

بررسی تأثیر باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد گیاه بر افزایش عملکرد و برخی از پارامترهای رشدی سه رقم سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)

امین حسین نعیم^{۱*} و محمود اطرشی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷)

چکیده

مطالعه ریزمووجودات خاکزی و برهمنکنش روابط همزیستی مفید بین اجزاء مختلف زنجیره غذایی از جمله مباحثت نوین در کشاورزی پایدار می‌باشد. از اینرو بهمنظور بررسی تأثیر تلقیح قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد مینی‌تیوبر سه رقم سیب‌زمینی آزمایشی بهصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور اجرا شد. سه رقم سیب‌زمینی (آگریا، مارفونا و آریندا) در طول دوره رویشی تحت تأثیر ۱۱ تیمار بیولوژیک مختلف شامل باکتری باسیلوس (Azotobacter chroococcum)، باکتری سودوموناس (*Pseudomonas putida*), باکتری ازتوباکتر (*Bacillus polymixa*), قارچ گلوموس (*Glomus intraradices*), ترکیب‌های باسیلوس + گلوموس، سودوموناس+گلوموس، ازتوباکتر+باسیلوس، ازتوباکتر+باسیلوس، ازتوباکتر+سودوموناس، ازتوباکتر+باسیلوس+گلوموس، ازتوباکتر+سودوموناس+گلوموس قرار گرفت. شاخص‌های رشدی گیاه مانند ارتفاع و وزن خشک گیاهچه و هم‌چنین صفات مربوط به مینی‌تیوبر مانند عملکرد، وزن خشک و تعداد مینی‌تیوبر سه ماه پس از اعمال تیمارهای آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای بیولوژیک روی صفات مربوط به غده مانند تعداد مینی‌تیوبر، عملکرد مینی‌تیوبر و وزن خشک کل مینی‌تیوبر در سطح احتمال ۱% معنی دار شد. اما تفاوت معنی داری از لحاظ طول و وزن مینی‌تیوبر دیده نشد. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک نیز بر عملکرد و وزن خشک کل مینی‌تیوبر نیز معنی دار شد. بهطوری که بیشترین عملکرد و وزن خشک مینی‌تیوبر در گیاهان رقم آریندا تلقیح شده با ازتوباکتر+سودوموناس+گلوموس دیده شد. نتایج هم‌چنین حاکی از آن بود که تیمار آزتوباکتر+گلوموس و آزتوباکتر به ترتیب دارای بیشترین طول ساقه و بیشترین تعداد ساقه فرعی در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی بودند. بهطورکلی نتایج بدست آمده از این آزمایش حاکی از آن است که کاربرد قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد گیاه نقش مفید و مؤثری در رشد و افزایش عملکرد مینی‌تیوبر سیب‌زمینی دارد و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی در تولید ارگانیک این محصول مطرح باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس، سیب‌زمینی، مینی‌تیوبر

۱. دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوارسگان

۲. استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور، اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: amin5000000@yahoo.com

مقدمه

همزیستی با ریشه گیاهان می‌باشند و اثرات مفیدی بر رشد آنها دارند (۲۶). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR) و قارچ‌های میکوریزی از جمله این میکروارگانیسم‌ها هستند که اغلب در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند و به طور مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند (۶). تأثیرات مثبت این میکروارگانیسم‌ها شامل ثبت نیتروژن، فراهم‌سازی عناصر غذایی، افزایش مقاومت به آفات و عوامل بیماری‌زای خاکزی، افزایش مقاومت به تنفس‌های محیطی و بهبود خواص فیزیکوشیمیایی خاک می‌باشد (۱۹). استفاده از این باکتری‌ها به منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی همواره مورد توجه محققان می‌باشد. در سال‌های اخیر کودهای بیولوژیک به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی به منظور افزایش حاصل خیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (۸ و ۲۸ و ۲۹). کودهای بیولوژیک در حقیقت جمعیت متراکم یک یا چند نوع از ریزموجودات مفید خاکزی و یا فرآورده‌های متابولیک حاصل از این موجودات هستند که توانایی تبدیل عناصر غذایی را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیند بیولوژیکی دارا می‌باشند (۲۶). باکتری‌های محرک رشد گیاه متعلق به گونه‌های زیادی از جمله *Azotobacter*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Beijerinckia*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* و *Gluconacetobacter*, *Enerobacter* می‌باشند (۱۰). هانگریا و همکاران (۱۴) اظهار داشتند که استفاده از باکتری‌های آزاد ثبت‌کننده نیتروژن در خاک، علاوه بر کمک به رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصل خیزی خاک باعث افزایش عملکرد و هم‌چنین کاهش آلودگی منابع آب می‌شود.

هم‌چنین گزارش شده است که گونه‌های مختلف جنس سودومناس در کنترل قارچ‌های بیماری‌زا مؤثرند و از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جمله تولید سیدروفور، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، افزایش جذب فسفر، ثبت نیتروژن و سنتز آنزیم‌های تنظیم‌کننده غلظت اتیلن در گیاه سبب تحیریک رشد گیاه می‌شوند (۳). بروسارد و سناتو (۵) گزارش کردند که افزودن کودهای بیولوژیک به

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی غدهای است و از نظر میزان پرورشی، نشاسته، کربوهیدرات، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معادنی در تغذیه انسان از اهمیت خاصی برخوردار است. سیب‌زمینی با سطح زیر کشت بیش از ۱۸ میلیون هکتار و پتانسیل تولید حدود ۳۳۰ میلیون تن در سال جایگاه بسیار مهمی را در کشاورزی جهان به خود اختصاص داده است (۲). در ایران سیب‌زمینی محصولی مهم و استراتژیک می‌باشد که از نظر تولید دومین و از لحاظ اهمیت غذایی سومین رتبه را در بین سایر محصولات در اختیار دارد (۱۵). متوسط سرانه مصرف سیب‌زمینی در ایران بیش از ۳۵ کیلوگرم در سال است که این میزان روز به روز در حال افزایش می‌باشد و با توجه به روند افزایش جمعیت نیاز به تولید بیشتر این محصول اجتناب‌ناپذیر است (۱).

