علوم و تحقیقات بذر ایران
سال دهم/ شماره سوم/ ۱۴۰۲ (۱۶ - ۱)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2023.7671

تأثیر کودهای زیستی پتابارور و بارور ۲ بر رشد، عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی

جابر پناهنده ینگجه*[۱]، هادی نصرآبادی[۲]، محمدرضا ساریخانی[۳]، مینا امانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۹

چکیده

سیب‌زمینی (*Solanum tubersum*) یک محصول اقتصادی مهم در سطح جهان است. به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی پتاسیم (پتا بارور) و فسفر (بارور ۲) بر عملکرد و کیفیت دو خانواده از بذر حقیقی سیب‌زمینی شامل آزادگرده‌افشان‌های فانتا و هیبریدهای ساوالان × آگریا آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار (۱- خانواده آزادگرده‌افشان فانتا بدون کود، ۲- خانواده آزادگرده‌افشان فانتا + کود زیستی پتا بارور، ۳- خانواده آزادگرده‌افشان فانتا + کود زیستی بارور ۲، ۴- خانواده آزادگرده‌افشان فانتا + مخلوط کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور، ۵- هیبرید ساوالان × آگریا بدون کود، ۶- هیبرید ساوالان × آگریا + کود زیستی پتا بارور، ۷- هیبرید ساوالان × آگریا + کود زیستی بارور ۲، ۸- هیبرید ساوالان × آگریا + مخلوط کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور) با سه تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور ارتفاع بوته و درصد ماده خشک غده و برگ را تحت‌تأثیر قرار داده و منجر به افزایش عملکرد نسبت به گیاهان شاهد و کاربرد مخلوط کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد شد. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد در تیمار کود زیستی پتا بارور بر روی خانواده آزاد گرده‌افشان فانتا به‌دست آمد. همچنین کاربرد این کودها منجربه افزایش شاخص کلروفیل برگ در سطح احتمال پنج درصد گردید. کاربرد این کودهای زیستی منجر به افزایش غلظت عناصر پتاسیم، نیتروژن و فسفر گیاه در سطح احتمال یک درصد شد.

واژه‌های کلیدی: بذر بوتانیکی، پتاسیم، سیب‌زمینی، کود زیستی، فسفر، نیتروژن

۱- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. panahandeh@tabrizu.ac.ir
۲- دانش‌آموخته دانشگاه تبریز، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. mina76amani@gmail.com
۳- دانشیار گروه خاکشناسی- بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. rsarikhani@yahoo.com
۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان دارویی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. Mina.amani98@ms.tabrizu.ac.ir
نویسنده مسئول: panahandeh@tabrizu.ac.ir

مقدمه

سیب‌زمینی متعلق به خانواده Solanaceae، بعد از گوجه‌فرنگی، یک محصول مهم اقتصادی و یکی از مواد غذایی عمده در جهان است (Flores *et al.*, 2010). باتوجه‌به مشکلات و محدودیت‌های مرتبط با تولید و استفاده از غده‌های بذری در کشورهای درحال‌توسعه، محققان اغلب به دنبال جایگزینی برای تولید از مواد گیاهی با تمرکز بر روی استفاده از بذر حقیقی (True potato seed, TPS) هستند (Muthoni *et al.*, 2013). سیب‌زمینی می‌تواند به دو طریق رویشی (به‌عنوان مثال از طریق کشت غده بذری و کشت بافت گیاهی) و جنسی (بذر حقیقی سیب‌زمینی) تکثیر شود (Muthoni *et al.*, 2013). سیب‌زمینی به طور عمده به روش رویشی و از طریق غده‌ها تکثیر می‌شود. استفاده از غده بذری مزایای زیادی دارد، از جمله سهولت کاشت، رشد قوی، غده‌های یکنواخت و عملکرد بالا را می‌توان نام برد. سیب‌زمینی از نرخ تکثیر پایینی برخوردار است. از این رو تولید بذر سالم و کافی این محصول گران و وقت‌گیر است. تخمین زده می‌شود که هزینه غده‌های بذری ممکن است ۷۰-۲۰ درصد از کل هزینه‌های تولید سیب‌زمینی را شامل شود (Muthoni *et al.*, 2013). علاوه براین به‌دلیل سنگین و حجیم بودن غده‌های بذری حمل و نقل آن‌ها در مسافت‌های طولانی هزینه‌بر می‌باشد (Muthoni *et al.*, 2013). غده‌های بذری اغلب از کشورهای توسعه یافته وارد می‌شود که می‌تواند حامل اصلی حشرات، آفات و بیماری‌ها باشد. از آنجا که سیب‌زمینی برداشت و ذخیره شده و دوباره سال به سال کاشته می‌شود می‌تواند چندین پاتوژن را از طریق تکثیر رویشی به محصول منتقل کند، درنتیجه در تولید تا حد زیادی تأثیرگذار است. برای رسیدن به عملکرد بالاتر کشاورزان قادر هستند مواد گیاهی عاری از بیماری را از تولیدکنندگان مجازی که دقیق‌ترین روش‌ها را برای به‌دست‌آوردن مواد اولیه سالم به‌کار می‌برند خریداری نمایند. این بذرها همان بذرهای گواهی شده سیب‌زمینی هستند. متأسفانه، در کشورهای زیادی تهیه بذر گواهی شده سیب‌زمینی فقط از طریق واردات مقدور است (Mihaela *et al.*, 2012). همچنین بیشتر غده‌های بذری به امکانات پرهزینه ذخیره‌سازی در دمای پایین برای نگهداری در شرایط فیزیولوژیک مطلوب تا فصل کاشت بعدی نیاز دارند. تولید سیب‌زمینی توسط بذر حقیقی سیب‌زمینی یک تکنولوژی نسبتاً جدید برای غلبه بر نقاط ضعف ذکر شده در تکثیر رویشی ارائه می‌دهد. در کشورهایی که شرایط آب و هوایی آن‌ها برای تولید سیب‌زمینی مساعد است، از بذر حقیقی سیب‌زمینی برای اصلاح خصوصیات ارقام، به‌نژادی و انتقال ژن‌های مقاومت از طریق روش‌های اصلاحی و همچنین در طرح‌های ژنتیکی نظیر لاین × تستر، دی‌الل و دیگر کارهای اصلاحی که به طریقی با تولید مثل جنسی سر و کار دارند استفاده می‌گردد به‌طوری‌که در سیب‌زمینی اکثر برنامه‌های به‌نژادی مستلزم تولید و کاشت بذر حقیقی می‌باشد (Muthoni *et al.*, 2013).

در دهه‌های اخیر تولید محصولات کشاورزی متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی بوده که منجر به مشکلات عمده زیست‌محیطی شده است که به‌صورت زنجیره‌ای به منابع غذایی انسان‌ها راه‌یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است. یکی از راهکارهای رفع این مشکلات، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم نظام‌های زراعی است. اگرچه کاربرد کودهای شیمیایی در ابتدا تأثیر به سزایی در افزایش عملکرد داشت، لیکن استفاده بیش از حد از این نهاده‌ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط‌زیست را در پی داشته است (Armak *et al.*, 2018). بنابراین جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی، بشر را در رسیدن به تولید پایدار محصولات کشاورزی یاری می‌نماید (Zhang *et al.*, 2013). کودهای زیستی محصولاتی شامل سلول‌های زنده از انواع میکروارگانیسم‌ها هستند که دارای قابلیت و توانایی تبدیل عناصر مهم مواد غذایی از فرم غیرقابل‌دسترس به فرم قابل‌دسترس از طریق فرایندهای زیستی هستند (Bahadur *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2005). کودهای زیستی تجاری، فرمولاسیونی از ریز جانداران زنده (باکتری ها و قارچ‌های سودمند) یا متابولیت‌های تولیدی آن‌ها هستند که از طریق روش‌هایی همانند تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات، رهاسازی یون پتاسیم، تأمین آهن و دیگر عناصر به بهبود تغذیه گیاه کمک نموده و علاوه‌برآن با کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و سایر اثرات مفید باعث تحریک بیشتر رشد گیاه شده و افزایش کمیت و کیفیت محصول را به‌دنبال دارند (Sobhani and Hamidi, 2013). در تحقیقات متعددی اثرات مثبت استفاده از کودهای زیستی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکردی گیاهان مختلف به اثبات رسیده است که از آن

