Journal of Soil Management and Sustainable

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Consequences of 10 strains of potassium, phosphorus and iron solubilizing bacteria and Potabarvar biofertilizer on the production and growth of potatoes in the greenhouse

Masoume Ghanbari[*1] | Ali Akbar Safari Sinegani[2]

1. Corresponding Author, Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Bu-Ali Sina University of Hamedan, Iran. E-mail: sahel_4255@yahoo.com
2. Professor, Dept. Of Soil Science, Bu-Ali Sina University Hamedan, Iran. E-mail: safari_sinegani@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 02.27.2021
Revised: 06.14.2021
Accepted: 06.20.2021

Keywords:
Biofertilizer,
Potabarvar,
Potassium solubilizing bacteria,
Potato performance

ABSTRACT

Background and Objectives: Potato is the fifth agricultural crop in the world that is an origin of carbohydrates, proteins and essential amino acids for humans. Agricultural inputs have special performance in increasing the quality and quantity of potatoes. But, the excessive use of chemical fertilizers sometimes leads to many health and biological problems. Useful soil microorganisms can have special efficiency in improving plant growth, harvesting agricultural products and subsequently reducing its costs. In addition to physical and chemical properties, soil condition is closely related to its biological properties. The aim of this study was to investigate the application of 10 strains of potassium, phosphorus and iron solubilizing bacteria on the growth parameters of Geely potato cultivar and to produce Geely's healthier product.

Materials and Methods: The research was done in the greenhouse of Hamadan Agricultural Research Center in 1398. It was conducted in a completely randomized design with three replications. The treatments included 10 identified potassium, phosphorus and iron solubilizing bacteria, 1 Potabarvar biofertilizer and 1 control treatment (without any biofertilizer and bacteria). The measured traits were tuber wet weight, number of tubers, biological production, plant height, root dry weight, shoot dry weight, dry matter percentage, concentrations of phosphorus, potassium, iron and zinc in roots, shoots, tubers and soil.

Results: The results showed that the application of potassium, phosphorus and iron solubilizing bacteria increased the growth parameters of the potato plants, the uptake of phosphorus, potassium, iron and zinc by potatoes significantly. The most efficient bacterium in this study was *Pseudomonas frederiksbergensis* that was more potent than other bacteria for most plant growth parameters and nutrient uptake. For this treatment, root dry weight was obtained 17.66 g/pot, which was 103.92% higher than the control. By the treatment with this bacterium, the maximum shoot dry weight was 47 g/pot which was 88% higher than the control. The concentrations of zinc in roots, and phosphorus, potassium, iron and zinc in shoots, that were obtained from inoculation with *Pseudomonas frederiksbergensis*, were 0.034, 6.666, 333.16, 460, 0.041, 3.86, 24.20 mg/kg, respectively; These values showed significant differences with the control and other treatments. In this study, *Enterobacter ludwigii* and *Brevundimonas vesicularis* were the most inefficient bacteria.

Conclusion: The results of the study showed that application of potassium solubilizing bacteria as biofertilizers can improve plant growth and increase its performance. It can be said that the use of biofertilizers along with chemical fertilizers might be helpful to reduce environmental pollution and to decrease costs.

Cite this article: Ghanbari, Masoume, Safari Sinegani, Ali Akbar. 2022. Consequences of 10 strains of potassium, phosphorus and iron solubilizing bacteria and Potabarvar biofertilizer on the production and growth of potatoes in the greenhouse. *Journal of Soil Management and Sustainable*, 11 (4), 77-97.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejsms.2022.18870.2015
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲۶۷-۲۳۲۲

شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

پیامد ۱۰ جدایه باکتری گشاینده (حل‌کننده) پتاسیم، فسفر، آهن و کود زیستی پتابارور بر کارکرد و رشد سیب‌زمینی در گلخانه

معصومه قنبری*[۱] | علی‌اکبر صفری سنجانی[۲]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه بوعلی‌سینا. رایانامه: sahel_4255@yahoo.com

۲. استاد گروه علوم خاک، دانشگاه بوعلی‌سینا. رایانامه: safari_sinegani@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰

واژه‌های کلیدی:
باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم،
پتابارور،
کارکرد سیب‌زمینی،
کود زیستی

چکیده

سابقه و هدف: سیب‌زمینی پنجمین فراورده کشاورزی جهان هست که خاستگاه کربوهیدرات، پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری برای آدمی است. نهاده‌های کشاورزی کارایی ویژه‌ای در افزایش رشد و عملکرد سیب‌زمینی دارند. ولی گاهی کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی دشواری‌های زیستی و بهداشتی فراوانی را به دنبال دارد. ریزجانداران سودمند خاک می‌توانند کارایی ویژه‌ای در بهبود رشد گیاه، برداشت فراورده‌های کشاورزی و در پی آن کاهش هزینه‌های آن داشته باشند. چگونگی (کیفیت) خاک، افزون بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، پیوند نزدیکی با ویژگی‌های زیستی آن دارد. این پژوهش با هدف بررسی کاربرد ۱۰ سویه باکتری گشاینده (حل‌کننده) پتاسیم، فسفر و آهن و کود زیستی پتابارور بر شاخص‌های رشد سیب‌زمینی رقم جیلی و فراورده بهداشتی‌تر آن انجام گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی همدان با طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها ۱۰ جدایه باکتری شناسایی شده حل‌کننده پتاسیم، فسفر و آهن، یک کودزیستی پتابارور و یک تیمار گواه (شاهد) آزمایش (بدون کود زیستی یا باکتری) بود. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، وزن تر غده، تعداد غده، کارکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، درصد ماده خشک، غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در ریشه، اندام هوایی، غده و خاک بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، فسفر و آهن به گونه معنی‌داری موجب افزایش ویژگی‌های رشد گیاه سیب‌زمینی و هم‌چنین افزایش جذب عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و روی در گیاه شد. در این پژوهش کاراترین باکتری، *سودوموناس‌فردریک‌برجینسکی* بود که در بیش‌تر شاخص‌های رشد گیاه و جذب عناصر توانمندتر از سایر باکتری‌ها بود. وزن خشک ریشه در تیمار با این باکتری ۱۶/۶۶ گرم بر گلدان شد که در برابر شاهد آزمایش ۱۰۳/۹۲ درصد افزایش نشان داد. بیش‌ترین افزایش وزن خشک اندام هوایی در تیمار با این

باکتری ٤٧ گرم بر گلدان شد که افزایش ٨٨ درصدی نسبت به شاهد آزمایش نشان داد. در مایه‌زنی با این باکتری غلظت روی در ریشه، غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی، به ترتیب ٠/٠٣٤، ٦/٦٦٦، ٣٣٣/١٦، ٠/٤٦٠، ٠/٠٤١ میلی‌گرم بر گرم بود که تفاوت معنی‌دار با شاهد آزمایش و سایر تیمارها داشت. ناکارامدترین باکتری‌ها در این پژوهش، باکتری‌های *بریوندیموناسویسکولا ریس* و *انتروباکتر لویدجی* بودند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم به عنوان کود زیستی توانایی بهبود رشد گیاه و افزایش کارکرد آن را دارد و می‌توان گفت کاربرد کودهای زیستی در کنار کودهای شیمیایی می‌تواند در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌ها سودمند باشد.

استناد: قنبری، معصومه، صفری سنجانی، علی‌اکبر (۱۴۰۰). پیامد ۱۰ جدایه باکتری گشاینده (حل‌کننده) پتاسیم، فسفر، آهن و کود زیستی پتابارور بر کارکرد و رشد سیب‌زمینی در گلخانه. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۱ (۴)، ۹۷-۷۷.

DOI: 10.22069/ejsms.2022.18870.2015

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

سیب‌زمینی[1] پنجمین فراورده کشاورزی در جهان است که کارایی ویژه‌ای در فراهم کردن نیاز مردم به خوراکی‌ها در کشورهای پیرامون مدیترانه دارد (۸). سیب‌زمینی یکی از فراورده‌های خوراکی مهم در دنیا است که خاستگاه آن آمریکای جنوبی و سلسله کوه‌های آند از جنوب پرو تا شمال بولیوی می‌باشد و هنوز تیپ‌های بومی این گیاه در آن‌جا یافت می‌شود. کودهای شیمیایی، کارایی ویژه‌ای در افزایش کمیت و کیفیت سیب‌زمینی فراوری شده دارند (۳۰). اما کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، دشواری‌های بسیاری از دیدگاه بهداشتی و زیست‌محیطی از راه آلودگی آب و خاک به همراه دارد (۳۸). بنابراین، باید با مدیریت بهینه کوددهی، کمیت کاربرد کودهای شیمیایی کاهش یابد که یکی از روش‌های کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بهره‌گیری از کودهای زیستی همراه با کودهای شیمیایی است تا هم برداشت بالا باشد و هم آلودگی زیستی کم‌تر شود.