روش‌های معمول و متدائل کشاورزی در جهان موقیت قابل توجهی را در جهت مدیریت منابع نداشته‌اند و با اتکای بیش از حد به نهاده‌های ساختگی و مصنوعی از قبیل سموم و کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولید، باعث مشکلات زیست محیطی زیادی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی، کاهش باروری خاک و هم‌چنین ایجاد اکوسیستم‌های ناپایدار گردیده است (۲۰ و ۲۲). از این‌رو به منظور برخورداری از یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر افزایش تولید، موجب بهبود جنبه‌های بیولوژیکی سیستم شود و در عین حال مخاطرات محیطی را نیز کاهش دهد یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌رود (۱۶). در همین راستا در سال‌های اخیر مطالعه و بررسی ویژگی‌های زیستی منطقه رشد ریشه گیاه جهت اصلاح وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک به منظور بهبود وضعیت تغذیه و رشد گیاه مورد توجه قرار گرفته است. نتایج مطالعات حاکی از آن است که تعداد قابل ملاحظه‌ای از گونه‌های باکتریایی و قارچی خاک دارای روابط متقابل و

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۸۹ در پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور در اصفهان به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار انجام شد. ۱۲ تیمار مختلف از باکتری‌های ازتوباکتر به صورت: ۱. تیمار شاهد (بدون قارچ و باکتری)، ۲. باکتری پاسیلوس، ۳. باکتری سودوموناس، ۴. باکتری ازتوباکتر، ۵. قارچ گلوموس، ۶. ترکیب پاسیلوس + گلوموس، ۷. سودوموناس + گلوموس، ۸. ازتوباکتر + گلوموس، ۹. ازتوباکتر + پاسیلوس، ۱۰. ازتوباکتر + سودوموناس، ۱۱. ازتوباکتر + پاسیلوس + گلوموس و ۱۲. ازتوباکتر + سودوموناس + گلوموس به عنوان یک فاکتور و سه رقم سیب‌زمینی به نام آگریا، مارفونا و آریندا به عنوان فاکتور دیگر آزمایش در نظر گرفته شد. باکتری‌های ازتوباکتر کروکوم و پاسیلوس پلی میکسا از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری ایران و باکتری سودوموناس پوتیدا از گروه میکروبیولوژی دانشگاه اصفهان تهیه شد.

قارچ گلوموس ایترارادیس به صورت کود تجاری (قارچ تکثیر شده به فرم میسلیوم روی ریشه بقولات در خاک شنی - لومی) تهیه شد. گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت رقم‌های مورد نظر از محل بانک ژن پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور تأمین شد. به منظور تکثیر گیاهچه‌های سیب‌زمینی با استفاده از سیستم کشت میانگره ریز نمونه تهیه گردید. هر ریز نمونه دارای یک برگ، یک جوانه جانی و ساقه‌ای به طول تقریبی ۳ میلی‌متر بود. ریز نمونه‌ها در ظرف شیشه‌ای حاوی ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت پایه MS کشت و در اتفاق رشد تحت شرایط دوره روشنایی ۱۶ ساعت نور باشدت ۲۴۰۰ لوكس و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ هفته نگهداری شدند. بعد از این مدت گیاهچه‌ها مجدداً واکشت گردیدند. کشت میانگره به طور مداوم تا حصول

خاک سبب افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و در نهایت موجب افزایش رشد گیاهان می‌شود. نتایج تحقیقات مختلف نشان‌دهنده تأثیرات مثبت کودهای بیولوژیک بر روی رشد گیاهان مختلف می‌باشد. سینگ و همکاران (۲۴) گزارش نمودند تلقیح قارچ صدفی با باکتری‌های سودوموناس به‌ویژه سویه‌های تولیدکننده سیدروفور میزان عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. نتایج مطالعات حفیظ و همکاران (۱۳) نشان داد که تلقیح باکتری‌های محرك رشد باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و افزایش جذب نیتروژن در پنبه می‌گردد. لادها و همکاران (۱۷) گزارش کردند که باکتری‌های محرك رشد از طریق ثبیت نیتروژن موجب افزایش رشد گیاهان می‌شوند. هم‌چنین ثابت شده است که قارچ‌ها و باکتری‌های همزیست با گیاه باعث کاهش اثر تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت به بیماری در گیاهان میزبان می‌شوند و از این طریق رشد گیاه را افزایش می‌دهند (۸). تأثیر مثبت قارچ‌ها و باکتری‌های محرك رشد بر افزایش عملکرد غده‌های سیب‌زمینی در شرایط مزرعه پیشتر توسط محققین مختلف گزارش شده است (۱۲، ۱۸، ۲۷ و ۲۸). با اینحال تأثیر این گروه از قارچ‌ها و باکتری‌ها بر رشد و افزایش عملکرد مینی تیوبر سیب‌زمینی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به جایگاه ویژه سیب‌زمینی در تأمین غذای مورد نیاز کشور و صنایع تبدیلی وابسته به آن و با توجه به روند افزایش جمعیت، افزایش تولید در واحد سطح از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان فاکتورهای بیولوژیک که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند کمتر مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. در حالی که میکروارگانیسم‌های مفید موجود در خاک می‌توانند یک مؤلفه مشخص در مدیریت منابع به منظور تولید محصول بیشتر و مصرف کمتر کودهای شیمیایی و سموم مضر برای سلامت انسان و محیط زیست باشند (۲۱). لذا در این تحقیق اثر باکتری‌های PGPR و قارچ‌های محرك رشد بر تولید مینی تیوبرهای سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت.

تعداد ساقه فرعی در گلخانه ثبت و اندام هوایی بالای خاک جهت اندازه‌گیری وزن خشک برداشت شد و صفات مربوط به غده نظیر تعداد و عملکرد مینی تیوبر نیز یادداشت برداری و اندازه‌گیری شدند. به منظور محاسبه عملکرد مینی تیوبر وزن تر مینی تیوبرهای هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد و به عنوان عملکرد گیاه در آن واحد آزمایشی منظور شد. برای تعیین وزن خشک، اندام هوایی پس از قطعه شدن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بلافاصله وزن شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامه کامپیوتری SAS انجام گرفت و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها در آن دسته از صفاتی که در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی دار شده بود با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح ۵٪ انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن بود که تأثیر تیمارهای آزمایشی بر طول ساقه، تعداد ساقه فرعی، وزن اندام هوایی و صفات مربوط به غده مانند تعداد مینی تیوبر، عملکرد تیوبر و وزن خشک کل مینی تیوبر در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. اما وزن و طول مینی تیوبر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

طول بلندترین ساقه

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که تأثیر تلقیح با قارچ و باکتری‌های محرک رشد بر طول ساقه گیاهچه‌های سبیزمینی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین طول ساقه در گیاهچه‌های تلقیح شده با از توپاکتر+گلوموس مشاهده شد که سبب افزایش ۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). اثر رقم بر طول بلندترین ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۱)، به طوری که رقم آریندا در مقایسه با رقم اگریا و مارفونا ساقه بلندتری داشت (جدول ۲).

