

The Effect of Using Biological Fertilizers on the Morphological Characteristics, Nutrients and Soluble Solids of the Obtained Plantlets from Tissue Culture of *Solanum tuberosum* L. cv. Jelly and Agria

Ruqieh Barzegari Barouk¹, Davoud Hassanpanah^{2*}, Behrouz Ismail-Pour³, Soudabeh Jahanbakhsh Gedeh Kahriz⁴ and Sepideh Kalate-Jari⁵

- 1- Ph.D Candidate of Horticulture (Vegetables), Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran., Iran.
- 2- Associate Professor, Department of Horticulture Crops Research, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran.
- 3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- 4- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
- 5- Assistant Professor, Department of Horticulture and Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture and Food Industry, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Unit, Tehran, Iran.

*Corresponding author: D.Hassanpanah@areeo.ac.ir

(Received: 17 December 2020

Revised: 02 January 2021

Accepted: 02 February 2021)

Extended Abstract

1. Introduction: In recent decades, agriculture based on the use of biological fertilizers has been considered with the aim of eliminating or significantly reducing the consumption of chemical inputs. In sustainable agricultural systems, the use of biological fertilizers is of particular importance in increasing the quality yield. It has a small yield and maintaining the stable fertility of the soil. Biofertilizers make the plant have a favorable access to water and nutrients and ultimately increase the yield of the plant. Considering the importance of the potato product in nutrition and the importance of producing and cultivating disease-free seed tubers, and on the other hand, the concerns raised in terms of the use of chemical fertilizers in the production of this strategic product, the present study is in line with The effect of biofertilizers on agronomic, physiological traits and yield of mini tuber potato seedlings of Jelly and Agria cultivars in Ardabil province was planned. So that by using the results of this research, an effective step can be taken in reducing the use of chemical fertilizers and increasing the production of healthy mini-tubers.

2. Materials and Methods: A greenhouse test was conducted as a completely randomized factorial design with three replications and three treatments including three species of growth-promoting bacteria (*Pseudomonas* p169, *Pseudomonas* p168, and *Azotobacter* 106) at three levels (0.05, 0.1, and 0.2 liters), and Jelly and Agria cultivars in ZarGostarArta Greenhouse to study the effect of using growth-promoting bacteria and mycorrhizal fungi on morpho-physiological characteristics and tuber yield of the obtained plantlets from potato tissue culture of Jelly and Agria cultivars. After applying the treatments, the tuber of plantlets was planted in the vase and kept for 3 months. In order to measure the total dissolved solids in the mini-tube, the cheap and efficient Saba method was used. Finally, the obtained data were analyzed using SAS 9.1 statistical software, comparison of means was done using LSD test at 5% probability level and simple correlation of traits.

3. Results and Discussion: The obtained results from this research showed that the simple, two-way, and three-way effects of treatments (growth-promoting bacteria and cultivar) were significant in a 1% p-value on all the morpho-physiological characteristics. The growth and yield and dry matter of many crops such as potato, corn and wheat using growth promoting bacteria have been reported all over the world. Researchers reported that photohormonal changes due to the use of growth promoting bacteria caused an increase in length. Root and root dry weight. The results show that the use of growth stimulating bacteria showed better results. So that the highest number of leaves in the plant was related to the treatment of 0.2 liters of *Pseudomonas* p169 bacteria of the Agria variety, in other words, the combination of Agria in the treatment of growth-stimulating bacteria with 0.2 liters of *Pseudomonas* p169 with an average of 42.5 and the combination Jelly cultivar had the least number of leaves in the control with 15 leaves. The researchers reported that the bacterial and fungal treatments led to a significant increase in the number of leaves per plant. These results confirm the existence of a synergistic relationship between rhizospheric bacteria that stimulate plant growth and show that this beneficial cooperation between these microorganisms improves plant growth and the amount of product production per unit area. In treatments inoculated with biofertilizers, the increase in the dry weight of the plant can be due to the increase in the absorption of nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium as a result of root expansion. The comparison of the average effect of simple bacteria on potato plant phosphorus is shown in figure 1, the control treatment had the highest amount of phosphorus with an average of 47.05 and the treatment using 0.1 liter of *Pseudomonas* p169 with an average of 44.55 had the lowest amount of phosphorus. Appropriated the comparison table of average elements showed that the highest amount of nitrogen (14.23 mg/g dry weight) was obtained from the Agria cultivar with the use of 0.2 liters of *Azotobacter* 106 bacteria. Also, the results of comparing the average potassium element showed an increase of this element with the use of 0.1 liter of *Azotobacter* 106 bacteria in Jelly variety and the use of Az-0.2 in Jelly variety. The average comparison of zinc element also showed that the highest amount (0.043 mg/g dry weight) was obtained from Agria variety and 0.1 liter of *Pseudomonas* p168. The highest amount of iron (0.33 mg/g dry weight) was obtained from the application of 0.2 liters of *Pseudomonas* p169 in Agria variety.

4. Conclusion: The result of this research showed the increasing effect of biological fertilizers on the morpho-physiological traits of potato. Biofertilizers improved the measuring characteristics and qualitative characteristics of potato, and the highest amount of investigated traits for most of the traits was observed in the combination of 0.1 and 0.2 liters of *Pseudomonas* bacteria.

Keywords: Potato, *Pseudomonas* bacteria, Morphophysiological characteristics, Mini-tuber yield.