باکتری‌های نابیماریزای خاکزی از راه‌های گوناگونی در ریزوسفر موجب افزایش رشد و نمو گیاهان می‌شوند و از آن‌ها به عنوان افزاینده رشد گیاه (PGPR) یاد می‌کنند (۲۸). در این میان می‌توان از فرایندهای تثبیت نیتروژن اتمسفری، افزایش زیست‌فراهمی فسفر، پتاسیم و آهن در خاک، ساخت هورمون‌های گیاهی و آنتی‌بیوتیک‌ها برای بهبود رشد گیاه و مهار باکتری‌ها و قارچ‌های بیماری‌زا یا کم کردن پیامد بدِ تنش‌ها بر گیاه نام برد (۳۷).

کودهای زیستی فراورده‌ای از باکتری‌ها و هم‌چنین قارچ‌های سودمندی هستند که هر کدام برای کارکرد ویژه‌ای مانند تثبیت نیتروژن، آزادسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آن‌ها ساخته می‌شوند. این ریزجانداران بیش‌تر در پیرامون ریشه فراوان شده و گیاه را در جذب عناصر ضروری یاری می‌کنند. آشکار شده است که این جانداران تنها یک نقش ندارند. آن‌ها افزون بر کمک به جذب عناصر ویژه، باعث جذب بهتر دیگر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و در پی آن انگیزش رشد بیش‌تر گیاه و افزایش کمی و چگونگی فراورده‌های گیاهی می‌شوند. از این‌رو این باکتری‌ها "باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه" یا PGPR[2] نامیده می‌شوند.

فرزاناه و رادیزاه (۲۰۰۷) با بررسی اثر باکتری‌های ریزوسفری بر رشد دو رقم سیب‌زمینی، افزایش معنی‌داری در وزن خشک ساقه و ریشه در گیاهان مایه‌زنی شده با باکتری گزارش کردند (۱۳). شهرونا و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که باکتری‌های سودوموناس وزن خشک ذرت را در کشت گلخانه‌ای ۲۲/۵ درصد افزایش دادند. ژنگ و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که کود آلی زیستی موجب افزایش رشد ریشه شد. بهبود و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی باکتری‌های افزاینده رشد در سیب‌زمینی رقم آگریا گزارش کردند که این باکتری‌ها باعث افزایش تعداد و وزن غده در بوته و مقدار ماده خشک غده شدند. ایمانی و همکاران (۲۰۱٦)، با بررسی اثر غلظت‌های گوناگون کودهای زیستی بر ساخت ریز غده (میکروتیوبر) سیب‌زمینی رقم آگریا، دریافتند که پیامد کاربرد کود زیستی هیومی‌فرت و نیتروکارا و برهمکنش آن‌ها بر تعداد و وزن ریزغده در مترمربع، میانگین وزن ریزغده و ارتفاع بوته، معنی‌دار است. رستمی اجیرلو و همکاران (۲۰۱۲) پیامد کاربرد کود زیستی نیتراژین به روش بذرمال در کشت سیب‌زمینی رقم مارفونا را بر افزایش کارکرد غده و ارتفاع بوته معنی‌دار گزارش نمودند.

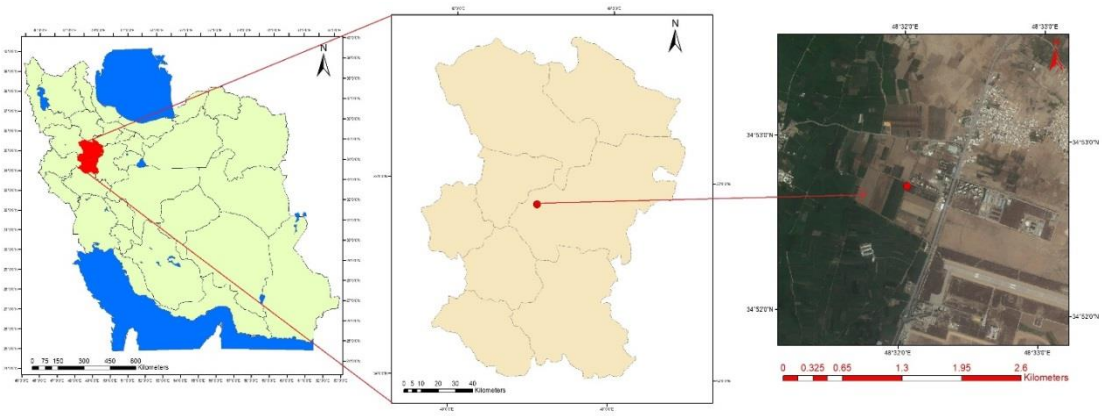
1- Solanum tuberosum

2- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

بسته به جایگاه بالای فراورده سیب‌زمینی و نیاز به کاربرد فراوان کودهای شیمیایی در کشت آن و از سوی دیگر کمبود پژوهش‌ها بر پیامد کاربرد کودهای زیستی بر گیاه سیب‌زمینی در ایران، این پژوهش با هدف بررسی پیامد ده باکتری حل‌کننده پتاسیم، فسفر و آهن و کود زیستی پتابارور بر شاخص‌های رشد گیاه سیب‌زمینی و هم‌چنین زیست‌فراهمی عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و روی در گیاه با فرض‌های زیر انجام گردید: ۱. کود پتابارور موجب افزایش رشد گیاه سیب‌زمینی و زیست‌فراهمی عناصر یادشده در سیب‌زمینی پس از کشت آن، می‌گردد. ۲- باکتری‌های حل‌کننده فسفر، پتاسیم و آهن موجب افزایش رشد گیاه سیب‌زمینی و زیست‌فراهمی عناصر یادشده در سیب‌زمینی پس از کشت آن، می‌گردد. ۳- توان کودزیستی پتابارور با باکتری‌ها نابرابر است. ٤- توان باکتری‌ها با هم نابرابر است.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های جایگاه پژوهش: این پژوهش در ۲۳ آبان ۹۸ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی همدان آغاز شد. شکل ۱ نقشه جایگاه انجام آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۱- جایگاه انجام آزمایش.

Figure 1. Green house location.

خاک نمونه‌برداری شده پس ازانتقال به آزمایشگاه، هوا خشک گردید و پس از الک نمودن و قبل از انتقال به گلدان با دستگاه اتوکلاو، استریل شد و هواخشک گردید و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن اندازه‌گیری گردید.

طرح آماری و تیمارهای پژوهش: این پژوهش با طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلدان‌های ۸ کیلویی انجام شد. تیمارهای آزمایش شده شامل ۱۲ تیمار به‌گونه ۱ تیمار گواه آزمایش (شاهد که بدون کاربرد باکتری افزاینده رشد بود)، ۱۰ تیمار با کاربرد ۱۰ جدایه از باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، فسفر و آهن که پیش‌تر با انجام آزمایش‌های بیوشیمیایی و ارزیابی توان انحلال پتاسیم، فسفر و آهن آن‌ها، جداسازی و شناسایی شده بود (۱۵) و نیز ۱ تیمار کودزیستی پتابارور خریداری‌شده از شرکت زیست‌فناور جهاد دانشگاهی تهران برای سنجش توان جدایه‌ها با آن بود (در مجموع ۳٦ تیمار).

باکتری‌های بهره‌گیری شده در این پژوهش: در پژوهش‌های پیشین، ٤٠ جدایه از باکتری‌های پیرامون ریشه‌های سیب‌زمینی در استان همدان جدا شدند. یافته‌های آزمایشگاهی نشان داد که در میان آن‌ها ۱۰ جدایه به گونه معنی‌داری توان آزادسازی پتاسیم، از کانی‌های موسکویت، بیوتیت و فلدسپات‌پتاسیم، هم‌چنین آزادسازی فسفر از تری‌کلسیم فسفات و آزادسازی آهن از هماتیت را دارا هستند (١٤). جدایه‌های نام برده شده، با بررسی‌های میکروسکوپی، آزمون‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و توالی‌یابی 16 SrDNA شناسایی شدند. این باکتری‌ها گونه‌های *Pseudarthrobacter oxydans*، *Ensifer morelensis*، *Acinetobacter pitti*، *Brevundimonas vesicularis*، *Enterobacter ludwigii frederiksbergensis*، *Pseudomonas Paenibacillus lautus*، *Pseudomonas helmanticensis Enterobacter*، *Enterobacter mori tabaci*، بودند. بنابراین ۱۰ جدایه باکتری یاد شده با یک تیمار شاهد (بدون باکتری) و یک تیمار از کودزیستی پتاباور در این پژوهش در یک کشت گلدانی، (در ۳ تکرار) برای بررسی توان آزادسازی پتاسیم و افزایندگی رشد گیاه سیب‌زمینی آزمون شد.

