

کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی پتاسیم و نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی توتون نر عقیم (*Nicotiana tabacum* L. cv. PVH19)

ریحانه کرمی^۱، غلامرضا محسن آبادی^۱، مجید مجیدیان^{۱*}، مهیار مشتاقی^۲

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۱۲

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲- مرکز تحقیقات توتون، رشت

مسئول مکاتبه: Email: ma_majidian@guilan.ac.ir

چکیده

اهداف: این تحقیق با هدف بررسی اثر کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروژن و پتاسیم در سطوح مختلف از کود شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد برگ و خصوصیات کیفی گیاه توتون رقم PVH19 انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مرکز تحقیقات توتون رشت انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: T1: شاهد؛ T2: کودهای شیمیایی نیتروژن + پتاسیم T3: ۱۰۰٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ T4: ۱۰۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ T5: ۱۰۰٪ پتاسیم + ۷۵٪ نیتروژن + کود زیستی ازتوبارور T6: ۱۰۰٪ پتاسیم + ۵۰٪ نیتروژن + ازتوبارور T7: ۷۵٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور؛ T8: ۷۵٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور T9: ۵۰٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور T10: ۵۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور T11: پتابارور ۲ + ازتوبارور.

یافته‌ها: بیشترین عملکرد برگ در تیمار T4 به مقدار ۴۷۸۶۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. تیمار T10 بیشترین عملکرد برگ خشک با مقدار ۶۶۹۵/۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج صفات کیفی نشان داد که بیشترین درصد نیکوتین، قندهای احیا و درصد نیتروژن در تیمار T7 به دست آمد. بیشترین درصد پتاسیم برگ در تیمار T9 بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که امکان کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بدون کاهش معنی‌دار عملکرد برگ توتون وجود دارد و می‌توان مصرف کودهای شیمیایی و اثرات مخرب ناشی از آن بر محیط زیست را بدون کاهش قابل ملاحظه در عملکرد کمی و کیفی کاهش داد. با توجه به نتایج این آزمایش به منظور افزایش صفات کمی و کیفی گیاه توتون رقم PVH19 تیمار ۵۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور نسبت به بقیه تیمارها در شرایط آب و هوایی شهرستان رشت پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توتون، عملکرد برگ، قندهای احیا، کود زیستی، نیکوتین

Integrated Application of Biofertilizers and Chemical N and P on Quantitative and Qualitative Characteristics of Male-Streile Tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. PVH19)

Reyhane Karami¹, Gholamreza Mohsenabadi¹, Majid Majidian^{1*}, Mahyar Moshtaghi²

Received: January 18, 2020 Accepted: June 1, 2020

1-Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

2- Tobacco Research Institute of Rasht

*Corresponding Author Email: ma_majidian@guilan.ac.ir

Abstract:

Objective & Background: The aim of this study was to investigate the effect of the combined application of nitrogen and potassium biofertilizer at different levels of nitrogen and potassium chemical fertilizer on leaf yield and qualitative characteristics and of tobacco PVH19 cultivar.

Materials & Methods: a field study was done in 2016-2017 cropping seasons. A randomized complete block design with 11 treatments and three replications was used at Tobacco Research Institute in Rasht. Treatments were combined of nitrogen and potassium fertilizer, potassium biofertilizer (Potabarvar2= BK) and nitrogen biofertilizer (Azetobarvar= BN). Treatments include: T1: control, T2:FK100+FN100T3:FN100+FK75+BKT4:FN100+FK50+BKT5:FK100+FN75+BNT6:FK100+FN50+BNT7:FN75+BN+FK75+BKT8:FN75+BN+FK50+BKT9:FN50+BN+FK75+BKT10:FN50+BN+FK50+BKT11: BK+BN.

Results: Mean comparison showed that maximum yield of green leaf (47867 kg.h^{-1}) was obtained from $\text{FN}_{100}+\text{FK}_{50}+\text{BK}$ treatment. Maximum dry matter income $\text{FN}_{50}+\text{BN}+\text{FK}_{50}+\text{BK}$ treatment was $6695.5 \text{ kg.ha}^{-1}$. Result of qualitative analysis showed that the highest percentage of nicotine, reducing sugars and nitrogen percentage treatments were in $\text{FN}_{75}+\text{BN}+\text{FK}_{75}+\text{BK}$ combined treatment. Result showed that maximum of percentage of potassium in leaves was obtained from $\text{FN}_{50}+\text{BN}+\text{FK}_{75}+\text{BK}$ treatment.

Conclusion: Results of this experiment showed that, using integrated biofertilizer and chemical fertilizer without significant decline in leaf yield of tobacco, could be reduce chemical fertilizer and its impacts on environment. Based on the results obtained from this study in order to increasing leaf yield and qualitative characteristics and of tobacco PVH19 cultivar was obtained from $\text{FN}_{50}+\text{BN}+\text{FK}_{50}+\text{BK}$ treatment and was suggested in Rasht reign conditions.

Keywords: Biofertilizer, Leaf Yield, Nicotine, Reducing Sugars, Tobacco.

مقدمه

بافت گیاه، برگ را درشت‌تر اما ضخامت آن را کاهش می‌دهد (تسو ۱۹۹۰). با افزایش میزان نیتروژن معمولاً درصد نیکوتین افزایش می‌یابد. افزایش بیش از حد کود

نیتروژن بیش از هر عنصر دیگری بر توتون گرمخانه‌ای تاثیرگذار است. افزایش نیتروژن موجود در

بیشتر مقادیر پتاسیم خاک به شکل کانی‌هایی چون ارتوکلاز، بیوتیت، فلدسپار، ایلیت و میکا تثبیت شده و نمی‌تواند توسط گیاه جذب شود (زانگا و کونگا ۲۰۱۴). ریزجانداران نقش کلیدی در چرخه پتاسیم دارند. عناصر موجود در کانی‌ها زمانی برای گیاهان قابل استفاده خواهند بود که کانی‌ها دچار هوازگی شوند. در این میان ریزسازواره‌های خاک شامل قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها قادر به تخریب ساختار کریستالی کانیها و رهاسازی پتاسیم محبوس در ساختار آن هستند. با توجه به اینکه شکل غالب پتاسیم در خاک به صورت کانی‌های سیلیکاته است در صورتی که آنها به آرامی دچار هوازگی زیستی و انحلال قرار بگیرند، پتاسیم برای گیاهان قابل جذب خواهد شد. برخی از گونه‌های باکتری قادر به متحرک‌سازی و رهاسازی پتاسیم در خاک می‌باشند. گزارشاتی مبنی بر تاثیر جامعه میکروبی خاک از جمله قارچ‌های میکوریز و دیگر قارچ‌ها و همچنین باکتری‌های خاک نظیر جنس-های *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus* و *Microcococcus* در رهاسازی پتاسیم از منابع خاکی وجود دارد (ساریخانی و امینی ۲۰۲۰). باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم (KSBS) گروهی از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری هستند که پتاسیم نامحلول خاک را به فرم محلول درآورده و آن را در اختیار گیاه قرار می‌دهند و موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌گردند. منبری و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند تاثیر کود زیستی پتابارور ۲ و باکتری سینوریزوبیوم منجر به افزایش بیشتر صفات رویشی گیاه شنبلیله شد. همچنین غلظت عناصر نیتروژن و فسفر تحت تیمار سینوریزوبیوم بیشترین میزان را نشان داد در حالی که کاربرد سینوریزوبیوم و پتابارور ۲ منجر به بیشترین غلظت پتاسیم در گیاه شنبلیله گردید.

این تحقیق با هدف بررسی اثر کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروژن و پتاسیم در سطوح مختلف از کود

نیتروژن بر کیفیت توتون اثر منفی می‌گذارد (زمانی ۲۰۱۰). در آزمایشی بر گیاه توتون کاربرد ۶۹ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم موجب افزایش معنی‌داری در شاخص‌های سطح برگ، ارتفاع گیاه، عملکرد سبز و خشک برگ و محتوای کلروفیل برگ گردید (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۱۲).

پتاسیم در تغذیه گیاه توتون حائز اهمیت زیادی است و روی کیفیت و رشد توتون موثر می‌باشد، جذب کلی پتاسیم بیشتر از سایر عناصر معدنی است. میزان جذب در مراحل اولیه‌ی رشد بسیار بالاست و در مراحل بعدی به سرعت کاهش می‌یابد. مقدار کود پتاسیمی را که در کشت توتون مصرف می‌شود می‌توان برای افزایش عملکرد، تا دو یا سه برابر مقدار لازم افزایش داد (منگل ۲۰۰۷). در آزمایشی تاثیر مقادیر بالای پتاسیم برگ روی درصد قندهای احیا، مثبت اعلام شد که می‌تواند به دلیل نقش کلیدی پتاسیم در افزایش فتوسنتز و استفاده کارآمد آب توسط گیاه توتون در حال رشد باشد (گیرادهار و همکاران ۲۰۰۷).

کاربرد هم‌زمان کود نیتروژن به همراه کود زیستی منجر به تثبیت و همچنین تولید هورمون‌های رشد و توسعه سیستم تارهای کشنده شده که در نتیجه، موجب افزایش رشد اندام هوایی می‌گردد، افزایش ارتفاع گیاه در اثر کاربرد کودهای زیستی همراه با کود شیمیایی را می‌توان به افزایش تولید فیتوهورمون‌ها به خصوص ایندول استیک اسید نسبت داد (زانگ و همکاران ۲۰۰۲). منصورقنای و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه تاثیر کاربرد کودهای نیتروژن و فسفر شیمیایی و کود زیستی در گیاه لوبیا گزارش کرد که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی قادر به تامین بخشی از نیازهای غذایی گیاه می‌باشد. صابری و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا امکان تلفیق کودهای زیستی با کود شیمیایی برای تامین نیاز محصول وجود دارد.