تعداد گیاهچه مورد نیاز برای شروع آزمایش اصلی با فواصل پنج هفته تکرار شد.

گیاهچه‌های حاصل از کشت گره قبل از انتقال به گلخانه مقاوم‌سازی شدند بدین منظور هر گلدان‌های حاوی پیت ماس کشت شدند و گلدان‌ها به مدت ۱۴ روز در اتاق رشد فیتوترون تحت شرایط رطوبت نسبی ۷۵ درصد و شدت نور ۳۰۰۰ لوکس در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. به منظور حفظ رطوبت، گلدان‌ها با یک لیوان پلاستیکی شفاف به مدت ۱۰ روز پوشانده شدند. در این مرحله گیاهچه‌های مقاوم‌سازی شده در فیتوترون، به منظور کشت در گلدان به گلخانه منتقل شدند. به این منظور ۶۰ عدد کیسه پلاستیکی بزرگ از خاک زراعی پر شد و در اتوکلاو در درجه حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و با فشار ۱۵ پاسکال به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردید و گیاهچه‌های مقاوم‌سازی شده مشابه که طول و وزن تر اولیه مشابه داشتند برای اعمال تیمارهای بیولوژیکی انتخاب شدند.

هر گیاهچه مقاوم‌سازی شده، در یک گلدان ۴ کیلوگرمی کاشته شد، به این صورت که ابتدا گلدان‌ها تا یک سوم حجم از خاک استریل شده پر شدند، سپس گیاهچه‌های مقاوم‌سازی شده در گلدان‌ها قرار گرفت و ما بقی گلدان با خاک پر شد. قبل از پر کردن کامل گلدان‌ها ریشه گیاهان تیمار قارچ میکوریز به میزان ۲۵۰ گرم میسیلیوم قارچ میکوریز رشد کرده روی خاک شنی- 3×10^8 cfu ml⁻¹ لومی و ریشه تیمارهای باکتری با غلظت آغشته شدند. بدین منظور ۵ میلی‌لیتر از هر محلول باکتریایی، در پای هر گیاهچه تلقیح شد. در دومین تلقیح که ۱۵ روز بعد از تلقیح اول انجام شد مجدداً ۵ میلی‌لیتر از محلول باکتریایی در پای هر گیاهچه، در هر یک از گلدان‌های مربوطه تلقیح شد. گلدان‌ها به صورت تصادفی و با تراکم ۴ گلدان در مترمربع تحت درجه حرارت روز ۲۰ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت شب ۱۵ درجه سانتی‌گراد، طول روز ۱۲ ساعت و رطوبت نسبی ۶۰٪ درصد قرار داده شدند. نود روز بعد از کاشت گیاهچه‌ها، مینی تیوبرها آماده برداشت شدند. در این مرحله ارتفاع گیاه و

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ و باکتری‌های محرک رشد بر طول بلندترین ساقه، تعداد ساقه فرعی، وزن خشک اندام هوایی، تعداد مینی تیوبر، وزن مینی تیوبر، عملکرد مینی تیوبر و وزن خشک کل مینی تیوبر سه رقم سیب‌زمینی

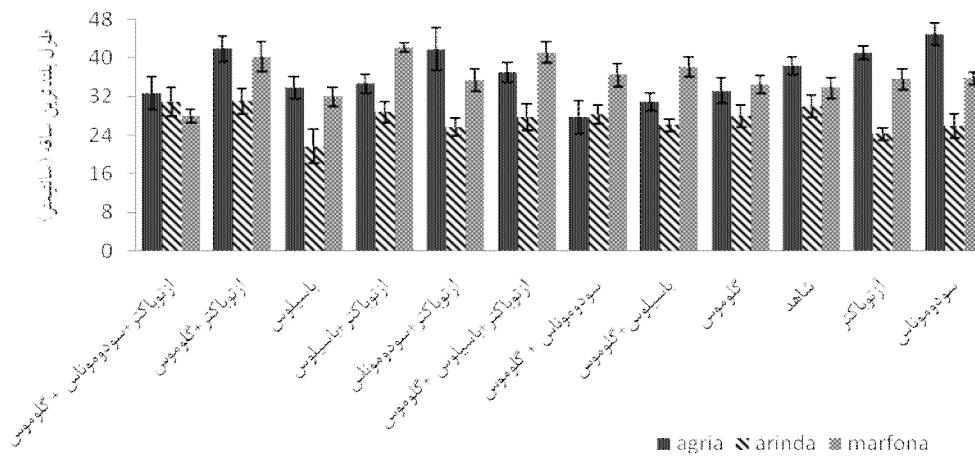
میانگین مریعات										منابع تغییرات
وزن خشک	طول مینی	عملکرد	وزن مینی	تعداد مینی	وزن خشک	وزن هوایی	تعداد ساقه	فرعی	طول بلندترین ساقه	درجه آزادی
کل مینی تیوبر	تیوبر	مینی تیوبر	تیوبر	تیوبر	تیوبر	اندام هوایی				
۴۲/۵۲**	۰/۷۴۵۰ns	۹۸/۹۰/۹۲**	۱۶/۵۳۷ns	۲۴/۰۵۷**	۵/۷۴۰**	۲/۸۴۱**	۱۹۵/۶۰**	۱۱	تیمار	
۶۰/۹۱**	۲۶/۷۷۸**	۱۶۵/۱۰۶**	۵۵۹/۹۱۵**	۱۹/۸۴۸*	۲۷/۲۴۵**	۴/۴۸۶*	۳۲۴/۷/۵**	۲	رقم	
۱۷/۸۴**	۰/۶۳۳ns	۳۷۶/۱۸۱**	۱۳/۳۷۸ns	۹/۵۹۸*	۴/۹۴۵**	۳/۶۶۹**	۱۵۵/۷۶**	۲۲	تیمار × رقم	
۶/۱۰۶۸	۰/۴۷۵۹	۱۵۰/۸۵۹۹	۱۶/۶۴۹	۵/۷۱۲۶	۱/۰۵۳۸	۱/۲۱۶۰	۸۱/۶۹۲	۳۲۴	خطا	

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns: غیرمعنی دار

جدول ۲. مقایسه میانگین طول بلندترین ساقه (سانتی‌متر)، تعداد ساقه فرعی، وزن خشک اندام هوایی (گرم)، تعداد مینی تیوبر، طول مینی تیوبر (سانتی‌متر)، وزن مینی تیوبر (گرم)، عملکرد مینی تیوبر (گرم) و وزن خشک کل مینی تیوبر (گرم) سه رقم سیب‌زمینی تحت تیمارهای مختلف بیولوژیک