کاشت گیاه سیب‌زمینی: خاک گردآوری شده در آغاز همگن گردید و پس از انتقال به گلخانه، هوا خشک شد. سپس در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس برای ۳۰ دقیقه دو بار در دو روزاستریل شد. در هر گلدان (سرهم ٣٦ گلدان) ۸ کیلو خاک استریل ریخته شد. گلدان‌ها نیز با پنبه آغشته به الکل استریل شده بودند. غده‌های بذری رقم *جیلی*[1] در آغاز با قارچ‌کش مانکوزب (۳ در هزار) گندزدایی شدند و نزدیک ۲۰ روز پیش از کاشت از سردخانه (چهار درجه سانتی‌گراد) بیرون آورده و در ابتدا در جعبه در تاریکی در دمای ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد تا جوانه‌ها کارا شوند. سپس غده‌ها یک هفته در برابر نور بسنده و همین دما نهاده شدند تا هنگام کاشت که دارای ٤-۲ جوانه ۱ سانتی‌متری بودند. کود پتاباورور بر پایه شیوه‌نامه روی پاکت به روش بذرمال استفاده شد و باکتری‌های افزاینده رشد در سه گام به خاک مایه‌زنی شدند (دو هفته پس از جوانه‌زنی، ٤٠ روز پس از کاشت و و سه هفته پس از دومین مایه‌زنی). برای مایه‌زنی باکتری‌ها به خاک از سوسپانسیون باکتریایی دو روزه در محیط کشت نوترینت براث با OD=۰/۷ طول موج ٦۰۰ نانومتر، (با فراوانی نزدیک 10^{8} cfu ml^{-1}) برای مایه‌زنی بهره‌گیری شد. در این پژوهش دو غده جوانه‌دار در هر گلدان کاشته شد و سپس بوته ناتوان‌تر از گلدان زدوده شد (٣٦ و ۱۰).

برداشت و اندازه‌گیری ویژگی رشد گیاه: پس از داشت بهینه گیاهان در تاریخ ۱۲ اسفند پس از نمونه‌برداری از خاک و گیاه، برداشت انجام شد. ویژگی‌های رشد گیاه و آزمایش خاک و گیاه به‌شکل زیر انجام شد. ویژگی‌های اندازه‌گیری رشد گیاه بر پایه کارهای پژوهشی و گفتگو با کارشناسان زراعت مرکز تحقیقات کشاورزی همدان در۲ گام پیش و پس از برداشت بود که ویژگی‌های تعداد برگ، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی، بلندی بوته (ارتفاع ساقه)، تعداد ساقه اصلی و تعداد انشعابات در ساقه اصلی پیش از برداشت اندازه‌گیری شدند و ویژگی‌های وزن تر غده، تعداد غده در بوته (گلدان)، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، کارکرد بیولوژیک و اندازه غده پس از برداشت گیاه اندازه‌گیری شدند.

1- Jelly

اندازه‌گیری غلظت عناصر در گیاه و خاک: عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و روی در ریشه، اندام هوایی و غده‌های سیب‌زمینی و هم‌چنین شکل فراهم آن‌ها در خاک گلدان‌ها اندازه‌گیری و بر پایه میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد. نمونه‌های گیاهی در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب و از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند. برای عصاره‌گیری از گیاهان از روش خاکستر کردن در کوره بهره‌گیری شد (٦). عصاره‌گیری از آن‌ها به روش هضم خشک در کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و حل کردن خاکستر در اسید کلریدریک ۲ مولار انجام شد (٦). پتاسیم به روش فلیم فتومتری (٤۲)، دستگاه فلیم فتومتر مدل تجهیزات ٤۱۰، ساخت انگلستان شرکت sher wood با دقت یک دهم پی‌پی‌ام، آهن و روی با استفاده از جذب اتمی (٤۲) و با دستگاه جذب اتمی مدل GBO932AA ساخت استرالیا شرکت GBC با دقت یک دهم پی‌پی‌ام، فسفر به روش کمپلکس مولیبدات–وانادات (۲۵) و اسپکتروفتومتر مدل Novaspacell c12 دقت یک هزارم شرکت سازنده Pharmacia Biotech اندازه‌گیری شدند.

تجزیه واریانس و آزمون میانگین‌ها با نرم‌افزار SAS و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در پایه آماری پنج درصد انجام گردید و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

یافته‌ها و بحث

وزن تر غده (گرم): تجزیه واریانس داده‌های وزن‌تر (جدول ۱) نشان داد که وزن غده در بوته وابستگی معنی‌داری به تیمارهای گوناگون کود زیستی در پایه آماری یک درصد دارد. آزمون میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که همه تیمارها اثر افزایشی بر وزن‌تر غده داشتند. تیمار با باکتری *Pseudomonas helmanticensis* بیش‌ترین کارکرد غده در بوته به اندازه ۱۱۰۰ گرم و تیمار با باکتری *Brevundimonas vesicularis* با اندازه ۷۱۳ گرم کم‌ترین کارکرد غده در بوته را داشت. امینی و همکاران (۲۰۱٦)، در پژوهشی گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی موجب افزایش میانگین وزنی غده شد (۲). اصغری و همکاران (۲۰۰۸) با کاربرد کود دامی و زئولیت افزایش میانگین وزنی غده در بوته را گزارش نمودند (٤). قاسم خانلو و همکاران (۲۰۱۰) اثر کود زیستی فسفات بارور–۲ را بر رشد و کارکرد سه رقم سیب‌زمینی ماردونا، اگریا و مارفونا بررسی نموده و افزایش وزن‌تر غده را به مقدار۹۰۰–۷۰۰ گرم گزارش نمودند (۱۵).

تعداد غده: تعداد غده در بوته به عنوان یکی از شاخص‌های ویژه در بررسی کارکرد و برداشت سیب‌زمینی شناخته می‌شود و در این پژوهش تیمارهای باکتریایی در پایه آماری پنج درصد موجب افزایش تعداد غده در بوته شدند (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد غده در بوته به‌ترتیب در تیمار باکتری‌های *Ensifer morelensis* با ۱۲ غده در هرگلدان و *Enterobacter ludwigii* با ۸ غده در گلدان می‌باشد (جدول ۲). باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفر می‌توانند افزون بر پیامد سودمند بر زیست فراهمی عناصر خوراکی، با ساخت هورمون‌ها و ترکیبات آلی و جذب آن‌ها در ریشه باعث انگیزش غده‌زایی در سیب‌زمینی شوند (۲۰).

بر پایه بررسی‌های انجام شده، پیامد تنظیم‌کننده‌های رشد بر غده‌زایی سیب‌زمینی به گونه‌ای است که اسیدآبسزیک افزاینده غده‌زایی و جیبرلین‌ها بازدارنده غده‌زایی هستند. اکسین‌ها و سایتوکینین‌ها روی اندازه

غده کارایی دارند (۱). کافی و همکاران (۲۰۱۹) با کاربرد کودهای زیستی پتابارورباکتر و فسفوپاورباکتر و نیتروباکتر در کاشت دو رقم سیب‌زمینی فونتانه و سانته، افزایش تعداد غده در برابر تیمار شاهد را گزارش نمودند (۲۰). قاسم خانلو و همکاران (۲۰۱۰) اثر کودزیستی فسفات بارور-۲ را بر رشد و کارکرد سه رقم سیب‌زمینی ماردونا، اگریا و مارفونا بررسی نموده و افزایش تعداد غده در بوته را به ۷ تا ۱۰ غده در بوته گزارش نمودند (۱۵). گلمرادی و همکاران (۲۰۱۸) اثر باکتری تیوباسیلوس بر ویژگی‌های کمی و کیفی سیب‌زمینی را بررسی کردند و افزایش تعداد غده در بوته (بیش‌ترین تعداد ۹ غده از هر بوته) را گزارش نمودند (۱۸). کاهش پ-هاش با باکتری‌های حل‌کننده فسفر و پتاسیم، موجب جذب بیش‌تر این دو عنصر و افزایش زمان و اندازه فتوسنتز شده و با انتقال کربوهیدرات از برگ‌ها به غده‌ها، باعث افزایش پیدایش غده‌ها می‌گردد (۲۳).

کارکرد بیولوژیک (کیلوگرم): تجزیه واریانس داده‌های کارکرد بیولوژیک گیاه سیب‌زمینی در تیمارهای باکتریایی در جدول ۱ آورده شده است. اثر کاربرد باکتری‌ها و کود زیستی پتابارور در کشت سیب‌زمینی در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین کارکرد بیولوژیک سیب‌زمینی در برابر شاهد آزمایش در تیمار با باکتری *Pseudomonas helmanticensis* با ۱/۵۹ کیلوگرم در گلدان و ۹۸ درصد افزایش در برابر شاهد آزمایش دیده شد. کم‌ترین کارکرد بیولوژیک در تیمار با باکتری *Brevundimonas vesicularis* با ۰/۹۶ کیلوگرم در گلدان دیده شد (جدول ۲).

ارتفاع بوته (سانتی‌متر): اثر باکتری‌ها بر ارتفاع ساقه (بوته) در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار با باکتری *Enterobacter mori* با ۵۵/۱۱ سانتی‌متر و ۹۲ درصد افزایش در برابر شاهد آزمایش بود و کم‌ترین ارتفاع بوته در کاربرد باکتری *Ensifer morelensis* با ۳۳/٤٤ سانتی‌متر بود (جدول ۲). در یک پژوهش قبادی و همکاران (۲۰۱۳) با کاربرد کودهای زیستی فسفره در کشت سیب‌زمینی رقم ساوالان افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته تا ۹٤ سانتی‌متر را گزارش نمودند (۱٦).

