.23(3):561-567.
39. Sun, Y., Zhou, Q., Xie, X. and Liu, R. 2010. Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. Journal of Hazardous Materials, 174: 455 - 462.
40. Zahir, A. Z., Asghar, H. N. Akhtar, M. J. Arshad, M. 2005. Precursor (L-tryptophan)-Inoculum (Azotobacter) Interaction for Improving Yield and nitrogen uptake of maize. Journal of plant nutrition, 28 (5): 805-817.
41. Zhang, F. C., Hamel Kianmehr., H. and Smith, D. L. 1995. Root zone temperature and soybean (*Glycin max L.*) vesicular arbuscular mycorrhizae development and interactions with the nitrogen fixing symbiosis. Environmental and Experimental Botany, 35: 287 – 298.
42. Zhang, Q. and Jiang, G. 2008.High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa L.*) from a typical E-waste recycling in southeast China and its potential risk to human health, Chemosphere, 71: 1269-1275.
43. Zhu.Y. G., Christie, P. and Laidlaw, A. S. 2001.Uptake of Zn by arbuscular mycorrhizal white clover from Zn-contaminated soil.Chemosphere , 42: 193- 199.