و عرض ۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه‌ی شمالی با دو متر ارتفاع از سطح دریای آزاد و با وضعیت اقلیمی معتدل اجرا شد. تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک تهیه شده از محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است. بافت خاک شنی لومی بود.

شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه توتون انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ی تحقیقاتی موسسه‌ی تحقیقات توتون گیلان با مختصات جغرافیایی طول ۴۹ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل انجام آزمایش

| کربن آلی (%) | EC (dS.m ⁻¹) | Cl (mg.kg ⁻¹) | Mg (mg.kg ⁻¹) | TNV (%) | Ca (mg.kg ⁻¹) | N (%) | P (mg.kg ⁻¹) | K (mg.kg ⁻¹) | pH |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|---------------------------|-------|--------------------------|--------------------------|------|
| ۰/۷۴ | ۰/۲۸ | ۲۸/۴ | ۱۶/۸ | ۲/۲۵ | ۹۲ | ۰/۱۶۷ | ۵۸/۲ | ۲۷۳ | ۶/۳۵ |

کوددهی و سربرگ‌زنی نشاها (به فاصله‌ی سه تا پنج روز از زمانی که ارتفاع کل نشاها حدود چهار سانتی-متر از سطح سینی بالاتر بود) داخل گل‌خانه‌ی فلوت - سیستم انجام گرفت. تراکم کشت ۲۰۰۰۰ بوته در هکتار (فاصله کشت ۱۰۰ سانتی‌متر در بین ردیف و ۵۰ سانتی‌متر روی ردیف) بود. فاصله بین کرت‌ها دو متر و فاصله‌ی تکرارها از همدیگر سه متر بود. هر کرت دارای شش ردیف و در هر ردیف ۹ بوته کشت شد. کودهای مورد نیاز توتون نیتروژن از منبع نترات آمونیوم (تولید پتروشیمی شیراز) در سطح ۱۰۰ درصد (۶۹ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (وارداتی) در سطح ۱۰۰ درصد (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی برای این رقم (از آنجائیکه گیاه توتون پتاسیم دوست بوده و پتاسیم را به مقدار زیادی از خاک جذب می‌نماید، حد کفایتی را نمی‌توان برای آن در نظر گرفت. اما بر اساس پژوهشی که توسط جبارزاده و مشتاقی (۲۰۱۳) صورت گرفت، حد بحرانی پتاسیم برای گیاه توتون نر عقیم PVH19 بین ۲۴۰ تا ۲۷۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک تعیین شده است. به دنبال آن نیز در پژوهشی دیگر که توسط مشتاقی (۲۰۱۴) انجام شد،

این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۱ تیمار در سه تکرار رشت اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: T1: شاهد T2: کودهای شیمیایی نیتروژن+ پتاسیم T3: ۱۰۰٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ T4: ۱۰۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ T5: ۱۰۰٪ پتاسیم + ۷۵٪ نیتروژن + کود زیستی ازتوبارور T6: ۱۰۰٪ پتاسیم + ۵۰٪ نیتروژن + ازتوبارور T7: ۷۵٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور ؛ T8: ۷۵٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور T9: ۵۰٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور T10: ۵۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور T11: پتابارور ۲ + ازتوبارور. مبنای تیمارهای آزمایشی بر اساس پژوهش‌های انجام شده در سالهای قبل در مرکز تحقیقات توتون رشت، قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) و مشتاقی (۲۰۱۴) و نیز توصیه شرکت Profigen (تولید کننده بذر توتون نر عقیم PVH19) می‌باشد.

خاک‌ورزی شامل شخم و دیسک در اواخر فروردین ماه در زمین محل آزمایش انجام گرفت. نشا کاری (نشا‌های ۶۰ روزه) در نیمه دوم اردیبهشت ماه با توتون نر عقیم رقم PVH19 انجام گرفت و عملیات

و در آخر، مجموع وزن خشک برگ‌های برداشت شده از چین‌های مختلف محاسبه گردید.

درصد نیتروژن برگ: اندازه‌گیری درصد نیتروژن با استفاده از روش کجلدال در موسسه تحقیقات توتون رشت و با استفاده از روش کار مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش به شماره سند PR-85-02-01/00 انجام گرفت (رادفر ۱۹۸۱). درصد پتاسیم برگ: پس از آماده سازی نمونه‌ها، اندازه گیری با دستگاه فلیم فتومتر مدل Corning-405 صورت گرفت (امامی، ۱۹۹۶). درصد فسفر برگ: اندازه گیری فسفر به روش کالریتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه گیری شد (امامی، ۱۹۹۶). درصد قندهای احیا در برگ: در اندازه‌گیری قندهای احیا کننده از روش کار مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش به شماره سند PR-85-02-01/00 استفاده شد (سازگار ۱۹۹۱). درصد نیکوتین برگ: اندازه‌گیری نیکوتین برگ با استفاده از روش تقطیر بخار آب و قرائت جذب با دستگاه اسپکتروفوتومتر UV/Visible در موسسه تحقیقات توتون رشت و با استفاده از دستورالعمل مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش به شماره سند PR-85-02-01/00 انجام گرفت (سازگار ۱۹۹۱). میزان مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ: از برگ در موقعیت میانی ساقه (کمبرگ)، دیسک‌های برگی با مساحت مشخص تهیه گردید و از روش آرنون به نقل از بستامی و مجیدیان (۲۰۱۶) اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SAS نسخه ۹.۱ استفاده گردید. برای هرکدام از صفات تجزیه واریانس صورت گرفت. در صورت معنی‌دار بودن اختلافات در هر صفت، مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون توکی انجام گرفت.

نتایج و بحث

توصیه کودی برای توتون نرعیتم PVH19 مشخص گردید که حتی اگر پتاسیم خاک در حد بحرانی برای گیاه توتون نرعیتم PVH19 باشد، باز هم برای افزایش کیفیت برگ‌های عمل‌آوری شده توتون نیاز به کود پتاسیمی می‌باشد) تعیین و بر اساس تیمارهای مورد نظر یک سوم آن در زمان آماده‌سازی زمین قبل نشا- کاری و دو سوم آن ۲۰ تا ۲۵ روز بعد نشاکاری به خاک اضافه شد. کود زیستی پتاسیم در این آزمایش پتابارور ۲ بود که از شرکت زیست فناوری سبز دریافت شد و کود زیستی نیتروژن (ازتوبارور)، حاوی باکتری‌های گونه ازتوباکتر وینلندی سویه O4 (*Azetobacter vinelandii* strains O4) بود که از شرکت زیست فناوری سبز دریافت شد. در زمان انتقال نشاها به زمین اصلی، تلقیح ریشه نشاها با کود زیستی (نحوه مصرف آن مطابق توصیه سازنده کود) انجام گرفت.

به منظور تحریک رشد و نمو برگ‌های باقی مانده‌ی روی گیاه و بهبود کیفیت و کمیت آن‌ها عمل سرزنی انجام می‌شود. این عمل سطح برگ، وزن برگ به ازای واحد سطح و غلظت نیکوتین را افزایش می‌دهد. از طرفی غالبیت راسی را شکسته و جوانه‌های محوری روی ساقه رشد می‌کنند (تسو ۱۹۹۰). با به گل رفتن حدود ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه، گل‌ها قطع و سپس با کنترل‌کننده‌ی تماسی-سیستمیک فلومترالین (پرایم پلاس) محلول‌پاشی گردید. پس از رسیدن تدریجی برگ‌ها (مرحله‌ی زردشدگی)، در شش مرحله برداشت شدند. سپس برگ‌ها به گرمخانه‌ی مرکز تحقیقات منتقل و فرآیند عمل‌آوری روی آن‌ها انجام گرفت. بعد از هر چین وزن برگ‌های تر برداشت شده از هر کرت آزمایشی با استفاده از ترازو اندازه‌گیری شدند و در آخر، مجموع وزن تر برگ‌های برداشت شده از چین‌های مختلف محاسبه گردید. بعد از خشک کردن برگ‌ها در گرمخانه وزن خشک برگ‌ها با ترازو اندازه‌گیری شد

عملکرد برگ سبز: اثر سطوح تیماری بر عملکرد برگ سبز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد برگ سبز مربوط به تیمار ۱۰۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + تیمار کود زیستی پتابارور ۲ معادل ۴۷۸۶۷ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار شاهد بدون کود و تیمار استفاده کامل کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری داشت ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین عملکرد برگ سبز در تیمار شاهد معادل ۲۴۶۸۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۳). انجام مقایسات گروهی نشان داد که مقایسه‌ی بین گروه کود کامل شیمیایی با گروه استفاده کامل کود زیستی معنی‌دار گردید. همچنین مقایسه گروه کود کامل شیمیایی با گروه تلفیقی پتابارور ۲ + سطوح مختلف کود پتاسیم و گروه کود کامل شیمیایی با گروه با تلفیقی از توبارور + پتابارور ۲ + سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم معنی‌دار شد در حالیکه مقایسات بین سایر گروه‌های آماری معنی‌دار نشد (جدول ۴). در آزمایش قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) کاربرد کود نیتروژن و پتاسیم روی عملکرد وزن تر در توتون در سطح یک درصد معنی‌دار شد. در آزمایشی روی توتون گرمخانه‌ای عملکرد برگ سبز به طور معنی‌داری با افزایش مقادیر پتاسیم و نیتروژن افزایش یافت (جاناردهان و همکاران ۱۹۸۹).