عامل آزمایشی	طول بلندترین ساقه	تعداد ساقه فرعی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک کل مینی تیوبر	عملکرد مینی تیوبر	وزن مینی تیوبر	طول مینی تیوبر	تعداد مینی تیوبر	وزن خشک کل مینی تیوبر	رقم
اگریا	۳۶/۶۴ ^a	۲/۱۵ ^a	۲/۱۸ ^a	۵/۱۳ ^a	۲۴/۸۷ ^c	۵/۰۶ ^c	۵/۲۵ ^b			
مارفونا	۳۶/۱۴ ^a	۱/۷۵ ^b	۱/۷۰ ^b	۵/۱۷ ^a	۲۸/۵۰ ^b	۶/۲۹ ^b	۵/۷۲ ^b			
اریندا	۳۹/۲۷ ^b	۲/۰۰ ^{ab}	۱/۲۳ ^c	۴/۴۵ ^b	۳۲/۲۹ ^a	۹/۲۶ ^a	۶/۹۴ ^a			
تیمارهای بیولوژیک										
شاهد	۳۴/۱۰ ^{a-d}	۱/۵۶ ^d	۱/۴۵ ^{bc}	۲/۵۳ ^f	۲۰/۵۱ ^e	۷/۵۳	۲۱/۸۰ ^e			
ازتوباکتر + پزدوموناس + گلوموس	۳۰/۵۳ ^{de}	۱/۶۶ ^d	۱/۲۷ ^c	۴/۹۰ ^{b-e}	۲۶/۵۲ ^{c-e}	۵/۶۲	۵/۳۴ ^{cd}			
ازتوباکتر + گلوموس	۳۷/۸۰ ^a	۱/۷۶ ^{cd}	۱/۲۰ ^c	۴/۱۳ ^{d-f}	۲۲/۱۴ ^{de}	۶/۱۳	۴/۹۷ ^{de}			
باسیلوس	۲۹/۱۶ ^e	۱/۷۶ ^{cd}	۱/۳۱ ^c	۳/۷۶ ^{ef}	۲۶/۰۴ ^{c-e}	۷/۹۹	۵/۱۴ ^{cd}			
ازتوباکتر + باسیلوس	۳۵/۷۰ ^{ab}	۲/۰۳ ^{a-d}	۲/۴۳ ^a	۵/۸۳ ^{ab}	۳۵/۲۱ ^{ab}	۷/۴۹	۷/۱۲ ^{ab}			
ازتوباکتر + پزدوموناس	۳۴/۲۶ ^{a-d}	۲/۲۶ ^{a-c}	۲/۲۷ ^a	۶/۷۰ ^a	۳۹/۹۷ ^a	۶/۷۷	۸/۱۳ ^a			
ازتوباکتر + باسیلوس + گلوموس	۳۵/۳۰ ^{a-c}	۱/۹۶ ^{a-d}	۱/۹۴ ^{ab}	۴/۹۶ ^{b-e}	۲۸/۱۹ ^{cd}	۶/۸۸	۵/۹۹ ^{b-d}			
گلوموس + پزدوموناس	۳۰/۹۰ ^{c-e}	۲/۴۰ ^a	۱/۶۲ ^{bc}	۵/۲۰ ^{b-d}	۲۶/۷۰ ^{cd}	۶/۸۱	۶/۳۵ ^{bc}			
باسیلوس + گلوموس	۳۱/۷۳ ^{b-e}	۱/۸۳ ^{b-d}	۱/۶۲ ^{bc}	۴/۷۰ ^{b-f}	۲۷/۶۰ ^{cd}	۷/۳۰	۵/۴۰ ^{cd}			
ازتوباکتر	۳۲/۶۶ ^{a-e}	۲/۴۰ ^a	۲/۱۹ ^a	۵/۶۶ ^{a-c}	۲۹/۷۷ ^{bc}	۶/۲۲	۶/۰۴ ^{b-d}			
گلوموس	۳۱/۹۰ ^{b-e}	۱/۶۶ ^d	۱/۲۱ ^c	۴/۴۶ ^{c-f}	۲۴/۴۲ ^{c-e}	۶/۰۷	۵/۰۱ ^{de}			
پزدوموناس	۳۵/۵۳ ^{ab}	۲/۲۳ ^{ab}	۱/۹۳ ^{ab}	۵/۱۶ ^{b-d}	۳۵/۵۶ ^{ab}	۷/۶۵	۷/۱۳ ^{ab}			

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح % اختلاف معنی داری ندارند.



شکل ۱. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر طول بلندترین ساقه گیاهچه‌های سبز زمینی

*: هر ستون میانگین ۱۰ تکرار \pm خطای استاندارد (SE) می‌باشد.

(جدول ۱)، رقم آگریا با میانگین ۲/۱ بیشترین تعداد ساقه فرعی را نسبت به دو رقم دیگر دارا بود. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک نیز برای تعداد ساقه فرعی معنی دار شد ($P < 0/01$). بیشترین تعداد ساقه فرعی در گیاهچه‌های رقم آگریا تلقیح شده با ازتوپاکتر مشاهده شد (شکل ۲). مشابه با نتایج بدست آمده از این آزمایش سینگ و کاپور (۲۳) با مطالعه تأثیر کودهای بیولوژیک بر رشد گیاه نخود گزارش کردند که بیشترین تعداد شاخه جانبی در نخود در تیمارهای تلقیح شده با ازتوپاکتر بدست آمد. یاساری و پادوردهان (۳۰) نیز گزارش کردند که تلقیح کلزا با ازتوپاکتر باعث افزایش ۱۲ درصدی شاخه فرعی نسبت به تیمار شاهد شد. تعداد ساقه فرعی ارقام سیبازمینی همبستگی مثبت و معنی داری با تعداد مینی تیوبیر ($**/۳۸۵$)، وزن خشک اندام هوایی ($**/۷۰۱$) و وزن خشک کل مینی تیوبیر ($**/۷۱۳$) از خدمه نشان داد (جدول ۳).

