

Research Article

Plant Prod., 2020, 43(3), 397-408
DOI: 10.22055/ppd.2019.28009.1696

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

The Effect of Plant Growth Stimulous Bacteria and Amino Acids Application on Plant Characteristics, Yield Components and Quality Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L. CV Agria)

Mohammad Dadashzadeh¹ and Elnaz Farajzadeh Memari Tabrizi^{2*}

- 1- M.Sc. Graduate of Agronomy, Depaqrtrment of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Depaqrtrment of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran (Farajzadeh_e@malekaniiau.ac.ir)

Received: 29 December, 2018

Accepted: 7 July, 2019

Abstract

Background and Objectives

Biofertilizers are now one of the most important inputs to increase agricultural production. The use of biofertilizers in potato production could reduce the use of nitrogen fertilizers. On the other hand, previous studies have shown that the spraying of amino acids not only improves the growth and yield of plants, but also improves the activity of useful microorganisms.

Materials and Methods

The aim of this study was to investigate the effect of application of biofertilizers (non-application of fertilizers, application of pseudomonas, application of azotobacter, and application of azospirillum) and spraying of amino acids (non-spraying of amino acids, spraying with 2.5, and 3.75 g /L) on growth, yield, and nutrient uptake of potatoes. The study was carried out in Malek Azad University as a split plot based on the randomized complet block design with three replications in 2018. The studied traits in this study included the number of tubers per plant, length of tuber, number of tubers per plant, mean weight of tuber, tuber yield per m², nitrogen percentage, phosphorus percentage, and tuber protein percentage.

Results

Based on the results of this study, all traits except the percentage of phosphorus, the interaction of two factors such as biofertilizer, and the spraying of amino acids did not have a significant effect, but each of the studied factors had a significant effect on the growth and yield of potatoes. The yield of potato plants affected by spraying with a concentration of 3.75 g / l of water increased by 44.6% due to an increase in the average weight of the tubers (7.7%) and the number of produced tubers (32.2%) was in the bush. The application of biofertilizer increased the yield of both functional components, the average weight of the tuber and the number of tubers on potato tuber yields. Azotobacter application treatments and Azosperilium application increased the potato tuber yield by 29.6 and 34.1%, respectively. Potato leaf area was not affected by amino acid spraying, but the biofertilizer had a positive effect on this trait. The percentage of protein in



potato tubers also increased by the influence of amino acid spraying and the application of bio-fertilizer.

Discussion

Both spraying agents of amino acids and biofertilizer had a positive effect on the dry weight of potato leaves. Improving the assimilation of carbon dioxide in leaves due to the use of amino acids and biofertilizers was probably due to increased potato growth and yield. The results of this study showed that soluble treatments with a concentration of 3.75 g / L of water, application of Azotobacter and application of Azospirillum could have an effective role in increasing potato yield.

Keywords: Amino acid, Biodiversity, Potato, Quality

اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد و اسیدهای آمینه بر عملکرد کمی و کیفی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L. CV Agria)

محمد داداش‌زاده^۱ و الناز فرج‌زاده معماری تبریزی^{۲*}

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه آگرواکولوژی، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران
۲- *نویسنده مسئول: استادیار، گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران (Farajzadeh_e@malekaniiau.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۸

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر رشد، عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی در گیاه سیب‌زمینی انجام شد. آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (عدم کاربرد، محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ و ۳/۷۵ گرم در لیتر آب) و باکتری‌های محرک رشد (عدم کاربرد، کاربرد سودوموناس، ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، درصد پروتئین غده تنها تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب افزایش یافت. تعداد غده در بوته، قطر غده، متوسط وزن غده، عملکرد غده و درصد نیتروژن غده سیب‌زمینی تحت تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با غلظت ۲/۵ و ۳/۷۵ گرم در لیتر آب افزایش معنی‌داری داشت. عملکرد غده در واکنش به محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب حدود ۴۴/۶ درصد افزایش یافت. در این مطالعه، کاربرد ازتوباکتر و کاربرد آزوسپریلیوم نیز اثر افزایش معنی‌داری بر صفاتی نظیر تعداد غده در بوته، عملکرد غده و درصد پروتئین غده داشت. عملکرد غده تحت تأثیر کاربرد ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به ترتیب به‌میزان ۳۵/۷ و ۴۱/۷ درصد افزایش یافت. نتایج نشان داد کاربرد ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد سیب‌زمینی داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: آمینو اسید، پروتئین، کود زیستی، کیفیت

مقدمه

تولید محصول سیب‌زمینی، نیازمند کاربرد کودهای زیادی است (Hogy and Fangmeier, 2009). کاربرد کودهای زیستی یک گام مهم در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، افزایش تولید گیاهان زراعی، حفظ حاصل‌خیزی خاک‌ها و توسعه کشاورزی پایدار است. استفاده مطلوب از این منابع نه تنها اثر مثبتی بر