Citation: Barzegari Barogh, R., Hassanpanah, D., Esmailpour, B., Jahanbakhsh Gade Kahriz, S. & Kalateh Jari, S. (2023). The effect of using biological fertilizers on the morphological characteristics, nutrients and soluble solids of the obtained plantlets from tissue culture of *Solanum tuberosum* L. cv. Jelly and Agria. *Journal of Vegetables Sciences*, 6(2), 97-107. doi: 10.22034/iuvs.2021.138417.1123.

Copyrights: Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورفولوژیکی، عناصر غذایی و مواد جامد محلول گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت سیب‌زمینی ارقام جلی و آگریا

رقیه برزگری باروق^۱، داود حسن پناه^{۲*}، بهروز اسماعیل پور^۳، سودابه جهانبخش گده کهریز^۴ و سپیده کلاته‌جاری^۵

- ۱- دانشجوی دکتری باغبانی گرایش سبزیکاری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
- ۲- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.
- ۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ۴- دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ۵- استادیار گروه علوم باغبانی و زراعی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: D.Hassanpanah@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد مینی تیوبر گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت سیب‌زمینی رقم‌های جلی و آگریا، یک آزمایش گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار شامل، سه گونه باکتری محرک رشد (سودوموناس p169، سودوموناس p168 و زنتوباکتر 106) در سه سطح (۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ لیتر) و رقم‌های آگریا و جلی در سه تکرار در گلخانه شرکت زرع گستر اجرا شد. پس از اعمال تیمارها مینی تیوبر گیاهچه‌ها در گلدان کاشته شد و به مدت ۳ ماه نگهداری شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اثر ساده و اثر متقابل تیمارها (باکتری‌های محرک رشد و رقم) بر روی همه صفات مورفوفیزیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مصرف کودهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد) در این تحقیق باعث بهبود ویژگی‌های اندازه‌گیری و خصوصیات کیفی ارقام سیب‌زمینی گردید و بیشترین مقدار صفات مورد بررسی برای اکثر صفات ترکیب ۰/۱ و ۰/۲ لیتر باکتری سودوموناس مشاهده شد. در نهایت نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که کاربرد 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 شود.

کلمات کلیدی: باکتری سودوموناس، سیب‌زمینی، خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد مینی تیوبر.

مقدمه

استناد: برزگری باروق، ر.، حسن پناه، د.، اسماعیل پور، ب.، جهانبخش گده کهریز، س. و کلاته‌جاری، س. (۱۴۰۱). تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورفولوژیکی، عناصر غذایی و مواد جامد محلول گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت سیب‌زمینی ارقام جلی و آگریا. علوم سبزی‌ها، ۶ (۲)، ۹۷-۱۰۸.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

Chen, 2006; Elein *et al.*,) اشاره کرد (PGPR) این ریزجاندارها محیط اطراف ریشه گیاه را کلونیزه می‌کنند، جمعیت خود را به سرعت افزایش می‌دهند و با تولید متابولیت‌های ثانویه (از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها و سیانیدهیدروژن) از رشد عوامل بیمارگر گیاهی جلوگیری می‌کنند و موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند. طی گزارشی از Kumar و همکاران (۲۰۱۵) ۸۲ درصد سرعت رشد از نظر ارتفاع به‌عنوان پیامد تولید زیست توده، به‌طور خاص از مصرف ترکیبی باکتری ریزوباکتریایی مشاهده شد. نتایج آزمایشی نشان داد کاربرد تیمارهای میکروبی سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های جذب فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز در اندام هوایی گیاه ذرت شد (Bustani & Farkhunjad, 2018). با توجه به توانایی رشد و متابولیسم بالای باکتری‌ها در خاک به‌علت وجود نسبت سطح به حجم بیشتر و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، منجر به افزایش شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکردی در گوجه‌فرنگی شده است (Goldani *et al.*, 2022). نتایج در یک آزمایش نشان داد که کود میکوریز از طریق بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش سنتز رنگیزه‌های گیاهی، افزایش محتوای آب نسبی برگ، فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان پرولین برگ باعث بهبود کارایی فتوسنتز II و در نتیجه افزایش کارایی فتوسنتز کاهو شده که این موضوع باعث افزایش وزن تر اندام هوایی و در نتیجه عملکرد اقتصادی کاهو تحت شرایط تنش خشکی گردید (Ghonalipour Goshki *et al.*, 2022). با در نظر گرفتن اهمیت محصول سیب‌زمینی در تغذیه و اهمیت تولید و کشت غده‌های بذری عاری از بیماری و نیز از طرف دیگر نگرانی‌های مطرح شده از نظر مصرف کودهای شیمیایی در تولید این محصول استراتژیک، مطالعه حاضر در راستای تأثیر کودهای زیستی بر روی صفات زراعی، فیزیولوژیکی و عملکرد مینی‌تیوبر گیاهچه‌های سیب‌زمینی رقم‌های جلی و آگریا در استان اردبیل طرح‌ریزی شد تا با استفاده از نتایج این

