علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۵۱۷-۴۹۷)

تأثیر ترکیب تغذیهٔ تلفیقی بر غلظت عناصر N، P و K، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد کاسه‌های گل چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

رقیه محمدپور وشوایی[1*]، احمد قنبری[2] و براتعلی فاخری[3]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل
۲. استاد زراعت، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل
۳. دانشیار اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱/۹)

چکیده

به منظور ارزیابی اثرگذاری‌های کودهای شیمیایی و زیستی بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد کاسه‌های گل چای ترش (مکّی)، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. عامل اصلی شامل کودهای شیمیایی با سه سطح فسفر، نیتروژن و NPK و عامل فرعی شامل کود زیستی با پنج سطح نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات، قارچ‌ریشه (میکوریزا) و بدون کاربرد کود زیستی بودند. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ مرکب دو سال زراعی نشان داد که تأثیر تیمار کودهای شیمیایی و زیستی بر همهٔ صفات مورد بررسی معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود. تأثیر برهمکنش کودهای شیمیایی و زیستی برای همهٔ صفات مورد بررسی به جز میزان نیتروژن، پروتئین و فسفر برگ معنی‌دار شد. بیشترین میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ، میزان پروتئین برگ و کاسبرگ، میزان پتاسیم کاسبرگ، محتوای آنتوسیانین کاسبرگ، محتوای ویتامین C کاسبرگ، میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ و عملکرد کاسه‌های گل در تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK با کود زیستی نیتروکسین به‌دست آمد. بیشترین میزان فسفر برگ و کاسبرگ در تیمار کود شیمیایی NPK در تلفیق با کود زیستی سوپربیوفسفات به‌دست آمد. بنابراین با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی، کاربرد کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی برای بهبود کارایی کاربرد کودهای شیمیایی در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: چای مکّی، کود زیستی، کود شیمیایی، گیاهان دارویی.

مقدمه

چای ترش یا چای مکّی (*Hibisicus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی یکسالهٔ چهارلاد (تتراپلوئید) ۲n=۴x=۷۲ (Akpan, 2000) متعلق به خانوادهٔ ختمی (Malvaceae) است که در کشورهای مختلف به نام‌های Roselle، Karkade، Sorrel، Sour-Sour و Jelly (El Naim & Ahmed, 2010; Mahadevan *et al*., 2009) معروف است. این گیاه به احتمال بومی آسیا (هند و مالزی) (Mahadevan *et al*., 2009) و یا نواحی گرمسیری افریقا (Tounkara *et al*., 2011)