جدول ۱- تجزیه واریانس وزن‌تر غده (گرم)، تعداد غده، کارکرد بیولوژیک (کیلوگرم) و ارتفاع بوته در تیمار با باکتری‌ها و کود زیستی پتابارور.

Table 1. Analysis of variance of number of tubers, biological yield (kg) and plant height (cm) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

منابع Source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square			
		وزن تر غده (g/pot)	شمار غده Number of tubers	کارکرد بیولوژیک (kg) Biological yield (kg/pot)	بلندی بوته (cm) Plant height (cm)
باکتری Bacteria	11	41324.2**	0.010*	0.111**	186.7**
خطا Error	24	9015.9	0.004	0.012	51.95

** و * به ترتیب نشان‌دهنده، معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۱ و معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۵.

جدول ۲- آزمون میانگین وزن‌تر غده (گرم در گلدان)، تعداد غده، کارکرد بیولوژیک (کیلوگرم در گلدان) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در تیمارهای باکتریایی و کود زیستی پتابارور به‌کار رفته.

Table 2. The test of means of number of tubers, biological yield (kg) and plant heigh (cm) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

نام تیمار Treatment	وزن تر غده (g) Wet weight of tubers	انحراف استاندارد Standard deviation	شمار غده Number of tubers	انحراف استاندارد Standard deviation	کارکرد بیولوژیک (kg) Biological yield (kg)	انحراف استاندارد Standard deviation	بلندی بوته (cm) Plant height (cm)	انحراف استاندارد Standard deviation
	میانگین Mean		میانگین Mean		میانگین Mean		میانگین Mean	
Control	660.0^{d}	64.80	7^{c}	0.471	0.877^{f}	0.061	28.66^{d}	3.953
Pota Barvar	850.0^{bc}	70.71	10^{ab}	1.247	1.188^{cd}	0.062	40.44^{bcd}	1.931
Ensifer morelensis	871.6^{bc}	59.20	12^{a}	1.247	1.143^{cde}	0.076	33.44^{cd}	4.095
Acinetobacter pittii	793.3^{cd}	41.09	11^{a}	0.471	1.039^{def}	0.037	38.66^{bcd}	4.110
Brevundimonas vesicularis	713.3^{cd}	26.24	9^{abc}	0.816	0.969^{ef}	0.035	36.88^{cd}	6.691
Pseudomonas frederiksbergensis	841.6^{bcd}	70.98	10^{abc}	1.700	1.227^{bcd}	0.033	42.33^{a-d}	6.164
Paenibacillus lautus	1001.6^{ab}	81.68	9^{abc}	1.633	1.267^{bc}	0.089	39.33^{bcd}	9.201
Pseudarthrobacter oxydans	830.0^{bcd}	82.86	11^{ab}	0.943	1.238^{bcd}	0.115	43.11^{abc}	1.133
Enterobacter tabaci	768.3^{cd}	118.48	10^{ab}	2.055	1.320^{bc}	0.165	50.89^{ab}	4.795
Pseudomonas helmanticensis	1100.0^{a}	141.42	11^{ab}	0.816	1.598^{a}	0.151	52.44^{ab}	4.764
Enterobacter mori	836.6^{bcd}	41.89	10^{abc}	1.700	1.167^{cde}	0.044	55.11^{a}	3.292
Enterobacter ludwigii	873.3^{bc}	51.69	8^{bc}	0.471	1.395^{b}	0.065	47.22^{abc}	11.720

حروف لاتین در جدول آزمون میانگین‌ها را بر پایه آزمون دانکن اثر می‌دهند. در هر ستون دست‌کم یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار (در پایه آماری ۵ درصد) میان تیمارها است.

وزن خشک ریشه (گرم در گلدان): پیامد تیمار با باکتری‌ها و کود زیستی پتابارور بر وزن خشک ریشه در جدول ۳ آورده شده است. جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در پایه آماری ۵ درصد، اثر تیمارها بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. بیش‌ترین اثر بر وزن خشک ریشه در تیمار باکتری *Pseudomonas frederiksbergensis* با ۱۷/٦۷ گرم بود که در برابر گواه آزمایش ۱۰۳/۹۲ درصد افزایش اثر داد. و کم‌ترین اثر را دو باکتری *Acinetobacter pittii* و *Brevundimonas vesicularis* با ۹/۳۳ گرم داشتند (جدول ٤). کشاورز زرجانی و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهشی اثر شش جدایه باکتری را بر رشد و کارکرد گوجه‌فرنگی بررسی نموده و افزایش وزن ریشه را در تیمارها در برابر کنترل گزارش نمودند (۲۱). چاکرا بورتی و همکاران (۲۰۰٦) و آرکانا (۲۰۰۷) گزارش کردند که باکتری *Bacillus sp* و *Bacillus megaterium* توانایی ترشح IAA را دارند که این ترکیب ساخته شده در باکتری می‌تواند موجب افزایش

وزن خشک ریشه، اندام هوایی و کارکرد گیاه شود (۳). شنگ (۲۰۰۵) نشان داد که مایه‌زنی باکتری *باسیلوس ادافیکوس* که یک باکتری آزادکننده پتاسیم است، باعث افزایش وزن‌تر و خشک ریشه و اندام هوایی به گونه معنی‌داری شده است (۳٤).

وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان): وزن خشک اندام هوایی وابستگی معنی‌داری به تیمارهای باکتریایی در پایه آماری ۱ درصد داشت (جدول ۳). بیش‌ترین افزایش وزن خشک اندام هوایی با کاربرد باکتری *Pseudomonas frederiksbergensis* با ٤۷ گرم در گلدان به‌دست آمد که در برابر تیمار شاهد آزمایش ۸۸ درصد افزایش نشان داد. کم‌ترین افزایش وزن خشک اندام هوایی در تیمار با باکتری *Acinetobacter pittii* با ۲۸ گرم در گلدان دیده شد (جدول ٤). در پژوهشی کاربرد جدایه‌هایی از باکتری‌های *باسیلوس*، *اروینیا* و *آزوسپرلیوم* موجب رشد سیب‌زمینی و اندام هوایی در سیب‌زمینی شیرین گردید (۱۳). کافی و همکاران (۲۰۱۹) در آزمایشی با به‌کارگیری باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفر افزایش کارکرد و وزن خشک اندام هوایی در رقم سانته (۵۳–۱۳٦ گرم) و رقم فونتانه (۱۱۰–۲۰۷ گرم) را گزارش نمودند (۲۰). کشاورز زرجانی و همکاران (۲۰۱۳) با بهره‌گیری از شش جدایه باکتری حل‌کننده پتاسیم در کشت گیاه گوجه‌فرنگی، افزایش وزن خشک اندام هوایی را گزارش نمودند (۲۱).

درصد ماده خشک غده: یکی از بهترین ویژگی‌های ارزیابی چگونگی سیب‌زمینی فرآوری شده برای ساخت خوارک‌های گوناگون و هم‌چنین تازه‌خوری، درصد ماده خشک غده آن است. در این پژوهش درصد ماده خشک غده به طور معنی‌داری در پایه آماری ۱ درصد وابسته به تیمارهای باکتریایی بود (جدول ٤). بیش‌ترین درصد ماده خشک غده در کاربرد کود زیستی پتابارور با ۱۸/۵۵ درصد به‌دست آمد که افزایش ۳٤/٤۲ درصدی در برابر شاهد آزمایش نشان داد و کم‌ترین درصد ماده خشک در باکتری *Enterobacter tabaci* با ۱٤/٦۱ درصد به‌دست آمد (جدول ٤). عنصر پتاسیم به ویژه سولفات پتاسیم اثر خوبی بر افزایش درصد ماده خشک سیب‌زمینی دارد (۲٦). کافی و همکاران (۲۰۱۹) با کاربرد کودهای زیستی در کشت سیب‌زمینی افزایش درصد ماده خشک و افزایش کارکرد را در رقم سانته (۱۷–۲۱ گرم) و رقم فونتانه (۱۸–۲۱ گرم) گزارش نمودند (۲۰).

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)، وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) و درصد ماده خشک در تیمار با باکتری‌ها و کود زیستی پتابارور ۲.

Table 3. Analysis of variance of root dry weight (g/pot), shoots dry weight (g/pot) and percentage of dry matter in applied bacteria and potabarvar biofertilizer treatments.

منابع Source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square		
		وزن خشک ریشه (g) Root dry weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (g) shoots dry weight (g)	درصد ماده خشک Percentage of dry matter
باکتری Bacteria	11	36.21*	131.5**	5.845**
خطا Error	24	13.63	16.83	1.694

** و * به ترتیب نشان‌دهنده، معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۱ و معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۵.