با توجه به پیش‌بینی جمعیت نه میلیارد نفری در سال ۲۰۵۰ و علیرغم افزایش عملکرد محصولات زراعی، همچنان نگرانی‌ها در مورد امنیت غذایی جهانی وجود دارد (Slattery & Ort, 2015). باور کردن واقعیتی به نام رشد جمعیت، آدمی را ملزم به تولید بیشتر محصولات کشاورزی و لاجرم حرکت در جهت افزایش تولید در واحد سطح نموده و این هدف از طریق تولید مقادیر بیشتر کود محقق می‌گردد. از آنجایی که استفاده از کود از عوامل اصلی در نیل به کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد، لذا جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی خصوصاً کودهای ازتی و فسفاتی با کودهای بیولوژیک به دلیل مزایای این کودها و به‌علاوه ارزانی آن امری کاملاً اجتناب‌ناپذیر است. سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) از خانواده (Solanaceae) از نظر میزان تولید امروزه بعد از برنج، گندم و ذرت در جایگاه چهارمین محصول کشاورزی دنیا قرار دارد (Etehadnia, 2009). سیب‌زمینی از محصولات غده‌ای است که نقش مهمی در تغذیه انسان و دام دارد و در شرایط مختلف آب و هوایی کشت می‌شود (Trehan & Singh, 2013). سیب‌زمینی به دو روش جنسی و غیرجنسی (غده و ریزغده) تکثیر می‌گردد (Caliskan *et al.*, 2009). ریزغده‌ها برای تولید بذر کلاس‌های بالای سیب‌زمینی نظیر الیت و سوپر الیت مورد استفاده قرار می‌گیرند و با تکثیر آنها، غده‌های بذری تولید می‌گردد (Ozturk & Yildirim, 2010). در دهه‌های اخیر، کشاورزی بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش قابل‌ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است (Sharma, 2002). در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش عملکرد کیفی و کمی محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (Sharma, 2002). کودهای زیستی موجب دسترسی مطلوب گیاه به آب و عناصر غذایی و نهایتاً افزایش عملکرد گیاه می‌شوند (Ochoa-Velasco *et al.*, 2016). از مهم‌ترین انواع کودهای زیستی می‌توان به باکتری‌های محرک رشد

(30×20 سانتی‌متر) با حجم سه لیتر و استریل شده با الکل ریخته شد. خصوصیات خاک مورد استفاده در کشت گلدانی در جدول ۱ نشان داده شده است. دو گیاهچه از هر رقم سیب‌زمینی در هر تیمار در گلدان کشت شدند. سوسپانسیون باکتریایی نیز با غلظت نهایی 10^9 mL/CFU تهیه گردیده و به اندازه سطوح از سوسپانسیون باکتریایی برای هر گلدان و در اطراف ریشه‌ی اصلی گیاه استفاده گردید. آبیاری تا پایان آزمایش به وسیله آب مقطر و با توزین روزانه گلدان‌ها ادامه داشت. مقدار مناسب آب هر گلدان، تا رسیدن رطوبت به دامنه ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، محاسبه و اضافه گردید. همچنین تمامی اقدامات زراعی از قبیل نیاز غذایی، نور و دما در شرایط بهینه تنظیم گردید. آزمایش به مدت ۳ ماه ادامه یافت و پس از رسیدن به مرحله بلوغ گلدهی کامل، صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی انجام شد. برای برداشت، بوته‌های کلیه واحد آزمایشی برداشت گردید. بدین صورت، شاخساره و ریشه از هم جدا شدند. اندام هوایی برداشت شده با آب مقطر شستشو و هوا خشک گردید و پس از قرار گرفتن در پاکت کاغذی، به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا وزن آن‌ها به مقدار ثابتی برسد.

تحقیق بتوان گامی مؤثر در کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و افزایش تولید مینی‌تیوبرهای سالم برداشت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورفولوژیکی گیاهچه‌های حاصل از کشت بافت سیب‌زمینی رقم‌های جلی و آگریا، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت آزمایش گلخانه‌ای فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سه گونه باکتری محرک رشد (سودوموناس p169، سودوموناس p168 و ازتوباکتر 106) در سه سطح (۰/۱، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ لیتر) و گیاهچه‌های رقم‌های آگریا و جلی بودند. در این آزمایش مینی‌تیوبر گیاهچه‌های ارقام آگریا و جلی سیب‌زمینی از شرکت زرع گستر آرتا تهیه شدند. جهت اجرای این آزمایش باکتری‌های محرک رشد جنس سودوموناس و ازتوباکتر از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور تهیه گردید. برای انجام این آزمایش، در ابتدا بستر کشت محتوای پیت ماس به همراه پوکه معدنی به نسبت ۱:۱، اتوکلاو شده (به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس و فشار بخار یک اتمسفر) و استریل گردید (Gupta et al., 2002). مقدار دو کیلوگرم خاک در داخل گلدان پلاستیکی

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت آزمایش از عمق ۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil under test from a depth of 30 cm

مشخصات Specifications	فسفر P (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	اسیدیته Acidity (pH)	نیتروژن Nitrogen (%)	ماده آلی Organic matter (%)	آهک Lime (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	بافت خاک Soil pattern
میزان Level	8.3	212	0.28	8.2	0.12	0.58	15	25	32	43	لومی-رسی Loam- clay

و تعداد مینی‌تیوبر (تعداد هر تیمار شمارش و در پایان میانگین آن‌ها استفاده شد) وزن مینی‌تیوبر (با استفاده از ترازوی ۰/۰۱ گرم و میانگین داده‌ها بر حسب گرم)، وزن خشک ریشه و اندام هوایی (برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه و ریشه، ابتدا گیاهان از طوقه جدا شدند و

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

ویژگی‌های مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته (از پایین‌ترین قسمت ساقه تا جوانه انتهایی بلندترین شاخه با خط‌کش و بر حسب سانتی‌متر)، طول ریشه (با خط‌کش و بر حسب سانتی‌متر)، تعداد برگ در بوته

(۲۰۰۱) و Larsen و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. باکتری‌های محرک رشد با گیاهان در تعامل هستند و رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند (Chauhan *et al.*, 2015; Gupta *et al.*, 2018).