* تلفن: ۰۹۱۱۳۵۴۵۷۲۶
E-mail: ro_mohammadpour@yahoo.com

بوده و هم اکنون در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان (Mahadevan *et al*., 2009; Mohamed *et al*., 2012) برای استفاده از برگ‌ها، کاسبرگ‌ها، بذرها و فیبر (Futuless *et al*., 2010; Louis *et al*., 2013) کشت و کار می‌شود. چای ترش به واسطهٔ داشتن خواص دارویی و استفاده در غذاهای محلی و صنعتی، در پاره‌ای از کشورهای جهان در زمرهٔ مهم‌ترین گیاهان زراعی به‌شمار می‌آید (Sanoussi *et al*., 2011). کاسبرگ‌ها مهم‌ترین قسمت قابل بهره‌برداری این گیاه بوده که ممکن است به رنگ سبز، قرمز یا قرمز تیره باشند (Schippers, 2000). کاسبرگ‌های سبز برای تهیهٔ خورش سبزی (Babalola, 2000) و کاسبرگ‌های قرمز و قرمز تیره برای ساخت نوشیدنی‌ها، ژله، مربا، سس، چاشنی، رنگ، عطر، نگهدارنده، آب‌میوه و چای (Egharevba & Law-Ogbomo, 2007; Ismail *et al*., 2008; Louis *et al*., 2013) استفاده می‌شوند. چای ترش یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین گیاهان داروئی با خواص چندگانه است. برگ‌های این گیاه نرم‌کننده بوده و به عنوان ادرارآورنده یا مدر، سردکننده (مبرّد) و آرام‌بخش استفاده می‌شود (Anhwange *et al*., 2006). در طب سنتی از کاسبرگ‌های آن برای درمان فشار خون، ضایعات کبدی (Leucocyte infiltration، التهاب و بافت‌مردگی یا نکروزه)، سرطان، تب و بیماری‌های التهابی استفاده می‌شود (Ibrahim & Hssein, 2006; Louis *et al*., 2013). دانه‌های آن به عنوان مدر، ملین، تقویت‌کننده (Duke, 1985) و درمان ناتوانی (Perry, 1980) استفاده می‌شود. گل‌های چای ترش دارای آنتوسیانین، فلاونویید و پلی‌فنل است (Tzu-Li Lin *et al*., 2007). گلبرگ‌های آن منبع بالقوهٔ خوبی از عامل‌های ضداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) همچون آنتوسیانین و اسید اسکوربیک است (Prenesti *et al*., 2007). کاسبرگ‌های این گیاه منبع غنی از فیبر، ویتامین، عناصر غذایی و ترکیبات زیستی فعال از جمله اسیدهای آلی، فیتواسترول‌ها و پلی‌فنل‌ها بوده که پاره‌ای از آنها ویژگی ضداکسندگی دارند. کاسبرگ‌های این گیاه منبع ارزان ویتامین C (نُه برابر پرتقال) است (Ismail *et al*., 2008; Babajide *et al*., 2004). محتوای فنلی چای ترش در اصل آنتوسیانین‌های Delphinidin-3-glucoside، Sambubioside و Cyanidin-3-sambubioside بوده که ویژگی ضداکسندگی دارند (Aurelio *et al*., 2007). دانهٔ چای ترش منبع ارزشمندی از پروتئین، چربی و کالری بوده و به عنوان خوراک ماهی و حیوانات خانگی استفاده می‌شود (Mukhtar, 2007). برگ‌های این گیاه دارای عناصر کانی، فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم بوده و به عنوان سبزی مصرف می‌شود (Mukhtar, 2007; Atta *et al*., 2010). در هند از این گیاه برای تهیهٔ فیبری همچون فیبر کنف استفاده می‌شود (Babatunde & Mofok, 2006).

عناصر غذایی موجود در خاک نقش مهمی در تعیین میزان رشد و عملکرد گیاه و همچنین بهبود کیفیت محصول تولیدی دارند. عنصر نیتروژن بخش اصلی بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک بوده و قسمتی از سبزینه (کلروفیل) را نیز تشکیل می‌دهد و در فرایندهای نورساخت (فتوسنتز) و افزایش سطح برگ تأثیر مستقیم دارد. این عنصر از طریق نمو و تغییر سرعت تولید برگ و پنجه‌زنی تأثیر غیرمستقیم بر رشد گیاهان خواهد داشت و در بیشتر موارد، کاهش آن باعث کاهش رشد گیاهان سبز می‌شود (Ojaqhlo, 2007). این عنصر با تأثیری که بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارد، باعث تغییر در عملکرد محصول شده و کمّیت و کیفیت مادهٔ مؤثرهٔ گیاهان دارویی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Griffe *et al*., 2003). فسفر نیز پس از نیتروژن مهم‌ترین عنصر مورد نیاز برای تولید محصول است. فسفر در همهٔ فرایندهای بیوشیمیایی، واکنش‌های انتقال انرژی، نورساخت و انتقال ویژگی‌های ژنتیکی (انتقال پیام‌ها) نقش دارد (Kumar *et al*., 2009). پتاسیم عنصر دیگری است که وظیفهٔ عمدهٔ آن، فعال‌سازی سامانه‌های آنزیمی مختلف است. بنابراین، پتاسیم در چندین مرحله از ساخته شدن پروتئین دخالت دارد و به همین علت گردش نیتروژن و ساخته شدن پروتئین در گیاهان به میزان پتاسیم بستگی دارد (Besford & Maw, 1976). کشاورزان همواره تلاش می‌کنند تا با رفع