جمله می‌توان به تأثیر مثبت بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه (Younesi *et al.*, 2019)، افزایش رشد رویشی (Al-Bdairi and Kamal, 2021)، عملکرد بالاتر در تولید دانه (Suma *et al.*, 2014)، بهبود اندازه، تعداد و کیفیت میوه (Ye *et al.*, 2020) و فرایند فتوسنتز (Anli *et al.*, 2020) اشاره نمود. در تحقیقی تلقیح بذر با کودهای زیستی ازتوباکتر، سوپرنیتروپلاس و سوپرنیترو، به‌ترتیب باعث افزایش ۱۸، ۱۴ و ۱۲ درصدی عملکرد زیستی شد (Mirshekari, 2012). در یک مطالعه دیگر نشان داده شد که استفاده از کودهای زیستی افزایش عملکرد و اجزای عملکرد را در ارقام ذرت در پی داشت و این افزایش، به‌طور معنی‌داری از کودهای شیمیایی بیشتر بود (Gorbani, 2010). باتوجه‌به اهمیت محصول سیب‌زمینی و ملاحظات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کود شیمیایی و کمبود مطالعات در مورد کودهای زیستی روی گیاه سیب‌زمینی در ایران، هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات مثبت کودهای زیستی پتاسیم (پتا بارور) و فسفر (بارور ۲) بر روی عملکرد و کیفیت بذر حقیقی سیب‌زمینی شامل آزادگرده‌افشان‌های فانتا و هیبریدهای ساوالان × آگریا بر رشد، عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی و همچنین صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و تولید محصول سالم‌تر سیب‌زمینی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز واقع در ۱۰ کیلومتری شرق تبریز در سال زراعی ۱۳۹۵ انجام گرفت. بررسی‌های آزمایشگاهی نیز در آزمایشگاه‌های ژنتیک و اصلاح سبزی گروه علوم باغبانی و آزمایشگاه تغذیه گیاهی گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز انجام گرفت. مشخصات خاک زمین مورد کشت بر اساس گزارش نتایج آزمایش توسط گروه متخصصین خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱: خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش

Table 1: Physical and chemical properties of the soil of the tested place

بافت	pH	EC (dS/m)	N	P (mg/kg)	K (mg/kg)	عمق خاک (cm)
لومی شنی	۷/۸۴	۰/۶	۰/۸	۱۲	۴۸۰	۳۰

جدول ۲: تیمارهای آزمایشی

Table 2: Experimental treatments

Code	تیمارها (Treatments)
Control F	خانواده آزادگرده‌افشان فانتا بدون کود Fanta free pollinator family without fertilizer
F + K	کود زیستی پتا بارور خانواده آزادگرده‌افشان فانتا + Fanta free pollinator family + Potabarvar Biofertilizer
F + P	کود زیستی بارور ۲ خانواده آزادگرده‌افشان فانتا + Fanta free pollinator family + Barvar 2 Biofertilizer
F + KP	خانواده آزادگرده‌افشان فانتا + مخلوط کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور Fanta free pollinator family + Potabarvar and Barvar 2 Biofertilizers
Control A	هیبرید ساوالان × آگریا بدون کود Savalan hybrid × Agria without fertilizers
A + K	هیبرید ساوالان × آگریا + کود زیستی پتا بارور Savalan hybrid × Agria + Potabarvar Biofertilizer
A + P	هیبرید ساوالان × آگریا + کود زیستی بارور ۲ Savalan hybrid × Agria + Barvar 2 Biofertilizer
A + KP	هیبرید ساوالان × آگریا + مخلوط کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور Hybrid Savalan × Agria + Potabarvar and Barvar 2 Biofertilizers

طرح آزمایشی

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار شامل کودهای زیستی پتاسیم (پتا بارور) و فسفر (بارور ۲) و بذر حقیقی سیب‌زمینی شامل آزادگرده‌افشان‌های فانتا و هیبریدهای ساوالان × آگریا انجام گرفت (جدول ۲).

روش کاشت

بذرها برای تولید نشاء درون گلخانه در سینی‌های نشاء کشت شد و قبل از انتقال نشاء به زمین اصلی عملیات تهیه زمین صورت گرفت. نشاءهای حاصل از کشت بذور حقیقی به واحدهای آزمایش مربوطه منتقل شد. فاصله بین بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر واحد آزمایش نیز از سه ردیف تشکیل شده بود. در هنگام انتقال نشاء به زمین اصلی تیمار کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور تولیدی شرکت زیست فناور سبز، به نشاءها داده شد و به فاصله یک ماه، بار دیگر تیمار کودهای زیستی اعمال شد. کود پتابارور شامل باکتری‌های آزادکننده پتاسیم (از جنس *سودوموناس‌ها*) است و کود بارور ۲ شامل باکتری‌های حل‌کننده فسفر (از گونه *سودوموناس پوتیدا Pseudomonas putida* و *پانتوا آگلومورانس Pantoea agglomerans*) است. که به ترتیب در تأمین عنصر پتاسیم و فسفر برای گیاهان نقش ایفا می‌کنند. بعد از کشت، مراقبت‌های زراعی نظیر خاکدهی پای بوته، وجین علف‌های هرز و آبیاری صورت گرفت.

صفات اندازه‌گیری شده

شاخص کلروفیل: از برگ‌های تازه توسعه‌یافته سه بوته مورد تیمار با استفاده از کلروفیل متر SPAD (SPAD–502, Konica, Minolta Osaka, Japan)، شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌ها به‌عنوان شاخصی از میزان کلروفیل گیاهان هر تیمار یادداشت شد.

تعداد ساقه: تعداد ساقه اصلی سه بوته سیب‌زمینی در زمان گلدهی شمرده شد و میانگین آن‌ها در محاسبات آماری استفاده شد.

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته سه بوته انتخابی در زمان گل‌دهی با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها در محاسبات آماری استفاده شد.

عملیات برداشت و اندازه‌گیری عملکرد کل غده:

برداشت گیاهان در نیمه دوم مهر انجام شد. در زمان برداشت غده‌های ۳ بوته از ردیف میانی هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی برداشت و میانگین آن به‌عنوان میانگین عملکرد تک بوته تیمار درنظر گرفته شد.

اندازه‌گیری عناصر

عناصر در سلول‌های گیاهی اغلب به‌صورت آلی می‌باشند، ابتدا باید این عناصر به شکل معدنی درآیند تا قابل‌اندازه‌گیری باشند؛ بنابراین نمونه‌های گیاهی بایستی سوزانده شوند تا مواد آلی آن‌ها از بین برود. این کار به دو روش سوزاندن نمونه گیاهی در کوره و یا هضم آن‌ها با اسید صورت می‌گیرد. قبل از هضم، نمونه‌ها بایستی برای تجزیه آماده‌سازی شوند که به‌طور خلاصه نمونه‌ها در آون خشک شده و توسط آسیاب پودر می‌گردد. سپس الک شده و پودر همگن به‌دست‌آمده برای هضم با اسید آماده است.

غلظت نیتروژن: برای اندازه‌گیری نیتروژن در نمونه گیاهی از روش کجلدال استفاده شد که شامل سه مرحله هضم نمونه، تقطیر و تیتراسیون می‌باشد. درنهایت مقدار نیتروژن با استفاده از فرمول زیر برحسب میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد (Keeney and Nelson, 1982).

$$\%\mathrm{T.N} = \frac{T-B}{S} \times N \times \frac{14}{1000} \times 100$$ معادله (۱)

T.N: نیتروژن کل برحسب درصد، T: مقدار اسید مصرفی برای نمونه، B: مقدار اسید مصرفی برای شاهد، S: مقدار ماده خشک استفاده شده، N: نرمالیته اسید مصرفی، ۰/۰۱۴ میلی‌اکی والان اسید مصرفی.

