

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

امین حسین نعیم<sup>۱\*</sup> و محمود اطرشی<sup>۲</sup>

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

### چکیده

مطالعه ریزموجودات خاکزی و برهم‌کنش روابط همزیستی مفید بین اجزاء مختلف زنجیره غذایی از جمله مباحث نوین در کشاورزی پایدار می‌باشد. از این‌رو به منظور بررسی تأثیر تلقیح قارچ‌ها و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد مینی تیوبر سه رقم سیب‌زمینی آزمایشی به صورت 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 (*Bacillus polymixa*)، باکتری سودوموناس (*Pseudomonas putida*)، باکتری ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*)، قارچ گلوموس (*Glomus intraradices*)، ترکیب‌های باسیلوس + گلوموس، سودوموناس + گلوموس، ازتوباکتر + گلوموس، ازتوباکتر + باسیلوس، ازتوباکتر + سودوموناس، ازتوباکتر + باسیلوس + گلوموس، ازتوباکتر + سودوموناس + گلوموس، ازتوباکتر + باسیلوس + سودوموناس، ازتوباکتر + باسیلوس + سودوموناس + گلوموس قرار گرفت. شاخص‌های رشدی گیاه مانند ارتفاع و وزن خشک گیاهیچه و هم‌چنین صفات مربوط به مینی تیوبر مانند عملکرد، وزن خشک و تعداد مینی تیوبر 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 مینی تیوبر، عملکرد مینی تیوبر و وزن خشک کل مینی تیوبر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. اما تفاوت معنی‌داری از لحاظ طول و وزن مینی تیوبر دیده نشد. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک نیز بر عملکرد و وزن خشک کل مینی تیوبر نیز معنی‌دار شد. به طوری‌که بیشترین عملکرد و وزن خشک مینی تیوبر در گیاهان رقم آریندا تلقیح شده با ازتوباکتر + سودوموناس + گلوموس دیده شد. نتایج هم‌چنین حاکی از آن بود که تیمار ازتوباکتر + گلوموس و ازتوباکتر به ترتیب دارای بیشترین طول ساقه و بیشترین تعداد ساقه فرعی در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی بودند. به طوری‌که نتایج به دست 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 مینی تیوبر سیب‌زمینی داراست و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی در تولید ارگانیک این محصول مطرح باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس، سیب‌زمینی، مینی تیوبر

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

۲. استادیار پژوهشی پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور، اصفهان

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

## مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی غده‌ای است و از نظر میزان پروتئین، نشاسته، کربوهیدرات، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی 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 متداول کشاورزی در جهان موفقیت 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

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 به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند (۶). تأثیرات مثبت این میکروارگانیسم‌ها شامل تثبیت نیتروژن، فراهم‌سازی عناصر غذایی، افزایش مقاومت به آفات و عوامل بیماری‌زای خاکریزی، افزایش مقاومت به تنش‌های 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 به‌عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی به‌منظور افزایش حاصل‌خیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (۸، ۲۸ و ۲۹). کودهای بیولوژیک در حقیقت جمعیت متراکم یک یا چند نوع از ریزوموجودات مفید خاکریزی 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*، *Gluconacetobacter*، *Enerobacter* و *Pseudomonas* می‌باشند (۱۰).

(۱۰). هانگریا و همکاران (۱۴) اظهار داشتند که استفاده از باکتری‌های آزاد تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک، علاوه بر کمک به رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصل‌خیزی خاک باعث افزایش عملکرد و هم‌چنین کاهش آلودگی منابع آب می‌شود. هم‌چنین گزارش شده است که گونه‌های مختلف جنس سودوموناس در کنترل قارچ‌های بیماری‌زا مؤثرند و از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جمله تولید سیدروفور، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، افزایش جذب فسفر، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌های تنظیم‌کننده غلظت اتیلن در گیاه سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند (۳). بروسارد و سناتو (۵) گزارش کردند که افزودن کودهای بیولوژیک به