کمبود عناصر غذایی خاک و با مدیریت بهینهٔ تولید، عملکرد گیاهان را به حد ظرفیت بالقوهٔ آنها برسانند. به این منظور به کاربرد کودهای شیمیایی روی آورده‌اند، ولی تنگناهای اقتصادی ناشی از افزایش هزینهٔ کودهای شیمیایی و همچنین چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه و غیراصولی این کودها (Rezvantalab *et al.*, 2008; Wu *et al.*, 2005)، همواره موجب نگرانی کارشناسان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی بوده است. برای دستیابی به توسعهٔ پایدار در کشاورزی و تحقق هدف‌های پیش‌بینی‌شده در این راستا استفاده از راهکارهای مناسب برای تأمین نیاز غذایی گیاه ضروری خواهد بود. به همین دلیل در سال‌های اخیر، توصیه به کاربرد کودهای زیستی (بیولوژیک) متداول شده است که در نهایت می‌تواند ضمن بهبود بازدهٔ محصولات و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، امنیت غذایی و حفظ محیط‌زیست را نیز به دنبال داشته باشد (Sokhan Sanj, 2001; Bockman, 1997). از سویی گرایش به تولید گیاهان دارویی و معطر در جهان رو به افزایش بوده و کشت این گیاهان بر پایهٔ کشاورزی پایدار، کیفیت آنها را تضمین کرده و احتمال اثرگذاری‌های منفی کاربرد نهاده‌های شیمیایی روی کیفیت دارویی این گیاهان را نیز کاهش می‌دهند (Gupta *et al.*, 2002).

تحقیقات زیادی در زمینهٔ کاربرد کودهای زیستی در تولید محصولات مختلف زراعی صورت گرفته است و نتایج ارزنده‌ای نیز به‌دست آمده است. Abo-Baker & Gehan (2011) در چای ترش دریافتند که اضافه کردن کودهای زیستی به ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شدهٔ کود شیمیایی به طور قابل ملاحظه‌ای میزان نیتروژن برگ را نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) افزایش داده است. افزون براین، ترکیب ۵۰ درصد کود شیمیایی با کود زیستی تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن (NFB) و یا مخلوط کودهای زیستی همین نتیجه را داده است. بالاترین میزان نیتروژن کاسبرگ از میزان توصیه‌شدهٔ کامل کود شیمیایی به همراه ترکیب کود زیستی به‌دست آمد. بیشترین میزان فسفر از ترکیب میزان توصیه‌شدهٔ کامل کود شیمیایی و کود زیستی تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن (NFB) به‌دست آمد. میزان فسفر کاسبرگ تحت تأثیر ترکیب میزان توصیه‌شدهٔ کامل کود شیمیایی و کودهای زیستی متفاوت قرار نگرفت. Hajeeboland *et al.* (2004) گزارش کردند که به دنبال تلقیح گندم با ازتوباکتر، غلظت پتاسیم و نیتروژن در اندام‌های هوایی گیاه نسبت به گیاهان تلقیح‌نشده افزایش یافت. Aseri *et al.* (2008) در تحقیقی روی درخت انار گزارش کردند که تلقیح آن با تثبیت‌کننده‌های نیتروژن (ازتوباکتر) و قارچ‌ریشه (میکوریزا)، میزان جذب عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش داد. Rawia *et al.* (2006) نشان دادند که تلقیح با آزوسپریلیوم، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم را به طور معنی‌داری در برگ و گل آذین گیاه *Celosia argentea* افزایش داد. Darzi *et al.* (2008) بیان کردند که کاربرد کود فسفات زیستی و قارچ‌ریشه غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در دانهٔ رازیانه افزایش داد. Pouryousef *et al.* (2007) نیز اظهار داشتند که کاربرد کود فسفاتهٔ بارور، غلظت فسفر را در بذر گیاه *Plantago ovata* افزایش داد. Das *et al.* (2008) در مورد جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی *Stevia rebaudiana* گزارش کردند که به دنبال کاربرد آزوسپریلیوم (تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن) و باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفر، در آغاز میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه افزایش یافت. آن‌گاه با افزایش رشد گیاه میزان این عناصر در تیمارهای ترکیبی نسبت به کاربرد آنها به صورت خالص کمتر شد که این مسئله به توانایی این باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن اتمسفری و تبدیل عناصر کم‌مصرف و پرمصرف خاک مانند فسفر، روی، مس، آهن و گوگرد از شکل غیرقابل استفاده به شکل قابل استفاده برای گیاه نسبت داده شد.