سیب‌زمینی از مهم‌ترین منابع غذایی بشر است که در مناطق مختلف جهان مورد کشت قرار می‌گیرد. غده‌های سیب‌زمینی، منبع بسیار غنی از کربوهیدرات‌های مرکب، پروتئین‌ها و ویتامین‌ها است (Banerjee et al., 2006). پروتئین‌های سیب‌زمینی از کیفیت بالایی برخوردار هستند.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان (طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۲۸۰ متری از سطح دریاهای آزاد) اجرا شد. میانگین دمای سالانه منطقه ۱۰ درجه سانتی گراد، میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۶ درجه سانتی گراد و میانگین حداقل دمای سالانه ۲/۲ درجه سانتی گراد و میانگین بارندگی سالانه این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی متر است. pH خاک های منطقه در خنثی تا متوسط قرار دارد.

این آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد و هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت به صورت جوی و پشته ای به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف های کاشت ۷۵ سانتی متر بود. فاصله بین بوته ها بر روی ردیف ها ۲۵ سانتی متر، فاصله بین کرت های یک ردیف نکاشت و بین هر بلوک یک متر در نظر گرفته شد.

رقم سبب زمینی مورد استفاده از ارقام سازگار با شرایط اقلیمی منطقه و رقم آگریا بود. رقم آگریا، از انواع نیمه دیررس است که برای مناطق با کشت بهاره توصیه شده و بیشترین سطح زیر کشت را در بین تمامی ارقام سبب زمینی موجود در ایران به خود اختصاص داده است. عملکرد آن در واحد سطح بالا و مقاومت نسبتاً خوبی به بیماری های مهم ویروسی دارد. طول دوره خواب آن طولانی و خاصیت انبارمانی آن کم نظیر است.

فاکتور محلول پاشی با اسیدهای آمینه ساخت شرکت پروآمین اسپانیا محتوی ۸۰ درصد آمینو اسید و ۱۲/۸ درصد نیتروژن در سه سطح عدم کاربرد، محلول پاشی با غلظت ۲/۵ و ۳/۷۵ گرم در لیتر آب بود که در کرت های اصلی اعمال گردید. فاکتور دوم یا کاربرد باکتری های مختلف محرک رشد شامل عدم کاربرد، کاربرد سودوموناس (*Pseudomonas fluorescens* strain R-93)، از توباکتر (*Azotobacter crococom* strain 5) و آزوسپریلیوم (*Azospirillum lipoferum* strain DSM 1691) به صورت

خصوصیات خاک دارد، بلکه بر رشد گیاه، حفظ نیتروژن و سایر مواد غذایی آلی خاک و گیاه و کاهش نیاز به کودها نیز تأثیر می گذارد (Hassani et al., 2014). گروه بزرگی از میکروارگانیسم ها مانند باکتری ها، قارچ ها، پروتوزوئا و قارچ ها در ریزوسفر وجود دارد که از این بین باکتری ها فراوان ترین هستند. باکتری های افزایش دهنده رشد گیاهان باکتری های آزادزی خاکری هستند که رشد گیاهان را به طور مستقیم و غیر مستقیم افزایش می دهند. مکانیسم مستقل شامل تثبیت نیتروژن، محلول سازی فسفر نامحلول خاک، تولید هیدروژن سیانید، تولید هورمون های گیاهی مانند اکسین، سیتوکسین و جیبرلین و کاهش تولید اتیلن است. باکتری های متعلق به جنس های آزوسپریلیوم، سودوموناس، زانتوموس و ریزوبیوم اکسین تولید می کنند که می تواند به رشد گیاه کمک کند. همچنین، کاهش تأثیر تنش های زیستی و غیرزیستی از اثرهای میکروارگانیسم های افزایش دهنده رشد گیاهی است. به علاوه، سودوموناس مؤثرترین باکتری در کنترل بیماری های گیاهی است (Sivasakthi et al, 2014).

آمینو اسیدها از اجزای اصلی پروتئین ها هستند. در حدود ۲۰ نوع آمینو اسید مهم در سنتز پروتئین ها در سلول درگیر هستند. آمینو اسیدها می توانند تأثیر بسیار زیاد و مهمی در فعالیت های حیاتی و ساختارهای گیاهی داشته باشند (EL-Zefzafy et al., 2016). مقدار و کیفیت اسیدهای آمینه موجود در گیاهان زراعی بر میزان محصول تأثیر می گذارد. اسیدهای آمینه پس از ورود به سلول های گیاهی به دلیل خلوص بالا به راحتی توسط گیاه جذب می شوند. این امر باعث می شود انرژی گیاه برای مقابله با تنش های محیطی ذخیره گردد. به طور کلی قسمت زیادی از جذب اسیدهای آمینه در گیاهان از طریق روزه صورت می گیرد و پس از مدت کوتاهی به قسمت های مورد نیاز هدایت می شود (Mawgoud et al, 2011).