در آزمایش پاکدل و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تیمارهای کود زیستی عملکرد بیشتری نسبت به تیمار بدون استفاده از کود زیستی داشته و بیش‌ترین عملکرد گندم نان مربوط به تیمار تلفیقی از توبارور و سودوموناس بوده است. گزارش شده است که باکتری از توباکتر کروکوکوم از طریق تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین، سیتوکینین و همچنین افزایش تثبیت نیتروژن، فسفر قابل دسترس و تولید ترکیبات ضد میکروبی می‌توانند با افزایش رشد ریشه سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده و در نهایت بر رشد و عملکرد گیاه تاثیر بگذارند (کک‌مکی و همکاران ۲۰۰۱). در آزمایشی ذرت تلقیح شده با سویه‌هایی از

سودوموناس‌ها از لحاظ صفات مورفولوژیک و عملکرد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) به طور معنی‌داری برتر بودند (فانکم و همکاران ۲۰۰۸). از دلایل افزایش عملکرد انحلال‌پذیری پتاسیم به دلیل وجود باکتری‌های حل‌کننده‌ی پتاسیم است که با ترشح اسیدهای آلی چون سیتریک، اگزالیک و تارتاریک پتاسیم نامحلول را از خاک به حالت محلول درمی‌آورد. کنگ و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی در مورد تأثیر کودهای زیستی بر برنج دریافتند که کاربرد کود زیستی به تنهایی، باعث افزایش عملکرد دانه برنج شد. افزایش رشد برنج با باکتری‌های محرک رشد احتمالاً به وسیله تولید اسیدایندول استیک (IAA) و افزایش فسفرهای قابل حل با استفاده از این باکتری گونه سودوموناس می‌باشد (اشرف‌وزمان و همکاران ۲۰۰۹). به طور کلی، تیمارهای تلقیح شده با کود زیستی میزان بیشتری از عملکرد زیستی را به خود اختصاص دادند. باکتری‌ها از طریق تولید متابولیت‌های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین، جبریلین می‌توانند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام‌های هوایی و عملکرد تر را افزایش دهند.

عملکرد برگ خشک: نتایج حاصل از واریانس داده‌ها، روی عملکرد برگ خشک نشان داد که سطوح تیماری تاثیر معنی‌داری بر روی عملکرد برگ خشک داشتند (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد برگ خشک از تیمار ۵۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + از توبارور معادل ۶۶۹۵/۵ کیلوگرم در هکتار برگ خشک حاصل گردید (جدول ۳). کمترین میزان عملکرد خشک برگ در تیمار شاهد بدون کود به میزان ۲۰۵۳/۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. انجام مقایسه گروهی بین گروه‌های مورد نظر نشان داد که مقایسه بین تمام گروه‌ها به جز مقایسه بین گروه کود کامل شیمیایی با گروه کود زیستی معنی‌دار گردید (جدول ۴). تیماری که بیش‌ترین میزان عملکرد سبز را دارا بود نتوانست بیش‌ترین عملکرد خشک برگ را هم به دست آورد که

می‌توان این امر را به این دلیل دانست که تیماری که بیشترین وزن تر و به تبع آن درصد رطوبت بالاتری داشته طی فرآیند خشکانیدن وزن بیشتری از دست می‌دهد. در توتون‌های گرم‌خانه‌ای ملاک عملکرد برگ خشک است.

در آزمایش قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) کاربرد کود نیتروژن و پتاسیم روی عملکرد وزن خشک در توتون در سطح یک درصد معنی‌دار شد. کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم روی افزایش وزن خشک برگ تاثیر معنی‌داری داشت (فاروکا و همکاران ۲۰۱۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بر صفات کمی و کیفی گیاهان توتون رقم PVH19

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|------------------|------------|----------------|----------------|-------------|------------|----------|-------------------|
| | | عملکرد برگ سبز | عملکرد برگ خشک | نیتروژن برگ | پتاسیم برگ | فسفر برگ | قندهای احیا-کننده |
| بلوک | ۲ | ۲۶۴۱۰۹۵۷NS | ۱۵۹۳۶۰/۶۲NS | ۰/۰۰۰۶۵NS | ۰/۰۰۱۴۲NS | ۰/۰۱۸۴NS | ۱/۱۶NS |
| تیمار | ۱۰ | ۱۴۶۰۷۶۰۲۸** | ۵۸۸۲۶۸۳/۳۶** | ۰/۷۳۴** | ۴/۰۹۹** | ۰/۰۵۱۵NS | ۲۲/۶۹** |
| خطای آزمایشی | ۲۰ | ۲۷۹۴۳۷۱۶ | ۱۳۵۹۶۷/۰۳ | ۰/۰۰۷۳ | ۰/۰۲۸۳ | ۰/۰۲۸۹ | ۲/۴۳ |
| ضریب تغییرات (%) | - | ۱۳/۶۸ | ۷/۹۶ | ۴/۳۵ | ۷/۰۸ | ۱۱/۴۶ | ۷/۶۹ |

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد میباشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات کمی و کیفی در سطوح مختلف تیمارهای آزمایشی

| تیمار | عملکرد وزن سبز (kg.ha ⁻¹) | عملکرد وزن خشک (kg.ha ⁻¹) | نیتروژن برگ (%) | پتاسیم برگ (%) | فسفر برگ (ppm) | قند احیاکننده برگ (%) |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| F ₀ +B ₀ | ۲۴۶۸۲ ^c | ۲۰۵۳/۴ ^g | ۱/۱۲ ^e | ۰/۴۷ ^h | ۱/۰۹ | ۱۳/۳۵ ^c |
| F _{K100} +F _{N100} | ۳۲۱۸۴ ^{bc} | ۳۲۷۷/۲ ^f | ۱/۶۷ ^d | ۱/۵۶ ^{fg} | ۱/۲۲ | ۲۰/۹۵ ^{ab} |
| F _{N100} +F _{K75} +B _K | ۳۲۸۲۶ ^{abc} | ۴۰۲۶/۴ ^{def} | ۱/۷۶ ^d | ۱/۱۲ ^g | ۱/۲۳ | ۲۱/۲۷ ^{ab} |
| F _{N100} +F _{K50} +B _K | ۴۷۸۶۷ ^a | ۴۳۶۷/۸ ^{cde} | ۲/۲۷ ^{bc} | ۱/۵۳ ^{fg} | ۱/۱۸ | ۲۱/۹۳ ^{ab} |
| F _{K100} +F _{N75} +B _N | ۳۶۴۸۶ ^{abc} | ۴۴۳۸/۸ ^{cde} | ۱/۵۳ ^d | ۲/۲۶ ^{de} | ۱/۱۳ | ۲۰/۳۴ ^{ab} |
| F _{K100} +F _{N50} +B _N | ۳۹۸۱۲ ^{abc} | ۵۸۱۴/۹ ^{ab} | ۱/۷۰ ^d | ۲/۷۳ ^{cd} | ۱/۲۹ | ۲۰/۷۹ ^{ab} |
| F _{N75} +B _N +F _{K75} +B _K | ۴۵۰۹۸ ^{ab} | ۴۹۹۲/۸ ^{bcd} | ۲/۶۸ ^a | ۳/۵۳ ^b | ۱/۳۵ | ۲۳/۷۱ ^a |
| F _{N75} +B _N +F _{K50} +B _K | ۳۷۴۷۴ ^{abc} | ۵۲۱۰/۸ ^{bc} | ۲/۶۱ ^a | ۱/۹۳ ^{ef} | ۱/۳۳ | ۲۲/۵۴ ^a |
| F _{N50} +B _N +F _{K75} +B _K | ۳۹۷۴۵ ^{abc} | ۶۴۶۹/۵ ^a | ۱/۷۳ ^d | ۴/۰۳ ^a | ۱/۲۸ | ۱۹/۷۴ ^{ab} |
| F _{N50} +B _N +F _{K50} +B _K | ۴۷۲۰۰ ^{ab} | ۶۶۹۵/۵ ^a | ۲/۴۶ ^{ab} | ۳/۱۰ ^{bc} | ۱/۵۱ | ۲۰/۴۹ ^{ab} |
| B _K +B _N | ۴۱۴۵۰ ^{ab} | ۳۵۵۸/۸ ^{ef} | ۲/۱۱ ^c | ۰/۶۰ ^h | ۱/۲۱ | ۱۷/۸۲ ^{bc} |

وجود حداقل یک حرف مشترک برای هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح تیماری در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون توکی است. F₀: بدون کود شیمیایی / F_N: درصد کود شیمیایی نیتروژن / F_K: درصد کود شیمیایی پتاسیم / B_K: کود زیستی پتابارور ۲ / B_N: کود زیستی ازتوبارور / B₀: بدون کود زیستی.