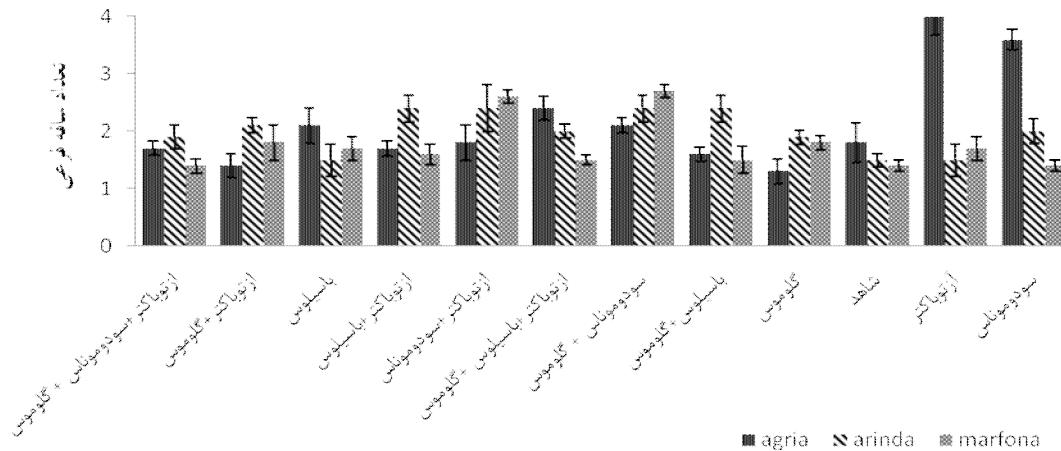
وزن خشک اندام هوایی

نتایج جدول ۱ حاکی از آن است که تأثیر تیمارهای بیولوژیک بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های سیب زمینی در سطح احتمال ۱% معنی دار شد. تیمارهای از توباکتر+باسیلوس و از توباکتر+سودوموناس، به ترتیب موجب ۵۰ و ۴۷ درصد

هم چنین اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک برای طول ساقه معنی دار شد ($P < 0.05$). بیشترین طول ساقه (۵۰ سانتی متر) در رقم آگریا و در گیاهچه های تلقیح شده با سودوموناس دیده شد (شکل ۱). شلان (۲۱) افزایش خصوصیات رشدی گیاه از جمله ارتفاع گیاه سیاهداهنه (*Nigella sativa*) را در تیمارهای تلقیح شده با ازتوبیاکتر و سودوموناس نشان دادند و علت آن را افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه گزارش کردند. بران و بورلینگهام (۲۴) نیز افزایش ارتفاع گندم و جو را در تیمارهای تلقیح شده با ازتوبیاکتر گزارش کردند و بیان نمودند که تلقیح میکروبی باعث بهبود خصوصیات خاک مانند محتوای ماده آلی و افزایش محتوای نیتروژن قابل دسترس خاک می شود و از این طریق رشد طولی، گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد.

تعداد ساقه فرعی

تأثیر تیمارهای بیولوژیک بر تعداد ساقه فرعی در سطح احتمال % ۱ معنی دار شد (جدول ۱). تمامی تیمارهای آزمایشی باعث افزایش تعداد ساقه فرعی نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). با اینحال بیشترین تعداد ساقه فرعی در گیاهچه‌های تلقیح شده با ازتوباکتر دیده شد به طوری که تعداد ساقه فرعی در این گیاهچه‌ها به میزان ۳۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش پافت. اثر رقم بر تعداد ساقه فرعی در سطح % ۵ معنی دار



شکل ۲. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر تعداد ساقه فرعی گیاهچه‌های سیب‌زمینی

*: هر ستون میانگین ۱۰ تکرار \pm خطای استاندارد (SE) است.

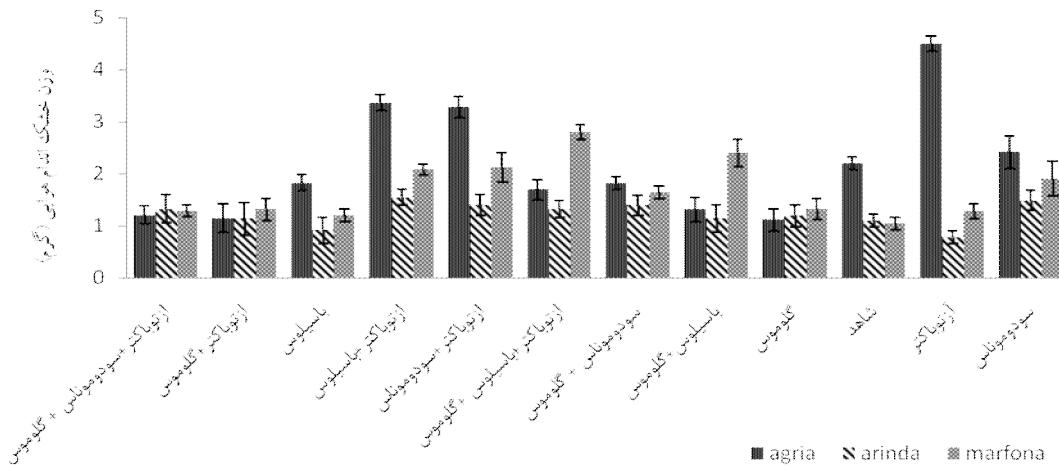
جدول ۳. ضرایب همبستگی پیرسون برای صفات مورد ارزیابی در آزمایش

										صفات آزمایشی
۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۱	۱	- طول بلندترین ساقه
								۰/۲۰۲ns	۱	- تعداد ساقه فرعی
					۱	۰/۷۰۱**	۱	۰/۵۹۸**	۳	- وزن خشک اندام هوایی
					۱	۰/۳۵۶*	۰/۳۸۵*	۰/۳۶۱*	۴	- تعداد مینی تیوبر
			۱	-۰/۲۲۲ns	-۰/۱۷۰ns	۰/۱۰۹ns	-۰/۷۰۴**	-۰/۰۲۹ns	۵	- وزن مینی تیوبر
		۱	۰/۸۶۱**	۰/۹۰۷**	۰/۲۸۱ns	۰/۶۲۷**	-۰/۰۲۹ns	-۰/۶۰۷**	۶	- عملکرد مینی تیوبر
	۱	۰/۵۲۸*	۰/۹۷۶**	۰/۵۷۸*	-۰/۱۵۸ns	۰/۱۰۸ns	-۰/۶۰۷**	-۰/۰۰۶ns	۷	- طول مینی تیوبر
۱	۰/۳۴۹*	۰/۹۳۸**	۰/۳۹۷*	۰/۹۰۵**	۰/۲۲۷ns	۰/۷۱۳**	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۶ns	۸	- وزن خشک کل مینی تیوبر
										* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns: غیرمعنی دار

بلکه از طریق افزایش تولید متابولیت‌های محرک رشد از قبیل جیرلین، سیتوکینین و اکسین می‌تواند باعث افزایش توسعه ریشه و به تبع آن افزایش جذب مواد غذایی و هم‌چنین افزایش فتوسترات شود و از این طریق تجمع ماده خشک در گیاه را افزایش دهد (۱۱).