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۸۹ در پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور در اصفهان به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار انجام شد. ۱۲ تیمار مختلف از باکتری‌های ازتوباکتر کروکوم (*Azotobacter chroococcum*)، باسیلوس پلی میکسا (*Bacillus polymixa*)، سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*)، و قارچ گلوموس ایتراادیس (*Glomus intraradices*) به صورت: ۱. تیمار شاهد (بدون قارچ و باکتری)، ۲. باکتری باسیلوس، ۳. باکتری سودوموناس، ۴. باکتری ازتوباکتر، ۵. قارچ گلوموس، ۶. ترکیب باسیلوس + گلوموس، ۷. سودوموناس + گلوموس، ۸. ازتوباکتر + گلوموس، ۹. ازتوباکتر + باسیلوس، ۱۰. ازتوباکتر + سودوموناس، ۱۱. ازتوباکتر + باسیلوس + 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 باسیلوس پلی میکسا از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری ایران و باکتری سودوموناس پوتیدا از گروه میکروبیولوژی دانشگاه اصفهان تهیه شد.

قارچ گلوموس ایتراادیس به صورت کود تجاری (قارچ تکثیر شده به فرم میسلیم 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 جانبی و ساقه‌ای به طول تقریبی ۳ میلی‌متر بود. ریز نمونه‌ها در ظرف شیشه‌ای حاوی ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت پایه MS کشت و در اتاقک رشد تحت شرایط دوره روشنایی ۱۶ ساعت نور با شدت ۲۴۰۰ لوکس 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 به‌طور 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 محرک رشد باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و افزایش جذب نیتروژن در پنبه می‌گردد. لادها و همکاران (۱۷) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد از طریق تثبیت 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 می‌شوند و از این طریق رشد گیاه را افزایش می‌دهند (۸). تأثیر مثبت قارچ‌ها و باکتری‌های محرک 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 حالی‌که 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 محرک رشد بر تولید مینی تیوبرهای سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت.

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 گیاهچه در 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 مشابهی داشتند برای اعمال تیمارهای بیولوژیکی انتخاب شدند.

هر گیاهچه مقاوم‌سازی شده، در یک گلدان ۴ کیلویی 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 میسلیوم قارچ میکوریز رشد کرده روی خاک شنی - لومی و ریشه تیمارهای باکتری با غلظت  $3 \times 10^8 \text{ cfu ml}^{-1}$  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، مینی‌تیوبرها آماده برداشت شدند. در این مرحله ارتفاع گیاه و

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 یادداشت‌برداری و اندازه‌گیری شدند. به منظور محاسبه عملکرد مینی تیوبر وزن تر مینی تیوبرهای هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد و به‌عنوان 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٪ معنی‌دار شده بود با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (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٪ معنی‌دار بود. اما وزن و طول مینی تیوبر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