طول ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که طول ساقه در ترکیب رقم جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۱ لیتر سودوموناس p169 با میانگین ۳۵/۳ سانتی‌متر بیشترین و ترکیب جلی در شاهد با ۷/۵۴ سانتی‌متر کمترین طول ریشه را به خود اختصاص دادند، به عبارتی تیمار جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۲ لیتر سودوموناس p169 نسبت به شاهد ۷۸/۶۴ درصد باعث افزایش طول ریشه گردید (جدول ۲). طول ریشه می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر در روند رشد گیاهی استفاده گردد، زیرا پژوهشگران اعتقاد دارند که طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین خصوصیت جهت ارزیابی آب خاک و جذب عناصر توسط گیاه می‌باشد (Manoharan *et al.*, 2008).

تعداد برگ در بوته

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد نتایج بهتری را نشان داد. به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در گیاه مربوط به تیمار ۰/۲ لیتر باکتری سودوموناس p169 رقم آگریا بود به عبارتی ترکیب آگریا در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۲ لیتر سودوموناس p169 با میانگین ۴۲/۵ عدد بیشترین و ترکیب رقم جلی در شاهد با تعداد ۱۵ عدد کمترین تعداد برگ را داشتند (جدول ۲). محققان گزارش کردند که تیمارهای باکتریایی و قارچی منجر به افزایش معنی‌دار در تعداد برگ در بوته شدند (Mahmoudzadeh *et al.*, 2015).

تعداد مینی تیوبر در بوته

سپس ریشه‌ها با آب شستشو داده شدند و در آون با دمای ۶۰ درجه سیلیسیوس قرار داده شدند. پس از ۴۸ ساعت وزن خشک شاخساره و ریشه‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری و بر حسب گرم بیان شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل در مینی تیوبر از روش ارزانی و کوشش صبا استفاده شد (Arzani & Koushesh-Saba, 2005). به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی ابتدا مواد گیاهی خاکستر و عصاره گیاهی تهیه شد (Cottenie, 1980). اندازه‌گیری نیتروژن با روش کج‌جدال (Bremner, 1996) و فسفر به روش Kuo و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد. اندازه‌گیری محتوای یون‌های کلسیم، پتاسیم، منیزیم و روی پس از هضم بافت گیاهی با نیتریک اسید غلیظ با دستگاه جذب اتمی (مدل AASpect 203، شرکت CHROMOPHOR، آلمان) اندازه‌گیری و سپس مقدار آن برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد (Emami, 1996). در نهایت داده‌های حاصله با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و همبستگی ساده صفات انجام شد.

نتایج و بحث

طول ساقه

نتایج مقایسه میانگین اثرات دو جانبه باکتری در رقم نشان داد طول ساقه در ترکیب رقم جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۲ لیتر سودوموناس p169 با میانگین ۳۶/۸۷ سانتی‌متر بیشترین و ترکیب جلی در شاهد با ۱۴/۶۷ سانتی‌متر کمترین طول ساقه را داشت بود، به‌عبارتی تیمار (جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۲ لیتر سودوموناس p169) نسبت به شاهد ۶۰/۲۱ درصد باعث افزایش طول ساقه گردید (جدول ۲). افزایش ارتفاع و قطر بوته‌های گندم در واکنش به استفاده از باکتری‌های محرک رشد، توسط Glick و همکاران

دلیل استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد سبب افزایش طول ریشه و وزن خشک ریشه می‌شود (Shaharoon et al., 2008). رشد و بازده مواد خشک بسیاری از محصولات زراعی مانند سیب زمینی، ذرت و گندم (Calvo et al., 2010; Zahid et al., 2015; Majeed et al., 2015) با استفاده از باکتری‌های محرک رشد در سراسر جهان گزارش شده است.

وزن خشک اندام هوایی

ترکیب رقم جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۰۵ لیتر سودوموناس p168 با میانگین ۴/۵۹ گرم بیشترین وزن خشک اندام هوایی را داشت و به همراه ترکیب رقم جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۱ لیتر سودوموناس p168 در یک کلاس قرار گرفتند و ترکیب آگریا در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۰۵ لیتر سودوموناس p169 با ۰/۳۷۵ گرم کمترین مقدار را دارا بودند (شکل ۲). در تیمارهای تلقیح شده با کود زیستی افزایش وزن خشک گیاه می‌تواند به علت افزایش جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نتیجه گسترش ریشه باشد (Rouzbeh et al., 2009). Shweta و همکاران (۲۰۱۱) افزایش رشد و بیوماس کنجد تلقیح هم‌زمان با باکتری‌های *Azotobacter chroococcum fluorescens* و قارچ *G. Fasciculatum* را گزارش کردند. این پژوهشگران اظهار کردند که این نتایج وجود رابطه هم‌افزایی بین باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه را تأیید و نشان می‌دهد که این همکاری مفید بین این ریزوموجودات موجب بهبود رشد گیاه و میزان تولید محصول در واحد سطح می‌گردد.