مشابه با نتایج بدست آمده در این آزمایش سومانا و باگیاراج (۲۵) با مطالعه تأثیر ازتوباکترها بر رشد زیتون تلخ گزارش کردند که باکتری‌های ازتوباکتر باعث افزایش زیست توده تولیدی در زیتون تلخ می‌شود. کارلتی و همکاران (۶) افزایش ۸۱ درصدی وزن خشک اندام هوایی در گوجه‌فرنگی را

افزایش در وزن خشک اندام هوایی مینی تیوبرهای سیب‌زمینی در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۲). اثر رقم نیز بر وزن خشک اندام هوایی در سطح 1% معنی دار شد (جدول ۱)، به‌طوری که رقم آگریا با میانگین ۲/۱ گرم بیشترین و رقم آریندا با میانگین ۱/۲ گرم کمترین وزن خشک اندام هوایی را دارا بودند (جدول ۲). اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک نیز برای وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های سیب‌زمینی معنی دار شد ($P < 0.01$). به‌طوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی ۴/۵ گرم (در گیاهچه‌های رقم آگریا تلقیح شده با ازتوباکتر) به‌دست آمد (شکل ۳). ازتوباکتر نه تنها به‌واسطه ثبت نیتروژن



شکل ۳. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های سیب‌زمینی

* هر ستون میانگین ۱۰ تکرار \pm خطای استاندارد (SE) است.

شد به طوری که رقم‌های آگریا و مارفونا نسبت به رقم آریندا تعداد مینی تیوبر بیشتری داشتند (جدول ۱ و ۲). اثر متقابل بین تیمارهای بیولوژیک و رقم نیز برای تعداد مینی تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی معنی دار شد ($P < 0.05$). به طوری که گیاهچه‌های سیب‌زمینی رقم مارفونا تلقیح شده با ازتوپاکتر + باسیلوس بیشترین تعداد مینی تیوبر را از خود نشان دادند (شکل ۴). در همین ارتباط دودس و همکاران (۶) با مطالعه تأثیر سویه‌های مختلف ازتوپاکتر بر رشد و نمو سیب‌زمینی گزارش کردند که تعداد غده‌های سیب‌زمینی در تیمارهای تلقیح شده با ازتوپاکتر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. یاوه و همکاران (۲۹) نیز با مطالعه تأثیر قارچ‌های بیولوژیک بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی گزارش کردند که تلقیح سیب‌زمینی با قارچ گلوموس تعداد غده در دو رقم سیب‌زمینی را به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌دهد.

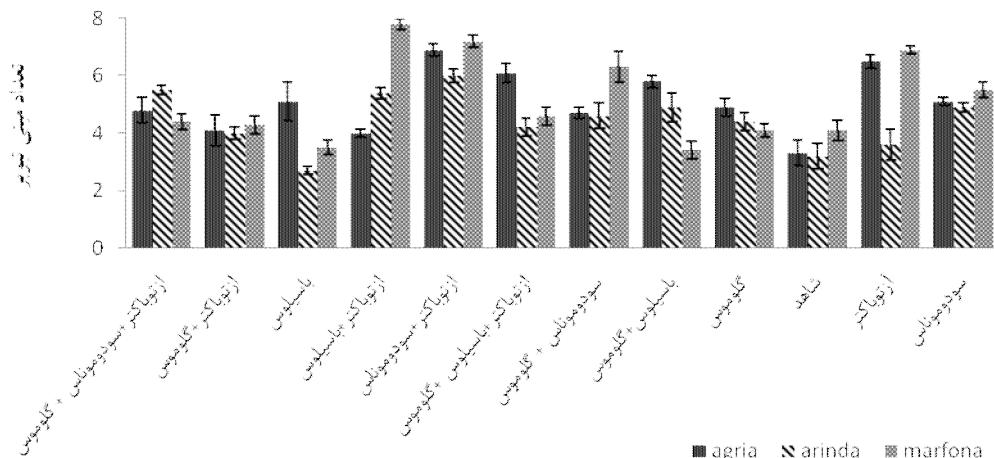
وزن و طول مینی تیوبر

مطابق نتایج نشان داده شده در جدول ۱، استفاده از عوامل بیولوژیک تأثیر معنی داری بر وزن و طول مینی تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی نداشت. اما اثر رقم برای هر دو صفت در سطح ۱٪ معنی دار شد، به طوری که رقم آریندا نسبت به رقم آگریا و مارفونا دارای وزن و طول مینی تیوبر بیشتری بود

در گیاهچه‌های تلقیح شده با ازتوپاکتر و سودوموناس گزارش کردند. در گیاه *Vallisneria spiralis* کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی مخلوط باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس سبب افزایش ۳۴٪ درصدی وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شد (۳۱). نتایج تحقیقات زهیر و همکاران (۳۲) نیز نشان داد که در اثر تلقیح گیاه ذرت با ازتوپاکتر و سودوموناس وزن خشک بوته‌های ذرت تا ۱۸ درصد افزایش یافت و دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند و بیان داشتند که این موضوع در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک در ذرت شده است.

تعداد مینی تیوبر

همان‌گونه که از نتایج جدول ۱ مشخص است، تلقیح گیاهچه‌های سیب‌زمینی با باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد تأثیر معنی داری بر تعداد مینی تیوبرهای سیب‌زمینی داشت. به طوری که تمامی تیمارهای بیولوژیک موجب افزایش تعداد مینی تیوبر نسبت به تیمار شاهد شدند. در بین تیمارهای آزمایشی بیشترین تعداد مینی تیوبر مربوط به تیمار ازتوپاکتر + سودوموناس، ازتوپاکتر + باسیلوس و ازتوپاکتر بود که به ترتیب ۴۷، ۳۹ و ۳۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). اثر رقم بر تعداد مینی تیوبر در سطح ۵٪ معنی دار



شکل ۴. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر تعداد مینی تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی

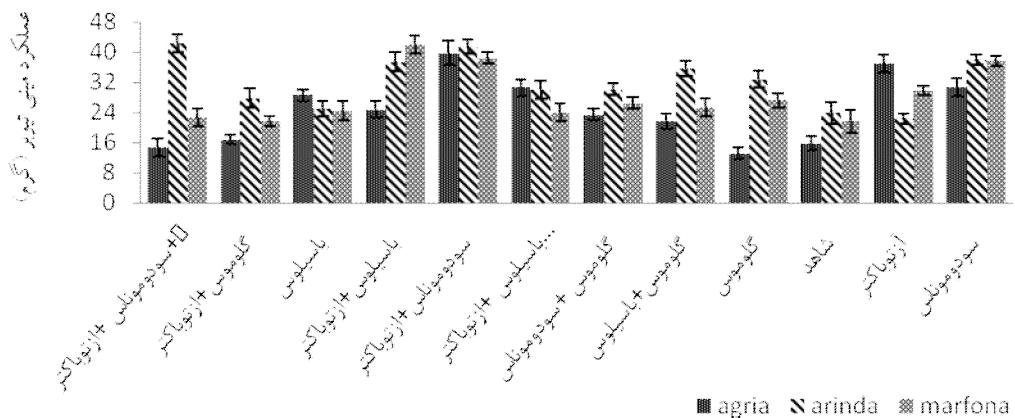
*: هر ستون میانگین ۱۰ تکرار \pm خطای استاندارد (SE) می‌باشد.