بدین ترتیب، هدف از این مطالعه، ارزیابی کاربرد اسیدهای آمینه و کودهای زیستی بر رشد و عملکرد کمی و کیفی محصول سبب زمینی بوده است.

از کاشت و آبیاری‌های بعد با فاصله هر هفت روز یک‌بار به‌صورت جوی و پشته اعمال گردید. در طول دوره رشد رقم مورد بررسی، ۱۸ دور آبیاری انجام پذیرفت. عملیات کنترل علف‌های هرز به روش وجین دستی تا پایان رشد رویشی ادامه یافت. در طول آزمایش هیچ آفت یا بیماری مشاهده نشد.

پس از مرحله رسیدگی غده‌ها در تاریخ ۲۲ شهریور، تعداد پنج بوته از ردیف میانی با حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های کاشت، از هر کرت نمونه‌برداری و جهت اندازه‌گیری‌های لازم به آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان منتقل گردید.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل تعداد غده در بوته، ابعاد غده، تعداد غده در بوته، متوسط وزن غده، عملکرد غده در متر مربع، درصد نیتروژن غده، درصد فسفر غده و درصد پروتئین غده بود. برداشت جهت اندازه‌گیری عملکرد غده در تاریخ ۲۸ شهریور از مساحت یک متر مربع و از بوته‌های موجود در ردیف دوم و سوم هر کرت انجام گردید. سپس غده‌ها جدا و توزین شد. برای به دست آوردن تعداد غده در بوته، تعداد غده در بوته تعداد پنج بوته سیب‌زمینی در هر کرت انتخاب گردید. غده‌ها با دقت از خاک برداشت و تعداد غده‌ها در پنج بوته شمارش شد. برای اندازه‌گیری متوسط وزن غده‌ها، کل غده‌های برداشت شده پنج بوته با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و متوسط وزن غده‌ها در بوته به دست آمد. طول و قطر غده‌ها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری گردید. سپس بعد از میانگین‌گیری عدد حاصل به عنوان طول غده در محاسبات بر حسب سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت.

بذر مال در کرت‌های فرعی قرار داده شد. سویه‌های مورد استفاده به‌صورت خالص و غیرتجاری بوده و از جمعیت میکروبی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردیدند و جمعیت آن‌ها در هر گرم 5×10^6 (CFU) بود. کلیه عملیات تلقیح بذرها در محیط سایه و دور از نور آفتاب انجام گرفت و بذرها پس از خشک شدن کشت شدند. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در دو مرحله ۲ و ۴ ماه بعد از کاشت غده‌های سیب‌زمینی انجام شد.

قبل از کاشت میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به کار برده شد. قسمت اول کود اوره قبل از کاشت و مابقی به‌صورت سرک در مرحله خاکدهی پای بوته به‌صورت شیری در پایین ردیف‌های کاشت اعمال شد. به دلیل نتایج آنالیز خاک، کود پتاسه و فسفره در مزرعه به کار برده نشد.

در اوایل اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۷ شخم سطحی به‌منظور کنترل علف‌های هرز به زمین زده شد. جهت تجزیه خاک محل اجرای طرح، یک نمونه خاک از شش نقطه مزرعه از اعماق ۰-۳۰ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه آب و خاک ارسال گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۱) درج شده است. پس از تهیه نقشه کاشت اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین و ایجاد جوی و پشته گردید. در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه اولین آبیاری برای تشخیص داغ آب و همچنین مرطوب نمودن خاک (که برای فعال نمودن باکتری‌های موجود در کودهای زیستی لازم است) انجام شد. در تاریخ ۱۵ اردیبهشت غده‌های رقم آگریا سیب‌زمینی با قطر ۳۵ الی ۵۵ میلی‌متر که از سازمان جهاد کشاورزی ملکان تهیه شده بود، در عمق ۱۰ سانتی‌متری کاشته شد. اولین آبیاری پس

Table 1. The result of soil test from 0 to 30 cm depth

Soil texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Absorbable potassium (P.P.M)	Absorbable phosphorus (P.P.M)	Total nitrogen %T.N	Organic carbon (%O.C	Percentage of neutralizing substances PNS	Saturation percentage SP%	Saturation of saturated Ph	Electrical conductivity Ec(Ds/M)
Loam silt	13	50	37	2085	51.85	0.12	1.29	10.8	47	8.17	1.42

دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد غده در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرهای اصلی تیمار محلول پاشی اسید آمینه و کود زیستی بر تعداد غده در بوته معنی دار بود، ولی برهمکنش این دو عامل تأثیری بر تعداد غده در بوته نداشت (جدول ۲). در این مطالعه، بیشترین افزایش تعداد غده در بوته به تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب اختصاص داشت و تعداد غده تولیدی در بوته در مقایسه با عدم کاربرد اسید آمینه به میزان ۲/۳۲ درصد بیشتر بود. تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب نیز افزایش ۹/۴ درصدی را در تعداد غده در بوته باعث شد (جدول ۳). سایر بررسی ها نشان داد شاخص سطح برگ، میزان فتوسنتز و نسبت کربن به نیتروژن از مهم ترین عواملی است که برای غده زایی مؤثر است.

