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 ریزموجودات خاکزی و برهم‌کنش روابط همزیستی مفید بین اجزاء مختلف زنجیره غذایی از جمله مباحث 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 آرینـدا) در طـول دوره رویشـی تحـت تـأثیر ۱۱ تیمـار بیولوژیـک مختلـف شـامل بـاکتری باسـیلوس (*Bacillus polymixa*)، باکتری سودوموناس (*Pseudomonas putida*)، باکتری ازتوبـاکتر (*Azotobacter chroococcum*)، قـارچ گلومـوس (*Glomus intraradicies*)، ترکیب‌های باسیلوس + گلوموس، سودوموناس+گلوموس، ازتوباکتر+گلوموس، 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 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 مینی‌تیوبر نیز معنی‌دار شد. به‌طوری‌که 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 آزتوباکتر+گلوموس و آزتوباکتر به ترتیب دارای بیشترین طول ساقه و بیشترین تعداد ساقه فرعی در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی بودند. به‌طورکلی نتایج به‌دست 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 به‌عنوان 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، واحـد خوراسگـان

۲. استادیار پژوهشی پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور، اصفهان

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]

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 خاکزی، 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، ۲۸و۲۹). 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*، *Azosprillium*، *Beijerinckia*، *Arthrobacter*، *Bacillus*، *Clostridium*، *Enerobacter*، *Gluconacetobacter* و *Pseudomonas* می‌باشند (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 آنتی بیوتیک‌ها، 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]

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 میزبان 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، ۲۷و۲۸). 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 مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۸۹ در پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور در اصفهان به اجرا در آمد. آزمایش به‌صورت 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 اینترارادیس (*Glomus intraradicies*) به‌صورت: 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 به‌عنوان یک فاکتور و سه رقم سیب‌زمینی به نام آگریا، مارفونا و آرینداً به‌عنوان 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 اینترارادیس به‌صورت 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 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 به‌مدت ۵ هفته نگهداری شدند. بعد از این مدت گیاهچه‌ها مجدداً واکشت گردیدند. کشت میانگره به‌طور مداوم تا حصول

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]

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 به‌مدت 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. به‌منظور حفظ رطوبت، گلدان‌ها با یک لیوان پلاستیکی شفاف به‌مدت 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 کیسهٔ پلاستیکی بزرگ از خاک زراعی پر شد و در اتوکلاو در درجه حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و با فشار ۱۵ پاسکال به‌مدت 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 میسیلیوم قارچ میکوریز رشد کرده روی خاک شنی-لومی و ریشه تیمارهای باکتری با غلظت 3×10^{8} 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 به‌صورت 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 به‌مدت 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+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% معنی‌دار شد (جدول ۱)، به‌طوری‌که رقم آرینداد در مقایسه با رقم اگریا و مارفونا ساقه بلندتری داشت (جدول ۲).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]

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، طول مینی تیوبر و وزن خشک کل مینی تیوبر سه رقم سیب‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول بلندترین ساقه	تعداد ساقه فرعی	وزن خشک اندام هوایی	تعداد مینی تیوبر	وزن مینی تیوبر	عملکرد مینی تیوبر	طول مینی تیوبر	وزن خشک کل مینی تیوبر
تیمار	۱۱	۱۹۵/۶۰**	۲/۸۴۱**	۵/۷۴۰**	۲۴/۰۵۷**	۱۶/۵۳۷^{ns}	۹۸۹/۸۹۲**	۰/۷۴۵۰^{ns}	۴۲/۵۲۰**
رقم	۲	۳۲۴۷/۵**	۴/۴۸۶*	۲۷/۲۴۵**	۱۹/۸۴۸*	۵۵۹/۹۱۵**	۱۶۵۱/۰۶**	۲۶/۷۷۸**	۶۰/۹۱۰**
تیمار× رقم	۲۲	۱۵۵/۷۶**	۳/۶۶۹**	۴/۹۴۵**	۹/۵۹۸*	۱۳/۳۷۸^{ns}	۳۷۶/۱۸۱**	۰/۶۳۳^{ns}	۱۷/۸۴۰**
خطا	۳۲۴	۸۱/۶۹۲	۱/۲۱۶۰	۱/۰۵۳۸	۵/۷۱۲۶	۱۶/۶۴۹	۱۵۰/۸۵۹۹	۰/۴۷۵۹	۶/۱۰۶۸