بر تحریک تولید تنظیم‌کننده‌های رشد باعث توسعه سطح فعال سیستم ریشه‌ای و افزایش دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی شده و در نهایت عملکرد گیاه را افزایش داده است. همچنین ممکن است این میکرووارگانیسم‌ها از طریق مکانیسم‌هایی از جمله انحلال فسفات و ترشح سیدروفور باعث افزایش عملکرد گیاه شده باشند. در همین ارتباط سلیک و همکاران (۷) بیان داشتند که کاربرد باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود و از این طریق عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد. از طرفی در این آزمایش مشاهده شد که تیمارهای ترکیبی از ریزمووجودات به دلیل اثرات تشدیدکننده باکتری‌ها و قارچ‌ها روی یکدیگر سبب تحریک رشد و در نهایت افزایش عملکرد گیاه شد. در همین ارتباط دودس و همکاران (۹) با مطالعه تأثیر دو گونه از قارچ‌های محرک رشد بر عملکرد سیب‌زمینی، افزایش ۳۳ و ۴۵٪ تیمارهای تلقیح شده با قارچ را در مقایسه با تیمار شاهد گزارش کردند. تأثیر مثبت باکتری‌های و قارچ‌های محرک رشد در افزایش عملکرد غله سیب‌زمینی در مطالعات دیگر نیز توسط وساتکا و گریندلر (۲۷)، نیمیرا و همکاران (۱۸) و گراهام و همکاران (۱۲) نشان داده شده است. نتایج بررسی همبستگی بین صفات مطالعه شده نشان داد که عملکرد مینی تیوبر همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد ساقه فرعی

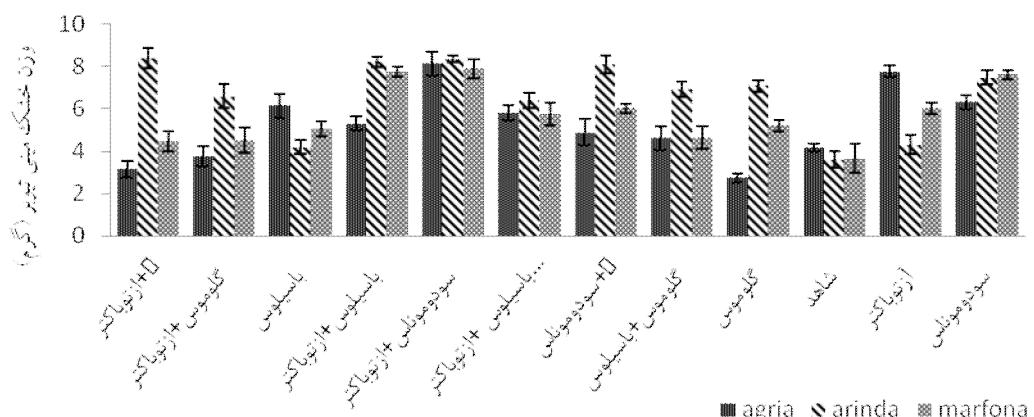
(جدول ۲). مشابه با نتایج به دست آمده در این آزمایش در مطالعه‌ای دیگر نیز تیمارهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری بر وزن غده‌های سیب‌زمینی رقم Goldrush نداشت (۲۹).

عملکرد مینی تیوبر

همان‌گونه که از نتایج جدول ۱ مشخص است عملکرد مینی تیوبر تحت تأثیر تیمارهای بیولوژیک قرار گرفت و کلیه تیمارهای اعمال شده عملکرد مینی تیوبر بیشتری را نسبت به تیمار شاهد از خود نشان دادند. تیمارهای ازتوپاکتر+سدوموناس، سدوموناس و ازتوپاکتر+گلوموس بیشترین عملکرد مینی تیوبر را در بین تیمارهای آزمایشی به خود اختصاص دادند و به ترتیب موجب ۴۲/۴۸، ۲/۶ و ۴۱/۷ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). اثر رقم بر عملکرد مینی تیوبر در سطح ۶۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱)، رقم آریندا با میانگین ۳۲/۲ گرم عملکرد بیشتری را نسبت به ارقام مارفونا و آگریا از خود نشان داد (جدول ۲). اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک نیز بر عملکرد مینی تیوبرها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. گیاهچه‌های رقم آریندا تلقیح شده با ترکیب ازتوپاکتر+سدوموناس+گلوموس بیشترین عملکرد مینی تیوبر را از خود نشان دادند (شکل ۵). به نظر می‌رسد تلقیح غده‌های سیب‌زمینی با باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد علاوه



شکل ۵. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر عملکرد مینی تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی

*: هر ستون میانگین ۱۰ تکرار \pm خطای استاندارد (SE) می‌باشد.

شکل ۶. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر وزن خشک کل مینی تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی

*: هر ستون میانگین ۱۰ تکرار \pm خطای استاندارد (SE) می‌باشد.

مینی تیوبر نسبت به تیمار شاهد شد. همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود تیمارهای از توباکتر + سودوموناس، سودوموناس و از توباکتر + باسیلوس منجر به افزایش وزن خشک کل مینی تیوبر به ترتیب به میزان $53/2$ و $46/7$ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. اثر رقم بر وزن خشک کل مینی تیوبر در سطح ۱% معنی دار شد (جدول ۱)، به طوری که رقم آریندا وزن خشک مینی تیوبر بیشتری را نسبت به آگریا و مارفونا از خود نشان داد. همچنین اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک نیز برای وزن خشک کل مینی تیوبر در سطح احتمال ۱% معنی دار شد. همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است، بیشترین وزن خشک کل مینی تیوبر مربوط به گیاهچه‌های رقم

(۰/۶۲۷**). داشت که این امر نشان‌دهنده آن است که تحریک رشد رویشی و تولید ساقه فرعی بالاتر می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد مینی تیوبرهای سیب‌زمینی باشد (جدول ۳).