غلظت فسفر: برای اندازه‌گیری فسفر و پتاسیم دو میلی-لیتر عصارهٔ حاصل از هضم نمونه، دو میلی‌لیتر معرف نیترو وانادومولیبدات و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و پس از یک ساعت کمپلکس زرد رنگ تشکیل می‌شود. سپس مقدار جذب محلول در طول‌موج ۴۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Black, 1982).

غلظت پتاسیم: میزان پتاسیم موجود در نمونه‌های گیاهی توسط دستگاه فلایم‌فتومتر قرائت شد و درنهایت عدد به‌دست‌آمده به‌صورت غلظت ماده خشک گیاهی محاسبه می‌گردد. به‌منظور تهیه استاندارد پتاسیم از نمک کلرید پتاسیم استفاده شد. ۰/۹۵ گرم کلرید پتاسیم را در مقدار کمی آب مقطر حل کرده و در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر به

حجم رسید. در این حالت غلظت این محلول ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام می‌باشد. ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول را برداشته و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. به‌این‌ترتیب غلظت محلول به‌دست‌آمده ۵۰ پی‌پی‌ام می‌باشد. به دلیل بالابودن مقدار پتاسیم در نمونه گیاهی، عصاره‌های به‌دست‌آمده از هضم را به نسبت یک به ۲۰ رقیق و سپس نمونه‌ها توسط دستگاه فلایم فتومتر قرائت شد (Chaturvedia and Sankar, 2006).

تجزیه‌وتحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر سیب‌زمینی حاصل از TPS در صفات ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، درصد ماده خشک برگ و غده، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر کودهای زیستی بر صفت شاخص کلروفیل در سطح احتمال پنج درصد و بر صفات تعداد ساقه غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر سیب‌زمینی حاصل از TPS

Table 3: Variance analysis of the effect of biofertilizers on potatoes obtained from TPS

		میانگین مربعات Mean square					
منابع تغییرات **S.O.V**	درجه آزادی **df**	عملکرد (Yeild)	درصد ماده خشک غده (Dry matter percentage of tuber)	درصد ماده خشک برگ (Leaf dry matter percentage)	شاخص کلروفیل (Chlorophyll index)	تعداد ساقه (Number of stems)	ارتفاع بوته (Plant height)
تیمار (Treatment)	7	22053.09**	30.03**	176.32**	8.52*	0.7ns	33.65**
تکرار (Repeat)	2	2744.15ns	1.23ns	34.32ns	0.36ns	1.16ns	1.49ns
اشتباه آزمایشی (Error)	14	3882.22	1.77	74.45	2.62	0.97	4.9
ضریب تغییرات (CV) %	-	4.71	2.45	9.35	2.11	3.1	4.1

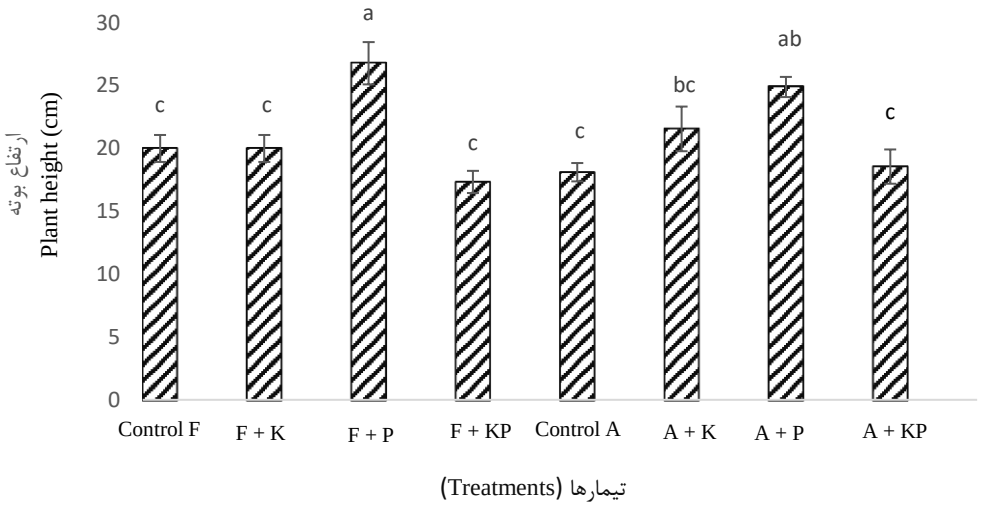
**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد که کاربرد کودهای زیستی بر روی سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کود زیستی بارور ۲ بر روی هیبرید ساوالان × آگریا نداشت. همچنین کمترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد مخلوط کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا مشاهده شد (شکل ۱). کود زیستی فسفات بارور ۲ موجب حلالیت فسفر معدنی و آلی موجود در خاک شده و وجود فسفر منجر به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود، در نتیجه افزایش رشد و تقسیم سلولی در اندام هوایی را در پی خواهد داشت (Bolandnazar *et al.*, 2013). بررسی پژوهشگران نشان داده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات علاوه بر تأمین فسفر از طریق تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد گیاه به‌ویژه انواع اکسین، سیتوکینین و جیبرلین رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و باعث افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد در گیاهان مختلف می‌شود (Zahir *et al.*, 2003). اونیسانیا و همکاران (Onasanya *et al.*, 2009) گزارش کردند که کاربرد کودهای نیتروژن و فسفر در افزایش ارتفاع و قطر ساقه ذرت ۸ هفته بعد از کاشت تأثیر معنی‌داری داشت. نتایج دسوکی و همکاران (El-Desuki *et al.*, 2006) نشان داد تمام شاخص‌های رویشی پیاز (شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، نسبت سوخ‌دهی و وزن خشک گیاه) پاسخ قابل توجهی به افزایش سطح کاربرد کودهای زیستی نشان می‌دهند که این نتیجه ممکن است ناشی از نقش نیتروژن در کلروفیل، آنزیم‌ها و سنتز پروتئین و نقش فسفر در توسعه ریشه، تشکیل فسفوپروتئین و فسفولیپید و همچنین نقش پتاسیم در ارتقاء فعالیت آنزیم‌ها و افزایش انتقال مواد باشد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از مخلوط کودهای زیستی *Nitrobeine* و *Phosphorene* بالاترین شاخص رشد رویشی را به‌همراه دارد. این محققان اظهار کردند که این نتیجه ممکن است ناشی از نقش کود

زیستی *Nitrobeine* در تثبیت نیتروژن و افزایش دسترسی نیتروژن برای جذب توسط گیاه و نقش کود زیستی *Phosphorene* در هیدرولیز فسفات نامحلول به حالت محلول در خاک باشد.



شکل ۱: تأثیر کودهای زیستی بر ارتفاع بوته سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

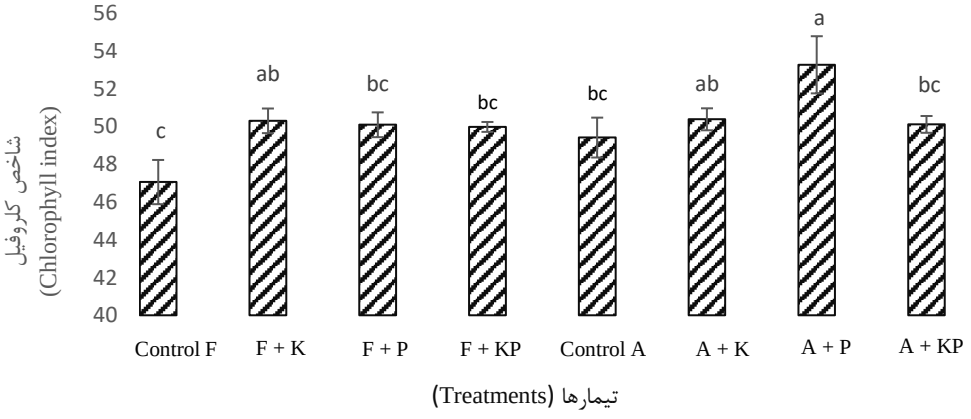
Figure 1: The effect of biological fertilizers on the height of potato plants

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

شاخص کلروفیل

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی داشت (جدول ۱).