مواد جامد محلول

بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۳/۵۵ میلی‌گرم بر گرم) از رقم آگریا در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۱ لیتر سودوموناس p168 و رقم جلی در ۰/۲ لیتر /زتوباکتر به دست آمد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد، ترکیب رقم آگریا در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۱ لیتر سودوموناس p168 با میانگین ۴/۵ عدد بیشترین تعداد مینی‌تیوبر را داشت و با ترکیب آگریا در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۲ لیتر سودوموناس p169 اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین تعداد متعلق به ترکیب‌های آگریا و جلی در ۰/۲ لیتر (در جداول و شکل‌ها به جای /زتوباکتر کلمه Az. 106 نوشته شده است) بود (جدول ۲). Naeim و Atrash (۲۰۱۴) گزارش کردند تلقیح گیاهچه‌های سیب‌زمینی با باکتری‌ها و قارچ‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر تعداد مینی‌تیوبرهای سیب‌زمینی داشت. به طوری که تمامی تیمارهای بیولوژیک موجب افزایش تعداد مینی‌تیوبر نسبت به تیمار شاهد شدند.

وزن مینی‌تیوبر

نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثرات دوجانبه باکتری در رقم نشان داد، ترکیب رقم آگریا در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۱ لیتر سودوموناس p168 با میانگین ۲۳/۵۹ گرم بیشترین تعداد مینی‌تیوبر را داشت و با ترکیب آگریا در p169-0.2 اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین تعداد متعلق به ترکیب جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۱ لیتر سودوموناس p169 بود (جدول ۲). طی آزمایشی بیشترین عملکرد و وزن خشک مینی‌تیوبر در گیاهان رقم آریندا تلقیح شده با /زتوباکتر دیده شد (Naeim & Atrash, 2014).

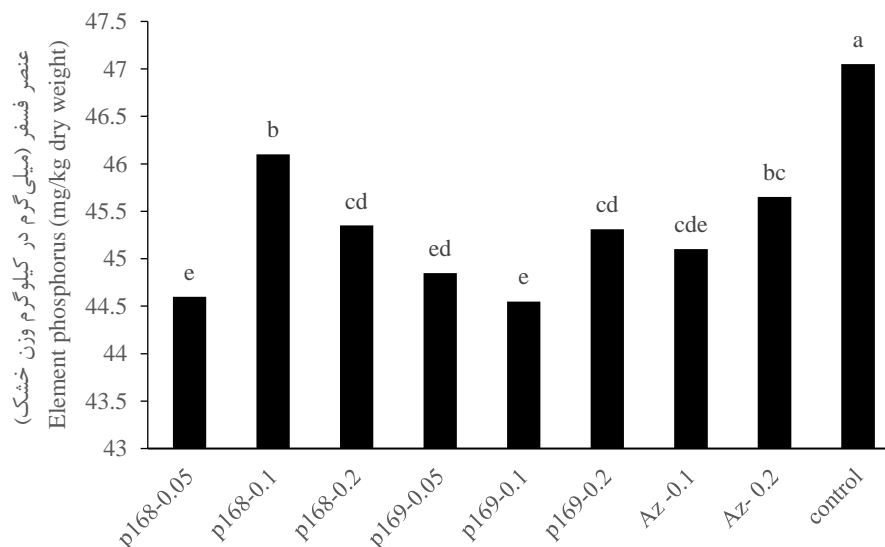
وزن خشک ریشه

با توجه جدول مقایسه نتایج، ترکیب رقم جلی در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۰۵ لیتر سودوموناس p168 با میانگین ۱/۵۲ گرم بیشترین وزن خشک ریشه را داشت در کلاس برتر قرار گرفت و ترکیب آگریا در تیمار مصرف باکتری‌های محرک رشد با ۰/۰۵ لیتر سودوموناس p169 با ۰/۲۵۹ گرم کمترین وزن خشک ریشه را دارا بودند (جدول ۲). محققین گزارش کردند که تغییرات فیتوهورمونی به

از رقم آگریا و ۰/۱ لیتر سودوموناس p168 حاصل گردید. بیشترین مقدار آهن (۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از کاربرد ۰/۲ لیتر سودوموناس p169 در رقم آگریا به‌دست آمد. بیشترین مقدار کلسیم (۹/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از کاربرد ۰/۰۵ لیتر سودوموناس p169 در رقم آگریا، کاربرد ۰/۱ لیتر سودوموناس p168 و ۰/۱ لیتر /زتوباکتر 106 در رقم جلی به‌دست آمد (جدول ۲). عنصر منیزیم نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و بیشترین مقدار این صفت از کاربرد ۰/۰۵ لیتر باکتری سودوموناس p169 در رقم جلی و کاربرد ۰/۲ لیتر باکتری سودوموناس p169 در رقم آگریا حاصل گردید (جدول ۲).