غلظت نیترات به روش کالریمتری بعد از احیا به روش دی آزو تعیین و اندازه گیری میزان فسفر گیاه به روش هضم با خشک سوزانی و ترکیب با اسید کلریدریک و رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر انجام شد (Scarpelli, 2016) برای اندازه گیری میزان پروتئین، مقدار نیتروژن در غده ها با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک (Auto Analyser 130 Tecator CO) اندازه گیری شد. پس از تیتراسیون مقدار نیتروژن با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$N (\%) = (X - 14.008) / w$$

در نهایت با استفاده از میزان نیتروژن محاسبه شده و ضریب تبدیل ۶/۲۵ میزان پروتئین نمونه ها محاسبه گردید. پس از اطمینان از یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (آزمون بارتلت) و نرمال بودن داده ها، تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC انجام شد. برای مقایسه میانگین ها از آزمون

Table 2. Analysis of variance of studied traits in potatoes as affected by amino acids and biofertilizers

S.O.V.	df	No. of tuber	Tuber length	Tuber width	Mean tuber weight	Tuber yield	Nitrogen percent	Phosphorus percent	Protein percent
Replication	2	0.085 ^{ns}	1.688 ^{ns}	0.618 ^{ns}	8.575 ^{ns}	11.161 ^{ns}	0.365 ^{ns}	0.175 ^{ns}	0.035 ^{ns}
Amino acids	2	4.882 ^{**}	14.298 ^{ns}	6.502 [*]	370.690 ^{**}	645.978 ^{**}	3.750 [*]	4.674 ^{**}	5.414 ^{**}
Main error	4	0.061	2.34	0.673	13.509	6.293	0.292	0.244	0.291
Biofertilizer	3	1.702 [*]	7.932 ^{ns}	2.725 [*]	120.703 [*]	214.199 [*]	0.812 ^{ns}	1.207 ^{**}	2.040 [*]
Amino acid × Biofertilizer	6	0.57 ^{ns}	3.138 ^{ns}	1.014 ^{ns}	27.597 ^{ns}	61.406 ^{ns}	0.258 ^{ns}	0.776 [*]	0.267 ^{ns}
Sub error	18	0.419	2.568	0.636	28.566	48.025	0.429	0.21	0.492 ^{ns}
C.V. (%)		14.77	4.77	2.51	4.04	17.99	15.83	10.64	9.71

^{**} and ^{*} Represents significance at the level of probability of one and five percent, respectively

Table 3. Mean comparison of measured traits in Potato as affected by amino acids

Treatments	No. of tuber	Tuber width (mm)	Mean tuber weight (g)	Tuber yield (kg/m ²)	Nitrogen Percent of tuber	Protein percent of tuber
Without application	3.845 ^c	30.96 ^b	126.7 ^c	32.21 ^c	3.523 ^b	6.638 ^b
2.5 g/L Water	4.209 ^b	32.19 ^a	132.0 ^b	36.80 ^b	4.267 ^a	7.087 ^b
3.75 g/L Water	5.086 ^a	32.28 ^a	137.8 ^a	46.58 ^a	4.618 ^a	7.959 ^a
Without application	3.819 ^b	31.17 ^b	126.8 ^b	32.00 ^b	4.22 ^a	6.830 ^b
pseudomonas	4.266 ^{ab}	32.29 ^a	133.0 ^a	37.69 ^{ab}	3.99 ^{ab}	6.808 ^b
Azetobacter	4.643 ^a	32.25 ^a	134.7 ^a	41.50 ^a	4.13 ^a	7.567 ^a
Azospirillum	4.792 ^a	31.54 ^{ab}	134.2 ^a	42.92 ^a	4.09 ^a	7.708 ^a

Dissimilar letters indicate significance at the five percent probability level.

داد کاربرد کودهای زیستی افزایش معنی داری را در تعداد مینی تیوبر سیب زمینی باعث شد. بیشترین افزایش متعلق به کاربرد توأم از توبا کتر و سودوموناس بود که تعداد ریز غده های سیب زمینی را به میزان ۵۶ درصد افزایش داد. اما در بین کاربرد هر یک از انواع کود زیستی، بیشترین تعداد مینی تیوبر مربوط به تیمار از توبا کتر بود. (Douds et al., 2007). نیز گزارش کردند که تلقیح سیب زمینی با از توبا کتر بر تعداد غده سیب زمینی افزود.