شکل ۲: تأثیر کودهای زیستی بر شاخص کلروفیل سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 2: The effect of biofertilizers on potato chlorophyll index

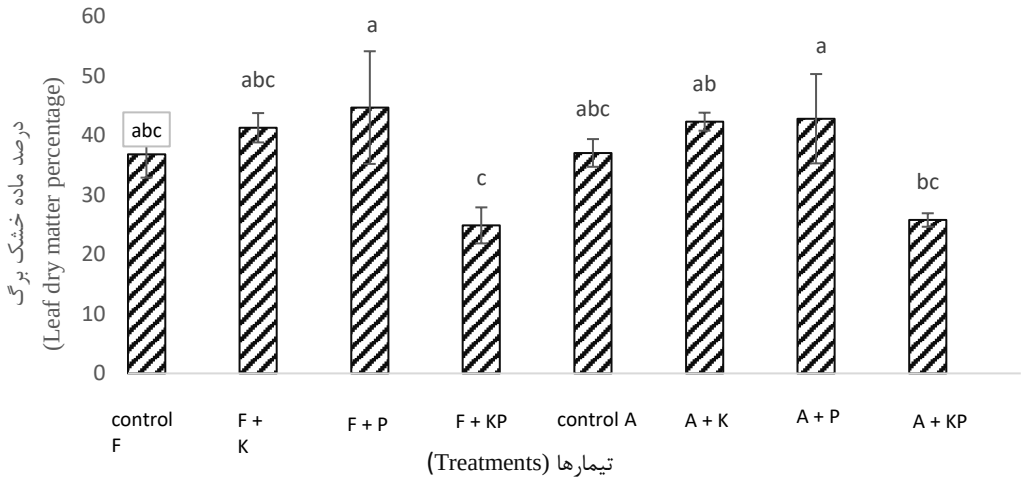
The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

بیشترین شاخص کلروفیل در تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ بر روی هیبرید ساوالان × آگریا (۵۳/۲۶) و کمترین میزان شاخص کلروفیل در تیمار خانواده آزادگرده‌افشان فانتا بدون کود (۴۷/۰۵) مشاهده شد (شکل ۲). اثر کودهای زیستی بر افزایش محتوای کلروفیل برگ، اساساً از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت می‌پذیرد که از یک‌سو باعث فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست خواهد شد (Alami-Milani *et al.*, 2014). افزایش میزان کلروفیل ناشی از مصرف کودهای زیستی در گیاهان لوبیاچیتی (Alami-Milani *et al.*, 2014) و ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ (Ansari *et al.*, 2015) نیز گزارش شده است.

درصد ماده خشک برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای زیستی بر روی سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک برگ داشت (جدول ۳). بیشترین درصد ماده خشک در تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا (۴۴/۶۴ درصد) و کمترین درصد ماده خشک در تیمار کاربرد مخلوط کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا (۲۴/۸۶ درصد) مشاهده شد (شکل ۳). پتاسیم با تأثیر بر افزایش کارایی مصرف آب، افزایش رشد ریشه و افزایش تقسیم سلولی منجر به افزایش وزن خشک برگ و سایر اندام‌های هوایی می‌شود. با افزایش میزان پتاسیم، میزان تثبیت دی اکسید کربن به‌دلیل کارکرد مطلوب روزنه‌ها افزایش می‌یابد و درنتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و بدین‌ترتیب تولید کربوهیدرات در برگ افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش در وزن خشک برگ می‌شود (Sobhani and Hamidi, 2013). همچنین کمبود پتاسیم موجب ریزش برگ‌ها و کاهش وزن اندام هوایی می‌شود (Ghasemi *et al.*, 2012). ابوالسعود و عبدالمجید (Abou-el-Seoud and Abdel-Megeed, 2012) در مطالعه تأثیر مواد معدنی و کود زیستی فسفر و پتاسیم بر روی ذرت تحت شرایط آهکی گزارش کردند که وزن خشک شاخساره در همه تیمارها در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد. سبحانی و حمیدی (Sobhani and Hamidi, 2013) گزارش کردند که مصرف بیشتر پتاسیم باعث افزایش ماده خشک ریشه، ساقه و برگ می‌شود و وزن خشک ساقه بیشتر تحت تأثیر کود زیستی قرار می‌گیرد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۳: تأثیر کودهای زیستی بر درصد ماده خشک برگ سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

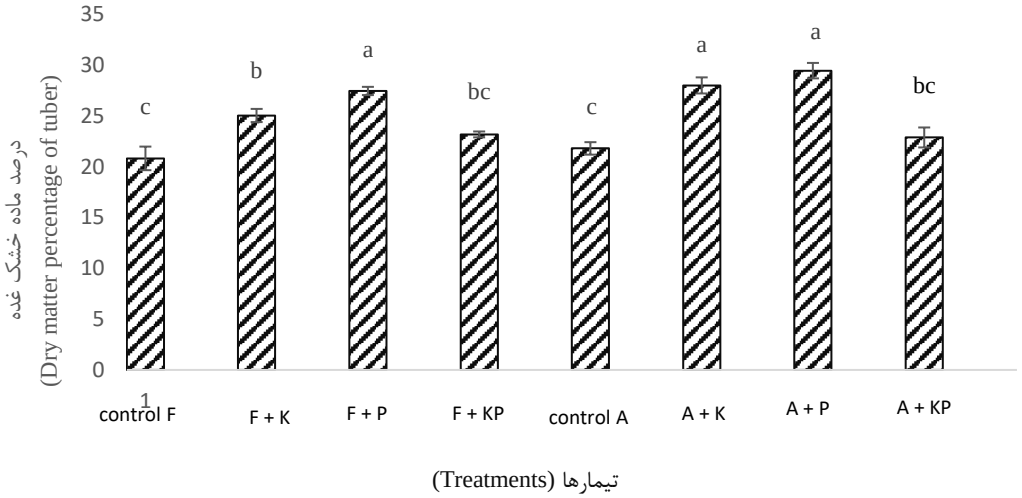
Figure 3: The effect of biofertilizers on the dry matter percentage of potato leaves

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

درصد ماده خشک غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک غده داشت (جدول ۳). بیشترین درصد ماده خشک در تیمار کود زیستی بارور ۲ بر روی هیبرید آگریا × سبلان (۲۹/۴۳ درصد) مشاهده شد که این تیمار با تیمارهای کاربرد کود زیستی پتا بارور بر روی هیبرید آگریا × سبلان و کود زیستی بارور ۲ بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین درصد ماده خشک در تیمار خانواده آزادگرده‌افشان فانتا بدون کود (۲۰/۸۰ درصد) مشاهده شد که کاربرد کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور سبب افزایش درصد ماده خشک غده نسبت به گیاهانی که در آن کود استفاده نشده، می‌شوند (شکل ۴). ماده خشک از عوامل مهم کیفیت غده است، بنابراین از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است (Jenkins *et al.*, 2003). باتوجه‌به اینکه فسفر عنصری ضروری برای متابولیسم گیاهی به‌خصوص متابولیسم کربوهیدرات است، تأمین فسفر موردنیاز گیاه باعث افزایش ذخیره کربوهیدرات‌های غده می‌شود. چون در غده سیب‌زمینی کربوهیدرات عمدتاً به‌صورت نشاسته است که این امر باعث افزایش ماده خشک غده سیب‌زمینی می‌شود (Ghobady *et al.*, 2012). کمبود فسفر در سیب‌زمینی سبب کاهش عملکرد و کیفیت غده ازجمله کاهش میزان ماده خشک غده می‌گردد. بهبود و همکاران (Behbood *et al.*, 2012) در مطالعه تأثیر فسفر و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) *سودوموناس فلورسنس* بر عملکرد و کیفیت گیاه سیب‌زمینی رقم آگریا نشان دادند که اثر ساده فسفر و باکتری‌های محرک رشد بر درصد ماده خشک غده معنی‌دار است. افزایش تولید ماده خشک می‌تواند به دلیل افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش محتوای کلروفیل و حفظ کاربردی‌تر برگ باشد (Premaratne and Oertli, 1994). توفیق (Tawfik, 2001) گزارش داد که سیب‌زمینی بارور شده با میزان بالای پتاسیم به‌طور قابل توجهی درصد ماده خشک بالاتری دارد.