جدول ٤- آزمون میانگین وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)، وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) و درصد ماده خشک در تیمارهای باکتریایی و کودزیستی پتابارور بکاررفته.

Table 4. The test of means of root dry weight (g), shoots dry weight (g) and percentage of dry matter in applied bacteria and potabarvar biofertilizer treatments.

نام تیمار Treatment	وزن خشک ریشه (g) Root dry weight (g)		وزن خشک اندام هوایی (g) Shoots dry weight (g)		درصد ماده خشک Percentage of dry matter	
	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation
Control	8.667^{d}	2.625	25.00^{g}	2.449	13.80^{d}	1.853
Pota Barvar	16.00^{abc}	6.377	37.33^{b-e}	5.437	18.55^{a}	1.072
Ensifer morelensis	16.00^{abc}	4.320	31.67^{efg}	3.859	15.95^{bcd}	0.626
Acinetobacter pittii	9.333^{cd}	1.700	28.00^{fg}	2.160	14.65^{cd}	0.022
Brevundimonas vesicularis	9.333^{cd}	1.700	31.67^{efg}	2.494	14.62^{cd}	0.487
Pseudomonas frederiksbergensis	17.67^{ab}	2.055	47.00^{a}	2.160	16.81^{abc}	1.821
Paenibacillus lautus	13.33^{a-d}	2.494	35.33^{c-f}	4.110	14.72^{cd}	1.024
Pseudarthrobacter oxydans	13.66^{a-d}	0.943	33.33^{def}	5.312	17.42^{ab}	1.156
Enterobacter tabaci	11.00^{bcd}	0.816	44.33^{ab}	2.055	14.60^{cd}	1.471
Pseudomonas helmanticensis	18.66^{a}	4.190	39.67^{a-d}	3.682	14.83^{cd}	0.320
Enterobacter mori	17.00^{ab}	2.449	33.33^{def}	1.247	15.68^{bcd}	0.479
Enterobacter ludwigii	13.67^{a-d}	1.247	42.33^{abc}	2.055	16.05^{bcd}	0.377

حروف لاتین در جدول آزمون میانگین‌ها را بر پایه آزمون دانکن نشان می‌دهند. در هر ستون دست کم یک حرف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار (در پایه آماری ۵ درصد) میان تیمارها است.

غلظت فسفر در ریشه: جدول تجزیه واریانس داده‌های غلظت فسفر ریشه نشان داد که مایه‌زنی باکتری‌های آزمایش اثر مثبت افزایشی بر این ویژگی در پایه آماری یک درصد اثر داد (جدول ۵). بیش‌ترین غلظت فسفر ریشه در تیمار با باکتری *Enterobacter tabaci* با غلظت ٤/٦٦ میلی‌گرم بر گرم بود و کم‌ترین غلظت فسفر ریشه در مایه‌زنی با باکتری *Paenibacillus lautus* با غلظت ۲/٤٦ میلی‌گرم بر گرم دیده شد (جدول ٦). مدنی و همکاران (۲۰۱٦) در پژوهشی با مایه‌زنی چند سویه باکتری آزادکننده پتاسیم در کشت گوجه‌فرنگی، افزایش غلظت فسفر در ریشه را گزارش نمودند (۲۷). ابراهیمی (۲۰۱۵) در مایه‌زنی گیاه گندم با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، افزایش غلظت فسفر را در ریشه گزارش نمود (۱۱).

غلظت پتاسیم در ریشه: بر پایه یافته‌های تجزیه واریانس داده‌ها، پیامد مایه‌زنی باکتری‌ها بر غلظت پتاسیم در ریشه گیاه سیب‌زمینی در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵) و در آزمون میانگین‌ها دیده شد که بیش‌ترین میانگین غلظت پتاسیم در تیمار مایه‌زنی با *Enterobacter tabaci* با میانگین ۲۷/۳٦ میلی‌گرم بر گرم بود و کم‌ترین غلظت پتاسیم ریشه در تیمار مایه‌زنی با *Ensifer morelensis* دیده شد (جدول ٦). در یک پژوهش اثر تیمارهای باکتریایی

بر غلظت پتاسیم ریشه روند افزایشی داشت. (۱۱). کشاورز زرجانی و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی با کاربرد شش جدایه باکتری آزادکننده پتاسیم در کشت گوجه‌فرنگی افزایش غلظت پتاسیم در ریشه را ۳۲-۱۱ میلی‌گرم برگرم گزارش نمودند (۲۷).

غلظت آهن در ریشه: تجزیه‌واریانس داده‌ها اثر داد که غلظت آهن در ریشه گیاه در پایه آماری ۱ درصد بستگی به تیمارهای آزمایش داشت (جدول ۵). پس از انجام آزمون میانگین داده‌ها، دیده شد که بیش‌ترین میانگین غلظت آهن در ریشه در تیمار مایه‌زنی شده با باکتری *Pseudomonas helmanticensis* با میانگین ۰/۲۸۳ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ٦). کم‌ترین غلظت آهن در ریشه پس از تیمار با باکتری *Paenibacillus lautus* با میانگین ۰/۲۳۱ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد. ابراهیمی (۲۰۱۵) در پژوهشی با مایه‌زنی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در کشت گندم، اثر مثبت این باکتری‌ها را در افزایش جذب و اندازه آهن در ریشه گزارش نمود (۱۱).

غلظت روی در ریشه: با نگاه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها، دیده می شود که پیامد کاربرد باکتری‌ها بر غلظت روی در ریشه گیاه، در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در آزمون میانگین داده‌ها، بیش‌ترین میانگین غلظت روی در ریشه، در در تیمارهای مایه‌زنی‌شده با باکتری‌های *Pseudomonas frederiksbergensis*، *Pseudarthrobacter oxydans* و *Enterobacter tabaci* با میانگین‌های نزدیک به ۰/۰۳٤ میلی‌گرم بر گرم بود و کم‌ترین غلظت روی در ریشه در تیمار با کودزیستی پتابارور با میانگین ۰/۰۲۳ به‌دست آمد (جدول ٦). ابراهیمی (۲۰۱۵) در یک پژوهش در مایه‌زنی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن با گیاه گندم افزایش غلظت روی در ریشه گندم را گزارش نمود (۱۱).

جدول ۵- تجزیه واریانس غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در ریشه (mgg^{-1}) در تیمارهای باکتریایی و کود زیستی پتابارور به‌کار رفته.

Table 5. Analysis of variance of phosphorus, potassium, iron and zinc concentration in root (mgg^{-1}) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

منابع Source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square			
		غلظت فسفر در ریشه (mgg^{-1}) Phosphorus concentration in roots (mgg^{-1})	غلظت پتاسیم در ریشه (mgg^{-1}) Potassium concentration in roots (mgg^{-1})	غلظت آهن در ریشه (mgg^{-1}) Iron concentration in root (mgg^{-1})	غلظت روی در ریشه (mgg^{-1}) Zinc concentration in root (mgg^{-1})
باکتری Bacteria	11	1.454^{**}	84.89^{**}	0.003^{**}	0.00007^{**}
خطا Error	24	0.030	2.286	0.0001	0.0000009

** نشان‌دهنده، معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۱

جدول ٦- آزمون میانگین غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در ریشه (mgg^{-1}) در تیمارهای باکتریایی به‌کار رفته و کود زیستی پتابارور ۲.

Table 6. The test of means of phosphorus, potassium, iron and zinc concentration in root (mgg^{-1}) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

نام تیمار Treatment	غلظت فسفر در ریشه (mgg^{-1}) Phosphorus concentration in roots (mgg^{-1})		غلظت پتاسیم در ریشه (mgg^{-1}) Potassium concentration in roots (mgg^{-1})		غلظت آهن در ریشه (mgg^{-1}) Iron concentration in root (mgg^{-1})		غلظت روی در ریشه (mgg^{-1}) Zinc concentration in root (mgg^{-1})	
	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation
Control	2.133^{f}	0.125	10.96^{e}	0.386	0.173^{g}	0.006	0.021^{f}	0.000
Pota Barvar	3.133^{c}	0.125	15.00^{d}	0.712	0.249^{de}	0.006	0.023^{e}	0.000
Ensifer morelensis	2.533^{de}	0.047	12.40^{de}	0.589	0.233^{f}	0.009	0.024^{e}	0.000
Acinetobacter pittii	2.600^{de}	0.082	19.96^{c}	1.062	0.260^{cd}	0.004	0.025^{e}	0.001
Brevundimonas vesicularis	2.833^{cd}	0.094	21.63^{bc}	1.115	0.276^{ab}	0.003	0.028^{d}	0.001
Pseudomonas frederiksbergensis	3.733^{b}	0.125	22.93^{b}	1.473	0.277^{ab}	0.003	0.034^{a}	0.001
Paenibacillus lautus	2.467^{e}	0.205	21.36^{bc}	1.239	0.231^{f}	0.012	0.024^{e}	0.001
Pseudarthrobacter oxydans	3.467^{b}	0.205	22.63^{bc}	1.678	0.274^{abc}	0.003	0.034^{a}	0.001
Enterobacter tabaci	4.667^{a}	0.125	27.36^{a}	0.531	0.241^{ef}	0.012	0.034^{a}	0.001
Pseudomonas helmanticensis	2.500^{e}	0.141	14.03^{d}	2.409	0.283^{a}	0.004	0.031^{bc}	0.001
Enterobacter mori	2.833^{cd}	0.170	13.30^{de}	0.572	0.239^{ef}	0.008	0.031^{c}	0.001
Enterobacter ludwigii	2.733^{de}	0.170	13.33^{de}	1.408	0.261^{bcd}	0.005	0.033^{ab}	0.001

حروف لاتین در جدول آزمون میانگین‌ها را بر پایه آزمون دانکن نشان می‌دهند. در هر ستون دست کم یک حرف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار (در پایه آماری ۵ درصد) میان تیمارها است.