امروزه یک سوم داروهای مورد استفاده را داروهای با منشأ گیاهی تشکیل می‌دهند. نیاز روزافزون کارخانه‌های داروسازی به مادهٔ اولیه و لزوم حفظ بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی (ذخایر توارث) گیاهی، اهمیت بررسی روی کشت و فرآوری گیاهان دارویی را دوچندان کرده است. با توجه به اهمیت و

نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف و ضرورت تولید آنها در نظام‌های زراعی و لزوم مدیریت تغذیهٔ گیاهی در راستای افزایش و پایداری تولید و اهمیت کودهای زیستی در کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست و ضرورت کاهش کاربرد بی‌رویهٔ کودهای شیمیایی و بهینه‌سازی کاربرد آنها در بوم‌نظام‌های زراعی کشور، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر ترکیب تغذیهٔ تلفیقی بر جذب عناصر N، P و K، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد کاسه‌های گل چای ترش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر ترکیب تغذیهٔ تلفیقی بر جذب عناصر غذایی N، P و K، ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشک کاسه‌های گل چای ترش، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقهٔ شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا آزاد، در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی (گرم و خشک) با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، بیشینهٔ مطلق دما ۴۹ و کمینهٔ مطلق آن ۷- درجهٔ سلسیوس است. میانگین سالانهٔ رطوبت نسبی ۳۹/۲۰ درصد و میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۵۳ و ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر است. برپایهٔ نتایج آزمایش خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر، بافت خاک رسی‌سیلتی، اسیدیتهٔ ۷/۲، هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر، نیتروژن ۰/۱۷ درصد، فسفر ۱۲ppm و پتاسیم ۱۴۰ppm بود. عامل اصلی کود شیمیایی با سه سطح فسفر، نیتروژن و NPK و عامل فرعی کود زیستی با پنج سطح نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات، قارچ‌ریشه و بدون کاربرد کود زیستی بودند. کودهای شیمیایی مورد استفاده شامل ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل (۲۳ درصد P_2O_5) و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۴۸ درصد K_2O) بودند. میزان کود مورد استفاده بر پایهٔ تجزیهٔ خاک و نیاز گیاه تعیین شد. کود زیستی نیتروکسین دارای باکتری‌های محرک رشد (*PGPR*)، باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن از جنس *Azotobacter chorococum*، *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کنندهٔ فسفات از جنس *Pseudomonas sp.* با 10^8 یاختهٔ زنده در هر میلی‌لیتر، کود زیستی سوپرنیتروپلاس دارای باکتری‌های محرک رشد (*PGPR*)، تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن از جنس *Azospirillum spp.* و حل‌کنندهٔ فسفات از جنس *Pseudomonas flurescens* و *Bacillus subtillis* با 10^8 یاختهٔ زنده در هر میلی‌لیتر و کود زیستی سوپر بیوفسفات شامل دو نوع باکتری حل‌کنندهٔ فسفر از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 یاختهٔ زنده در هر گرم بود. کود زیستی قارچ‌ریشه شامل دو گونهٔ *Glomus intraradices* و *Glomus etanicatum* بودند. کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوفسفات به میزان دو لیتر در هکتار به صورت بذرمال استفاده شد. برای تلقیح قارچ‌ریشه از دو گرم از اندام فعال قارچی (شامل اسپور و ریسه یا هیف) هریک از گونه‌ها استفاده شد. کودهای زیستی استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهرآسیا (MABCO=Mehr Asia Biotechnology Company) و با اجازه و نظارت مستقیم مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب کشور تولید شده بودند. عملیات بذرمال کردن کودها، شامل قرار دادن بذرها به مدت ۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی بود و بدون فاصلهٔ زمانی پس از خشک شدن بذرها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید، اقدام به کاشت شد. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مصرف نشد.