جدول ۴- مقایسات بین گروهی تیمارهای کودی از نظر صفات کمی و کیفی

| صفات | df | عملکرد وزن سبز | عملکرد وزن خشک | نیتروژن برگ | پتاسیم برگ | فسفر برگ | قند احیاکننده برگ |
|--------------------|----|---------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| بلوک | ۲ | ۲۶۴۱۰۹۵۷ ^{ns} | ۱۵۹۳۶۰/۶۲ ^{ns} | ۰/۰۹ ^{ns} | ۰/۰۰۱۴ ^{ns} | ۰/۰۱۸ ^{ns} | ۱/۱۶* |
| تیمار | ۱۰ | ۱۴۶۰۷۶۰۲۸** | ۵۸۸۲۶۸۳/۳۶** | ۹۹/۹۲** | ۴/۰۹۹** | ۰/۰۵۱ ^{ns} | ۲۲/۶۹** |
| مقایسه گروه A با B | ۱ | ۱۲۸۷۹۵۲۵۸/۵* | ۱۱۸۸۷۹/۳۹ ^{ns} | ۰/۲۹** | ۱/۳۸** | ۰/۱۲* | ۱۴/۷۲ ^{ns} |
| مقایسه گروه A با C | ۱ | ۷۱۱۵۸۶۷۸/۹ ^{ns} | ۶۸۴۲۱۴۳/۱۳** | ۰/۰۰۶ ^{ns} | ۱/۷۴** | ۰/۰۰۰۸ ^{ns} | ۰/۲۹ ^{ns} |
| مقایسه گروه A با D | ۱ | ۱۳۳۲۴۳۵۷۵/۲* | ۱۶۹۲۲۵۵/۲۱** | ۰/۲۴** | ۰/۱۱ ^{ns} | ۰/۰۰۷ ^{ns} | ۰/۸۴ ^{ns} |
| مقایسه گروه A با E | ۱ | ۲۴۹۴۸۴۷۸۵/۹** | ۱۵۷۸۸۹۷۵/۹۱** | ۱/۱۷** | ۶/۰۱** | ۰/۰۱۱ ^{ns} | ۱/۰۷ ^{ns} |
| مقایسه گروه B با C | ۱ | ۲۱۷۹۸۱۶۷۳/۴ ^{ns} | ۴۹۱۷۸۴۳/۴۶** | ۰/۴۹** | ۷/۱۶** | ۰/۱۸۴* | ۱۵/۸* |
| مقایسه گروه B با D | ۱ | ۲۴۳۷۸۰۵/۲ ^{ns} | ۸۱۴۹۳۸/۰۱* | ۰/۰۱۷ ^{ns} | ۱/۰۴** | ۰/۲۵** | ۲۸/۶۵** |
| مقایسه گروه B با E | ۱ | ۲۰۷۱۳۸۸ ^{ns} | ۱۲۵۱۳۲۴۹/۲۸** | ۰/۱۶** | ۱۵/۵۲** | ۰/۱۲* | ۳۴/۷۱** |
| مقایسه گروه C با D | ۱ | ۱۴۴۸۵۳۷۲/۴ ^{ns} | ۲۵۹۳۳۷۱/۸۴** | ۰/۴۸** | ۴/۱** | ۰/۰۰۹ ^{ns} | ۳/۲۲* |
| مقایسه گروه C با E | ۱ | ۷۱۵۸۶۳۰۲/۵ ^{ns} | ۲۰۴۶۵۶۸/۰۲** | ۲/۲۸** | ۱/۶۹** | ۰/۰۲۲ ^{ns} | ۴/۴۵* |
| مقایسه گروه D با E | ۱ | ۱۶۵۳۳۳۲۰/۸ ^{ns} | ۱۰۸۲۴۸۰۴/۰۹** | ۰/۴۹** | ۱۳/۲۴** | ۰/۰۰۶ ^{ns} | ۰/۰۰۱۳ ^{ns} |
| خطای آزمایش | ۲۰ | ۲۷۹۴۳۷۱۶ | ۱۳۵۹۶۷/۰۳ | ۰/۰۰۷۳ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۲/۴۳ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۹/۶۸ | ۷/۹۶ | ۴/۳۵ | ۸/۰۷ | ۱۰/۰۴ | ۷/۶۹ |

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد. A- استفاده کامل کود شیمیایی B- استفاده کامل کود زیستی C- تلفیق ازتوبارور+ سطوح مختلف کود نیتروژن D- تلفیق پتابارور+۲ سطوح مختلف کود پتاسیم E- تلفیق ازتوبارور + پتابارور+۲ سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم.

بیان گردید که ارتفاع و عملکرد گیاه شوید در تیمار تلفیقی ازتوباکتر+ آزوسپیریوم+ سودوموناس به طور معنی‌داری افزایش یافت. بررسی اثر سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی شامل آزوسپیریوم، ازتوباکتر و باسیلوس روی گیاه رازیانه نشان داد که بالاترین رشد و زیست-توده تر و خشک گیاه در تیمار تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه باکتریهای فوق‌الذکر حاصل شد (محفوظ و سراف الدین ۲۰۰۷). به نظر می‌رسد که تلفیق باکتری‌های محرک رشد با افزایش رشد ریشه‌ها باعث افزایش فراهمی آب و مواد غذایی شده و رشد رویشی و زایشی گیاه را افزایش داده و باعث تولید بیشتر ماده خشک در واحد سطح و در نتیجه تولید عملکردهای بالاتر شد (روستی

بشان و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تلفیق گیاه گندم و مرزنجوش با کودهای زیستی نیتروژن به دلیل دسترسی به عناصر غذایی بیشتر، وزن خشک بیشتری از بوته را در مقایسه با عدم تلفیق داشتند. در آزمایش مزرعه‌ای که با بررسی اثر تلفیق با کودهای زیستی نیتروژن و کود شیمیایی نیتروژن بر روی ذرت انجام شد، مشخص گردید که در شرایطی که تلفیق با کودهای زیستی در حضور ۵۰٪ از مصرف کود شیمیایی نیتروژن صورت گیرد، بیشترین کارایی و عملکرد ذرت حاصل می‌شود و با مصرف زیاد نیتروژن عملکرد دانه ذرت کاهش می‌یابد (اسودرزینسکا و ساویکا ۲۰۰۰).

رحیمی و همکاران (۲۰۱۳) افزایش ارتفاع گیاه و عملکرد ریحان را در اثر مصرف کود ازتوباکتر گزارش کردند. همچنین در مطالعه‌ی سخنگوی و انصار (۲۰۱۲)

همکاران ۲۰۱۲). مهدوی و قلی‌زاده (۲۰۰۷) در آزمایشی روی گیاه توتون افزایش درصد نیتروژن برگ را به تبع افزایش سطوح کود نیتروژن گزارش کردند. در آزمایش محسن‌زاده (۲۰۰۰) بیشترین درصد نیتروژن توتون در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار کاربرد کود نیتروژن به دست آمد. کومار و اهلاوات (۲۰۰۶) اثرات مثبت ازتوباکتر و کود شیمیایی نیتروژن را در بهبود رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و نیز جذب نیتروژن در گندم را در مقایسه تیمار شاهد گزارش کردند که به نظر می‌رسد ازتوباکتر به عنوان یک محرک کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی، از طریق تولید اکسین‌ها موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه می‌شود و لذا جذب عناصر غذایی از خاک افزایش می‌یابد. در آزمایشی کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های سودوموناس افزایش جذب نیتروژن را در گیاه دارویی پریوش در پی داشت (ابدول جالیج و همکاران ۲۰۰۷). کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن جذب NPK را در گندم افزایش داد (اسکاری و همکاران ۲۰۰۹) از جمله دلایل افزایش جذب عناصر ماکرو در تیمارهای تلقیح شده با کودهای زیستی ممکن است به دلیل مکانیزم‌های مربوط به افزایش تثبیت نیتروژن و افزایش انحلال‌پذیری عناصر در محلول خاک توسط این باکتری‌ها باشد.

پتاسیم برگ: واریانس داده‌ها حاصل از اندازه‌گیری درصد پتاسیم بیانگر این بود که تیمارهای آزمایش بر روی صفت مزبور در سطح یک درصد تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). تیمار تلفیقی ۵۰٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + تیمار کود زیستی پتابارور ۲ + ازتوبارور با ۴/۰۳ درصد بیشترین مقدار پتاسیم و تیمار شاهد بدون کود و پس از آن تیمار ازتوبارور + پتابارور ۲ به ترتیب با ۰/۴۷ و ۰/۶۰ کمترین درصد پتاسیم برگ را دارا بودند (جدول ۳). در بین عناصر پتاسیم به دلیل تاثیر زیاد روی کیفیت و در نتیجه قیمت تمام شده‌ی توتون بیشترین اهمیت را نسبت به سایر

و همکاران ۲۰۰۶). بنابراین مصرف کود شیمیایی و کود زیستی به صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود، به طوری که نه تنها هیچ گونه اثر سازش ناپذیری بین آنها وجود ندارد بلکه مکمل همدیگر می‌باشند. کودهای زیستی با افزایش فعالیت باکتری‌های افزایش دهنده‌ی رشد گیاه، تأثیر کودهای آلی و شیمیایی را در تولیدات کشاورزی افزایش می‌دهند (شاتا و همکاران ۲۰۰۷). همچنین کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به صورت ترکیبی با باکتری سودوموناس ضمن داشتن قابلیت تحریک رشد گیاه به علت اثرات سینرژیستی دو باکتری بر روی یکدیگر باعث بهبود مضاعف رشد گیاه شد. عدم تاثیر یا کاهش کارایی این رایزوباکترها در سطوح بالای کودهای شیمیایی ممکن است به دلیل این باشد که با افزایش فراهمی این عناصر توسط رایزوباکترها در خاک و سطح بالای کود شیمیایی به کار رفته حالت سمیت ایجاد شده است.

درصد نیتروژن برگ: نتایج واریانس داده‌ها نشان داد که درصد نیتروژن به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد تیمار ۷۵٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + تیمار کود زیستی پتابارور ۲ + ازتوبارور با ۲/۶۸ درصد نیتروژن بالاترین مقدار را دارا بود و شاهد بدون کود با ۱/۱۲ درصد نیتروژن کمترین رتبه را در مقایسه میانگین به دست آورد (جدول ۳). انجام مقایسات بین گروهی نشان داد که مقایسات گروهی بین تیمارها معنی‌دار شد به جز مقایسه بین گروه‌های استفاده کامل کود شیمیایی با تلفیق ازتوبارور + سطوح مختلف کود نیتروژن و مقایسه بین گروه استفاده کامل کود زیستی با گروه تلفیق پتابارور ۲ + سطوح مختلف کود پتاسیم که معنی‌دار نبود (جدول ۴). در آزمایشی مشابه کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر روی درصد نیتروژن برگ توتون در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (قلی‌زاده و