شکل ۴: تأثیر کودهای زیستی بر درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 4: The effect of biofertilizers on the dry matter percentage of potato tuber

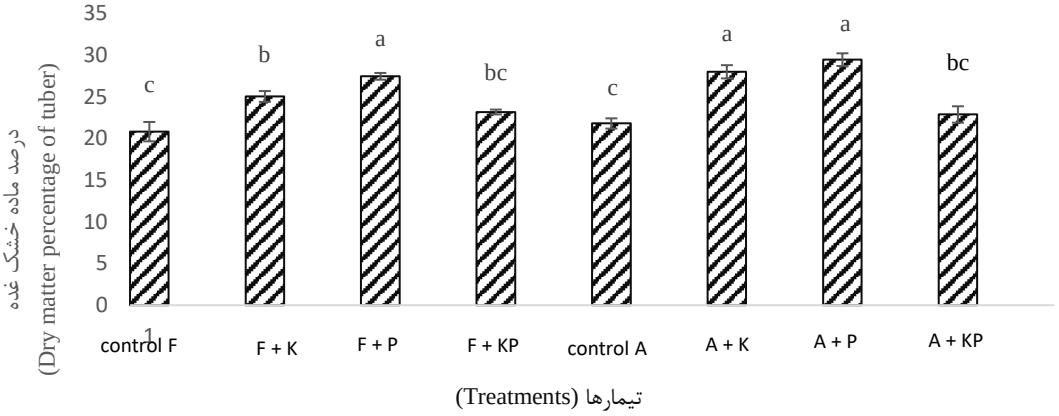
The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

درصد ماده خشک غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک غده داشت (جدول ۳). بیشترین درصد ماده خشک در تیمار کود زیستی بارور ۲ بر روی هیبرید آگریا × سبلان (۲۹/۴۳ درصد) مشاهده شد که این تیمار با تیمارهای کاربرد کود زیستی پتا بارور بر روی هیبرید آگریا × سبلان و کود زیستی بارور ۲ بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین درصد ماده خشک در تیمار خانواده آزادگرده‌افشان فانتا بدون کود (۲۰/۸۰ درصد)

مشاهده شد که کاربرد کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور سبب افزایش درصد ماده خشک غده نسبت به گیاهانی که در آن کود استفاده نشده، می‌شوند (شکل ۴). ماده خشک از عوامل مهم کیفیت غده است، بنابراین از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است (Jenkins *et al.*, 2003). باتوجه‌به اینکه فسفر عنصری ضروری برای متابولیسم گیاهی به‌خصوص متابولیسم کربوهیدرات است، تأمین فسفر موردنیاز گیاه باعث افزایش ذخیره کربوهیدرات‌های غده می‌شود. چون در غده سیب‌زمینی کربوهیدرات عمدتاً به‌صورت نشاسته است که این امر باعث افزایش ماده خشک غده سیب‌زمینی می‌شود (Ghobady *et al.*, 2012). کمبود فسفر در سیب‌زمینی سبب کاهش عملکرد و کیفیت غده ازجمله کاهش میزان ماده خشک غده می‌گردد. بهبود و همکاران (Behbood *et al.*, 2012) در مطالعه تأثیر فسفر و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) *سودوموناس فلورسنس* بر عملکرد و کیفیت گیاه سیب‌زمینی رقم آگریا نشان دادند که اثر ساده فسفر و باکتری‌های محرک رشد بر درصد ماده خشک غده معنی‌دار است. افزایش تولید ماده خشک می‌تواند به دلیل افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش محتوای کلروفیل و حفظ کاربردی‌تر برگ باشد (Premaratne and Oertli, 1994). توفیق (Tawfik, 2001) گزارش داد که سیب‌زمینی بارور شده با میزان بالای پتاسیم به‌طور قابل توجهی درصد ماده خشک بالاتری دارد.



شکل ۵: تأثیر کودهای زیستی بر درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE±) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

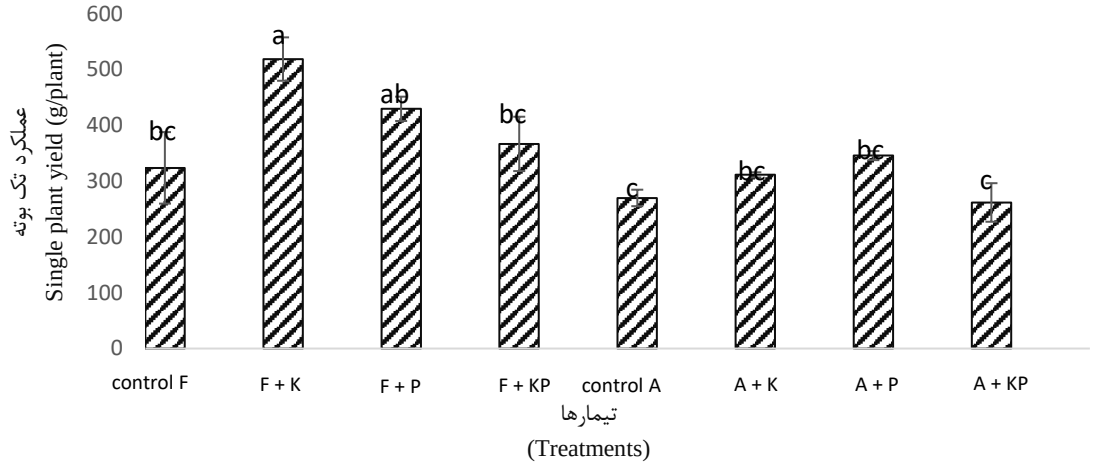
Figure 5: The effect of biofertilizers on the dry matter percentage of potato tuber

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

عملکرد تک بوته

کاربرد کودهای زیستی بر سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد غده داشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد تک بوته در تیمار کاربرد کود زیستی پتابارور در خانواده آزادگرده‌افشان فانتا (۵۱۸/۹۷ گرم در هر بوته) به دست آمد، که با تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ در خانواده آزادگرده‌افشان فانتا تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین کمترین عملکرد تک بوته در تیمار کاربرد مخلوط کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور بر روی هیبرید آگریا × سبلان (۲۶۱/۸۶) مشاهده شد (شکل ۵). در اغلب شاخص‌های اندازه‌گیری شده در آزمایش استفاده هم‌زمان این دو کود زیستی اثر کاهنده بر صفات موردمطالعه داشته است. کودهای زیستی علاوه بر تأمین فسفر با بهبود شرایط تغذیه گیاه برای سایر عناصر غذایی نظیر آهن باعث ایجاد تعادل در بین اجزای عملکرد یعنی تعداد غده و وزن تک غده باعث افزایش عملکرد، یکنواختی غده و بازارپسندی محصول سیب‌زمینی می‌شود (Ghobady *et al.*, 2012). روسن و همکاران (Rosen *et al.*, 2008) در بررسی تأثیر فسفر بر غده‌بندی و عملکرد سیب‌زمینی نشان دادند کاربرد فسفر منجر به افزایش عملکرد نسبت به گیاهان شاهد می‌شود. همچنین نتایج توفیق (Tawfik, 2001) نشان داد در تیمار کاربرد مداوم و بالای پتاسیم عملکرد غده ۲۰-۱۰ درصد بیشتر از تیمارهایی بود که پتاسیم کمی دریافت کرده بودند.