### طول بلندترین ساقه

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

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

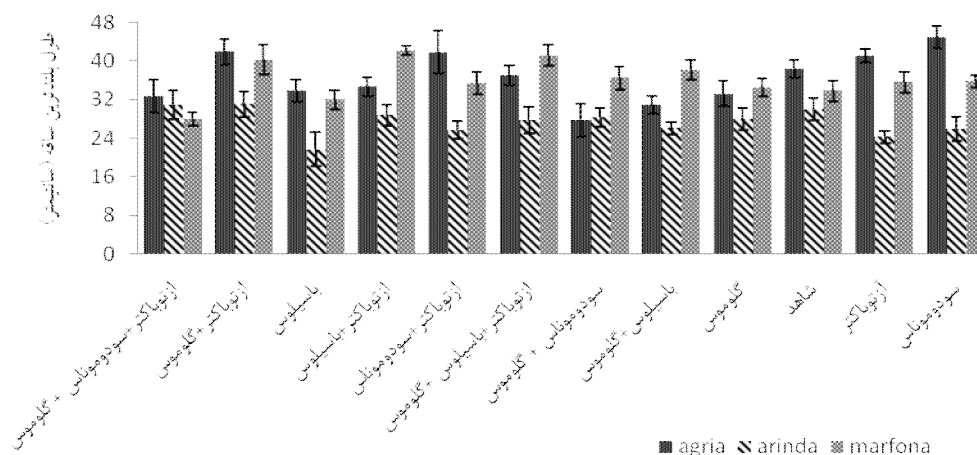
میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک کل مینی تیوبر	طول مینی تیوبر	عملکرد مینی تیوبر	وزن مینی تیوبر	تعداد مینی تیوبر	وزن خشک اندام هوایی	تعداد ساقه فرعی	طول بلندترین ساقه		
۴۲/۵۲ <sup>**</sup>	۰/۷۴۵ <sup>ns</sup>	۹۸۹/۸۹۲ <sup>**</sup>	۱۶/۵۳۷ <sup>ns</sup>	۲۴/۰۵۷ <sup>**</sup>	۵/۷۴۰ <sup>**</sup>	۲/۸۴۱ <sup>**</sup>	۱۹۵/۶۰ <sup>**</sup>	۱۱	تیمار
۶۰/۹۱۰ <sup>**</sup>	۲۶/۷۷۸ <sup>**</sup>	۱۶۵۱/۰۶ <sup>**</sup>	۵۵۹/۹۱۵ <sup>**</sup>	۱۹/۸۴۸ <sup>*</sup>	۲۷/۲۴۵ <sup>**</sup>	۴/۴۸۶ <sup>*</sup>	۳۲۴۷/۵ <sup>**</sup>	۲	رقم
۱۷/۸۴۰ <sup>**</sup>	۰/۶۳۳ <sup>ns</sup>	۳۷۶/۱۸۱ <sup>**</sup>	۱۳/۳۷۸ <sup>ns</sup>	۹/۵۹۸ <sup>*</sup>	۴/۹۴۵ <sup>**</sup>	۳/۶۶۹ <sup>**</sup>	۱۵۵/۷۶ <sup>**</sup>	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: غیر معنی دار