کاشت به صورت هیرم‌کاری در تاریخ ۲۰ فروردین هر سال صورت گرفت. بدین منظور ۳-۴ بذر در هر کپه با عمق ۳ سانتی‌متر به روش جوی و پشته در

چهار ردیف ۵ متری با فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحلهٔ ۲ الی۴ برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته و با فاصلهٔ هر هفته یک بار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی صورت گرفت. همهٔ عملیات زراعی به‌طور معمول انجام شد. ویژگی‌های میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ، میزان فسفر برگ و کاسبرگ، میزان پتاسیم کاسبرگ، میزان پروتئین برگ و کاسبرگ، محتوای آنتوسیانین کاسبرگ، محتوای ویتامین C کاسبرگ، میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ و وزن خشک کاسه‌های گل در انتهای مرحلهٔ رسیدگی روی ۱۰ بوته که پس از حذف اثرگذاری‌های حاشیه به‌طور تصادفی از هر کرت گزینش شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. عملکرد کاسه‌های گل پس از حذف حاشیهٔ هر کرت از کل بوته‌ها به‌دست آمد. پس از برداشت نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها درصد عناصر اندازه‌گیری شدند. میزان پتاسیم کاسبرگ به روش Chapman & Pratt (1961)، میزان نیتروژن برگ وکاسبرگ به روش میکروکجلدال (Bremner & Mulvany, 1982) و میزان فسفر برگ و کاسبرگ به روش Jackson (1967) تعیین شدند. محتوای آنتوسیانین کاسبرگ به روش Du & Francis (1973) و محتوای ویتامین C کاسبرگ به روش Jacobs (1951) اندازه‌گیری شدند. اسیدیتهٔ کاسبرگ با توجه به روش Chemists (1970) تعیین شد. داده‌های آزمایش مورد تجزیهٔ واریانس مرکب و مقایسهٔ میانگین قرار گرفتند. مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. همبستگی‌های ساده بین صفات محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخهٔ ۹/۲ نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) صورت گرفت.

نتایج و بحث

میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ

نتایج تجزیهٔ مرکب نشان داد که میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ تحت تأثیر (P≤۰/۰۱) تیمارهای مختلف کود شیمیایی و زیستی قرار گرفتند (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین‌های اثرگذاری‌های ساده نشان داد که بالاترین میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ در تیمار کود شیمیایی NPK (به ترتیب ۱/۵۱ و ۲/۱۴ درصد) و تیمار کود زیستی نیتروکسین (به ترتیب ۱/۴۷ و ۲/۰۴ درصد) حاصل شد (جدول ۲). کمترین میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ در تیمار کود شیمیایی فسفر (به ترتیب ۰/۸۱ و ۱/۴۵ درصد) و تیمار بدون کاربرد کود زیستی (به ترتیب ۰/۸۸ و ۱/۵۱ درصد) به‌دست آمد. برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی برای میزان نیتروژن برگ غیرمعنی‌دار و برای میزان نیتروژن کاسبرگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و زیستی نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۱/۸۹ و ۲/۴۲ درصد) در تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK با کود زیستی نیتروکسین به‌دست آمد (جدول ۳). ابوباقر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) نیز در چای ترش بیان کردند که بیشترین میزان نیتروژن کاسبرگ در کاربرد میزان توصیه‌شدهٔ کامل کود شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و فسفر به‌دست آمد. تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK با کود زیستی نیتروکسین اختلاف معنی‌داری با تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK با کود زیستی سوپرنیتروپلاس برای میزان نیتروژن کاسبرگ نداشت (جدول ۳). کمترین میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۰/۶۲ و ۱/۲۹ درصد) در تیمار کود شیمیایی فسفر و بدون کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۳). کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شدهٔ NPK موجب بهبود صفات میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ شد. این نتیجه در توافق با یافته‌های ابوباقر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) در چای ترش بود. به‌طور مثال تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین نسبت تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۴۱/۰۴ و ۲۲/۸۴ درصد یا تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپرنیتروپلاس نسبت تیمار کود

شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۱۵/۶۷ و ۱۷/۷۷ درصد، صفات میزان نیتروژن برگ و کاسبرگ را بهبود بخشیدند. این مسئله گویای تأثیر مثبت کودهای زیستی بر صفات بالا بود.

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب جذب عناصر غذایی، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد کاسه گل چای ترش تحت اثرگذاری‌های کودهای شیمیایی و زیستی (سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳)

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات										
		درصد نیتروژن برگ	درصد نیتروژن کاسبرگ	درصد پروتئین برگ	درصد پروتئین کاسبرگ	درصد فسفر برگ	درصد فسفر کاسبرگ	درصد پتاسیم کاسبرگ	محتوای آنتوسیانین کاسبرگ	محتوای ویتامین C کاسبرگ	درصد اسیدیته کاسبرگ	عملکرد کاسه‌های گل
سال	۱	۰/۱۰۷۴^{ns}	۰/۱۵۴۹^{ns}	۴/۱۹^{ns}	۶/۰۵^{ns}	۰/۰۱۲۹^{ns}	۰/۰۶۹۴*	۰/۶۸۰۸^{ns}	۵۳/۹۶^{ns}	۱۷/۴۸^{ns}	۰/۰۰۳۵^{ns}	۲۰۹۷۲/۴^{ns}
بلوک (سال)	۴	۰/۰۴۳۱	۰/۰۶۲۲	۱/۶۸	۲/۴۳	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۶۵	۰/۱۱۳۵	۸۶/۶۸	۷/۰۹	۰/۰۰۱۴	۲۱۱۰۶/۸
کود شیمیایی	۲	۴/۶۷۳۵**	۴/۱۵۳۳**	۱۸۲/۵۶**	۱۶۲/۲۳**	۰/۲۵۸۹**	۱/۴۴۰۴**	۲/۴۶۷۲**	۱۴۳۰۷/۴۰**	۲۶۵/۶۶**	۰/۱۰۴۴**	۱۲۲۰۸۹۸/۳**
سال×کود شیمیایی	۲	۰/۰۱۱۱^{ns}	۰/۰۲۹۶*	۰/۴۴^{ns}	۱/۱۶*	۰/۰۰۵۴**	۰/۰۳۶۸**	۰/۰۰۳۴^{ns}	۹۹/۳۷^{ns}	۴/۰۹^{ns}	۰/۰۰۲۷^{ns}	۱۰۰۹/۱^{ns}
بلوک×کود شیمیایی (سال)	۸	۰/۰۰۶۷	۰/۰۱۲۵	۰/۲۶	۰/۴۹	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۳۱۲	۱۹۶/۹۲	۴/۰۸	۰/۰۰۱۱	۴۴۷۶/۲
کود زیستی	۴	۱/۰۶۳۲**	۰/۹۰۱۰**	۴۱/۵۳**	۱۹/۲۰**	۰/۰۵۷۸**	۰/۳۳۰۰**	۱/۱۰۲۹**	۷۵۱۳/۷۴**	۷۰/۱۰**	۰/۰۶۷۷**	۱۲۰۱۸۲۱/۸**
کود شیمیایی× کود زیستی	۸	۰/۰۰۶۶^{ns}	۰/۰۱۸۹*	۰/۲۶^{ns}	۰/۷۴*	۰/۰۰۱۳^{ns}	۰/۰۲۵۶**	۰/۰۰۳۶**	۱۰۰۷/۲۹**	۶/۶۳**	۰/۰۱۴۷**	۱۳۹۵۱/۳**
سال× کود زیستی	۴	۰/۰۱۲۷^{ns}	۰/۰۳۰۹*	۰/۵۰^{ns}	۱/۲۱*	۰/۰۰۱۰^{ns}	۰/۰۱۹۶**	۰/۰۰۲۶*	۶۶/۰۶^{ns}	۱/۶۵^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}	۱۵۶۶/۶^{ns}
سال×کود شیمیایی× کود زیستی	۸	۰/۰۱۲۸^{ns}	۰/۰۰۹۹^{ns}	۰/۵۰^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۰۰۳۱**	۰/۰۲۳۹**	۰/۰۰۳۳۱**	۲۰/۰۴^{ns}	۱/۰۷^{ns}	۰/۰۰۴۸^{ns}	۲۸۲۵/۲^{ns}
خطا	۴۸	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۸۳	۰/۲۵	۰/۳۲۵۰	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸	۱۱/۶۹	۱/۳۲	۰/۰۰۰۳	۱۴۷۵/۲
ضریب تغییرات (٪)		۷/۶۱	۵/۳۰	۷/۶۱	۵/۳۱	۵/۳۷	۵/۸۵	۱/۱۹	۴/۸۹	۴/۸۱	۳/۷۲	۳/۱۵
ضریب تبیین (٪)		۹۷/۸۶	۹۶/۹۸	۹۷/۸۶	۹۶/۹۸	۹۵/۹۷	۹۹/۱۵	۹۹/۶۵	۹۷/۶۵	۹۳/۸۲	۹۷/۵۴	۹۹/۰۶