عناصر داراست. مقایسات گروهی مربوط به صفت مورد نظر نشان داد که مقایسه‌ی بین گروه استفاده کامل کود شیمیایی با گروه استفاده تلفیقی پتاپارور ۲ + سطوح مختلف کود پتاسیم غیرمعنی‌دار و بقیه مقایسات معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج آزمایشی بر روی گیاه گوجه فرنگی نشان می‌دهد که تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده‌ی پتاسیم به طور قابل توجهی منجر به افزایش غلظت و مقدار پتاسیم اندام هوایی در گیاه گوجه فرنگی گردید (شنگ و همکاران ۲۰۰۸). ولج و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که پلی ساکاریدها (مثل اسیدهای اورنیک) مواد لعابی و لزجی هستند که دارای عوامل کربوکسیلی و فنلی می‌باشند که فنل و کربوکسیل موجود در پلی ساکاریدها با عناصر موجود در سیلیکاتها واکنش داده و تشکیل پیوندهای پیچیده‌ای می‌دهند که منجر به آزاد شدن عناصر از شبکه کریستالی شده و باعث انتقال آن‌ها به داخل محلول خاک می‌شوند و در نهایت در آزادسازی پتاسیم مؤثر واقع شدند. تسو (۱۹۹۰) گزارش کرد که با افزایش مقادیر کود پتاسیم محتوای پتاسیم برگ افزایش یافت. در آزمایشی کیفیت برگ توتون تحت تاثیر ۲۵۲ کیلوگرم در هکتار پتاسیم قرار نگرفت بنابراین مقادیر بیشتر از نیاز گیاه تاثیر روی کیفیت برگ و درصد پتاسیم آن ندارد (کالینز و هوآکس ۱۹۹۳). کالینز و هوآکس (۱۹۹۳) افزایش غلظت پتاسیم را در توتون‌های گرمخانه ای به تبع افزایش کود پتاسیمی گزارش کردند. در آزمایشی کاربرد کود پتاسیم موجب افزایش معنی-دار محتوای پتاسیم برگ توتون شد (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۱۲). نتایجی مشابه توسط حقیقی و همکاران (۲۰۱۱) و فرخ و همکاران (۲۰۱۱) در مورد گیاه توتون تایید شده است. در آزمایشی مشابه کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر روی درصد پتاسیم برگ معنی‌دار نشد (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۱۲). هان و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کرده‌اند باکتری‌های محلول‌کننده فسفات (PSB) و پتاسیم (KSB)، موجب

افزایش جذب عناصری همچون فسفر، پتاسیم و نیتروژن در خیار و فلفل شدند. این باکتری‌ها پتاسیم نامحلول خاک را که به به شکل کانی‌هایی چون مسکوویت، ارتوکلانز، بیوتیت، فلدسپار، ایلیت و میکا تثبیت شده است به فرم محلول درآورده و آن را در اختیار گیاه قرار می‌دهند و موجب بهبود جذب پتاسیم می‌گردند (زانگا و کونگا ۲۰۱۴). یکی از مهم‌ترین مکانیزم‌های این باکتری‌ها تولید اسیدهای آلی است که در اثر آن یک سری واکنش‌های تبادل رخ داده و به شکل کلات پتاسیم عمل می‌کنند.

فسفر برگ: واریانس داده‌ها مربوط به درصد فسفر برگ نمایانگر این بود که فسفر برگ تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۲). بیاری و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش معنی‌دار مقدار فسفر در مقایسه با شاهد شد. کاربرد تیمار کودی سودوموناس درصد جذب فسفر را در تیمارهای تلفیقی افزایش دادند که نتایج حاصل با آن مطابقت ندارد. کارلوت و همکاران (۲۰۰۲) افزایش عناصری چون نیتروژن و پتاسیم و فسفر را در گیاهان تلقیح شده با سودوموناس و باکتری‌های محرک رشد گزارش کردند. پژوهش‌ها حاکی از آن است که استفاده از کودهای زیستی سبب افزایش توسعه‌ی ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی می‌شود که می‌تواند ناشی از اثر کاربرد این باکتری‌ها باشد که با تولید مقادیر مناسب مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد گیاهی مانند اکسین، جیبرلین، سیتوکینین و ویتامین‌های گروه B ظرفیت ریشه‌زایی گیاه و جذب مواد غذایی از خاک را بهبود بخشیده و در نتیجه مقادیر نیتروژن و فسفر را در برگ‌های گیاه جو افزایش داده است (عظیمی و همکاران ۲۰۱۳). میرزایی و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی باکتری‌های حل‌کننده فسفر بر روی ذرت دانه‌ای و گندم پی بردند که بر روی درصد فسفر نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته است. هم چنین مصرف کود شیمیایی با حضور باکتری ۵۰

شده است. در پژوهشی کاربرد کود نیتروژن و پتاسیم بر روی توتون بررسی گردید که افزایش سطوح نیتروژن اثر معنی‌داری روی درصد قندهای احیا نداشت اما سطوح کود پتاسیم توانست اختلاف معنی‌داری بین تیمارها ایجاد نماید (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۱۲). به نظر می‌رسد کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم و افزایش کارایی این عناصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز نقش به‌سزایی ایفا می‌نمایند که منجر به افزایش انحلال‌پذیری عناصر در محیط ریشه و جذب مواد غذایی شده و از این طریق میزان فتوسنتز را افزایش داده و تولید قند را در گیاه افزایش می‌دهد. هم‌چنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش pH، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند (کاپور و همکاران ۲۰۰۲ و چمی و همکاران ۲۰۰۱).

نیکوتین برگ: واریانس داده‌ها درصد نیکوتین برگ نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر روی درصد نیکوتین موجود در برگ توتون در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). تیمار تلفیقی ۷۵٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + تیمار کود زیستی پتایارور ۲ + ازتوبارور بیشترین محتوای نیکوتین برگ را با ۲/۸۷ درصد به خود اختصاص داد (جدول ۶). نتایج مقایسات بین گروهی تیمارها حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مورد مقایسه به جز مقایسه بین گروه استفاده کامل کود شیمیایی با استفاده کامل کود زیستی بود (جدول ۴). مهمترین ماده شیمیایی توتون، نیکوتین می‌باشد که نقش آلكالوئیدی دارد (تسو ۲۰۰۵). سینگ (۱۹۹۸) سطح متعادل نیکوتین موجود در توتون گرمخانه‌ای را بین ۲/۶-۱/۲ درصد اعلام کرد. افزایش نیتروژن موجب افزایش خاکستر و نیکوتین در برگ توتون می‌گردد (بیلی ۲۰۱۴). غلظت نیکوتین همبستگی زیادی با میزان نیتروژن مصرف شده، دارد. تحقیقات انجام گرفته روی توتون بارلی نشان داده که کاربرد بیش از حد نیتروژن تاثیری در افزایش صفات کیفی

درصد کاهش یافت. جونز و دارا (۱۹۹۶) در آزمایش خود نشان دادند که اسیدهای آلی آزاد شده از ریزجاندارانی نظیر باسیلوس و سودوموناس منجر به آزاد سازی فسفر از کمپلکس موجود در خاک می‌گردند. آنان اظهار داشتند که حلالیت فسفر و پتاسیم در خاک در حضور اسیدهای آلی حاصل از فعالیت این باکتری‌ها تا ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد. بنابراین فراهمی مواد غذایی بر اثر وجود کودهای زیستی یکی از دلایل افزایش جذب عناصر می‌باشد و چون در این تحقیق میزان فسفر خاک خوب می‌باشد کودهای زیستی نتوانستند اثر معنی‌داری بر فسفر برگ بگذارند.

درصد قندهای احیا: درصد قندهای احیا در برگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۲). تیمار ۷۵٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + تیمار کود زیستی پتایارور ۲ + ازتوبارور با ۲۳/۷۱ درصد بیشترین و تیمار شاهد بدون کود با ۱۳/۳۵ درصد کمترین میزان محتوای قندهای احیا در برگ را دارا بودند (جدول ۳). ماو و همکاران (۲۰۰۹) درصد بهینه قند را در توتون‌های گرمخانه‌ای بین ۲۶-۱۰ درصد بیان کردند. در برخی آزمایش‌ها چاپلین و ماینر (۱۹۸۰) و ولتز و همکاران (۱۹۸۴) ارتباط بین درصد قندهای احیا و مقادیر کود پتاسیم به کار رفته روی توتون معنی‌دار و مثبت ارزیابی شده است. در آزمایشی دیگر تاثیر مقادیر بالای پتاسیم برگ روی درصد قندهای احیا مثبت اعلام شد که دلیل این امر می‌تواند به دلیل نقش کلیدی پتاسیم در افزایش فتوسنتز و استفاده کارآمد آب توسط گیاه توتون در حال رشد باشد (گیراردین و همکاران ۲۰۰۷). در آزمایشی مشابه کود نیتروژن به همراه ازتوباکتر غلظت قند موجود در برگ توتون را به طور معنی‌داری افزایش داد و تیمار تلقیح با ازتوباکتر و کاربرد ۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین درصد قندهای احیا را داشت (امیره‌نده و همکاران ۲۰۱۲) که نتیجه‌ای مشابه آن توسط جو و همکاران (۲۰۰۸) نیز در گیاه توتون تایید

درصد نیکوتین در گیاه توتون به عامل آبیاری وابسته است با افزایش آبیاری میزان نیکوتین در گیاه توتون کاهش می‌یابد. به همین دلیل در زمین‌هایی که در آنها گیاه توتون کاشته می‌شود اگر آب به مقدار مناسب وجود داشته باشد مقدار نیکوتین کاهش می‌یابد. تعادل بین نیکوتین و سنتز کربوهیدرات به فعالیت آنزیمی وابسته است که نترات ریداکتاز نامیده می‌شود آبیاری سبب کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه توتون می‌گردد و کمبود نیتروژن منجر به کاهش فعالیت نترات ریداکتاز شده و در نتیجه تولید کربوهیدرات افزایش یافته و درصد نیکوتین کاهش می‌یابد (صالح‌زاده و همکاران ۲۰۰۹). همچنین فراهمی توام آب و نیتروژن در مقایسه با شرایط کمبود آب، سبب افزایش رشد رویشی و متعاقبا کاهش غلظت نیتروژن در واحد وزن توتون می‌گردد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌گردد میزان کلروفیل a, b به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها جدول ۶ نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a معادل ۳/۴۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از تیمار ۵۰٪ نیتروژن+۵۰٪ پتاسیم+ تیمار کود زیستی پتایارور ۲ + ازتوبارور حاصل گردید. همچنین طبق جدول ۶ بیشترین مقدار کلروفیل b معادل ۱/۶۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از تیمار ۵۰٪ نیتروژن+ ۷۵٪ پتاسیم+ پتایارور ۲ + ازتوبارور بدست آمد.