جدول ۲. مقایسه میانگین طول بلندترین ساقه (سانتی متر)، تعداد ساقه فرعی، وزن خشک اندام هوایی (گرم)، تعداد مینی تیوبر، طول مینی تیوبر (سانتی متر)، 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	تعداد مینی تیوبر	طول مینی تیوبر	وزن مینی تیوبر	عملکرد مینی تیوبر	وزن خشک کل مینی تیوبر
رقم								
اگریا	۳۶/۶۴ <sup>a</sup>	۲/۱۵ <sup>a</sup>	۲/۱۸ <sup>a</sup>	۵/۱۳ <sup>a</sup>	۲/۵۶ <sup>b</sup>	۵/۰۶ <sup>c</sup>	۲۴/۸۷ <sup>c</sup>	۵/۲۵ <sup>b</sup>
مارفونا	۳۶/۱۴ <sup>a</sup>	۱/۷۵ <sup>b</sup>	۱/۷۰ <sup>b</sup>	۵/۱۷ <sup>a</sup>	۲/۴۲ <sup>b</sup>	۶/۲۹ <sup>b</sup>	۲۸/۵۰ <sup>b</sup>	۵/۷۲ <sup>b</sup>
اریندا	۳۹/۲۷ <sup>b</sup>	۲/۰۰ <sup>ab</sup>	۱/۲۳ <sup>c</sup>	۴/۴۵ <sup>b</sup>	۳/۳۰ <sup>a</sup>	۹/۲۶ <sup>a</sup>	۳۲/۲۹ <sup>a</sup>	۶/۶۴ <sup>a</sup>
تیمارهای بیولوژیک								
شاهد	۳۴/۱۰ <sup>a-d</sup>	۱/۵۶ <sup>d</sup>	۱/۴۵ <sup>bc</sup>	۳/۵۳ <sup>f</sup>	۲/۸۵	۷/۵۳	۲۰/۵۱ <sup>e</sup>	۳/۸۰ <sup>e</sup>
ازتوباکتر + پزودوموناس + گلوموس	۳۰/۵۳ <sup>de</sup>	۱/۶۶ <sup>d</sup>	۱/۲۷ <sup>c</sup>	۴/۹۰ <sup>b-e</sup>	۲/۵۴	۵/۶۲	۲۶/۵۲ <sup>c-e</sup>	۵/۳۴ <sup>cd</sup>
ازتوباکتر + گلوموس	۳۷/۸۰ <sup>a</sup>	۱/۷۶ <sup>cd</sup>	۱/۲۰ <sup>c</sup>	۴/۱۳ <sup>d-f</sup>	۲/۸۷	۶/۱۳	۲۲/۱۴ <sup>de</sup>	۴/۹۷ <sup>de</sup>
باسیلوس	۲۹/۱۶ <sup>e</sup>	۱/۷۶ <sup>cd</sup>	۱/۳۱ <sup>c</sup>	۳/۷۶ <sup>ef</sup>	۲/۹۸	۷/۹۹	۲۶/۰۴ <sup>c-e</sup>	۵/۱۴ <sup>cd</sup>
ازتوباکتر + باسیلوس	۳۵/۷۰ <sup>ab</sup>	۲/۰۳ <sup>a-d</sup>	۲/۴۳ <sup>a</sup>	۵/۸۳ <sup>ab</sup>	۲/۸۶	۷/۴۹	۳۵/۲۱ <sup>ab</sup>	۷/۱۲ <sup>ab</sup>
ازتوباکتر + پزودوموناس	۳۴/۳۶ <sup>a-d</sup>	۲/۲۶ <sup>a-c</sup>	۲/۲۷ <sup>a</sup>	۶/۷۰ <sup>a</sup>	۲/۸۲	۶/۷۷	۳۹/۹۷ <sup>a</sup>	۸/۱۳ <sup>a</sup>
ازتوباکتر + باسیلوس + گلوموس	۳۵/۳۰ <sup>a-c</sup>	۱/۹۶ <sup>a-d</sup>	۱/۹۴ <sup>ab</sup>	۴/۹۶ <sup>b-e</sup>	۲/۸۴	۶/۸۸	۲۸/۱۹ <sup>cd</sup>	۵/۹۹ <sup>b-d</sup>
گلوموس + پزودوموناس	۳۰/۹۰ <sup>c-e</sup>	۲/۴۰ <sup>a</sup>	۱/۶۲ <sup>bc</sup>	۵/۲۰ <sup>b-d</sup>	۲/۸۰	۶/۸۱	۲۶/۷۰ <sup>cd</sup>	۶/۳۵ <sup>bc</sup>
باسیلوس + گلوموس	۳۱/۷۳ <sup>b-e</sup>	۱/۸۳ <sup>b-d</sup>	۱/۶۲ <sup>bc</sup>	۴/۷۰ <sup>b-f</sup>	۲/۷۷	۷/۳۰	۲۷/۶۰ <sup>cd</sup>	۵/۴۰ <sup>cd</sup>
ازتوباکتر	۳۳/۶۶ <sup>a-e</sup>	۲/۴۰ <sup>a</sup>	۲/۱۹ <sup>a</sup>	۵/۶۶ <sup>a-c</sup>	۲/۴۶	۶/۲۲	۲۹/۷۷ <sup>bc</sup>	۶/۰۴ <sup>b-d</sup>
گلوموس	۳۱/۹۰ <sup>b-e</sup>	۱/۶۶ <sup>d</sup>	۱/۲۱ <sup>c</sup>	۴/۴۶ <sup>c-f</sup>	۲/۵۵	۶/۰۷	۲۴/۴۳ <sup>c-e</sup>	۵/۰۱ <sup>de</sup>
پزودوموناس	۳۵/۵۳ <sup>ab</sup>	۲/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۹۳ <sup>ab</sup>	۵/۱۶ <sup>b-d</sup>	۲/۸۳	۷/۶۵	۳۵/۵۶ <sup>ab</sup>	۷/۱۳ <sup>ab</sup>

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.