شکل ۶: تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد تک بوته سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6: The effect of biofertilizers on the yield of a single potato plant

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر میزان جذب عناصر NPK سیب‌زمینی حاصل از TPS

نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر میزان جذب عناصر NPK سیب‌زمینی حاصل از TPS نشان داد که اثر تیمار بر غلظت نیتروژن و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت فسفر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

جدول ۴: جدول تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر میزان جذب عناصر NPK سیب‌زمینی حاصل از TPS

Table 4: Variance analysis table of the effect of biofertilizers on the absorption of potato NPK elements from TPS

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Mean squares)		
		غلظت فسفر (Phosphorus)	غلظت پتاسیم (Potassium)	غلظت نیتروژن (Nitrogen)
تیمار (Treatment)	7	0.010*	173.214**	0.309**
تکرار (Repeat)	2	0.002^{ns}	3.125^{ns}	0.73^{ns}
اشتباه آزمایشی (Error)	14	0.005	17.411	0.037
ضریب تغییرات (CV) %	_	1.3	1.5	1.1

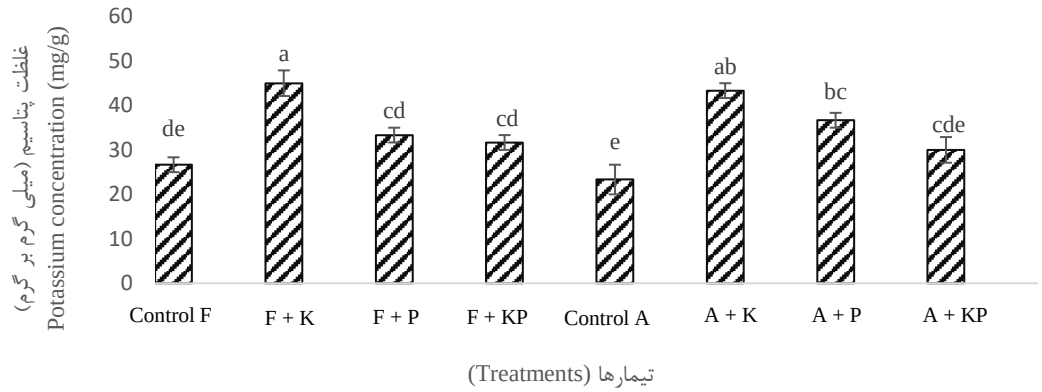
*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

غلظت پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود زیستی بر غلظت پتاسیم اندام هوایی سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری شد (جدول ۴). بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار کود زیستی پتا بارور بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا (۴۵ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری با تیمار کود زیستی پتا بارور بر روی هیبرید ساوالان × آگریا نداشت. همچنین کمترین میزان غلظت پتاسیم در تیمار هیبرید ساوالان × آگریا بدون کود (۲۳/۳۳ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد. باتوجه‌به شکل مقایسه میانگین‌ها می‌توان نتیجه گرفت که کودهای زیستی منجر به افزایش جذب عناصر غذایی شده و سبب بهبود رشد و عملکرد می‌شوند (Ghasemi *et al.*, 2012) (شکل ۶). باکتری‌های مورد استفاده در کود زیستی پتا بارور ازجمله باکتری‌های آزادکننده پتاسیم می‌باشد که توانسته‌اند در مورد رقم

سیب‌زمینی منجر به افزایش جذب پتاسیم در بافت گیاهی شوند و در مقایسه با کود زیستی بارور ۲ که شامل باکتری-های حل‌کننده فسفات هستند، اثر افزایشی بر روی این ویژگی داشته باشند. نتایج قاسمی و همکاران (Sobhani and Hamidi, 2013) نشان داد که اثر پتاسیم، نیتروژن و اسید هومیک و اثرات متقابل آن‌ها بر درصد پتاسیم اندام هوایی بوته معنی‌دار است. بعضی مطالعات نشان داده که کاربرد باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و مواد معدنی پتاسیم، مقدار پتاسیم در دسترس خاک را افزایش داده و جذب پتاسیم گیاه را ارتقا می‌دهد (Zhang and Kong, 2014). ابوالسعود و عبدالمجید (Abou-el-Seoud and Abdel-Megeed, 2012) گزارش کردند که باکتری‌های انحلال فسفر و پتاسیم، فسفر و پتاسیم در دسترس خاک را افزایش داده و رشد ساقه و ریشه گیاهان ذرت را در مقایسه با گیاهان رشد کرده در خاک‌های با فسفر و پتاسیم محدود افزایش می‌دهد.



شکل ۷: تأثیر کودهای زیستی بر غلظت پتاسیم اندام هوایی در سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7: Effect of biofertilizers on shoot potassium concentration in potato

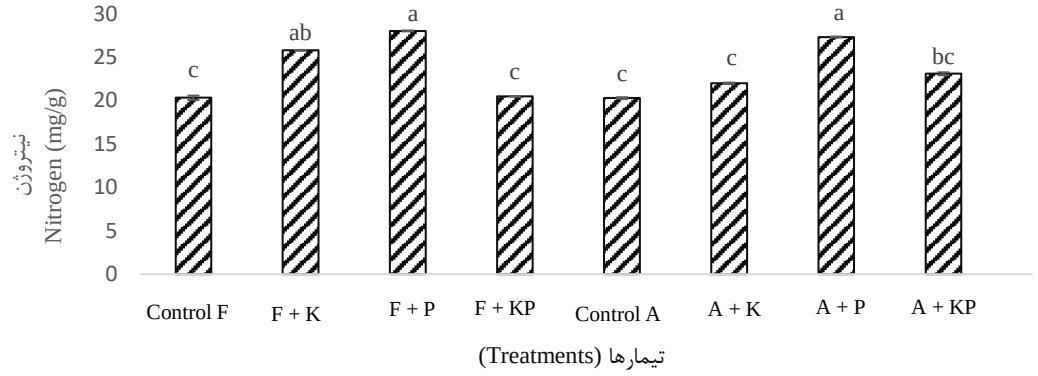
The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability

غلظت نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود زیستی بر غلظت نیتروژن اندام هوایی سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین میزان نیتروژن در تیمار کود زیستی بارور ۲ بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا (۲/۸ درصد) مشاهده شد که با تیمارهای کود زیستی بارور ۲ بر روی هیبرید ساوالان × آگریا و کود زیستی پتا بارور بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین میزان نیتروژن در تیمار هیبرید ساوالان × آگریا بدون کود مشاهده شد (شکل ۷). اگرچه باکتری‌های مورداستفاده در این دو کود زیستی هیچ‌کدام متعلق به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند ازتوباکتر و آزوسپریلیوم نیستند، اما اثر افزایشی آن‌ها در جذب نیتروژن می‌تواند به عملکرد بهتر این کودها در تأمین عناصر غذایی و روابط متقابل مثبت بین این عناصر و نیتروژن توجیه شود (Bolandnazar *et al.*, 2013). کود زیستی فسفات بارور ۲ موجب افزایش حلالیت فسفر معدنی و آلی موجود در خاک می‌شود و وجود فسفر می‌تواند به دلیل افزایش حجم ریشه موجب افزایش جذب نیتروژن و عناصر دیگر توسط گیاه شود (Bolandnazar *et al.*, 2013). بهبود و همکاران (Behbood *et al.*, 2012) گزارش کردند که گیاهانی که با باکتری‌های محرک رشد تلقیح شده‌اند غلظت نیتروژن بالایی نسبت به گیاهانی که با این باکتری تلقیح نشده بودند (شاهد)، داشتند. همچنین انصاری و همکاران (Ansari *et al.*, 2015) گزارش کردند تیمار کودی فسفاته بارور ۲ موجب افزایش غلظت نیتروژن اندام هوایی ذرت می‌شود، اما این تیمار با تیمار شاهد در یک گروه قرار داشتند. پتاسیم هم در جذب بیشتر نیتروژن گیاه مؤثر می‌باشد (Sobhani and Hamidi, 2013). به‌نظر می‌رسد پتاسیم با تحریک تولید کربوهیدرات‌ها، به متابولیسم ازت جذب شده توسط گیاه و تبدیل آن به اسیدهای آمینه و

پروتئین کمک می‌کند. نتایج قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2012) نشان داد که کاربرد ۷۵ کیلوگرم پتاسیم در هکتار سبب افزایش درصد نیتروژن اندام هوایی نسبت به شاهد می‌شود.