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns: غیرمعنی‌دار

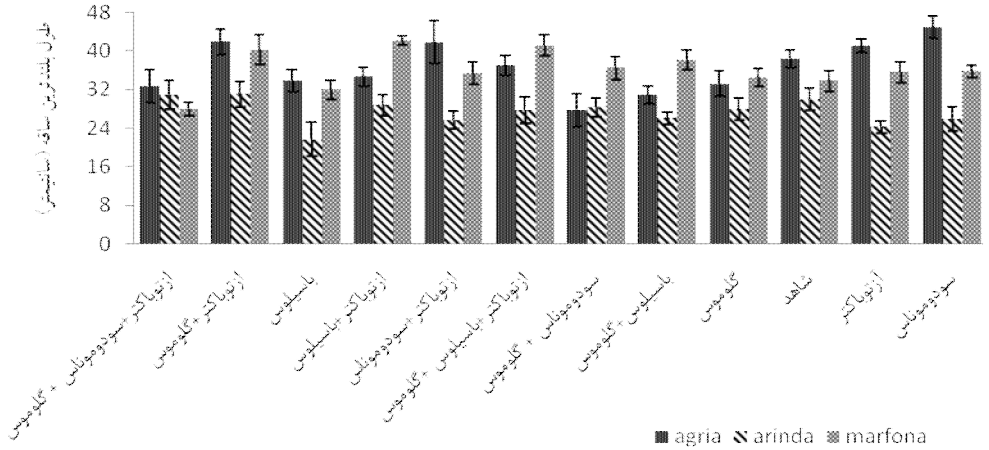
جدول ۲. مقایسه میانگین طول بلندترین ساقه (سانتی‌متر)، تعداد ساقه فرعی، وزن خشک اندام هوایی (گرم)، تعداد مینی تیوبر، طول مینی تیوبر (سانتی‌متر)، وزن مینی تیوبر (گرم)، عملکرد مینی تیوبر (گرم) و وزن خشک کل مینی تیوبر (گرم) سه رقم سیب‌زمینی تحت تیمارهای مختلف بیولوژیک