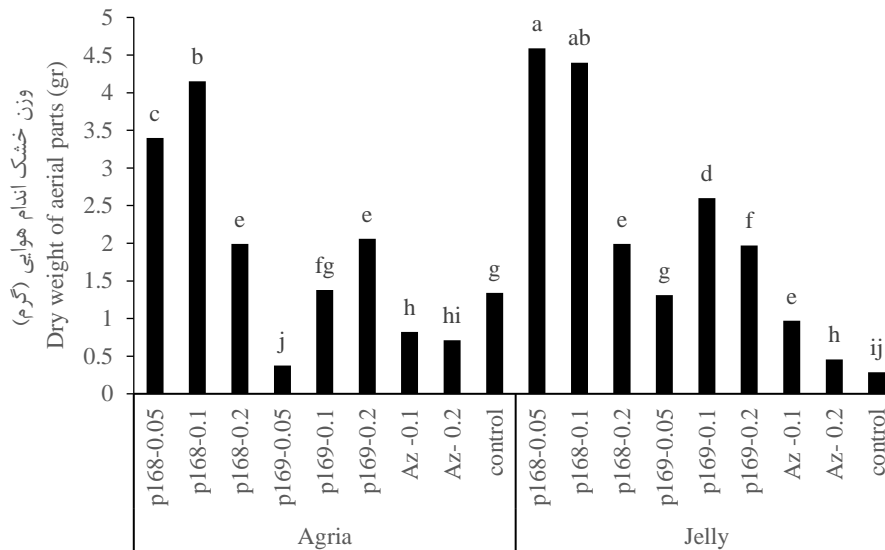
عناصر غذایی

مقایسه میانگین اثر ساده باکتری بر فسفر گیاه سیب‌زمینی در شکل ۱ آورده شد، تیمار شاهد با میانگین ۴۷/۰۵ بیشترین مقدار فسفر را داشت و تیمار کاربرد ۰/۱ لیتر سودوموناس 169 با میانگین ۴۴/۵۵ کمترین مقدار فسفر را به خود اختصاص داد. جدول مقایسه میانگین عناصر نشان داد بیشترین مقدار نیتروژن (۱۴/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از رقم آگریا با کاربرد ۰/۲ لیتر سودوموناس p169 حاصل گردید (جدول ۲). همچنین نتایج مقایسه میانگین عنصر پتاسیم نشان‌دهنده افزایش این عنصر با کاربرد ۰/۱ لیتر سودوموناس p169 در رقم جلی و کاربرد ۰/۲ لیتر /زتوباکتر 106 در رقم جلی شد (جدول ۲). مقایسه میانگین مربوط به عنصر روی نیز نشان داد بیشترین مقدار (۰/۰۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده باکتری بر فسفر گیاه سیب‌زمینی

Figure 1-Comparison of the average simple effect of bacteria on potato plant phosphorus



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل باکتری x ژنوتیپ بر وزن خشک اندام هوایی گیاه سیب زمینی
 Figure 2- Comparison of the average interaction effects of bacteria x genotype on the dry weight of potato plant shoot

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل باکتری x ژنوتیپ بر صفات گیاه سیب زمینی
 Table 2- Comparison of the average interaction effects of bacteria x genotype on potato plant traits

ژنوتیپ Genotype	باکتری Bacteria	نیترژن Nitrogen	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	طول ریشه Root length	طول ساقه Stem length	وزن مینی تیوبر Weight mini tuber length	تعداد مینی تیوبر Number of mini-tuber	تعداد برگ Number of leaves
Agria	p168-0.05	13.13 ^g	3.40 ^c	22.60 ^e	21.37 ^{hi}	17.62 ^{bcd}	3.50 ^{bc}	20.00 ^h
	p168-0.1	13.33 ^{ef}	1.15 ^b	25.40 ^d	23.47 ^{fg}	23.59 ^a	4.50 ^a	24.00 ^g
	p168-0.2	13.23 ^{fg}	1.99 ^e	14.00 ⁱ	18.67 ^j	13.75 ^{d-g}	3.00 ^{cd}	21.00 ^h
	p169-0.05	13.73 ^c	0.38 ^j	22.10 ^{ef}	20.62 ⁱ	8.75 ^h	1.50 ^f	35.50 ^{cd}
	p169-0.1	13.13 ^g	1.38 ^{fg}	25.10 ^d	22.77 ^{gh}	16.63 ^{cde}	2.00 ^{5de}	30.50 ^e
	p169-0.2	14.23 ^a	2.06 ^e	24.50 ^d	22.47 ^{gh}	21.75 ^{ab}	4.00 ^{ab}	42.50 ^a
	Az-0.1	13.13 ^g	0.82 ^h	25.10 ^d	31.40 ^b	15.48 ^{de}	2.00 ^{ef}	30.50 ^e
	Az-0.2	13.73 ^c	0.72 ^{hi}	21.10 ^{ef}	24.67 ^{ef}	9.25 ^{gh}	1.50 ^f	33.50 ^d
	Control	12.53 ^h	1.34 ^g	9.67 ^j	14.75 ^l	8.90 ^h	2.00 ^{ef}	17.00 ⁱ
Jelly	p168-0.05	13.53 ^d	4.59 ^a	19.20 ^g	26.67 ^c	17.87 ^{bcd}	3.00 ^{cd}	37.00 ^{bc}
	p168-0.1	14.33 ^a	4.40 ^{ab}	24.90 ^d	24.99 ^{de}	20.86 ^{abc}	3.00 ^{cd}	39.50 ^b
	p168-0.2	13.93 ^b	1.99 ^e	14.40 ⁱ	16.32 ^k	16.91 ^{cd}	3.00 ^{cd}	22.00 ^{gh}
	p169-0.05	13.33 ^{ef}	1.31 ^g	29.60 ^c	26.37 ^{cd}	10.47 ^{fgh}	2.00 ^{ef}	35.50 ^{cd}
	p169-0.1	13.33 ^{ef}	2.60 ^d	35.30 ^a	24.17 ^{ef}	8.80 ^h	2.00 ^{ef}	38.50 ^b
	p169-0.2	13.43 ^{de}	1.62 ^f	33.20 ^b	36.87 ^a	9.90 ^{gh}	2.00 ^{ef}	39.50 ^b
	Az-0.1	13.73 ^c	1.97 ^e	20.40 ^{fg}	30.43 ^b	15.05 ^{def}	3.00 ^{cd}	27.50 ^f
	Az-0.2	13.83 ^{bc}	0.97 ^h	17.30 ^h	23.67 ^{efg}	12.18 ^{efg}	1.50 ^f	29.50 ^{ef}
	Control	12.53 ^h	0.46 ^{ij}	7.54 ^k	14.67 ^l	9.00 ^h	2.00 ^{ef}	15.00 ⁱ
LSD	0.12	0.29	1.89	1.53	4.61	0.62	2.94	

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.
 The numbers of each column that have a common letter are not significantly different from each other based on the LSD test at the five percent probability level.