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns، غیر معنی‌دار.

جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل، رشد نظام ریشه و فراهمی عناصر غذایی در خاک به ویژه در فراریشه (ریزوسفر) است. افزودن کودهای زیستی به خاک، نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد بستر مناسب یبرای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عناصر کانی را فراهم آورده است. کود زیستی نیتروکسین دارای مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) است. باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ ناهمزیست آزوسپیریلوم افزون بر قابلیت تثبیت نیتروژن و متعادل کردن جذب عناصر غذایی اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، با تولید مواد محرک رشد (ایندول استیک اسید، جیبرلین و سیتوکنین و غیره) و ویتامین‌های گروه ب، سبب بهبود رشد ریشه (افزایش پتانسیل ریشه‌زایی، دراز شدن ریشه‌ها و افزایش ریشه‌های جانبی) و متعاقب آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده است (Revilas *et al*., 2000; Rodriguez & Fraga, 1999; Tilak *et al*., 1982). گونه‌های مختلف جنس سودوموناس موجود در نیتروکسین با تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و با بهبودی که در میزان فسفر و تثبیت نیتروژن و افزایشی که به دنبال آن بر رشد، نمو و زیست‌تودهٔ (بیوماس) گیاه دارند، در کنار کود نیتروژن منجر به جذب بیشتر نیتروژن و افزایش نیتروژن جذبی گیاه می‌شوند. افزایش غلظت نیتروژن و تحرک رشد اندام‌های هوایی گیاه با افزایش تغذیهٔ فسفر نیز همراه است. از این رو تأثیر سودوموناس بر میزان نیتروژن به طور غیرمستقیم با بهبود وضعیت فسفر در گیاه که ناشی از همزیستی باکتریایی است، اعمال می‌شود. به عبارت دیگر سودوموناس‌ها با انحلال فسفات نامحلول و افزایش میزان فسفر قابل دسترس برای باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (Pal *et al*., 2001).