عامل آزمایشی	طول بلندترین ساقه	تعداد ساقه فرعی	وزن خشک اندام هوایی	تعداد مینی تیوبر	طول مینی تیوبر	وزن مینی تیوبر	عملکرد مینی تیوبر	وزن خشک کل مینی تیوبر
رقم								
اگریا	۳۶/۶۴ ^{a}	۲/۱۵ ^{a}	۲/۱۸ ^{a}	۵/۱۳ ^{a}	۲/۵۶ ^{b}	۵/۰۶ ^{c}	۲۴/۸۷ ^{c}	۵/۲۵ ^{b}
مارفونا	۳۶/۱۴ ^{a}	۱/۷۵ ^{b}	۱/۷۰ ^{b}	۵/۱۷ ^{a}	۲/۴۲ ^{b}	۶/۲۹ ^{b}	۲۸/۵۰ ^{b}	۵/۷۲ ^{b}
اریندا	۳۹/۲۷ ^{b}	۲/۰۰ ^{ab}	۱/۲۳ ^{c}	۴/۴۵ ^{b}	۳/۳۰ ^{a}	۹/۲۶ ^{a}	۳۲/۲۹ ^{a}	۶/۶۴ ^{a}
تیمارهای بیولوژیک								
شاهد	۳۴/۱۰$^{a-d}$	۱/۵۶ ^{d}	۱/۴۵^{bc}	۳/۵۳^{f}	۲/۸۵	۷/۵۳	۲۰/۵۱^{e}	۳/۸۰^{e}
ازتوباکتر+پزودوموناس+گلوموس	۳۰/۵۳^{de}	۱/۶۶ ^{d}	۱/۲۷^{c}	۴/۹۰$^{b-e}$	۲/۵۴	۵/۶۲	۲۶/۵۲$^{c-e}$	۵/۳۴^{cd}
ازتوباکتر +گلوموس	۳۷/۸۰^{a}	۱/۷۶^{cd}	۱/۲۰^{c}	۴/۱۳$^{d-f}$	۲/۸۷	۶/۱۳	۲۲/۱۴^{de}	۴/۹۷^{de}
باسیلوس	۲۹/۱۶^{e}	۱/۷۶^{cd}	۱/۳۱^{c}	۳/۷۶^{ef}	۲/۹۸	۷/۹۹	۲۶/۰۴$^{c-e}$	۵/۱۴^{cd}
ازتوباکتر +باسیلوس	۳۵/۷۰^{ab}	۲/۰۲$^{a-d}$	۲/۴۳^{a}	۵/۸۳^{ab}	۲/۸۶	۷/۴۹	۳۵/۲۱^{ab}	۷/۱۲^{ab}
ازتوباکتر +پزدوموناس	۳۴/۳۶$^{a-d}$	۲/۲۶$^{a-c}$	۲/۲۷ ^{a}	۶/۷۰^{a}	۲/۸۲	۶/۷۷	۳۹/۹۷^{a}	۸/۱۳ ^{a}
ازتوباکتر+باسیلوس+گلوموس	۳۵/۳۰$^{a-c}$	۱/۹۶$^{a-d}$	۱/۹۴^{ab}	۴/۹۶$^{b-e}$	۲/۸۴	۶/۸۸	۲۸/۱۹^{cd}	۵/۹۹b^{-d}
گلوموس +پزدوموناس	۳۰/۹۰$^{c-e}$	۲/۴۰^{a}	۱/۶۲^{bc}	۵/۲۰$^{b-d}$	۲/۸۰	۶/۸۱	۲۶/۷۰^{cd}	۶/۳۵^{bc}
باسیلوس +گلوموس	۳۱/۷۳$^{b-e}$	۱/۸۳$^{b-d}$	۱/۶۲^{bc}	۴/۷۰$^{b-f}$	۲/۷۷	۷/۳۰	۲۷/۶۰^{cd}	۵/۴۰^{cd}
ازتوباکتر	۳۳/۶۶$^{a-e}$	۲/۴۰^{a}	۲/۱۹ ^{a}	۵/۶۶$^{a-c}$	۲/۴۶	۶/۲۲	۲۹/۷۷^{bc}	۶/۰۴$^{b-d}$
گلوموس	۳۱/۹۰$^{b-e}$	۱/۶۶ ^{d}	۱/۲۱^{c}	۴/۴۶$^{c-f}$	۲/۵۵	۶/۰۷	۲۴/۴۲$^{c-e}$	۵/۰۱^{de}
پزودوموناس	۳۵/۵۳^{ab}	۲/۳۳^{ab}	۱/۹۳^{ab}	۵/۱۶$^{b-d}$	۲/۸۳	۷/۶۵	۳۵/۵۶^{ab}	۷/۱۳^{ab}

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح ۵% اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]



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

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

هم‌چنین اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک برای طول ساقه معنی‌دار شد ($P < ۰/۰۱$). 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