غلظت فسفر در اندام هوایی: تجزیه واریانس غلظت فسفر در اندام هوایی نشان داد که پیامد کاربرد باکتری‌ها بر آن در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). آزمون میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین غلظت فسفر در اندام هوایی در مایه‌زنی با باکتری *Pseudomonas frederiksbergensis* با اندازه ٦/٦٦ میلی‌گرم بر گرم بود و کم‌ترین غلظت فسفر اندام هوایی در مایه‌زنی با باکتری *Enterobacter ludwigii* با اندازه ۲/۹۰ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد (جدول ۸).

قبادی و همکاران (۲۰۱۳) با کاربرد کودهای زیستی، افزایش فسفر در اندام هوایی سیب‌زمینی را (٢٦-٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش نمودند (١٦). جذب عناصر ضروری توسط گیاه وابسته به دو شاخص رشد سیستم ریشه‌ای و افزایش زیست فراهمی عناصر ضروری در خاک به‌ویژه در ریزوسفر است. ریزجانداران در کودهای زیستی از راه تراوش اسیدهای آلی و معدنی موجب افزایش زیست فراهمی عناصر ضروری در ریزوسفر می‌شوند. هم‌چنین ریزجانداران کودهای زیستی با تراوش پیش‌ماده

هورمون‌های رشد گیاه و نیز از راه مهار بیماری‌زاهای گیاهی باعث افزایش رشد ریشه گیاهان می‌شوند (۲٤).

غلظت پتاسیم در اندام هوایی: اثر کاربرد تیمارهای باکتریایی بر غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). آزمون میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین اثر در غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی به ترتیب در تیمار *Pseudomonas frederiksbergensis* و *Ensifer morelensis* با ۳۳۳/۱٦ و ۱۸/۳٦ میلی‌گرم برگرم به‌دست آمد (جدول ۸). مدنی و همکاران (۲۰۱٦) با مایه‌زنی باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم در کشت گیاه گوجه‌فرنگی، افزایش غلظت پتاسیم در اندام هوایی را (٤۰–۸۰ میلی‌گرم بر گلدان) گزارش دادند (۲۷). کشاورز زرجانی (۲۰۱۳) با کاربرد شش جدایه باکتری آزادکننده پتاسیم افزایش در غلظت پتاسیم گوجه‌فرنگی را گزارش نمود (۲۱).

غلظت آهن در اندام هوایی: تجزیه واریانس غلظت آهن در اندام هوایی در تیمار باکتری‌های به‌کار رفته در جدول ۷ آورده شده است. پیامد مایه‌زنی باکتری‌ها و کود زیستی بر غلظت آهن در سیب‌زمینی در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین غلظت آهن در اندام هوایی در مایه‌زنی با باکتری *Pseudomonas frederiksbergensis* با میانگین ۰/٤٦۰ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد و کم‌ترین غلظت آهن در تیمار مایه‌زنی با باکتری *Brevundimonas vesicularis* با ۰/۳۵۱ میلی‌گرم برگرم مشاهده شد (جدول ۸).

غلظت روی در اندام هوایی: تجزیه‌واریانس غلظت روی در اندام‌های هوایی گیاه با تیمارهای به‌کار رفته در جدول ۷ نشان داده شده است. در پایه آماری ۱ درصد مایه‌زنی گیاه‌سیب‌زمینی با باکتری‌ها بر غلظت روی اثر افزایشی و معنی‌دار داشت. آزمون میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین اثر باکتری‌ها بر غلظت روی در اندام هوایی در تیمار باکتری *Pseudomonas frederiksbergensis* و کم‌ترین آن در *Ensifer morelensis* و *Brevundimonas vesicularis* و *Enterobacter ludwigii* به ترتیب با غلظت ۰/۰٤۱ و ۰/۰۳۷ میلی‌گرم بر گرم بود (جدول ۸).

جدول ۷- تجزیه واریانس غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی (mgg^{-1}) در تیمارهای کاربرد باکتریایی و کود زیستی پتابارور.

Table 7. Analysis of variance of phosphorus, potassium, iron and zinc concentration in shoots (mgg^{-1}) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

منابع Source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square			
		غلظت فسفر در اندام هوایی (mgg^{-1}) Phosphorus concentration in shoots (mgg^{-1})	غلظت پتاسیم در اندام هوایی (mgg^{-1}) Potassium concentration in shoots (mgg^{-1})	غلظت آهن در اندام هوایی (mgg^{-1}) Iron concentration in shoots (mgg^{-1})	غلظت روی در اندام هوایی (mgg^{-1}) Zinc concentration in shoots (mgg^{-1})
باکتری Bacteria	11	5.026**	169.416**	0.006**	0.000005**
خطا Error	24	0.101	4.429	0.00005	0.0000003

** و * به ترتیب نشان‌دهنده، معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۱ و معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۵.

جدول ۸- آزمون میانگین غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی (mgg^{-1}) در تیمارهای باکتریایی به‌کار رفته و کود زیستی پتابارور.

Table 8. The test of means of, Phosphorus, potassium, iron and zinc concentration in shoots (mgg^{-1}) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

نام تیمار Treatment	غلظت فسفر در اندام هوایی (mgg^{-1}) Phosphorus concentration in shoots (mgg^{-1})		غلظت پتاسیم در اندام هوایی (mgg^{-1}) Potassium concentration in shoots (mgg^{-1})		غلظت آهن در اندام هوایی (mgg^{-1}) Iron concentration in shoots (mgg^{-1})		غلظت روی در اندام هوایی (mgg^{-1}) Zinc concentration in shoots (mgg^{-1})	
	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation
Control	2.467^{g}	0.205	9.967^{e}	0.759	0.320^{f}	0.002	0.037^{e}	0.000
Pota Barvar	4.100^{de}	0.216	30.96^{b}	1.008	0.441^{bc}	0.001	0.039^{b}	0.000
Ensifer morelensis	3.167^{f}	0.125	18.36^{d}	2.450	0.426^{d}	0.005	0.037^{e}	0.000
Acinetobacter pittii	3.933^{e}	0.125	24.46^{c}	3.437	0.449^{ab}	0.004	0.039^{bc}	0.000
Brevundimonas vesicularis	4.367^{de}	0.287	32.70^{ab}	1.431	0.351^{e}	0.015	0.037^{e}	0.000
Pseudomonas frederiksbergensis	6.667^{a}	0.170	35.16^{a}	0.624	0.460^{a}	0.009	0.041^{a}	0.001
Paenibacillus lautus	5.300^{b}	0.572	25.60^{c}	1.497	0.428^{cd}	0.007	0.038^{cd}	0.000
Pseudarthrobacter oxydans	6.400^{a}	0.294	33.16^{ab}	2.400	0.452^{ab}	0.001	0.038^{de}	0.001
Enterobacter tabaci	5.067^{bc}	0.249	30.63^{b}	1.658	0.452^{ab}	0.001	0.039^{b}	0.000
Pseudomonas helmanticensis	4.567^{cd}	0.170	32.06^{ab}	0.736	0.439^{bcd}	0.001	0.040^{a}	0.000
Enterobacter mori	4.933^{bc}	0.249	31.03^{b}	0.858	0.441^{bc}	0.000	0.039^{bc}	0.001
Enterobacter ludwigii	2.900^{fg}	0.082	20.66^{d}	1.247	0.445^{b}	0.001	0.037^{de}	0.000

حروف لاتین در جدول آزمون میانگین‌ها را بر پایه آزمون دانکن نشان می‌دهند. در هر ستون دست کم یک حرف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار (در پایه آماری ۵ درصد) میان تیمارها است.

غلظت فسفر در غده: اثر مایه‌زنی باکتری‌ها در کشت سیب‌زمینی بر غلظت فسفر در غده سیب‌زمینی در پایه آماری ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۹). بیش‌ترین غلظت فسفر غده در باکتری‌های *Pseudomonas frederiksbergensis* و *Pseudarthrobacter oxydans* و کم‌ترین غلظت فسفر غده در باکتری‌های *Enterobacter ludwigii* به ترتیب با میانگین ۳/۸٦ و ۲/۳۰ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد (جدول ۱۰). گلمرادی و همکاران (۲۰۱۸) با کاربرد تیوباسیلوس در کشت سیب‌زمینی، افزایش فسفرغده را (۰/۲۵ تا ۰/۳۹ درصد) گزارش کردند. (۱۸). قبادی و همکاران (۲۰۱۳)، با کاربرد کود زیستی در کشت سیب‌زمینی، افزایش فسفر در غده را (۰/۱۵ تا ۰/۲۸ درصد) گزارش نمودند (۱٦).