نداشته است (اتکینسون و همکاران ۲۰۰۷). نتایج آزمایشی نشان داد که ازتوباکتر کرکوکوم تنها در سطوح پایین نیتروژن اثر معنی‌دار دارد که به علت اثر آنتاگونیستی کود نیتروژن و ازتوباکتر می‌باشد. سطوح بالای کود باعث عدم فعالیت باکتری در تثبیت نیتروژن خاک می‌شود (امیرهنده و همکاران ۲۰۱۲). برخی مطالعات نشان می‌دهد افزایش میزان نیتروژن تا حدی درصد نیکوتین را زیاد می‌کند به طور مثال با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین درصد نیکوتین به دست آمد (راکمن ۱۹۹۰). اما در بررسی دیگر افزایش نیتروژن موجب کاهش نیکوتین گردید.

کود نیتروژن به همراه ازتوباکتر، غلظت نیکوتین موجود در برگ توتون را به طور معنی‌داری افزایش داد که مطابق است با نتیجه‌ی جو و همکاران (۲۰۰۸). حقیقی و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر کاربرد کود نیتروژن و پتاسیم را بر روی درصد نیکوتین برگ معنی‌دار گزارش کردند. قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲)، نیز نتایج مشابهی را روی توتون گزارش کردند. به نظر می‌رسد کودهای زیستی در سطوح پایین نیتروژن توانستند فراهمی نیتروژن را اطراف ریشه افزایش و به تبع آن منجر به افزایش ترکیبات آلکالوئیدی از جمله نیکوتین برگ گردند. ممکن است دلیل اینکه ازتوباکتر کرکوکوم تنها در سطوح پایین نیتروژن اثر معنی‌دار دارد که به علت اثر آنتاگونیستی کود نیتروژن و ازتوباکتر باشد. سطوح بالای کود باعث عدم فعالیت باکتری در تثبیت نیتروژن خاک از دلایل دیگری که سطوح بالای کود نیتروژن نتوانست نیکوتین را افزایش دهد این است که

جدول ۵- تجزیه واریانس تاثیر تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بر صفات کمی و کیفی گیاهان توتون رقم PVH19

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|--------------|------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل کل | کاروتنوئید کل |
| بلوک | ۲ | ۰/۱۲* | ۰/۰۴۷ ^{ns} | ۰/۰۵۴ ^{ns} | ۰/۰۲۶ ^{ns} |
| تیمار | ۱۰ | ۱/۵۸** | ۰/۳۴** | ۲/۷۱** | ۰/۰۷۱** |
| خطای آزمایشی | ۲۰ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۵۳ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۱۰ |

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|---|------------------|
| ۳/۳۹ | ۶/۲۳ | ۲/۷۶ | ۷/۲۷ | ۲/۶۱ | - | ضریب تغییرات (%) |
|------|------|------|------|------|---|------------------|

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد میباشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های صفات کمی و کیفی در سطوح مختلف تیمارهای آزمایشی

| تیمار | نیکوتین برگ (%) | کلروفیل a (mg.ml ⁻¹) | کلروفیل b (mg.ml ⁻¹) | کلروفیل کل (mg.ml ⁻¹) | کاروتنوئید کل (mg.ml ⁻¹) |
|--|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| F ₀ +B ₀ | ۱/۰۳ ^g | ۱/۰۲ ^g | ۰/۴۷ ^d | ۱/۵۰ ^d | ۰/۴۹ ^c |
| F _{K100} +F _{N100} | ۱/۲۷ ^{ef} | ۱/۷۴ ^f | ۰/۹۱ ^{bcd} | ۲/۶۶ ^c | ۰/۵۱ ^c |
| F _{N100} +F _{K75} +B _K | ۱/۳۸ ^e | ۲/۲۲ ^{def} | ۰/۸۰ ^{bcd} | ۳/۰۳ ^c | ۰/۹۵ ^a |
| F _{N100} +F _{K50} +B _K | ۱/۶۱ ^d | ۱/۹۴ ^{ef} | ۰/۹۸ ^{abcd} | ۲/۹۳ ^c | ۰/۷۸ ^{abc} |
| F _{K100} +F _{N75} +B _N | ۱/۹۱ ^c | ۲/۴۳ ^{cde} | ۰/۶۰ ^{cd} | ۳/۰۴ ^c | ۰/۸۸ ^{ab} |
| F _{K100} +F _{N50} +B _N | ۱/۷۴ ^d | ۲/۶۲ ^{bcd} | ۱/۳۵ ^{ab} | ۳/۹۷ ^{ab} | ۰/۶۷ ^{abc} |
| F _{N75} +B _N +F _{K75} +B _K | ۲/۸۷ ^a | ۲/۴۸ ^{dc} | ۱/۲۷ ^{abc} | ۳/۷۶ ^b | ۰/۷۸ ^{abc} |
| F _{N75} +B _N +F _{K50} +B _K | ۲/۳۴ ^b | ۳/۲۹ ^a | ۱/۳۰ ^{ab} | ۴/۶۰ ^a | ۰/۹۲ ^{ab} |
| F _{N50} +B _N +F _{K75} +B _K | ۱/۷۰ ^d | ۲/۹۳ ^{abc} | ۱/۶۱ ^a | ۴/۵۵ ^a | ۰/۶۴ ^{bc} |
| F _{N50} +B _N +F _{K50} +B _K | ۲/۴۲ ^b | ۳/۴۵ ^a | ۰/۸۹ ^{bcd} | ۴/۳۴ ^{ab} | ۰/۸۶ ^{ab} |
| B _K +B _N | ۱/۲۱ ^f | ۳/۱۲ ^{ab} | ۰/۹۱ ^{bcd} | ۴/۰۴ ^{ab} | ۰/۷۴ ^{abc} |

وجود حداقل یک حرف مشترک برای هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح تیماری در سطح احتمال ۵ درصد بر طبق آزمون توکی است.

F₀: بدون کود شیمیایی / F_N: درصد کود شیمیایی نیتروژن / F_K: درصد کود شیمیایی پتاسیم / B_K: کود زیستی پتابارور ۲ / B_N: کود زیستی ازتوبارور / B₀: بدون کود زیستی.

جدول ۷- مقایسات بین گروهی تیمارهای کودی از نظر صفات کمی و کیفی گیاهان توتون رقم PVH19

| صفات | df | نیکوتین برگ | کلروفیل a | کلروفیل b | کلروفیل کل | کاروتنوئید کل |
|--------------------|----|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| بلوک | ۲ | ۰/۰۰۴۶ ^{ns} | ۰/۱۲ [*] | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۵۴ ^{ns} | ۰/۰۲۶ ^{ns} |
| تیمار | ۱۰ | ۰/۹۸۲ ^{**} | ۱/۵۸ ^{**} | ۰/۳۴ ^{**} | ۲/۷۱ ^{**} | ۰/۰۷۱ ^{**} |
| مقایسه گروه A با B | ۱ | ۰/۰۰۴۸ ^{ns} | ۲/۸۷ ^{**} | ۰/۰۰۰۳۴ ^{ns} | ۲/۸۵ ^{**} | ۰/۰۷۵ ^{**} |
| مقایسه گروه A با C | ۱ | ۰/۶۲ ^{**} | ۱/۲۳ ^{**} | ۰/۰۰۷۴ ^{ns} | ۱/۴۳ ^{**} | ۰/۱۳ ^{**} |
| مقایسه گروه A با D | ۱ | ۰/۱ ^{**} | ۰/۲۳ ^{**} | ۰/۰۰۰۹ ^{ns} | ۰/۲ [*] | ۰/۲۴ ^{**} |
| مقایسه گروه A با E | ۱ | ۲/۷۶ ^{**} | ۴/۰۴ ^{**} | ۰/۳۱ [*] | ۶/۵۵ ^{**} | ۰/۱۹ ^{**} |
| مقایسه گروه B با C | ۱ | ۰/۷۶ ^{**} | ۰/۷۱ ^{**} | ۰/۰۰۸۶ ^{ns} | ۰/۵۶ ^{**} | ۰/۰۰۲۸ ^{ns} |
| مقایسه گروه B با D | ۱ | ۰/۱۶ ^{**} | ۲/۱۶ ^{**} | ۰/۰۰۰۵۴ ^{ns} | ۲/۲۳ ^{**} | ۰/۰۳۲ ^{**} |
| مقایسه گروه B با E | ۱ | ۳/۰۲ ^{**} | ۰/۰۱ ^{ns} | ۰/۳ [*] | ۰/۱۷ [*] | ۰/۰۰۸۱ ^{ns} |
| مقایسه گروه C با D | ۱ | ۰/۳۳ ^{**} | ۰/۵۸ ^{**} | ۰/۰۲ ^{ns} | ۰/۸۲ ^{**} | ۰/۰۲۳ ^{ns} |
| مقایسه گروه C با E | ۱ | ۱/۰۲ ^{**} | ۱/۰۴ ^{**} | ۰/۳۴ ^{**} | ۲/۵۹ ^{**} | ۰/۰۰۱۶ ^{ns} |
| مقایسه گروه D با E | ۱ | ۲/۸ ^{**} | ۳/۶۴ ^{**} | ۰/۵۶ ^{**} | ۷/۰۸ ^{**} | ۰/۰۱۸ ^{ns} |
| خطای آزمایش | ۲۰ | ۰/۰۰۲۱ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۵۳ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۱ |

| ضریب تغییرات (%) | - | ۲/۶۱ | ۷/۲۷ | ۵/۲۲ | ۶/۱۲ | ۳/۳۹ |
|------------------|---|------|------|------|------|------|
|------------------|---|------|------|------|------|------|

MS، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد. A- استفاده کامل کود شیمیایی B- استفاده کامل کود زیستی C- تلفیق ازتوبارور + سطوح مختلف کود نیتروژن D- تلفیق پتابارور ۲ + سطوح مختلف کود پتاسیم E- تلفیق ازتوبارور + پتابارور ۲ + سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم.