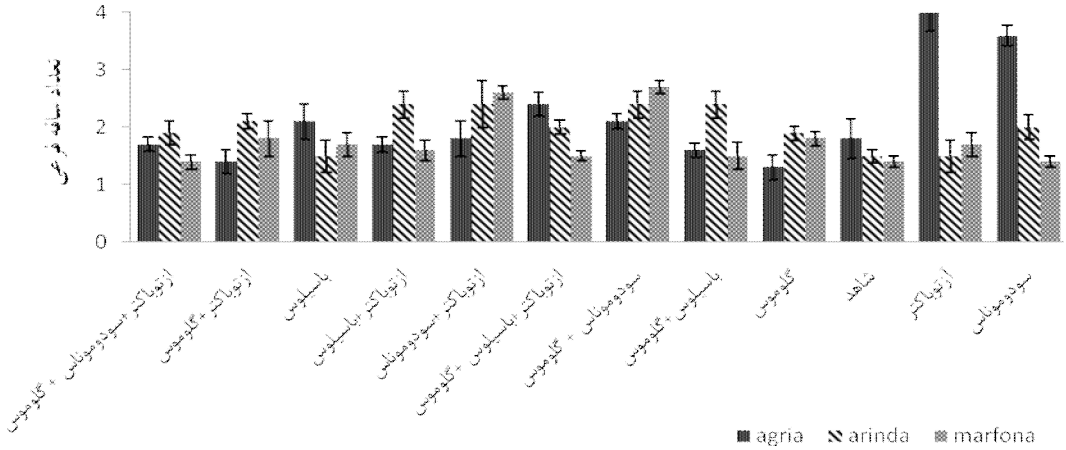
تأثیر تیمارهای بیولوژیک بر تعداد ساقه فرعی در سطح احتمال ۱% معنی‌دار شد (جدول ۱). تمامی تیمارهای آزمایشی باعث افزایش تعداد ساقه فرعی نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). با اینحال بیشترین تعداد ساقه فرعی در گیاهچه‌های تلقیح شده با ازتوباکتر دیده شد به‌طوری‌که تعداد ساقه فرعی در این گیاهچه‌ها به میزان ۳۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. اثر رقم بر تعداد ساقه فرعی در سطح ۵% معنی‌دار 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 ($P < ۰/۰۱$). 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 افزایش۱۲ درصدی شاخه فرعی نسبت به تیمار شاهد شد. تعداد ساقه فرعی ارقام سیب‌زمینی همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد مینی تیوبر ($۰/۳۸۵^{**}$)، وزن خشک اندام هوایی ($۰/۷۰۱^{**}$) و وزن خشک کل مینی تیوبر ($۰/۷۱۳^{**}$) 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]



شکل۲. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر تعداد ساقه فرعی گیاهچه‌های سیب‌زمینی

*: هر ستون میانگین ۱۰ تکرار ± 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	۱							
۲- تعداد ساقه فرعی	۰/۲۰۲^{ns}	۱						
۳- وزن خشک اندام هوایی	۰/۵۹۸**	۰/۷۰۱**	۱					
۴- تعداد مینی تیوبر	۰/۳۶۱*	۰/۳۸۵*	۰/۳۵۶*	۱				
۵- وزن مینی تیوبر	-۰/۷۰۴**	۰/۱۰۹^{ns}	-۰/۱۷۰^{ns}	-۰/۲۲۲^{ns}	۱			
۶- عملکرد مینی تیوبر	-۰/۰۲۹^{ns}	۰/۶۲۷**	۰/۲۸۱^{ns}	۰/۹۰۷**	۰/۸۶۱**	۱		
۷- طول مینی تیوبر	-۰/۶۰۷**	۰/۱۰۸^{ns}	-۰/۱۵۸^{ns}	۰/۵۷۸*	۰/۹۷۶**	۰/۵۲۸*	۱	
۸- وزن خشک کل مینی تیوبر	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۷۱۳**	۰/۲۲۷^{ns}	۰/۹۰۵**	۰/۳۹۷*	۰/۹۳۸**	۰/۳۴۹*	۱

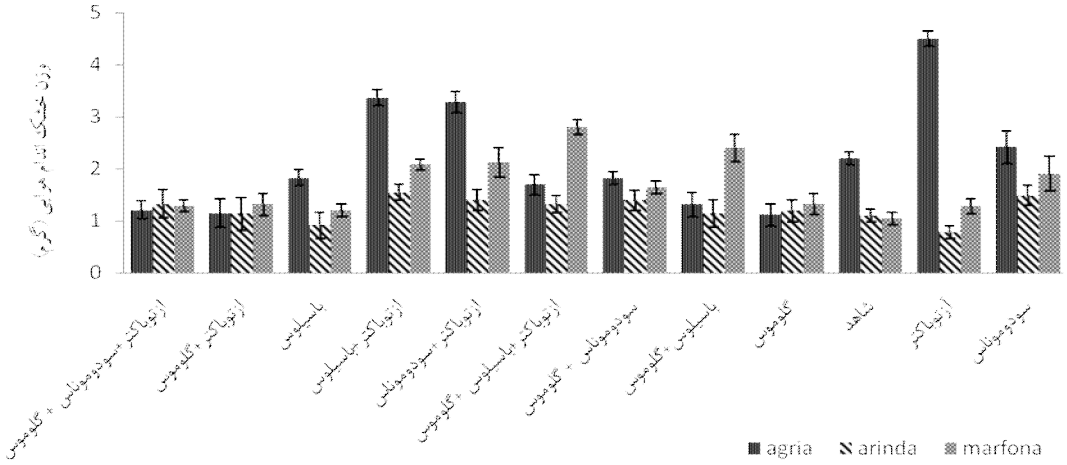
* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns: غیرمعنی‌دار