قطر غده

اثر محلول پاشی بوته ها با اسیدهای آمینه و کود زیستی بر قطر غده سیب زمینی معنی دار بود (جدول ۲). کاربرد اسیدهای آمینه سبب افزایش معنی داری در قطر غده های سیب زمینی شد. در دو تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب و محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب، قطر غده سیب زمینی ۳۲/۱ و ۳۲/۲ میلی متر بود که در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۳/۲ و ۴/۲ درصد بیشتر بود (جدول ۳). گیاهان به وسیله فرآیند فتوسنتز کربوهیدرات ها را سنتز می کنند. اسیدهای آمینه از طریق افزایش درصد و میزان کلروفیل در گیاه، سبب ارتقاء فعالیت فتوسنتزی گیاه و افزایش نسبت کربن به نیتروژن می شوند (Molaie et al., 2013). بنابراین اسیدهای آمینه با تأثیر بر فتوسنتز و تولید اسمیلات ها، می توانند بر رشد غده ها که وابسته به حضور اسمیلات ها است، افزایش می دهند.

در یک بررسی (Pourali and Roozbahani, 2014) نشان دادند محلول پاشی اسیدهای آمینه تعداد غده سیب زمینی را به میزان ۳۲ درصد افزایش داد. در این مطالعه نیز تیمار کاربرد کود زیستی حاوی سودوموناس تأثیری بر تعداد غده در بوته نداشت، اما تیمارهای کاربرد از توبا کتر و آزوسپریلیوم افزایش معنی داری را در تعداد غده در بوته های سیب زمینی باعث گردید.

در اثر کاربرد از توبا کتر و کاربرد آزوسپریلیوم تعداد غده در بوته به ترتیب ۴/۶ و ۴/۷ عدد بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود زیستی به ترتیب ۲۱/۵ و ۲۵/۴ درصد بیشتر بود. بین دو تیمار کاربرد از توبا کتر و کاربرد آزوسپریلیوم از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت و هر دو تیمار افزایش مشابهی را در تعداد غده در بوته باعث گردید (جدول ۴). بنابراین در صورت تامین فرآورده های فتوسنتزی کافی، گیاه تعداد واحدهای زیای بیشتری را تولید می کند (Gothandapani et al., 2017). با این وجود اگر پس از تولید غده ها، فرآورده های فتوسنتزی کافی وجود نداشته باشد. وزن غده افزایش پیدا نخواهد کرد. بنابراین قبل و بعد از تعیین تعداد غده، گیاه جهت افزایش تعداد غده وابسته به حضور فرآورده های فتوسنتزی است (Nam and Yoshihara, 2008). کودهای زیستی می توانند میزان تولید اسمیلات ها را در گیاهان به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهند. (Otroshy et al., 2012) نشان

Table 4. Mean comparison of measured traits in Potato affected by the spraying of amino acids and biofertilizers

Spraying of amino acids	Type of biofertilizer	Phosphorus percent
Without application	Without application	3.607 ^{de}
	Pseudomonas	3.837 ^{c-e}
	Azetobacter	3.363 ^e
	Azospirillum	4.040 ^{c-e}
2.5 g/L Water	Without application	4.313 ^{cd}
	Pseudomonas	4.637 ^{bc}
	Azetobacter	3.880 ^{c-e}
	Azospirillum	4.240 ^{c-e}
3.75 g/L Water	Without application	3.687 ^{de}
	Pseudomonas	5.580 ^a
	Azetobacter	5.260 ^{ab}
	Azospirillum	5.303 ^{ab}

Dissimilar letters indicate significance at the five percent probability level.

کاربرد سودوموناس و کاربرد ازتوباکتر قطر بیشتر غده در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد. در تیمار کاربرد سودوموناس و ازتوباکتر قطر غده های سیب زمینی به ترتیب ۳۲/۲۹ و ۳۲/۲۵ سانتی متر بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود زیستی به ترتیب ۳/۵ و ۳/۴ درصد بیشتر بود. کاربرد سودوموناس و ازتوباکتر از نظر آماری افزایش مشابهی را در قطر غده های سیب زمینی باعث گردیدند (جدول ۳). (Otroshy et al. (2012) نشان داد کاربرد کودهای زیستی افزایش معنی داری را در متوسط اندازه ریز غده های سیب زمینی باعث شد. بیشترین افزایش متعلق به کاربرد توأم ازتوباکتر و سودوموناس بود که متوسط اندازه ریز غده های سیب زمینی را به میزان ۴۵ درصد افزایش داد. اما در بین کاربرد هر یک از انواع کود زیستی، بیشترین متوسط اندازه مینی تیوبر سیب زمینی مربوط به تیمار ازتوباکتر بود.