رشد در گیاه موز گزارش کرده‌اند. پژوهشگران دیگری دلیل افزایش کلروفیل را در پی تلفیق با باکتری‌های افزاینده‌ی رشد اینگونه بیان نمودند که کلروفیل با آهن همبستگی مثبت دارد، و در اثر مایه‌زنی باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، جذب آهن در پی تولید سیدروفورها افزایش یافته و این امر منجر به افزایش ساخت کلروفیل شده است (تونیس و همکاران ۲۰۱۰). در آزمایش محسن زاده (۲۰۰۰) بیشترین درصد کلروفیل در توتون در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. در پژوهش خرمدل و همکاران (۲۰۱۰) به افزایش رنگدانه‌ها با افزودن کود زیستی اشاره دارد اثر کودهای زیستی بر افزایش محتوای کلروفیل برگ، اساساً از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت می‌پذیرد، که از یک سو باعث فراهمی پیشسازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به عنوان پیش-سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست خواهد شد (آریشا و برادسیسی ۱۹۹۹). به نظر می‌رسد دلیل افزایش سبزیگی برگ‌های گیاه در شرایط کاربرد هم زمان این کودها نتیجه افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه به خصوص نیتروژن است زیرا هنگامی که گیاه مواد غذایی بیشتری در اختیار داشته باشد روی میزان رشد آن اثر مثبت داشته و درصد کلروفیل آن افزایش می‌یابد.

سطوح تیماری بر محتوای کاروتنوئید برگ تاثیر معنی-داری داشت (جدول ۵). بیش‌ترین میزان کاروتنوئید برگ در سطح تیماری ۱۰۰٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + تیمار کود زیستی پتابارور ۲ معادل ۰/۹۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود که البته با تیمارهای شاهد بدون کود، شاهد کودی و ۵۵٪ نیتروژن + ۷۵٪ پتاسیم + پتابارور

انجام واریانس داده‌ها مربوط به مقدار کلروفیل کل برگ نشان داد که تیمارها توانستند در سطح یک درصد تاثیر معنی‌داری بر صفت مزبور داشته باشند (جدول ۵) و تیمار ۷۵٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + تیمار کود زیستی پتابارور ۲ + ازتوبارور بیشترین کلروفیل کل را به میزان ۴/۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر دارا بود (جدول ۶). مقایسات گروهی بین گروه‌های تیماری مختلف نشان داد که بین همه‌ی گروه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). کلروفیل و نیتروژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند و به همین دلیل از میزان کلروفیل برای تعیین وضعیت نیتروژن در گیاهان استفاده می-شود و می‌توان با اندازه گیری کلروفیل، وضعیت نیتروژن را در گیاه بدست آورد (اسکارف و همکاران ۲۰۰۶) در آزمایشی مشابه کاربرد کود نیتروژن و پتاسیم روی محتوای کلروفیل برگ در توتون رقم PVH₁₉ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (قلی‌زاده و همکاران ۲۰۱۲). فراهمی عناصر معدنی نظیر آهن، منیزیم و منگنز با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی می‌تواند یکی از دلایل افزایش کلروفیل برگ در این تیمارها باشد. با توجه به نقش کلیدی عناصری مانند نیتروژن، آهن و منیزیم در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد تامین این عناصر دلیل اصلی افزایش کلروفیل برگ باشد. همبستگی مثبت بین افزایش فراهمی نیتروژن و میزان کلروفیل برگ در مطالعات مختلفی گزارش شده است (دینگ و همکاران ۲۰۰۵). تحقیقات انجام گرفته روی توتون بارلی نشان داده که کاربرد کود نیتروژن تاثیری در افزایش عملکرد نداشته است اما کلروفیل و کاروتنوئید برگ رو به افزایش گذاشت (اتکینسون و همکاران ۲۰۰۷). باشان و همکاران (۲۰۰۴) افزایش میزان کلروفیل گیاه را به وسیله باکتری‌های افزاینده

نتیجه گیری کلی

کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر به صورت ترکیبی با باکتری *سودوموناس* به علت اثرات سینرژیستی دو باکتری بر روی یکدیگر باعث بهبود مضاعف رشد گیاه شد. در تحقیق حاضر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و همچنین تلفیق آنها سبب افزایش عملکرد شد، ولی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به همراه ۵۰ درصد کودهای شیمیایی کامل نه تنها بیشترین عملکرد را تولید نمود، بلکه باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی تا میزان ۵۰ درصد شد. با توجه به نتایج این آزمایش به منظور افزایش صفات کمی و کیفی گیاه توتون رقم PVH19 تیمار ۵۰٪ نیتروژن + ۵۰٪ پتاسیم + پتابارور ۲ + ازتوبارور نسبت به بقیه تیمارها در شرایط آب و هوایی شهرستان رشت پیشنهاد می‌شود.

+ ازتوبارور (به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۵۱، ۰/۵۱ و ۰/۶۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) اختلاف معنی‌داری داشت اما با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۶). در آزمایشی تاثیر کود زیستی نیتروژن را بر درصد کاروتنوئید برگ گیاه دارویی همیشه بهار مثبت اعلام کردند (جعفرزاده و همکاران ۲۰۱۴). در بررسی ملکی و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد *سودوموناس* و ازتوباکتر در تیمارهای تلفیقی میزان کاروتنوئید برگ و بذر ذرت شیرین را نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشتند. در آزمایشی بر روی گیاه گلرنگ تیمار کودی *سودوموناس* میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئید را در گیاه نسبت به تیمار شیمیایی و شاهد افزایش داد (حشمتی و همکاران ۲۰۱۶).

منابع مورد استفاده

- Abdul Jaleel C, Manivannan P, Sankar B, Kishorekumar A, Gopi R, Somasundaram R and Panneerselvam R. 2007. *Pseudomonas fluorescence* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress, *Biointerfaces*, 60:7-11.
- Amirhandeh MS, Nosratabad AF, Norouzi M and Harutyunyan S. 2012. Response of coker (flue-cured) tobacco (*Nicotiana tabacum*) to inoculation with *Azotobacter chroococcum* at various levels of nitrogen fertilization. *Australian Journal of Crop Science*, 6(5):861-868.
- Arisha HM and Bradisi A. 1999. Effect of mineral fertilizers and organic fertilizers on growth, yield and quality of potato under sandy soil conditions, *Zagazig Journal Agriculture Resarch*, 26:391-405.
- Ashrafuzzaman M, Hossen FA, Ismail MR, Hoque A, Islam MZ, Shahidullah SM and Meon S. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth, *African Journal of Biotechnology*, 8(7):1247-1252.
- Askary M, Mostajeran A, Amooaghaei R and Mostajeran M. 2009. Influence of the co-inoculation *Azospirillum brasilense* and rhizobium meliloti plus 2,4-D on grain yield and N,P,K content of *Triticum aestivum* (Cv. Baccros and Mahdavi), *Agriculture Environmental Science*, 5:296-307.
- Atkinson WO, Byers B and Fuqua JE. 2007. The influence of nitrogen fertilization, plant population and irrigation on yield and value of burley tobacco and returns above added costs, *Tobacco Science*, 15:7-10.
- Azimi SM, Farnia A, Shaban M and Lak M. 2013. Effect of different biofertilizers on seed yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) bahman cultivar, *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(5):538-546.
- Bailey WA. 2014. Effect of nitrogen rate on growth, yield, quality and leaf chemistry of dark tobacco, *Tobacco Science*, 47(3):13-22.
- Bashan Y, Holguin G and De-Bashan LE. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003), *Canadian Journal of Microbiology*, 50(8):521-577.

- Bastami A and Majidian M. 2016. Effects of mycorrhiza, phosphatic biofertilizer on photosynthetic pigments and yield in coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Plant Productions, 38(4):49-60. (In Persian).
- Biyari A, Gholami A and Asadi rahmani B. 2007. Sustainable production and improvement of corn nutrient uptake in response to seed inoculation by growth stimulating bacteria. Proceeding of the Second Iranian National Conference on Ecological Agriculture Gorgan, Gorgan, Iran. (In Persian).
- Cakmaki R, Kantar F and Sahin F. 2001. Effect of N₂ fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 164(5):527-531.
- Carlot M, Giacomini A and Casella S. 2002. Aspect of plant-microbe interactions in heavy metal polluted soil, Acta Biotechnologica, 22:13-20.
- Chaplin JFA and Miner GS. 1980. Production factors affecting chemical components of the tobacco leaf, Reserch advances in Tobacco Science, 14(2):121-129.
- Chawla HS. 2003. Plant biotechnology a practical approach, Science Publishers Inc, USA.
- Cheema MA, Malik MA, Hussain A, Shah SH and Basra SMA. 2001. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola (*Brassica napus* L.), Journal of Agronomy and Crop Science, 186(2):103-110.
- Collins WK and Hawks SN. 1993. Principles of flue-cured tobacco production, Hawks and Collins, London.
- Cong PT, Dung TD, Hien NT, Choudhury A, Rose MT, Kecsskes ML, Deaker R and Kennedy IR. 2011. Effects of a multistrain biofertilizer and phosphorus rates on nutrition and grain yield of paddy rice on a sandy soil in southern Vietnam, Journal Plant Nutrition, 34:1058-1069.
- Ding L, Wang KJ, Jiang GM, Biswas DK, Xu H, Li LF and Li YH. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years, Annals of Botany, 96(5):925-930.
- Emam A. 1996. Methods of plant analysis. Technical Journal of Soil and Water Research Institute. Agricultural Reserch, Education and Extension Organization. No: 982. 28-58 P. (In Persian).
- Fankem H, Laurette NN, Deubel A, Quinn J, Merbach W and Etoa FX. 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon, African Journal of Microbiology Research, 2:171-178.
- Farrokh AR, Azizov I, Farrokh A, Esfahani M, Ranjbar Choubeh M and Kavooosi M. 2011. The effect of nitrogen and potassium fertilizers on the wet and dry weights of flue cured tobacco components, cultivar Coker 347, International Journal of AgriScience, 1(5):275-282.
- Gholizadeh R, Mohammadian Roshan N, Sadeghi SM and Dorodian H. 2012. Study effects of different nitrogen and potassium fertilizers application amounts on quantitative and qualitative characteristics of tobacco in Talesh region, Annals of Biological Research, 3(11):5323-5349.
- Giridhar K, Chandrasekhara RC and Ramakrishan S. 2007. Evaluation of organic manures and nitrogen levels for yield and quality and root knot nematode management in FCV tobacco in Karnataka, Tobacco Reserch, 29:1-7.
- Haghighi H, Sam Daliri M, Mobaser HR and Abbas Moosavi A. 2011. Effect of different nitrogen and potassium fertilizer levels on quality and quantity yield of flue-cured tobacco (Coker 347), World Applied Science Journal, 15(7):941-946.
- Han HS and Lee KD. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber, Plant Soil and Environment, 52(3):130-136.
- Heshmati S, Amini Dehaghi M, Reza zadeh A and Fathi Amir khiz K. 2016. Study the effect of different phosphorus fertilizers on physiological characteristic of photosynthetic pigments and soluble sugars of safflower under water deficit condition. Iranian Journal of Field Crops Research, 14(2):304-317. (In Persian).