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 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 سیب‌زمینی معنی‌دار شد ($P < ۰/۰۱$). به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۴/۵ گرم) درگیاهچه‌های رقم آگریا تلقیح شده با ازتوباکتر به‌دست آمد (شکل۳). ازتوباکتر نه تنها به‌واسطه تثبیت نیتروژن 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]



شکل۳. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های سیب‌زمینی

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

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

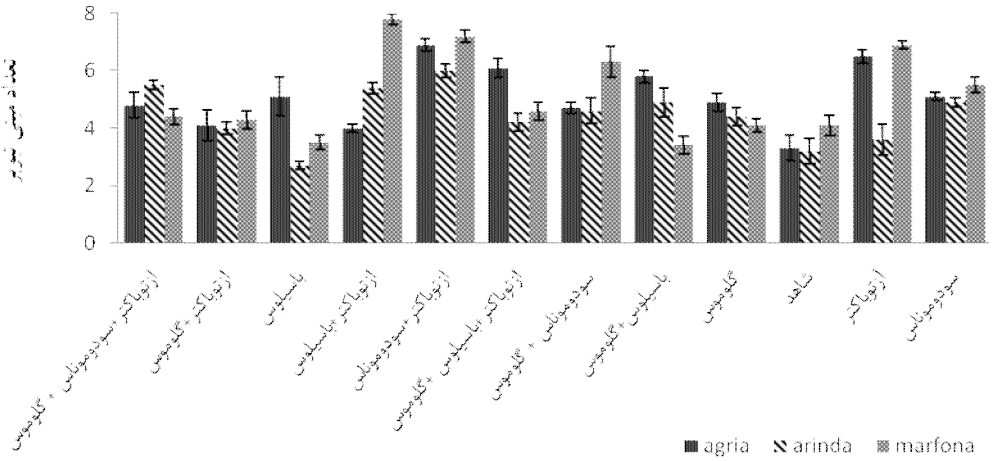
همان‌گونه که از نتایج جدول ۱ مشخص است، تلقیح گیاهچه‌های سیب‌زمینی با باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر تعداد مینی تیوبرهای سیب‌زمینی داشت. به‌طوری‌که تمامی تیمارهای بیولوژیک موجب افزایش تعداد مینی تیوبر نسبت به تیمار شاهد شدند. در بین تیمارهای آزمایشی بیشترین تعداد مینی تیوبر مربوط به تیمار ازتوباکتر+ سودوموناس، ازتوباکتر+ باسیلوس و ازتوباکتر بود که به‌ترتیب موجب ۴۷، ۳۹ و ۳۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۲). اثر رقم بر تعداد مینی تیوبر در سطح ۵% معنی‌دار شد به‌طوری‌که 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 ($P < ۰/۰۵$). به‌طوری‌که 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 گلوموس تعداد غده در دو رقم سیب‌زمینی را به‌طور 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، به‌طوری‌که رقم آریندا نسبت به رقم آگریا و مارفونا دارای وزن و طول مینی تیوبر بیشتری بود

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]