غلظت پتاسیم در غده: با نگاه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها، پیامد کاربرد باکتری‌ها بر غلظت پتاسیم در غده گیاه، در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). در آزمون میانگین داده‌ها، بیش‌ترین میانگین غلظت پتاسیم در غده، در تیمار با *Pseudomonas frederiksbergensis* با میانگین ۲٤/۲۰ میلی‌گرم بر گرم بود و کم‌ترین غلظت پتاسیم در غده در تیمار با *Enterobacter ludwigii* با میانگین ۱٦ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد (جدول ۱۰). در پژوهشی گلمرادی و همکاران (۲۰۱۸) افزایش پتاسیم غده را در اثر کاربرد تیوباسیلوس (۲ تا ۲/۵ درصد) گزارش نمودند (۱۸).

غلظت آهن در غده: اثر مایه‌زنی باکتری‌ها در کشت سیب‌زمینی بر غلظت آهن در غده سیب‌زمینی در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). بیش‌ترین غلظت آهن غده توسط کود زیستی پتا بارور و کم‌ترین غلظت آهن غده در باکتری *Acinetobacter pittii* به ترتیب با میانگین ۰/۱۷۲ و ۰/۱۱۰ میلی‌گرم بر گرم به‌دست آمد (جدول ۱۰).

غلظت روی در غده: با نگاه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها، پیامد کاربرد باکتری‌ها بر غلظت روی در غده گیاه، در پایه آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). در آزمون میانگین داده‌ها، بیش‌ترین میانگین غلظت روی در غده، در تیمار با *Pseudarthrobacter oxydans* با میانگین ۰/۰۱٤ میلی‌گرم بر گرم بود و کم‌ترین غلظت روی در غده در تیمار با *Enterobacter ludwigii* با میانگین ۰/۰۰۹ به‌دست آمد (جدول ۱۰).

جدول ۹- تجزیه واریانس غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در غده (mgg^{-1}) در تیمارهای باکتریایی و کود بیولوژیک پتابارور به‌کار رفته.

Table 9. Analysis of variance of phosphorus, potassium, iron and zinc concentration in tubers (mgg^{-1}) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

منابع Source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square			
		غلظت فسفر در غده (mgg^{-1}) Phosphorus concentration in tubers (mgg^{-1})	غلظت پتاسیم در غده (mgg^{-1}) Potassium concentration in tubers (mgg^{-1})	غلظت آهن در غده (mgg^{-1}) Iron concentration in tubers (mgg^{-1})	غلظت روی در غده (mgg^{-1}) Zinc concentration in tubers (mgg^{-1})
باکتری Bacteria	11	0.033^{**}	22.643^{**}	0.001^{**}	0.000009^{**}
خطا Error	24	0.0008	0.043	0.0000005	0.0000001

** و * به ترتیب نشان‌دهنده، معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۱ و معنی‌داری در پایه آماری ۰/۰۵.

جدول ۱۰- آزمون میانگین غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در غده (mgg^{-1}) در تیمارهای باکتریایی به‌کار رفته و کود زیستی پتابارور.

Table 10. The test of means of phosphorus, potassium, iron and zinc concentration in tubers (mgg^{-1}) in applied bacterial and potabarvar biofertilizer treatments.

نام تیمار Treatment	غلظت فسفر در غده (mgg^{-1}) Phosphorus concentration in tubers (mgg^{-1})		غلظت پتاسیم در غده (mgg^{-1}) Potassium concentration in tubers (mgg^{-1})		غلظت آهن در غده (mgg^{-1}) Iron concentration in tubers (mgg^{-1})		غلظت روی در غده (mgg^{-1}) Zinc concentration in tubers (mgg^{-1})	
	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation	میانگین Mean	انحراف استاندارد Standard deviation
Control	1.967^{e}	0.047	15.53^{h}	0.262	0.098^{j}	0.000	0.008^{i}	0.000
Pota Barvar	3.500^{bc}	0.082	20.36^{e}	0.205	0.172^{a}	0.000	0.012^{cd}	0.000
Ensifer morelensis	2.467^{d}	0.047	21.53^{d}	0.094	0.111^{h}	0.001	0.010^{g}	0.000
Acinetobacter pittii	3.800^{a}	0.082	21.40^{d}	0.082	0.110^{i}	0.000	0.011^{fg}	0.000
Brevundimonas vesicularis	3.700^{a}	0.082	20.46^{e}	0.125	0.131^{d}	0.000	0.011^{ef}	0.000
Pseudomonas frederiksbergensis	3.867^{a}	0.094	24.20^{a}	0.163	0.138^{c}	0.000	0.013^{bc}	0.000
Paenibacillus lautus	3.300^{c}	0.082	21.46^{d}	0.170	0.131^{d}	0.001	0.011^{e}	0.000
Pseudarthrobacter oxydans	3.867^{a}	0.047	23.76^{b}	0.094	0.130^{de}	0.001	0.014^{a}	0.000
Enterobacter tabaci	3.567^{ab}	0.125	22.13^{c}	0.205	0.152^{b}	0.000	0.013^{bcd}	0.000
Pseudomonas helmanticensis	3.800^{a}	0.082	22.40^{c}	0.082	0.115^{g}	0.000	0.013^{b}	0.000
Enterobacter mori	3.367^{c}	0.047	18.30^{f}	0.245	0.129^{e}	0.001	0.012^{d}	0.000
Enterobacter ludwigii	2.300^{d}	0.082	16.00^{g}	0.163	0.123^{f}	0.001	0.009^{h}	0.000

حروف لاتین در جدول آزمون میانگین‌ها را بر پایه آزمون دانکن نشان می‌دهند. در هر ستون دست‌کم یک حرف مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار (در پایه آماری ۵ درصد) میان تیمارها است.

نتیجه‌گیری کلی

بهره‌گیری از کودهای بیولوژیک مانند باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات می‌تواند با رهاسازی و فراهم کردن عناصر و بهبود ویژگی‌های خاک، موجب کمک به رشد گیاه و فرآوری خوارکی‌های بهداشتی بدون آلودگی زیستگاه‌ها شود. در این پژوهش کاربرد ده جدایه باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، فسفر و آهن و هم‌چنین کود زیستی پتابارور در کشت گلدانی سیب‌زمینی نشان داد که این باکتری‌ها و کود زیستی پتابارور توان بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه و افزایش جذب عناصر به ویژه پتاسیم، فسفر، آهن و روی در گیاه را دارد. این در راستای کشاورزی پایدار می‌تواند با جلوگیری از کاربرد نادرست کودهای شیمیایی از آلودگی زیستگاه‌ها بکاهد. بنابراین همراه کردن کودهای زیستی و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، می‌تواند راهی برای بهبود خوراک مردم و بهداشت زیستگاه‌ها باشد. این کار نیاز به شناسایی و گزینش بهترین ریزجانداران در آزمون‌های درون‌شیشه‌ای دارد که برای این جدایه‌ها پیش‌تر انجام شده است. در این پژوهش با کشت گلدانی گیاه

سیب‌زمینی تلاش شد بهترین و تواناترین باکتری شناسایی شود. در بیش‌تر ویژگی‌های بررسی شده در گیاه، باکتری *pseudomonas frederiksbergensis* کاراتر بود. که در بیش‌تر شاخص‌های رشد گیاه و جذب عناصر توانمندتر از سایر باکتری‌ها بود. وزن خشک ریشه در تیمار با این باکتری ۱۶/۶۶ گرم بر گلدان شد که در برابر شاهد آزمایش ۱۰۳/۹۲ درصد افزایش اثر داد. بیش‌ترین افزایش وزن خشک اندام هوایی در تیمار با این باکتری ٤٧ گرم بر گلدان شد که افزایش ۸۸ درصدی نسبت به شاهد آزمایش نشان داد. در مایه‌زنی با این باکتری غلظت روی در ریشه، غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی، به‌ترتیب ۰/۰۳٤، ٦/٦٦٦، ۳۳۳/۱٦، ٤٦۰، ۰/۰٤۱، ۳/۸٦ و ۲٤/۲۰ میلی‌گرم بر گرم بود که تفاوت معنی‌دار با شاهد آزمایش داشت و پس از آن، باکتری *Pseudarthrobacter oxydans* در ویژگی‌های غلظت فسفر غده و غلظت روی در ریشه کاراتر بود. هم‌چنین باکتری *Pseudomonas helmanticensis* نیز در ویژگی‌های وزن تر غده، کارکرد بیولوژیک، و غلظت آهن در ریشه کارا بود که این سه باکتری می‌توانند گزینه‌های خوبی برای آزمون میدانی آن‌ها در کشتزارهای گوناگون باشند. از آن‌جایی‌که هر ده گونه آزمون شده در این پژوهش کارایی خوبی را در برابر باکتری‌های پتاباور ۲ داشتند شاید هر یک از آن‌ها بتوانند گزینه‌های خوبی برای آزمون در خاک‌های دیگر و یا در تنش شوری یا خشکی باشند.