- Jabbarzada A and Moshtaghi M. 2013. Determination of potassium critical level for tobacco male sterile cultivar PVH₁₉ in Guilan Province cultivation area soils as pot study. Research record of Iran Tobacco Company. Rasht Tobacco Research Center. (In Persian).
- Jafarzadeh L, Omid, H and Bostani AA. 2014. The study of drought stress and biofertilizer of nitrogen on some biochemical traits of marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). Journal of Plant Research, 2:180-193. (In Persian).
- Janardhan KV, Janakiraman N, Nataraju SP and Subramaniam KP. 1989. Nitrogen and potassium nutrition of flue-cured tobacco in transitional light soils of Karnataka, Regional Research Station Navile Shimoga, 577201.
- Jones DL and Darrah PR. 1996. Re-sorption of organic compounds by roots of corn (*Zea mays* L.) and its consequences in the rhizosphere, Plant and Soil, 178(1):153-160.
- Ju XT, Chao FC, Li CJ, Jiang RF, Christie P and Zhang FS. 2008. Yield and nicotine content of flue-cured tobacco as affected by soil nitrogen mineralization, Pedosphere, 18(2):227-235.
- Kapoor R, Giri B and Mukerji KG. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague), World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18(5):459-463.
- Khoramdel S, Ghafori A, Rezvani moghadam P and Nasiri mahalati M. 2010. Evaluation of different irrigation regimes combined with biological fertilizer application on grain yield and sesame chlorophyll content. First National Conference on Sustainable Agriculture and Healthy Product Production. Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center. Isfahan, Iran. (In Persian).
- Kumar V and Ahlawat IPS. 2006. Effect of biofertilizer and nitrogen on wheat (*Triticum aestivum*) and their after effects on succeeding maize (*Zea mays*) in wheat-maize cropping system, Indian Journal of Agricultural Science, 76(8): 465-468.
- Mahdavi AA and Golizadeh AA. 2007. Investigation of branch congestion effects and different fertilization levels on quantity and quality particular, Publishing's of Central, Tobacco Research Tirtash, Tobacco Number 326 K, 30 P. (In Persian).
- Mahfouz SA and Sharaf-Eldin MA. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), International Agrophysics, 21(4):361-366.
- Maleki Narg M, Balouchi HR, Farajee H and Yadavi AR. 2013. The effect of nitrogen and phosphorus chemical and biological fertilizers on grain yield and qualitative traits of sweet corn. Agricultural Science and Sustainable Production. 23(3):89-104. (In Persian).
- Menbari S, Alizadeh Salte S, Bolandnazar SA and Sarikhani MR. 2018. Effect of potabarvar and sinorhizobium on morphological characteristics and absorption of some nutrients in Fenugreek. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(2):151-165. (In Persian).
- Mansour Ghanaei Pashaki K, Mohsenabadi Gh, Majidian M and Fallah Nosratabad AR., 2017. Investigation of effects different methods of soil nutrition management on yield and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in lahijan. Journal of Crop Production and Processing, 22(6):47-59. (In Persian).
- Maw BW, Stansell JR, and Mullinix BG. 2009. Soil plant water relationships for flue cured tobacco, The University of Georgia. Research Bulletin 427.
- Mengel K. 2007. Potassium, 91–120. In: Barker AV and Pilbeam DJ. (Eds.). Handbook of Plant, CRC Press, Taylor and Francis Group, Broken Sound Parkway NW Nutrition, Boca Raton.
- Mirzaei M, Maleki A and Maleki R. 2007. Effect of phosphate biofertilizer and different amounts of phosphorus fertilizer on yield and yield components of wheat. 10th Iranian Soil Science Congress. 157 P. (In Persian).
- Mohsen zadeh R. 2000. Investigation of morphological and physiological parameters of six tobacco cultivars related to economical yield and quality. Master of Science, Thesis Mashhad Univerdity. (In Persian).

- Moshtaghi M. 2014. Potassium fertilizer recommendation for tobacco male-sterile cultivar PVH₁₉ in Guilan province. Research record of Iran Tobacco Company. Rasht Tobacco Research Center. (In Persian).
- Pakdel M, Maleki A, Normohamadi, GH and Fazel S. 2011. Effects of *Azotobacter* and *Pseudomonas* on yield and yield components in bread wheat under normal and drought stress, *Research in Agricultural Science*, 3(11):107-121.
- Radfar D. 1981. Methods of decomposition of various substances in tobacco and smoke. Urmia Tobacco Institute. 8-12 P. (In Persian).
- Rahimi A, Mehrafarin A, Naghdi Badi H and Khalighi Sigaroodi F. 2013. Effects of bio-stimulators and bio-fertilizers on morphological traits of basil (*Ocimum bacilicum L.*), *Annals of Biological Research*, 4 (5):146-151.
- Roesti D, Gaur R, Johri BN, Imfeld G, Sharma S, Kawaljeet K and Aragno M. 2006. Plant growth stage fertiliser management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields, *Soil Biology and Biochemistry*, 38(5):1111-1120.
- Saberi H, Mosenabadi GH, Majidian M and Ehteshami SM. 2015. Integrated application of biological and chemical fertilizers on bean (*Phaseolus vulgaris*) under Rasht climate condition. *Iranian Journal of Pules Research*. 6(1):21-31. (In Persian).
- Salehzade H, Mogaddam AF, Bernosi I, Ghiyasi M and Amini P. 2009. The effect of irrigation regimes on yield and chemical quality of oriental tobacco in west Azerbaijan, *Research Journal of Biological Sciences*, 4(5):632-636.
- Sarikhani MR and Amini R. 2020. Biofertilizer in sustainable agriculture: Review on the researches of biofertilizers in Iran, *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(1):329-365. (In Persian).
- Sazegar P. 1991. General tobacco chemistry. Tirtash Tobacco Research Institute. 24-26 P.
- Scharf PC, Brouder SM and Hoefl RG. 2006. Chlorophyll meter readings can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA, *Agronomy Journal*, 98(3):655-665.
- Shata SM, Mahmoud A and Siam S. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer, *Resarch Journal of Agriculture Biology Science*, 3:733-739.
- Singh SS. 1998. Crop management under irrigation and rainfed conditions, 3rd Revised Edition, Kalyani Publishers, New Dehli.
- Sokhangoy SH and Ansar K. 2012. Effect of bio-fertilizers on performance of Dill (*Anethum graveolens L.*), *Iranian Journal of Plant Physiology*, 2(4):552-547. (In Persian).
- Spaepen S, Dobbelaere S, Croonenborghs A and Vanderleyden J. 2008. Effects of *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid production on inoculated wheat plants, *Plant and Soil*, 312(2):15-23.
- Swedrzynska D and Sawicka A. 2000, Effect of inoculation with *azospirillum brasilense* on development and yield of maize (*Zea mays ssp. saccharata L.*) under different cultivation conditions, *Polish Journal of Environmental Studies*, 9(6):505-509.
- Theunissen J, Ndakidemi PA and Laubscher CP. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production, *International Journal of Physical Science*, 5(13):1964-1973.
- Tso TC. 2005. Production, physiology and biochemistry of tobacco plant, Institute of international development and education in agricultural and life sciences, New York, USA.
- Tso TC. 1990. Interrelationship among plant leaf smoke, production, physiology, and biochemistry of tobacco plant. IDEALS, Inc., Beltsville.

- Welch SA, Barker WW and Banfield JF. 1999. Microbial extracellular polysaccharides and plagioclase dissolution, *Geochemical Cosmochimica Acta*, 63(9):1405-1419.
- Woltz WG, Reid WA and Colwell WE. 1984. Sugar and nicotine in cured bright tobacco as related to mineral element composition, *Soil Science Society American*, 13:385–387.
- Zamani P. 2010. Tobacco agronomy and curing, First print. Publishing of Tehran, Behandishan, 164 Pp (In Persian).
- 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*, 8(2):18-25.
- Zhang H, Daoust F, Charles TC, Driscoll BT, Prithiviraj B and Smith DL. 2002. Mutants allowing improved soybean yield in short season areas with cool spring soil temperatures, *Crop science*, 42(4):1186-1190.