متوسط وزن غده

اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه و کاربرد کودهای زیستی بر صفت متوسط وزن غده های سیب زمینی معنی دار بود (جدول ۲). با مقایسه میانگین های متوسط وزن غده سیب زمینی تحت تأثیر سطوح محلول پاشی اسیدهای آمینه مشاهده شد که هر دو سطح محلول پاشی اسید آمینه اثر معنی داری را بر متوسط وزن غده های سیب زمینی داشت، اما در غلظت بالاتر افزایش بیشتری در متوسط وزن غده های سیب زمینی مشاهده گردید. به طوری که تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب با افزایش ۸/۷ درصدی باعث تولید غده هایی با ۱۳۷/۸ گرم شد. تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب نیز افزایش ۴/۱ درصدی را در متوسط وزن غده های سیب زمینی شد (جدول ۳). در یک بررسی (Pouurali and Roozbahani (2014) نشان دادند محلول پاشی اسیدهای آمینه متوسط وزن غده های سیب زمینی را به طور معنی داری افزایش داد. تمامی تیمارهای کودهای زیستی افزایش معنی داری بر متوسط وزن غده های سیب زمینی داشت. کاربرد

سودوموناس، ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به ترتیب افزایش ۴/۸، ۶/۲، ۵/۸ درصدی را در متوسط وزن غده های سیب زمینی نشان داد و تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۴). (Salehi et al. (2014) اظهار داشتند کاربرد کودهای آزوسپریلیوم و سودوموناس و ترکیب این مواد بر میزان پروتئین غده های سیب زمینی می افزاید. (Weimers (2016 نیز افزایش معنی داری را در متوسط وزن غده های سیب زمینی تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی به دست آوردند. این محققین این افزایش را ناشی از افزایش جذب مواد غذایی و فتوسنتز بوته های سیب زمینی دانستند. (Farag et al. (2013) تأثیر سه نوع کود زیستی ریزو باکترین، میکروبین و فسفورین را بر رشد و عملکرد سیب زمینی بررسی نمودند و مشاهده نمودند کود زیستی بیشترین افزایش را در متوسط وزن غده های سیب زمینی باعث شد. این کود مخلوطی از ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) و آزوسپریلیوم لیپوفرورم (*Azospirillum lipoferum*) بود.

عملکرد غده

با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش، اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه و کودهای زیستی بر صفت عملکرد غده معنی دار بود، ولی برهمکنش این دو عامل تأثیر معنی داری بر عملکرد غده های سیب زمینی نداشت (جدول ۲). هر دو تیمار کاربرد اسیدهای آمینه افزایش معنی داری را در عملکرد غده سیب زمینی نشان داد، با این وجود میزان افزایش تحت تأثیر تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب بیشتر از محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب بود. در تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب عملکرد غده ۴۶/۵ تن در هکتار بود که در مقایسه با تیمار عدم محلول پاشی اسیدهای آمینه به میزان ۴۴/۶ درصد بیشتر بود. تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب نیز افزایشی ۱۴/۲ درصدی را در عملکرد غده باعث گردید (جدول ۳). (Pouurali and Roozbahani (2014) نشان دادند

تیمارهای کاربرد کود زیستی، اثر افزایش معنی داری بر درصد فسفر غده سیب زمینی داشت که این نتایج نشان می دهد کاربرد اسیدهای آمینه بر توانایی گیاه در جذب و تجمع فسفر در غده ها تاثیر گذار است.

Weimers (2016) نیز افزایش معنی داری را در محتوای فسفر غده های سیب زمینی تحت تاثیر کاربرد کودهای زیستی به دست آوردند. این محققین گزارش نمودند کودهای زیستی با افزایش میزان حلالیت فسفر نامحلول خاک و افزایش رشد ریشه ها بر محتوای فسفر در غده های سیب زمینی افزود. از سوی دیگر بررسی ها نشان داده است که کاربرد اسیدهای آمینه میزان فعالیت آنزیم های خاک را افزایش می دهد. یکی از این آنزیم ها، آنزیم فسفاتاز است که از این طریق بر میزان دسترسی گیاه به فسفر و افزایش جذب آن می افزاید (Kumar et al., 2018b).

درصد نیتروژن غده

در این مطالعه، کاربرد اسید آمینه اثر معنی داری بر درصد نیتروژن غده های سیب زمینی داشت، ولی کاربرد کودهای زیستی اثری بر درصد نیتروژن غده های سیب زمینی نداشت (جدول ۲). با توجه به نتایج، کاربرد اسیدهای آمینه اثر افزایشی بر درصد نیتروژن غده های سیب زمینی داشت. در دو تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب و محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب درصد نیتروژن در غده های سیب زمینی در مقایسه با عدم کاربرد اسید آمینه به ترتیب ۲۱/۱ و ۳۱ درصد بیشتر بود. هر دو تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب و محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب از نظر آماری افزایش مشابهی را در درصد نیتروژن غده های سیب زمینی نشان دادند (جدول ۳). بررسی ها نشان داده است اسیدهای آمینه به روش های مختلف محتوای نیتروژن را در گیاهان افزایش می دهد. این ترکیب ها باعث افزایش تولید نیتروژن توسط باکتری های تثبیت کننده نیتروژن می شود، از سوی دیگر میزان جذب نیتروژن نیز با کاربرد اسیدهای آمینه از ریشه افزایش می یابد، چرا که این ترکیب ها رشد ریشه ها را

محلول پاشی اسیدهای آمینه عملکرد سیب زمینی را به طور معنی داری افزایش داد. این محققین نشان دادند کود مذکور با افزایش تعداد غده و متوسط وزن غده این افزایش را در عملکرد غده سیب زمینی باعث شد. Kumar et al. (2018a) نیز افزایش معنی داری را در عملکرد غده های سیب زمینی با کاربرد اسیدهای آمینه گزارش نمودند. این محققین این افزایش را ناشی از افزایش فتوسنتز دانستند.