شکل ۸: تأثیر کودهای زیستی بر درصد نیتروژن اندام هوایی در سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

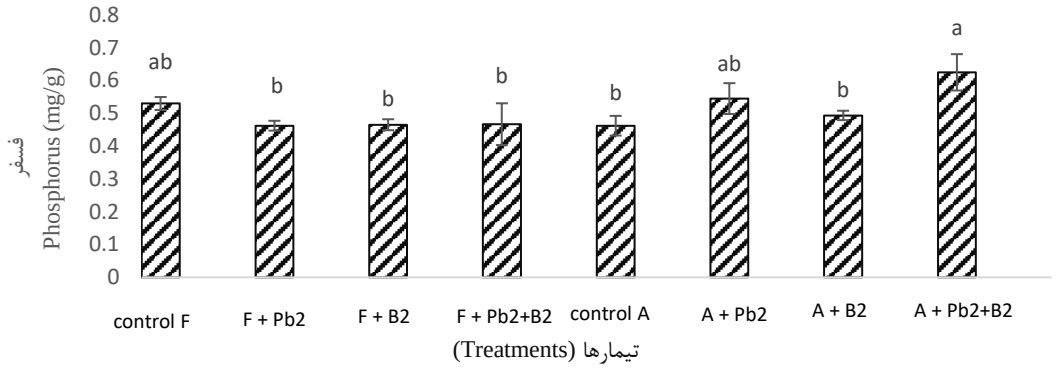
Figure 8: The effect of biofertilizers on the nitrogen percentage of aerial parts in potato

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

غلظت فسفر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کودهای زیستی بر غلظت فسفر سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین غلظت فسفر بوته مربوط به تیمار کاربرد مخلوط کود زیستی بارور ۲ و پتا بارور بر روی هیبرید سبلان × آگریا (۰/۶۲ میلی‌گرم بر گرم) بود و کمترین غلظت فسفر در تیمار هیبرید سبلان × آگریا بدون کود (۰/۴۶ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد (شکل ۸). احتمالاً دلیل این‌که کاربرد کود زیستی فسفر بارور ۲ بر روی خانواده آزاد گرده‌افشان فانتا و هیبرید سبلان × آگریا غلظت فسفر بالایی نداشتند، وزن خشک بالای اندام هوایی این تیمارها است. پس از آنالیز مشاهده شد میزان جذب فسفر در تیمارهای کاربرد کود زیستی بارور ۲ بر روی ارقام فانتا و هیبرید سبلان × آگریا بیشتر از سایر تیمارها است و کمترین میزان جذب فسفر در تیمار کاربرد کود زیستی پتا بارور ۲ بر روی هیبرید



شکل ۹: تأثیر کودهای زیستی بر غلظت فسفر اندام هوایی در سیب‌زمینی

شاخص بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 9: The effect of biofertilizers on shoot phosphorus concentration in potato

The index above each column indicates the standard error.

Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability

سبلان × آگریا (۴/۵۵ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد. بسیاری از باکتری‌ها با تولید اسیدهای آلی موجب حل شدن اشکال مختلف فسفر معدنی و آلی شده و امکان دسترسی گیاه به این منابع غیرقابل استفاده فسفر را فراهم می‌کنند. باکتری‌های حل‌کننده فسفات نیز با ترشح آنزیم فسفاتاز و اسیدهای آلی موجب محلول‌سازی فسفات و افزایش فسفات قابل جذب گیاه می‌شوند. روسن و همکاران (Rosen and Bierman, 2008) در بررسی اثر فسفر بر غده‌بندی و عملکرد غده مشاهده کردند که میزان کاربرد فسفر اثرات قابل توجهی بر غلظت فسفر برگچه دارد. همچنین آن‌ها نشان دادند که جذب فسفر با کاربرد فسفر و افزایش مقدار فسفر افزایش می‌یابد. نتایج بهبود و همکاران (Behbood *et al.*, 2012) نشان دادند که اثر مستقیم باکتری‌های محرک رشد بر غلظت عناصر پرمصرف برگ و غده سیب‌زمینی معنی‌دار است و باعث افزایش غلظت عناصر پرمصرف غده و برگ و عناصر کم‌مصرف غده می‌شود.

نتیجه‌گیری

کودهای زیستی (بارور ۲ و پتا بارور) بر روی خصوصیات رشدی گیاه تأثیر معنی‌داری داشت. کود زیستی بارور ۲ منجر به افزایش ارتفاع بوته و سطح برگ شد. کاربرد کودهای زیستی بارور ۲ و پتا بارور به‌تنهایی منجر به افزایش میانگین عملکرد تک بوته شد. اثر کودهای زیستی بر روی سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی بر روی خصوصیات کیفی نظیر درصد ماده خشک برگ و غده و میزان کلروفیل اثر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ بر روی هیبرید ساوالان × آگریا بیشترین میزان کلروفیل به دست آمد و بیشترین درصد ماده خشک برگ نیز در تیمار کاربرد کود زیستی بارور ۲ بر روی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا مشاهده شد. بیشترین درصد ماده خشک در تیمار کود زیستی بارور ۲ بر روی هیبرید ساوالان × آگریا مشاهده شد. به‌طورکلی کاربرد کودهای زیستی بر روی سیب‌زمینی حاصل از بذر حقیقی خانواده آزادگرده‌افشان فانتا اثر معنی‌داری داشت که این می‌تواند یک مزیت باش، زیرا تولید بذور آزادگرده‌افشان به‌مراتب ارزان‌تر و راحت‌تر از تولید بذور هیبرید است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان و آزمایشگاه‌های ژنتیک و اصلاح سبزی گروه علوم باغبانی و آزمایشگاه تغذیه گیاهی گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز که در اجرای این پژوهش ما را یاری کردند، ابراز نمایند.

منابع

Abou-el-Seoud, I.I. and Abdel-Megeed, A. 2012. Impact of rock materials and biofertilizations on P and K availability for maize (*Zea mays*) under calcareous soil conditions. Saudi Journal of Biological Sciences, 19 (1): 55-63. **(Journal)**

Alami-Milani, M., Amini, R, and Bandehagh, A. 2014. Effect of Bio-fertilizers and Combination with Chemical Fertilizers on Grain Yield and Yield Components of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24 (1-4): 15-29. **(In Persian)(Journal)**

Al-Bdairi, S.H.J. and Kamal, J.A. 2021. The effect of biofertilizer of *Azolla*, phosphate and nitrogen fertilizers on some growth traits of rice. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 735(1). **(Conference)**

Anli, M., Baslam, M., Tahiri, A., Raklami, A., Symanczik, S. and Boutasknit, A. 2020. Biofertilizers as strategies to improve photosynthetic apparatus, growth, and drought stress tolerance in the date palm. Frontiers in Plant Science, 11: 1–27. **(Journal)**

Ansari, S., Sarikhani, M.R. and Najafi, N. 2014. Inoculation effect of common biofertilizers on growth and uptake of some elements by bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in presence of soil indigenous microflora. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24 (4): 33-43. **(In Persian)(Journal)**

Armak, A., Farzi, H. and Alipanah, M. 2018. Impact of use of different sources of humic, bio and nano fertilizers and nitrogen levels on saffron (*Crocus sativus* L.) flower yield. Saffron Agronomy Technology, 5(4): 329-344. **(Journal)**

Bahadur, I., Meena, V.S. and Kumar, S. 2014. Importance and application of potassic biofertilizer in

Indian agriculture. Research Journal of Chemical Sciences, 3 (12): 80-85. **(Journal)**