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

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

شد (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 معنی‌دار شد ( $P < 0/01$ ). بیشترین تعداد ساقه فرعی در گیاهچه‌های رقم آگریا تلقیح شده با ازتوباکتر مشاهده شد (شکل ۲). مشابه با نتایج به‌دست آمده از این آزمایش سینگ و کاپور (۲۳) با مطالعه تأثیر کودهای بیولوژیک بر رشد گیاه نخود (*Cicer arietinum*) گزارش کردند که بیشترین تعداد شاخه جانبی در نخود در تیمارهای تلقیح شده با ازتوباکتر به‌دست آمد. یاساری و پادوردهان (۳۰) نیز گزارش کردند که تلقیح کلزا با ازتوباکتر باعث افزایش ۱۲ درصدی شاخه فرعی نسبت به تیمار شاهد شد. تعداد ساقه فرعی ارقام سیب‌زمینی همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد مینی تیوبر ( $0/385^{**}$ )، وزن خشک اندام هوایی ( $0/701^{**}$ ) و وزن خشک کل مینی تیوبر ( $0/713^{**}$ ) از خود نشان داد (جدول ۳).

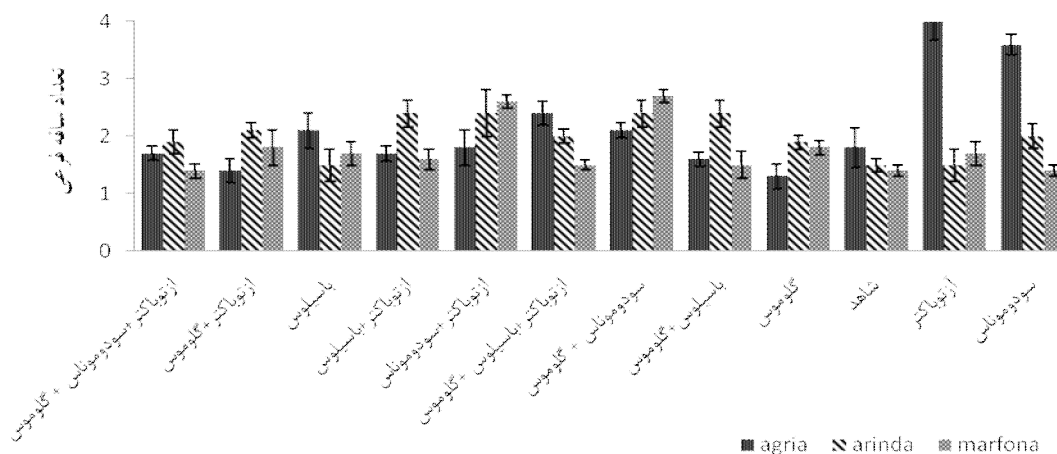
#### وزن خشک اندام هوایی

نتایج جدول ۱ حاکی از آن است که تأثیر تیمارهای بیولوژیک بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. تیمارهای ازتوباکتر+باسیلوس و ازتوباکتر + سودوموناس به‌ترتیب موجب ۵۰ و ۴۷ درصد

هم‌چنین اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک برای طول ساقه معنی‌دار شد ( $P < 0/01$ ). بیشترین طول ساقه (۵۰ سانتی‌متر) در رقم آگریا و در گیاهچه‌های تلقیح شده با سودوموناس دیده شد (شکل ۱). شالان (۲۱) افزایش خصوصیات رشدی گیاه از جمله ارتفاع گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa*) را در تیمارهای تلقیح شده با ازتوباکتر و سودوموناس نشان دادند و علت آن را افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه گزارش کردند. بران و بورلینگهام (۴) نیز افزایش ارتفاع گندم و جو را در تیمارهای تلقیح شده با ازتوباکتر گزارش کردند و بیان نمودند که تلقیح میکروبی باعث بهبود خصوصیات خاک مانند محتوای ماده آلی و افزایش محتوای نیتروژن قابل دسترس خاک می‌شود و از این طریق رشد طولی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