در این مطالعه تیمار کاربرد سودوموناس تاثیر معنی داری بر عملکرد غده نداشت، اما کاربرد ازتوباکتر و کاربرد آزوسپریلیوم سبب افزایش معنی داری در عملکرد غده سیب زمینی گردید. کاربرد ازتوباکتر و کاربرد آزوسپریلیوم عملکردی به ترتیب معادل ۴۱/۵ و ۴۲/۹ تن در هکتار داشت که در مقایسه با عدم کاربرد کود زیستی به ترتیب به میزان ۲۹/۶ و ۳۴/۱ درصد بیشتر بود (جدول ۴). Otroschy et al. (2012) افزایش معنی دار عملکرد مینی تیوبر را با کاربرد کودهای زیستی به دست آوردند. همچنین روش کشت هم بر میزان عملکرد نقش بسزایی داشته به طوری که بیان کردند که کشت جوی و پشته عملکرد بالایی نسبت به کشت کرتی دارد (Tofanghsazpour et al., 2015).

درصد فسفر در غده سیب زمینی

اثرهای اصلی و برهمکنش محلول پاشی اسیدهای آمینه و کاربرد کودهای زیستی بر درصد فسفر غده سیب زمینی معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین های درصد فسفر تحت تاثیر محلول پاشی اسیدهای آمینه و کاربرد کودهای زیستی نشان داد بیشترین درصد فسفر در سیب زمینی متعلق به تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب همراه با کاربرد سودوموناس بود که در این تیمار درصد فسفر ۵/۵۸ درصد به دست آمد. در این مطالعه در شرایط عدم کاربرد اسیدهای آمینه، کاربرد کود زیستی اثری بر درصد فسفر غده های سیب زمینی نداشت. در تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب نیز نتایج مشابهی به دست آمد. اما در تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب تمامی

افزایش داده و در نتیجه بر جذب نیتروژن اثر غیر مستقیمی دارند. متابولیسم نیتروژن نیز درون گیاه با کاربرد اسیدهای آمینه افزایش می یابد (Scarpelli, 2016). بدین ترتیب، با توجه به این گزارش ها جذب نیتروژن با کاربرد اسیدهای آمینه افزایش می یابد.

درصد پروتئین غده های سیب زمینی

در این بررسی هر دو تیمار محلول پاشی اسیدهای آمینه و کاربرد کودهای زیستی اثر معنی داری بر درصد پروتئین غده های سیب زمینی داشت (جدول ۲). ولی، تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر آب تاثیری بر درصد پروتئین غده های سیب زمینی نداشت. ولی تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب افزایش معنی داری را در درصد پروتئین غده های سیب زمینی داشت. در تیمار محلول پاشی با غلظت ۳/۷۵ گرم در لیتر آب درصد پروتئین در غده های سیب زمینی ۷/۹ درصد بود که در مقایسه با عدم کاربرد اسید آمینه به میزان ۱۹/۹ درصد بیشتر بود (جدول ۳). (Pourali and Roozbahani 2014). نشان دادند که محلول پاشی اسیدهای آمینه درصد پروتئین غده سیب زمینی را به طور معنی داری افزایش داد. این محققین گزارش نمودند که این کود با افزایش میزان نیتروژن گیاه و متابولیسم پروتئین ها این افزایش را در عملکرد غده سیب زمینی باعث شد.

در این مطالعه در بین تیمارهای کود زیستی، کاربرد سودوموناس تأثیر معنی داری بر درصد پروتئین در

غده های سیب زمینی نداشت، ولی در دو تیمار کاربرد ازتوباکتر و کاربرد آزوسپریلیوم درصد پروتئین غده سیب زمینی در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود زیستی افزایش داد. در تیمار کاربرد ازتوباکتر و کاربرد آزوسپریلیوم درصد پروتئین در غده های سیب زمینی به ترتیب ۷/۵ و ۷/۷ درصد بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود زیستی به ترتیب ۱۰/۷ و ۱۲/۸ درصد بیشتر بود. هر دو تیمار کاربرد ازتوباکتر و کاربرد آزوسپریلیوم افزایش مشابهی را در محتوای پروتئین غده نشان دادند (جدول ۴). (Patil 2010) نشان دادند کاربرد کود زیستی محتوای پروتئین را در *Stevia rebaudiana* افزایش داد. این محققان افزایش را ناشی از افزایش متابولیسم نیتروژن و افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه دانستند.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد کودهای زیستی مورد استفاده و کاربرد اسیدهای آمینه اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد و حتی خصوصیات کیفی سیب زمینی داشت و می تواند منابع مفیدی برای ارتقای محصولات کشاورزی به شمار آیند.