ژنوتیپ	باکتری	منیزیم	کلسیم	آهن	مواد جامد محلول	روی	پتاسیم
Genotype	Bacteria	Magnesium	Calcium	Iron	Soluble Solids	Zinc	Potassium
Agria	p168-0.05	25.90 ^{de}	8.80 ^{abc}	0.28 ^f	2.55 ^g	0.029 ^{cde}	378.70 ^e
	p168-0.1	26.40 ^{bcd}	9.10 ^{ab}	0.32 ^b	3.55 ^a	0.043 ^a	402.70 ^b
	p168-0.2	26.15 ^{cde}	8.95 ^{abc}	0.30 ^{de}	3.05 ^d	0.036 ^{abc}	390.70 ^d
	p169-0.05	27.00 ^{ab}	9.40 ^a	0.29 ^f	3.05 ^d	0.024 ^{ef}	375.70 ^{ef}
	p169-0.1	25.90 ^{de}	8.80 ^{abc}	0.28 ^f	2.55 ^g	0.09 ^{cde}	378.70 ^e
	p169-0.2	27.50 ^a	9.25 ^a	0.33 ^a	3.35 ^c	0.034 ^{bcd}	400.70 ^b
	Az -0.1	25.90 ^{de}	8.80 ^{abc}	0.28 ^f	2.55 ^g	0.029 ^{cde}	378.70 ^e
	Az- 0.2	26.50 ^{bcd}	9.20 ^a	0.29 ^f	3.35 ^c	0.024 ^{ef}	388.70 ^d
	Control	23.90 ^g	7.60 ^d	0.29 ^f	2.25 ^h	0.018 ^f	375.70 ^{ef}
Jelly	p168-0.05	25.20 ^f	8.50 ^{bc}	0.30 ^e	2.85 ^f	0.034 ^{bcd}	398.70 ^{bc}
	p168-0.1	26.00 ^{de}	9.40 ^a	0.31 ^{bc}	3.05 ^d	0.037 ^{abc}	388.70 ^d
	p168-0.2	25.60 ^{ef}	8.95 ^{abc}	0.32 ^b	2.95 ^e	0.036 ^{abc}	393.70 ^{cd}
	p169-0.05	27.50 ^a	8.30 ^c	0.30 ^{cd}	3.05 ^d	0.036 ^{abc}	372.70 ^f
	p169-0.1	26.40 ^{bcd}	9.20 ^a	0.32 ^b	3.45 ^b	0.027 ^{de}	412.70 ^a
	p169-0.2	26.45 ^{bcd}	9.10 ^{ab}	0.28 ^f	2.8 ^f	0.027 ^{de}	377.20 ^{ef}
	Az -0.1	27.00 ^{ab}	9.40 ^a	0.29 ^f	3.05 ^d	0.024 ^{ef}	375.70 ^{ef}
	Az- 0.2	26.80 ^{bc}	9.00 ^{ab}	0.32 ^b	3.55 ^a	0.014 ^{ab}	412.70 ^a
	Control	23.90 ^g	7.00 ^{cd}	0.29 ^f	2.25 ^h	0.018 ^f	375.70 ^{ef}
LSD	0.66	0.66	0.01	0.08	0.001	5.46	

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers of each column that have a common letter are not significantly different from each other based on the LSD test at the five percent probability level.

خصوصیات کیفی سیب‌زمینی گردید و بیشترین مقدار صفات مورد بررسی برای اکثر صفات ترکیب ۰/۱ و ۰/۲ لیتر باکتری سودوموناس مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی

دستاورد این تحقیق نشان دهنده تأثیر افزایش کودهای بیولوژیکی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی سیب‌زمینی بود. کودهای زیستی باعث بهبود ویژگی‌های اندازه‌گیری و

References

- Arzani, K. & Koushesh-Saba, M. (2005). Enhancement of Sultana grape (*Vitis vinifera* L.) maturity by pre-veraison ethanol and methanol spray. *Indian Journal of Agricultural Science*, 75(10), 670-672.
- Bashan, Y., L. E. de-Bashan, S. R. Prabhu. & J. P. Hernandez. (2014). Advances in plantgrowth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998- 2013). *Plant Soil*, 378, 1-33.
- Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-total, P 1085-1122. In: D. L. Sparks (Eds.). Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Bustani, H. R. & Farkhunjad, A. (2018). The effect of growth-promoting bacteria, mycorrhizal fungi and salinity stress on the uptake of some nutrients by maize (*Zea mays* L.). *Plant process and function*, 7 (24), 52-39. (In Persian)
- Caliskan, M. E., Kusman, N. & Caliskan, S. (2009). Effects of plant density on the yield and yield components of true potato seed (TPS) hybrids in early and main crop potato production systems. *Field Crops Research*, 114(2), 223-232.
- Calvo, P., Ormeno-Orrillo, E., Martinez-Romero, E. & Zuniga, D. (2010). Characterization of *Bacillus* isolates of potato rhizosphere from Andean soils of Peru and their potential PGPR characteristics. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41, 899-906.