Bbolandnazar, B., Khorsandi, S. and Adlipoor, M. 2013. The Effect of bio-fertilizer (Phosphate Barvar2) on onion (*Allium cepa* L.) yield and quality. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24 (2): 19-30. **(In Persian)(Journal)**

Behbood, M., Golchin, A. and Besharati, H. 2012. The effects of phosphorus and inoculation with plant growth promoting rhizobacter (PGPR), *Pseudomonas fluorescent*, on yield and quality of potato tuber (Agria Cultivar). Journal of Water and Soil, 26(20): 260-271. **(In Persian)(Journal)**

Black, C.A. 1982. Method of soil analysis. Vol. 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, USA. **(Handbook)**

Chaturvedi, R.K. and Sankar, K. 2006. Laboratory manual for the physico-chemical analysis of soil, water and plant. Wildlife Institute of India, Dehradun, India. **(Handbook)**

El-Desuki, M., Mahmoud, A.R. and Hafiz, M.M. 2006. Response of onion plants to minerals and bio-fertilizers application. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2(6): 292-298. **(Journal)**

Flores, F.B., Sanchez-Bel, P., Estan, M.T., Martinez-Rodriguez, M.M., Moyano, E., Morales, B., Compos, J.F., GarciaAbellan, J.O., EgeaI Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F. and Bolarin, MC.C. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. Scientia Horticulturae, 125(3): 211-217. **(Journal)**

Ghasemi, A., Tuklu, M.R. and Zabihi, H.R. 2013. Effect of nitrogen, potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(1): 39-56. **(In Persian)(Journal)**

Ghobady, M., Jahanbin, S., Owliaie, H.R., Motalebifard, R. and ParviziThe, K. 2012. Effect of phosphorus biofertilizers on yield and phosphorus uptake in potato. Journal of Water and Soil Science, 23(2): 125-138. **(In Persian)(Journal)**

Gorbani, A. 2010. Effect of phosphor resourses on Agronomy properties and yield of grain corn cultivars. M.Sc. Thesis in Agronomy. Khoy Branch, Islamic Azad University. 78 pp. **(In Persian) (Thesis)**

Jenkins, P.D. and Mahmood, S. 2003. Dry matter production and partitioning in potato plants subjected to combined deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium. Annals of Applied Biology, 143 (2): 215-229. **(Journal)**

Keeney, D.R. and Nelson, D.W. 1982. Nitrogen in organic forms. PP. 643-698. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Method of soil analysis. Part II. **(Handbook)**

Mihaela, C., Anca, B., Andreea, N. and Monica, P. 2012. Production of seedling tubers from true potato seed (TPS) in protected area. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology, 16(4): 136-141. **(Journal)**

Mirshekari, B. 2012. Effect of seed biofertilization on tuber yield and yield components of three potato cultivars. Agroecology Journal, 8(4): 77-91. **(In Persian)(Journal)**

Muthoni, J., Shimelis, H. and Melis, R. 2013. Alleviating potato seed tuber shortage in developing countries: Potential of true potato seeds. Australian Journal of Crop Science, 7(12): 1946-1956. **(Journal)**

Onasanya, R.O., Aiyelari, O.P., Onasanya, A., Oikeh, S., Nwilene, F.E. and Oyelakin, O.O. 2009. Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilizers in southern Nigeria. World Journal of Agricultural Sciences, 5(4): 400-407. **(Journal)**

Rosen, C.J. and Bierman, P.M. 2008. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. American Journal of Potato Research, 85(2): 110-120. **(Journal)**

Sobhani, A.1. and Hamidi, H. 2013. Effect of different potassium levels on yield and growth indices of potato in mashad climate condition. Journal of Crop Ecophysiology, 7 (3): 341-356. **(In Persian) (Journal)**

Suma, N., Srimathi, P. and Roopa, V.M. 2014. Influence of biofertilizer pelleting on seed and seedling quality characteristics of *Sesamum indicum* at the time of germination count, ten normal seedlings were taken at random. The length between the collar and tip of the prim, 3 (6): 591–594. **(Journal)**

Tawfik, A.A. 2001. Potassium and calcium nutrition improve potato production in drip-irrigated sandy soil. African Crop Science Journal, 9(1): 147-155. **(Journal)**

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125 (1):

155-166. **(Journal)**

Ye, L., Zhao, X., Bao, E., Li, J., Zou, Z. and Cao, K. 2020. Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. Scientific Reports, 10(1): 1–11. **(Journal)**

Younesi, H., Hassani, S.B., Ghotbi Ravandi, A.A. and Soltani, N. 2019. Plant growth promoting potential of *phormidium* sp. ISC108 on seed germination, growth indices and photosynthetic efficiency of maize (*Zea mays* L.). Journal of Phycological Research, 3(2): 375–85. **(In Persian) (Journal)**

Zagorchev, L., Atanasova, A., Albanova, I., Traianova, A., Mladenov, P. and Kouzmanova, M. 2021. Functional characterization of the photosynthetic machinery in smicronix galls on the parasitic plant cuscuta campestris by jip-test. Cells, 10(6). **(Journal)**

Zahir, Z.A., Arshad, M. and Frankenberger, W.T. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81: 97-168. **(Journal)**

Zhang, C. and Kong, F. 2014. Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from tobacco rhizospheric soil and their effect on tobacco plants. Applied Soil Ecology, 82: 18-25. **(Journal)**

Zhang, N., Wang, D., Liu, Y., Li, S., Shen, Q. and Zhang, R. 2013. Effects of different plant root exudates and their organic acid components on chemotaxis, biofilm formation and colonization by beneficial rhizosphere-associated bacterial strains. Plant and Soil, 374: 689-700. **(Journal)**

The effect of Potabarvar and Barvar 2 biofertilizers on the growth, yield and quality of potatoes obtained from true seed

Jaber Panahandeh-Yingje[1*], Hadi Nasrabadi[2], MohammadReza Sarikhani[3], Mina Amani[4]

Received: April 24, 2023 Accepted: September 20, 2023

Abstract

Potato (*Solanum tubersum*) is an important economic crop in the world. In order to investigate the effect of potassium (Potabarvar Bioferrtilizer) and Phosphorus (Barvar 2 Biofertilizer) biofertilizers on the yield and quality of two families of true potato seeds, including Fanta free pollinators and Savalan × Agria hybrids, an experiment was conducted in the form of a completely randomized block design with 8 treatments and three repetitions were done. The results showed that the use of Potabarvar Bioferrtilizer and Barvar 2 Biofertilizer affected plant height, leaf area and the dry matter percentage of tuber and leaf and led to an increase in yield compared to the control plants and the application of a mixture of biological fertilizers at the probability level of 1%. So that the highest yield in the treatment of Potabarvar biofertilizer was obtained on the free-pollinating Fanta family. Also, the application of these fertilizers led to an increase in the leaf chlorophyll index at the five percent probability level. The use of these biofertilizers led to an increase in the concentration of potassium, nitrogen and phosphorus elements in the plant at the level of 1% probability. The application of these fertilizers had a greater effect on the free-pollinating Fanta family. Also, the application of the mixture of these biofertilizers did not lead to an increase in the desired indicators.

Keywords: Biofertilizer; Botanical seed; Nitrogen; Phosphorus; Potassium; Potato

How to cite this article
Panahandeh-Yingje, J., Nasrabadi, H., Sarikhani, M. and Amani, M. 2023. The effect of Potabarvar and Barvar 2 biofertilizers on the growth, yield and quality of potatoes obtained from true seed. Iranian Journal of Seed Science and Research, 10(3): 1-16. (In Persian)**(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2023.7671

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Associate Professor, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. panahandeh@tabrizu.ac.ir
2. Graduated from Tabriz University, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. mina76amani@gmail.com
3. Associate Professor of Soil Department, Soil Science-Biology and Soil Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. rsarikhani@yahoo.com
4. PhD Student in Production and Post-Harvest Physiology of Medicinal Plants, Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Mina.amani98@ms.tabrizu.ac.ir
*Corresponding author: panahandeh@tabrizu.ac.ir