سپاس گذاری

این مقاله برگرفته از پایان نامه تحت عنوان تأثیر کاربرد باکتری های محرک رشد و محلول پاشی محتوی اسیدهای آمینه بر خصوصیات فیزیولوژیک و رشدی سیب زمینی می باشد لذا تشکر و تقدیر از حوزه پژوهش واحد ملکان می گردد.

References

- Banerjee, A. K., Prat, S. and Hannapel, D. J. (2006). Efficient production of transgenic potato (*S. tuberosum* L. ssp. andigena) plants via *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation. *Plant Science*, 170, 732-738.
- Douds, D. D., Nagahashi, J. G., Reider, C. and Hepperly, P. R. (2007). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high p soil. *Biol Agric Horticulture*, 25(1), 67-78.
- EL-Zefzafy, M. M., Shahhat, I. M. A., Yousef, R. S. and Elsharkawy, E. R. (2016). Influence of foliar application with amino acids and citric acid on physiological and phytochemical responses of *Artemisia abrotanum* produced by in vitro culture. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 9(4), 702-711.

- Farag, M. I., Aly Abdalla, M., Mohamed, M. F. and Aboul-Nasr, M. H. (2013). Effect of biofertilization on yield and quality of some potato cultivars (*Solanum Tuberosum* L.). *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4(2), 695-702.
- Gothandapani, S., Sekar, S. and Padaria. J. C. (2017). Azotobacter chroococcum: Utilization and potential use for agricultural crop production: An overview. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 4(5), 35-42.
- Hassani, F., Ardakani, M., Asgharzade, A., Paknezhad, F. and Hamidi, A. (2014). Efficiency of mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on phosphorus uptake and chlorophyll index in potato plantlets. *International Journal of Biosciences*, 4, 244-251.
- Hogy, P. and Fangmeier, A. (2009). Atmospheric CO₂ enrichment affects potatoes: 2. Tuber quality traits. *European Journal Agronomy*, 30, 85-94.
- Kumar, V., Pal Singh, S. and Raha, P. (2018a). Organic sources use of amino acids based biostimulants and irrigation schedule on yield: Water use efficiency relationship on potato tuber. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 1255-1259.
- Kumar, V., Raha, P. and Ram, S. (2018 b). Effect of irrigation schedule and amino acids biostimulants on soil enzyme activities in potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(4), 1912-1920.
- Mawgoud, A. M. R., El-Bassiouny, A. M., Ghoname, A. and Abou-Hussein, S. D. (2011). Foliar application of amino acids and micronutrients enhance performance of green bean crop under newly reclaimed land conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6), 51-55.
- Molaie, H., Panahi, B. and Tajabadipour, A. (2013). The effect of foliar application of some amino acid compounds on photosynthesis and yield of two commercial cultivar in pistachio orchards of Kerman province in Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 5(3), 2827-2830.
- Nam, K. and Yoshihara, T. (2008). Bioorganic chemistry of the induction of potato tuber formation: A review. *Fruite, Vegetable and cereal science and Biotechnology*, 8(2), 42-57.
- Otroshy, M., Naeem, A. H., Soleymani, A., Bazrafshana, A. H., Khodae, S. M. M. and Struik, P. C. (2012). Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria and fungi on enhancement of growth and minituber production of tissue-cultured potato cultivars (*Solanum tuberosum*). *World of Sciences Journal*, 1, 38-52.
- Patil, N. M. (2010). Biofertilizer effect on growth, protein and carbohydrate content in stevia rebaudiana var bertonii. *Recent Research in Science and Technology*, 2(10), 42-44.
- Pourali, S. and Roozbahani, A. (2014). Effect of iron containing fertilizers and botamisol on some traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 4(2), 57-72.
- Salehi, B., Daneshian, J., Ardakani, M. R., Hossein Arzanesh, M. and Shirani Rad, A. H. (2014). Various source of supply of nitrogen (chemical, animal and biological) on growth, yield and product quality potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Biosciences*, 4(2), 232-242.
- Scarpelli, T. (2016). *The role of amino acids in the nitrogen cycle of peatlands*. michigan technological university. trscarpe@mtu.edu.
- Sivasakthi, S., Usharani, G. and Saranraj, P. (2014). Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria- *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 9(16), 1265-1277.
- Tofanghazpour, R., Roshanfekar, H., Mesgharbashi, M. and Bromandnasab, S. (2015). Effect of irrigation restriction and cultivation method on some quantitative and qualitative characteristics of potato

cultivars. *Journal of Plant Production*, 38(2), 1-12. [In Farsi]

Weimers, K. (2016). Growth and Phosphorus Uptake of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in an Alkaline Soil as Affected by Mineral Nitrogen Forms and Inoculation with Phosphate-Solubilizing Bacteria and Mycorrhizal Fungi. Colorado State University, Bugwood.org/37 Pages.