وزن خشک کل مینی تیوبر
نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین وزن خشک کل مینی تیوبر در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است وزن خشک کل مینی تیوبر تحت تأثیر تیمارهای بیولوژیک قرار گرفت به طوری که کاربرد باکتری‌ها و قارچ‌های محرك رشد منجر به افزایش وزن خشک کل

به تنها یی و یا در ترکیب با یکدیگر موجب افزایش وزن اندام هوایی، تعداد ساقه فرعی، طول بلندترین ساقه، تعداد مینی تیوبر، عملکرد مینی تیوبر و وزن خشک کل مینی تیوبر گردید. در شرایط این آزمایش بهترین تیمار بیولوژیک، استفاده از توباکتر در ترکیب با سودوموناس بود. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد مناسب و سازگار در هر گیاه ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی می‌تواند علاوه بر افزایش پایداری اکسیستم عملکرد گیاه را نیز تا حد قابل قبولی افزایش دهد.

آریندا تلقیح شده با ازتوباکتر + سودوموناس + گلوموس بود. وزن خشک بیشتر مینی تیوبرها در تیمارهای تلقیح شده با باکتری و قارچ در مقایسه با تیمار شاهد احتمالاً به علت افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم است که پیامد افزایش سطح ریشه در تیمارهای تلقیح شده است. مشابه با نتایج به دست آمده در این تحقیق گراهام و همکاران (۱۲) نیز با مطالعه تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی افزایش وزن خشک مینی تیوبرهای سیب‌زمینی را در گیاه‌چهه‌های تلقیح شده با کودهای بیولوژیک گزارش کردند.

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد،

منابع مورد استفاده

1. Rezaei, A., V. Soltani. 1996. Potato Cultivation. Mashad Jahad Daneshgahi Press. (In Farsi).
2. Masoudi, F., M. R. Zartoshti, B. A. Mandolkani, M. R. Sadaghiani, V. H. Nazarli. 2010. Effect of irrigation intervals on yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum L.*). *Iranian Journal of Agricultural Science* 12: 265-2787. (In Farsi).
3. Abdul-Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 60: 7–11.
4. Brown, M. E. and S. K. Burlingham. 1968. Production of plant growth substances by *Azotobacter chroococcum*. *Journal of General and Applied Microbiology* 53: 135–144.
5. Brussard, L. and R. Ferrera-Cenato. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. Lewis Pub., USA.
6. Carletti, S., E. R. Caceres and B. Liorent. 1994. Growth promotion by PGPR on different plant species growing in hydroponics conditions. In: Improving plant productivity with rhizosphere bacteria. Proc. 3rd Intl. Workshop on Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Adelaide, Australia.
7. Celik, I., I. Ortas and S. Kilic. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research* 78:59-67.
8. Davies, F. T. Jr., C. M. Calderon and Z. Huaman. 2005. Influence of arbuscular mycorrhizae indigenous to Peru and a flavonoid on growth, yield and leaf elemental concentration of ‘Yungay’ potatoes. *Horticultural Science* 40:381-385.
9. Douds, D. D., J. G. Nagahashi, C. Reider and P. R. Hepperly. 2007. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high p soil. *Biological Agriculture and Horticulture* 25: 67-78
10. Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agronomy Journal* 94: 128–135.
11. Fayed, M., N. F. Emam and H. E. Makboul. 1985. The possible use of nitrogen fixing *Azospirillum* as biofertilizer for wheat plants. *Egyptian Journal of Microbiology* 20: 199–206
12. Graham, S. O., N. E. Green and J.W. Hendrix. 1976. The influence of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi on growth and tuberization of potatoes. *Mycologia* 68:925–929
13. Hafeez, F. Y., M. E. Safdar, A. U. Chdhry and K. A. Malik. 2002. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44:617-622.
14. Hungria, M., D. S. Andrade, A. Colozzi-Filho and E. L. Balota. 1997. Interactions among soil microorganism and bean and maize grown in monoculture or intercropped. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 32:807-818.
15. Hassanpanah, D., R. Shahryari, A. Shamel and L. Fathi. 2008. Effect of thiourea and gibberellic acid on dormancy breaking of potato minitubers (Agria cultivar). Abstract Book of 5th Irani. Hort. Cong, Agriculture Faculty of

Shiraz University, 6-9 September 2008, p. 100.

16. Kumar, V., R. K. Behl and N. Narula. 2001. Establishment of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in rhizosphere and their effect on wheat under green house conditions. *Research Journal of Microbiology* 156: 87-93.
17. Ladha, J. K., J. Bnnelt, G. K. Reddy, P. M. Reddy and U. Singh. 1998. Opportunities for increased nitrogen use efficiency from improved low land rice. *Ecological Monographs* 280: 15-22.
18. Niemira, B. A., G. R Safir, R. Hammerschmidt and W. B. George. 1995. Production of prenuclear minitubers of potato with peat-based arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. *Agronomy Journal* 87:942-946
19. Rai, S. N. and A. C. Gaur. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant and Soil Science* 109:131-134.
20. Roberts, T. L. 2008. Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 32:177-182
21. Shaalan, M. N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research* 83:811-828.
22. Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India.
23. Singh, S. and K. K. Kapoor. 1998. Effects of inoculation of phosphatesolubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. *Mycorrhiza* 7: 249-253.
24. Sing, M., H. S. Chaube and R. P. Sing. 2001. Effect of *Pseudomonas fluorescent* on primordial formation, yield and control pathogenic fungi of *Agaricus bisporus* (Lang) sing. *Journal of Mycology and Plant Pathology* 30:313-326.
25. Suman, D. A. and D. J. Bagyaraj. 2002. Interaction between VAM fungus and nitrogen fixing bacteria and their influence on growth and nutrition of neem (*Azadirachta indica*. A. Juss). *Indian Journal of Microbiology* 42: 295-298
26. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil Science* 255: 571-586.
27. Vosátka, M. and M. Gryndler. 1999. Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. *Applied Soil Ecology* 11:245-251
28. Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. Li and K. C. Cheung. 2005. Effect of biofertilizers containing N-fixer, Panda K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.
29. Yao, M. K., R. J. Tweddell and H. D. Desilets. 2002. Effect of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Mycorrhiza* 12:235-242
30. Yasari, E. and A. M. Patwardhan. 2007. Effects of Aztobacter and Azospirillium inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. *Asian Journal of Plant Science* 6:77-82
31. Young, C. C., W. A. Lai, F. T. Shen, W. S. Huang and A. B. Arun. 2004. Characterization of multifunctional biofertilizer from Taiwan and biosafety considerations. Intl. Symp. on Future Development of Agricultural Biotechnology Park. 373-388.
32. Zahir, A. Z., M. Arshad and A. Khalid .1998. Improving 7 maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science* 15: 1-11