#### تعداد ساقه فرعی

تأثیر تیمارهای بیولوژیک بر تعداد ساقه فرعی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار 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 به‌طوری‌که تعداد ساقه فرعی در این گیاهچه‌ها به میزان ۳۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. اثر رقم بر تعداد ساقه فرعی در سطح ۵٪ معنی‌دار



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

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

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

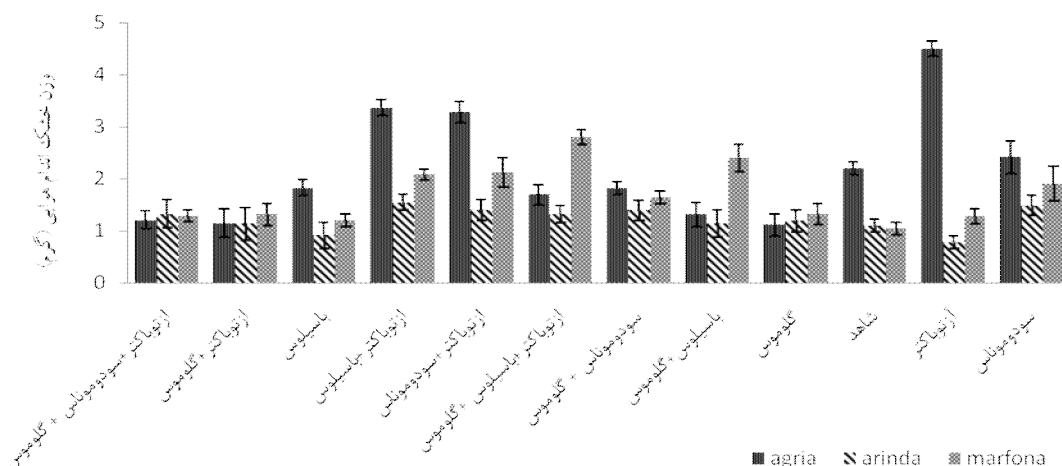
صفات آزمایشی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱- طول بلندترین ساقه								
۲- تعداد ساقه فرعی	۰/۲۰۲ <sup>ns</sup>							
۳- وزن خشک اندام هوایی	۰/۵۹۸ <sup>**</sup>	۰/۷۰۱ <sup>**</sup>						
۴- تعداد مینی تیوبر	۰/۳۶۱ <sup>*</sup>	۰/۳۸۵ <sup>*</sup>	۰/۳۵۶ <sup>*</sup>					
۵- وزن مینی تیوبر	-۰/۷۰۴ <sup>**</sup>	۰/۱۰۹ 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

\* 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 جیبرلین، سیتوکینین و اکسین می‌تواند باعث افزایش توسعه ریشه و به تبع آن افزایش جذب مواد غذایی و هم‌چنین افزایش فتوسنتز شود و از این طریق تجمع ماده خشک در گیاه را افزایش دهد (۱۱).

مشابه با نتایج به‌دست 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 سبزمینی در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۲). اثر رقم نیز بر وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱)، به‌طوری‌که 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 سبزمینی معنی‌دار شد ( $P < 0/01$ ). به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۴/۵ گرم) در گیاهچه‌های رقم آگریا تلقیح شده با ازتوباکتر به‌دست آمد (شکل ۳). ازتوباکتر نه تنها به‌واسطه تثبیت 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 معنی‌دار شد ( $P < 0.05$ ). به طوری که گیاهچه‌های رقم مارفونا تلقیح شده با ازتوباکتر+ باسیلوس بیشترین تعداد مینی تیوبر را از خود نشان دادند (شکل ۴). در همین ارتباط دودس و همکاران (۹) با مطالعه تأثیر سویه‌های مختلف ازتوباکتر بر رشد و نمو سیب‌زمینی گزارش کردند که تعداد غده‌های سیب‌زمینی در تیمارهای تلقیح شده با ازتوباکتر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. یاوو و همکاران (۲۹) نیز با مطالعه تأثیر قارچ‌های بیولوژیک بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی گزارش کردند که تلقیح سیب‌زمینی با قارچ گلواموس تعداد غده در دو رقم سیب‌زمینی را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌دهد.

#### وزن و طول مینی تیوبر

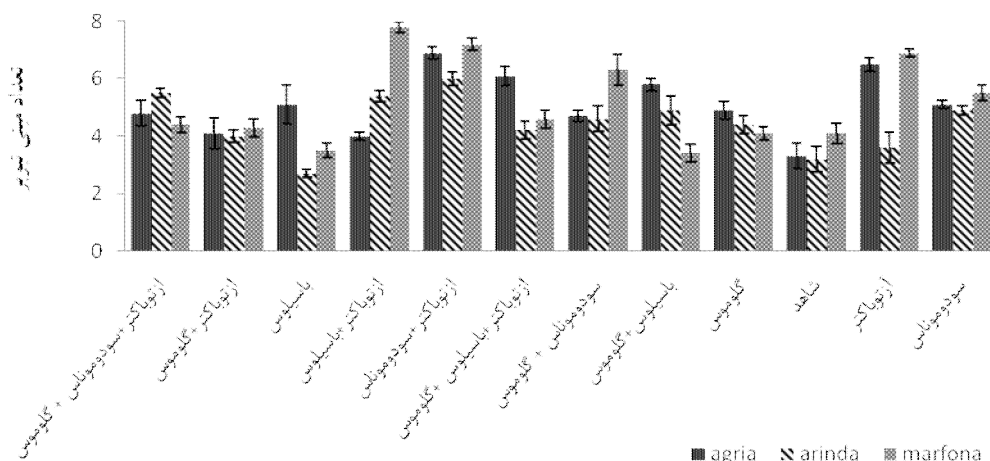
مطابق نتایج نشان داده شده در جدول ۱، استفاده از عوامل بیولوژیک تأثیر معنی‌داری بر وزن و طول مینی تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی نداشت. اما اثر رقم برای هر دو صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، به طوری که رقم آریندا نسبت به رقم آگریا و مارفونا دارای وزن و طول مینی تیوبر بیشتری بود

در گیاهچه‌های تلقیح شده با ازتوباکتر 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 ازتوباکتر 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 معنی‌داری بر تعداد مینی تیوبرهای سیب‌زمینی نداشت. 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 ازتوباکتر+ سودوموناس، ازتوباکتر+ باسیلوس و ازتوباکتر بود که به ترتیب موجب ۴۷، ۳۹ و ۳۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). اثر رقم بر تعداد مینی تیوبر در سطح ۵٪ معنی‌دار





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

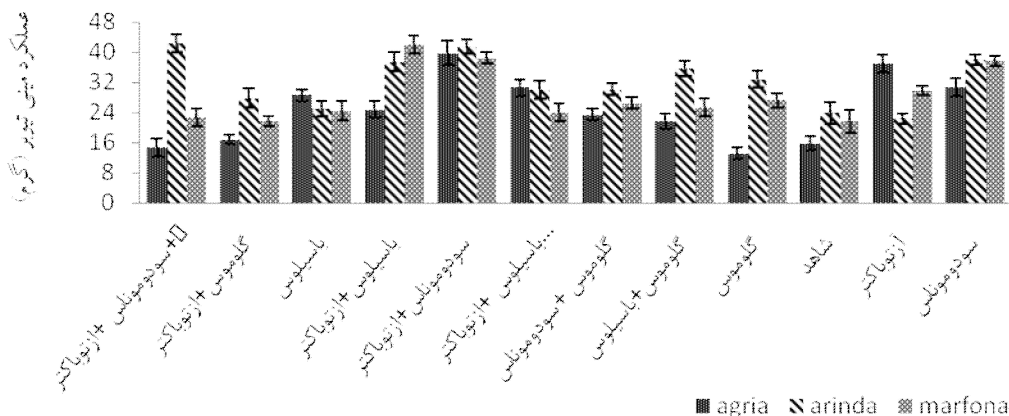
\*: هر ستون میانگین ۱۰ تکرار  $\pm$  خطای استاندارد (SE) می‌باشد.