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

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

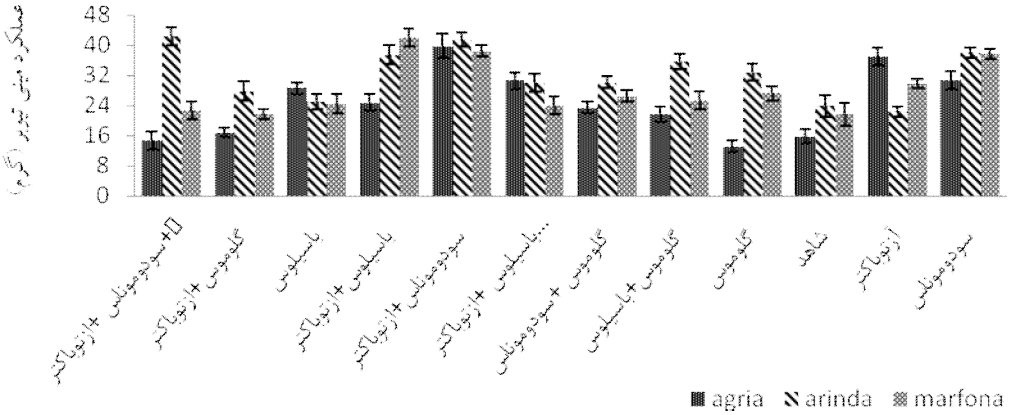
(جدول ۲). مشابه با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش در مطالعه‌ای دیگر نیز تیمارهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری بر وزن غده‌های سیب‌زمینی رقم Goldrush نداشت (۲۹).

عملکرد 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 ازتوباکتر+ سدوموناس، سدوموناس و ازتوباکتر +گلوموس بیشترین عملکرد مینی تیوبر را در بین تیمارهای آزمایشی به خود اختصاص دادند و به‌ترتیب 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 ۱% معنی‌دار شد (جدول۱)، 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 ازتوباکتر+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 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 به‌دلیل 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 مینی تیوبر همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد ساقه فرعی

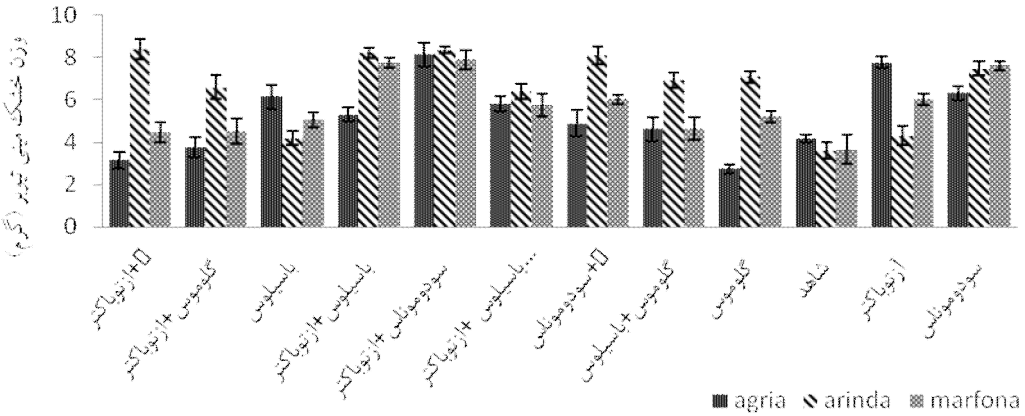
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]



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

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



شکل۶. اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک بر وزن خشک کل مینی تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی

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

(**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 تیو برهای 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 و۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است وزن خشک کل مینی‌تیوبر تحت تأثیر تیمارهای بیولوژیک قرار گرفت به‌طوری‌که کاربرد باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد منجر به افزایش وزن خشک کل مینی‌تیوبر 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 مینی‌تیوبر به‌ترتیب به میزان ۵۳/۲، ۴۶/۷ و ۴۶/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. اثر رقم بر وزن خشک کل مینی‌تیوبر در سطح ۱% معنی‌دار شد (جدول ۱)، به‌طوری‌که رقم آرینداوزن خشک مینی تیوبر بیشتری را نسبت به آگریا و مارفونا از خود نشان داد. هم‌چنین اثر متقابل رقم و تیمارهای بیولوژیک نیر 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]

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

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 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 اکوسیستم عملکرد گیاه را نیز تا حد قابل قبولی افزایش دهد.

نتیجه‌گیری

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. Fayez, M., N. F. Emam and H. E. Makboul. 1985. The possible use of nitrogen fixing *Azospirilum* 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]

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. 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 Rhzioctonia 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.13.4.2]