- Chauhan, H., Bagyaraj, D. J., Selvakumar, G. & Sundaram, S. P. (2015). Novel plant growth promoting rhizobacteria-prospects and potential. *Applied Soil Ecology*, 95, 38-53.
- Chen, J. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October. Thailand, 11, 16-20.
- Cottenie, A. (1980). Methods of Plant Analysis. *Soil and Plant Testing*, FAO Soils Bulletin, 38(2), 64-100.
- Elein, T., Leyva, Y. & Hernandez. A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Rev. Colomb. Biotecnología*, 7, 47-54.
- Emami, A. (1996). Methods of plant decomposition. Soil and Water Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization. *Ministry of Agriculture Journal*, No. 982. 99.
- Etehadnia, M. (2009). Salt Stress Tolerance in Potato Genotypes. Ph. D thesis of Saskatchewan University, Canada, 1-244.
- Glick, B. R., Penrose, D. & Wenbo, M. (2001). Bacterial promotion of plant growth. *Biotechnology Advance*, 19(2), 135-138.
- Goldani, M., Fazeli Kakhki, S. F., & Beikzadeh, N. (2022). The Effect of Application Method and Biofertilizer Type on Some Morphophysiological, Biochemical and Yield Components Traits of Tomato Plant (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 5(2), 53-71.
- Ghonjalipour Goshki, M., Abdollahi, F., & Sadeghi Lari, A. (2021). Effect of Mycorrhiza Fertilizer on Physiological Traits and Economical Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) under Water Stress Conditions. *Journal of Vegetables Sciences*, 5(1), 157-173.
- Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. & Kumar, S. (2002). Effect of the vesicular- arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology*, 81, 77-79.
- Gupta, S., Kaushal, R. & Sood, G. (2018). Impact of plant growth-promoting Rhizobacteria on vegetable crop production. *International Journal of Vegetable Science*, 24, 289-300.
- Kumar, M., Kaur, A., Pachouri, U.C. & Singh, J. (2015). Growth promoting characteristics of rhizobacteria and AM fungi for biomass amelioration of *Zea mays*. *Archives of Biological Sciences. Belgrade*, 67(3), 877-887.
- Kuo, S. (1996). Phosphorus, P 869-920. In: D.L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R.H. Loeppert, (Eds.), Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Larsen, J., Cornejo, P. & Miguel Barea, J. (2009). Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. macerans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus*. *Soil Biology and*

- Biochemistry*, 41, 286-292.
- Mahmoudzadeh, M., Rasouli Sadghiaei, M. H. & Asgari Lajair, H. (2015). The effect of rhizosphere bacteria stimulating plant growth and mycorrhizal arbuscular fungi on morphological characteristics and concentrations of high consumption elements of peppermint (*Mentha piperita* L.) in greenhouse conditions. *Science and technology of greenhouse crops*, 6(24), 167-155. (In Persian)
 - Majeed, A., Abbasi, M. K., Hameed, S., Imran, A. & Rahim, N. (2015). Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on plant growth promotion. *Frontiers Microbiology*, 6, 198.
 - Manoharan, P., Pandi, M., Shanmugaiyah, V., Gomathinayagam, S. & Balasubramanian, N. (2008). Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus on the physiology and biochemical changes of five different tree seedlings grown under nursery conditions. *African journal of biotechnology*, 7(19), 3431-3436.
 - Naeim, A.H. & Atrashi, M. (2014). Investigation of the effect of plant growth-promoting bacteria and fungi on yield growth and some growth parameters of three potato cultivars (*Solanum tuberosum*). *Journal of Production and Processing of Crop and Horticultural Products*, 4(13), 48-37. (In Persian)
 - Ochoa-Velasco, C. E., Valadez-Blanco, R., SalasCoronado, R., Sustaita-Rivera, F., HernAndezCarlos, B., Garcia-Ortega, S. & Santos-Sanchez, N. F. (2016). Effect of nitrogen fertilization and *Bacillus licheniformis* biofertilizer addition on the antioxidants compounds and antioxidant activity of greenhouse cultivated tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheva). *Scientia Horticulturae*, 201, 338-345.
 - OztUrk, G. & Yildirim, Z. (2010). A comparison of field performances of minitubers and microtubers used in seed potato production. *Turkish Journal of Field Crops*, 15, 141-147.
 - Rouzbeh, R., Daneshian, J., & Farahani, H. A. (2009). Super nitro plus influence on yield and yield components of two wheat cultivars under NPK fertilizer application. *Journal of Plant Breeding andCrop Science*, 1, 293-297.
 - Shaharoon, B., Naveed, M., Arshad, M. & Zahir, Z. A. (2008). Fertilizer dependent efficiency of *Pseudomonas* for improving growth, yield and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Microbiol Biotechnology*, 79, 147-155.
 - Sharma, A. K. (2002). Biofertilizers for sustainable agriculture. India: Agrobios, 12, 319-324.
 - Shweta, T. S. & Lakshman, H. C. (2011). Synergistic Interactions among *Azotobacter*, *Pseudomonas*, and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Two Varieties of *Sesamum indicum* L. *Commun. Soil Science and Plant Nutrition*, 42, 2122-2133.
 - Slattery, R. A. & Ort, D. R. (2015). Photosynthetic energy conversion efficiency: setting a baseline for gauging future improvements in important food and biofuel crops. *Plant Physiology*, 168, 383-392.
 - Trehan, S. P. & Singh, B. P. (2013). Nutrient efficiency of different crop species and potato varieties- in

- retrospect and prospect. *Potato Journal*, 40(1), 1-21.
- Zahid, M., Abbasi, M. K., Hameed, S. & Rahim, N. (2015). Isolation and identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (*Zea mays* L.). *Frontiers in Microbiology*, 6, 207.