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 میکروارگانیسم‌ها 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 ریزموجودات 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 غده 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 میانی تیوبر همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد ساقه فرعی

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

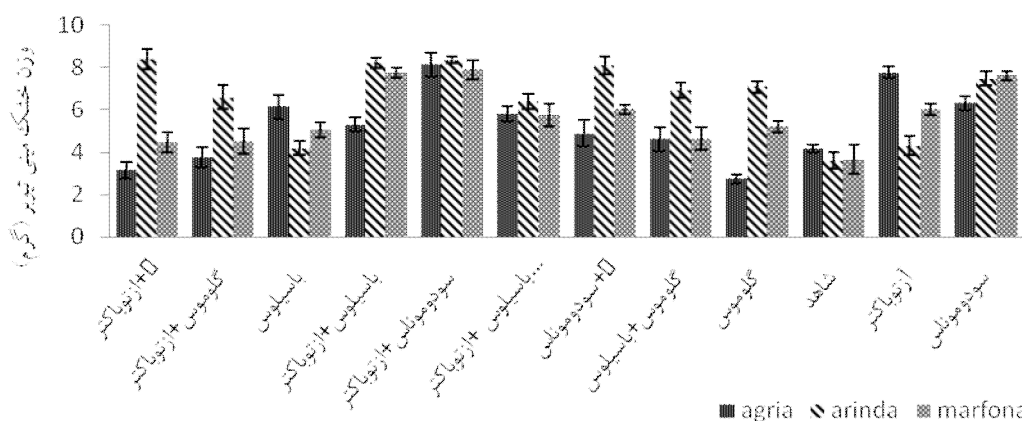
#### عملکرد میانی تیوبر

همان‌گونه که از نتایج جدول ۱ مشخص است عملکرد میانی تیوبر تحت تأثیر تیمارهای بیولوژیک قرار گرفت و کلیه تیمارهای اعمال شده عملکرد میانی تیوبر بیشتری را نسبت به تیمار شاهد از خود نشان دادند. تیمارهای ازتوباکتر + سدوموناس، سدوموناس و ازتوباکتر + گلوموس بیشترین عملکرد میانی 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 میانی تیوبر در سطح ۱٪ 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 میانی تیوبرها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. گیاهچه‌های رقم آریندا تلقیح شده با ترکیب ازتوباکتر + سدوموناس + گلوموس بیشترین عملکرد میانی 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 ± 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 ± خطای استاندارد (SE) می‌باشد.

مینی تیوبر نسبت به تیمار شاهد شد. همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود تیمارهای ازتوباکتر+ سودوموناس، سودوموناس و ازتوباکتر+ باسیلوس منجر به افزایش وزن خشک کل مینی تیوبر به ترتیب به میزان ۵۳/۲، ۴۶/۷ و ۴۶/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. اثر رقم بر وزن خشک کل مینی تیوبر در سطح ۱٪ معنی‌دار 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٪ معنی‌دار 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 محرک رشد منجر به افزایش وزن خشک کل

به تنهایی 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 توپاکتر 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 اکوسیستم 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 گیاهچه‌های تلقیح شده با کودهای بیولوژیک گزارش کردند.

### نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد،

### منابع مورد استفاده

1. Rezaei, A., V. Soltani. 1996. Potato Cultivation. Mashad Jihad 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. 3<sup>rd</sup> 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. Fayez, 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. Shahyari, A. Shamel and L. Fathi. 2008. Effect of thiourea and gibberellic acid on dormancy breaking of potato minitubers (Agria cultivar). Abstract Book of 5<sup>th</sup> 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 fluorescens* on primordial formation, yield and control pathogenic fungi of *Agaricus bisporus* (Lang) sing. *Journal of Mycology and Plant Pathology* 30:313-326.
25. Sumana, 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 *Azotobacter* and *Azospirillum* 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