منابع

1. Afshar, A., Neshat, A., and Afsharmanesh, G.R. 2011. The effect of irrigation regime and manure on water use efficiency and yield of potato in jiroft. Journal of Water and Resources Conservation. 1: 1. 63-75. (In Persian)
2. Amini, R., Dabbagh Mohammadi-Nasab, D., and Mahdavi, S. 2016. Effect of Organic Fertilizers in Combination with Chemical Fertilizer on Tuber Yield and Some Qualitative Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agroecology. 9: 3. 734-748. (In Persian)
3. Archana, D.S. 2007. Studies on potassium solubilizing bacteria. M.Sc. Thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad.
4. Asghari, J., Panahi Kordlaghari, K., and Miri, Z. 2008. Effect of irrigation regimes and fertilizer combinations on yield of two potato cultivars in Fereidon. Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences. 46: 4. 177-186. (In Persian)
5. Badr, M.A. 2006. Efficiency of k-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. Journal of Applied Sciences Research. 2: 1191-1198.
6. Baker, J.H., Gorsline, G.W., Smith,CG., Thomas, W.L., Grube, W.E., and Ragland, J.L. 1964. Technique for rapid analyses of corn leaves for eleven elements. Agronomy Journal. 56: 133-136.
7. Bashan, Y., and de-Bashan, L.E. 2005. Plant growth-promoting. P 103-115. In: D. Hillel (ed,), Encyclopedia of soil in the environment Elsevier, Oxford, U. K.
8. Cakmakci, R., Erdogan, U., Kotan, R., Oral, B., and Donmez, M.F. 2008. Cultivable heterotrophic N_2-fixing bacterial diversity in wild red raspberries soils in the coruh valley. National Plant Nutrition and Fertilizer Congress. 1: 706-717. (In Turkish)
9. Darwish, T., Atallah, T., Elkhatb, M., and Hajasan, S. 2002. Impact of irrigation and fertigation on NO3 leaching and soil-griound water contamination in Lebanon. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand.
10. Dordipour, E., Farshadirad, A., and Arzanesh, M.H. 2010. Effect of Azotobacter chrococoum and Azospirillum lipoferum on the release of soil potassium in pot culture of soybean

(*Glycine max var. Williams*). Journal of Agroecology. 2: 4. 593-599. (In Persian)
11. Ebrahimihur, M., Safari Sinegani, A.A., Sarikhani, M.R., Mohammadi. A. 2015 Isolation and study of genetic diversity of plant growth promoting Azotobacters. PhD thesis. (In Persian)
12. FAO. 2011. FAO Statistical Database. Production Crops. Rome, Italy, http://faostat.fao.org/.
13. Farzana, Y., Radziah, O., Kamaruza-Man, S., and Saad, M.S. 2007. Effect of PGPR inoculation on growth and yield of sweet potato. Journal of Biological Sciences. 7: 421-424.
14. Ghanbari, M., and Safari Sinegani, A.A. 2020. Isolation and Identification of 10 strains of potassium, phosphorus and Iron solubilizing Bacteria from the soil around the potato Roots in Hamedan Province. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 10: 4. 55-76. (In Persian)
15. Ghasem Khanlu, Z., Nasrollahzade Asl, A., Alizadeh, A., and Haji Hassani Asl, N. 2010. Effect of biofertilizer Phosphate-Barvar-2 on yield and yield components of potato cultivars in Chaldoran region. Journal of Research in Crop Sciences. 1: 3. 1-13. (In Persian)
16. Ghobadi, M., Jahanbin, S., Owliaie, H., Motalebifard, R., and Parvizi, K. 2013. The Effect of Phosphorus Biofertilizers on Yield and Phosphorus Uptake in Potato. Water and Soil Science. 23: 2. 125-138. (In Persian)
17. Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology. 41: 109-117.
18. Golmoradi Marani, F., Barmaki, M., Sedghi, M., and Firoozi, M.J. 2018. Effect of Sulfur Fertilizer and Thiobacillus on Qualitative Traits and Nutrients Concentration of Potato. Journal of Plant Ecophysiology. 9: 29. 113-124. (In Persian)
19. Jones, B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.
20. Liu, W., Xu, X., Wu, X., Yang, Q., Luo, Y., and Christie, P. 2006. Decomposition of silicate minerals by Bacillus mucilaginous in liquid culture. Environmental Geochemistry and Health. 28: 133-140.
21. Kafi, M., Nabati, J., Oskoueian, A., Oskoueian, E., and Shabahang, J. 2019. Evaluation of biofertilizers on quality, yield and yield components of two potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 9: 2. 65-84. (In Persian)
22. Keshavarz Zarjani, J., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2013. Effects of Six Strains of Potassium Releasing Bacteria on Growth and Potassium Uptake of Tomato Plant. Water and Soil Science. 23: 2. 245-255. (In Persian)
23. Khajepur, M.R. 2005. Production of industrial plants. Jahad Daneshgahi Publications, Isfahan University of Technology. 564p. (In Persian)
24. Khaled Barin, B., and Eslamzade, T. 2003. Mineral nutrition of excellent plants (Volume 1). Shiraz University Press, Iran. 500p. (In Persian)
25. Khalid, A., Muammad, A.M., and Zahir, Z.A. 2004. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Journal of Applied Microbiology. 96: 473-480.
26. Kuo, S. 1996. Phosphorus, P 869-919. In: D.L. Sparks, (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5, Soil Science Society of America, Madison, WI.
27. Laboski, C.A.M., and Kelling, K.A. 2007. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: a review. American Journal of Potato Research. 84: 83-290.
28. Madani, O., Sarikhani, M.R., and Oustan, S. 2016. Inoculation effects of potassium releasing bacteria on k nutrition of tomato in sand-muscovite medium and identification of efficient isolates. Water and Soil Science. 26: 1. 259-271. (In Persian)
29. Nelson, L.M. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. Crop Management. 3: 1-7.

30. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954, Estimation of Available phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, U.S.D.A. Circular Number 939, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
31. Rizk, F.A., Shaheen, A.M., Singer, S.M., and Sawan, O.A. 2013. The Productivity of potato plants affected by urea fertilizer as foliar Spraying and humic acid added with irrigation water. Middle East Journal of Agriculture Research. 2: 76-83.
32. Rosen, C.J., Kelling, K.A., Stark, J.C., and Porter, G.A. 2014. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. American Journal potato Research. 91: 2. 145-160.
33. Rostami Ajirloo, A., Mohamadi, Gh.R., Shaban, M., Ghobadi, M.I., and Najafi, A. 2012. Effect of nitrogen biofertilizers with urea fertilizer on some quantitve and qualitive traits of potato var. Marphona. Electronic Journal of Crop Production. 5: 3. 131-144. (In Persian)
34. Sadeghi Azad, S., Rasouli-Sadaghiani, M., Barin, M., Sepehr, E., Dovlti, B., and Vahedi, R. 2019. Influence of K- Solubilizing Fungi on Potassium Release from Silicate Minerals and some Growth Indices of Corn (*Zea mays* L.). Applied Soil Research. 6: 2. 96-108. (In Persian)
35. Sheng, X.F. 2005. Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of Bacillus edaphicus. Soil Biology and Biochemistry. 37: 1918-1922.
36. Storey, R.M.J., and Davies, H.V. 1992. Tuber quality. P 507-569. In P.M. Harris (ed): The Potato Crop. The scientific basis for improvement. Second edition. Chapman & Hall, London, 881p.
37. Sugumaran, P., and Janarthanm, B. 2007. Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. World Journal of Agricultural Science. 3: 350-355.
38. Sziderics, A.H., Rasche, F., Trognitz, F., Sessitsch, A., and Wilhelm, E. 2007. Bacterial endophytes contribute to abiotic stress adaptation in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Canadian Journal of Microbiology. 53: 195-202.
39. Tabatabai, S.J., and Malakouti, L.J. 1997. The effect of different amounts of urea and interaction with phosphorus and potassium on yield and nitrate accumulation in potato. Iranian Journal Soil Research (Soil and Water Science). 11: 32-39. (In Persian)
40. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil. 255: 571-86.
41. Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G. and Vander lee, J.J. 1989. Soil and Plant Analysis, a series of syllabi. Part7. Plant Analysis Procedures Wageningen Agriculture University, The Netherland.
42. Walkley, A., and Black, A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-38.
43. Wright, R.J., and Stuczynski, T.I. 1996. Atomic absorption and flame emission spectrometry. P 65-90. In: D.L. Sparks (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5, Soil Science Society of America, Madison, WI.