میزان فسفر برگ و کاسبرگ

نتایج تجزیهٔ مرکب گویای آن بود که اثرگذاری‌های سادهٔ تیمارهای کود شیمیایی و زیستی بر میزان فسفر برگ و کاسبرگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین‌های اثرگذاری‌های

ساده نشان داد که بیشترین میزان فسفر برگ و کاسبرگ از گیاهان تحت تیمار کود شیمیایی NPK (به ترتیب ۰/۶۱ و ۰/۷۵ درصد) و کود زیستی سوپربیوفسفات (به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۷۰ درصد) به‌دست آمد (جدول ۲). کمترین میزان فسفر برگ و کاسبرگ به ترتیب با میزان‌های ۰/۴۴ و ۰/۳۶ درصد برای تیمار کود شیمیایی نیتروژن و به ترتیب با میزان‌های ۰/۴۵ و ۰/۳۶ درصد برای گیاهان تحت تیمار بدون کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول۲). برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی برای میزان فسفر برگ غیرمعنی‌دار و برای میزان فسفر کاسبرگ معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و زیستی نشان داد که بیشترین میزان فسفر برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۸۷ درصد) به تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپربیوفسفات تعلق داشت و اختلاف آن با تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی قارچ‌ریشه (به ترتیب ۰/۶۶ و ۰/۸۴ درصد) معنی‌دار نبود (جدول ۳). Abo-Baker & Gehan (2011) نیز در چای ترش بیان کردند که بیشترین میزان فسفر برگ و کاسبرگ در کاربرد میزان توصیه‌شدهٔ کامل کود شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و فسفر به‌دست آمد. کمترین میزان فسفر برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۰/۳۸ و ۰/۲۵ درصد) به تیمار تلفیق کود شیمیایی نیتروژن و بدون کاربرد کود زیستی تعلق داشت (جدول ۳). کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شدهٔ کود شیمیایی NPK موجب بهبود صفات میزان فسفر برگ و کاسبرگ شد. این نتیجه در توافق با یافته‌های Abo-Baker & Gehan (2011) در چای ترش بود. به طور مثال تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپربیوفسفات نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۱۴/۸۱ و ۴۸/۲۱ درصد یا تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی قارچ‌ریشه نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۵/۵۶ و ۲۱/۴۳ درصد، موجب بهبود میزان فسفر برگ و کاسبرگ شد. بهبود ویژگی‌های میزان فسفر برگ و کاسبرگ در تیمارهای تلفیق کود شیمیایی و زیستی گویای تأثیر مثبت کودهای زیستی بر این صفات بود. نتایج گزارش شده توسط Mittal *et al.* (2008) مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد توأم کودهای زیستی و آلی فسفر بر غلظت فسفر اندام‌های گیاه نخود با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

جدول ۲. مقایسه میانگین جذب عناصر غذایی، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد کاسه گل چای ترش تحت اثرگذاری‌های کودهای شیمیایی و زیستی (سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳)

تیمار	سطوح	درصد نیتروژن برگ	درصد نیتروژن کاسبرگ	درصد پروتئین برگ	درصد پروتئین کاسبرگ	درصد فسفر برگ	درصد فسفر کاسبرگ	درصد پتاسیم کاسبرگ	محتوای آنتوسیانین کاسبرگ	محتوای ویتامین C کاسبرگ	درصد اسیدیته کاسبرگ	عملکرد کاسه‌های گل
کود شیمیایی	فسفر	۰/۸۱b	۱/۴۵c	۵/۰۹b	۹/۱۱c	۰/۴۷b	۰/۴۰b	۲/۰۶c	۵۸/۸۱c	۲۴/۵۱b	۰/۴۷b	۱۰۴۹/۳۰c
	نیتروژن	۰/۸۳b	۱/۵۵b	۵/۲۳b	۹/۷۲b	۰/۴۴c	۰/۳۶c	۲/۳۴b	۶۳/۳۸b	۲۰/۷۴c	۰/۴۳c	۱۱۶۶/۹۰b
	NPK	۱/۵۱a	۲/۱۴a	۹/۴۳a	۱۳/۴۰a	۰/۶۱a	۰/۷۵a	۲/۶۳a	۸۷/۵۵a	۲۶/۶۱a	۰/۵۵a	۱۴۴۲/۳۰a
کود زیستی	نیتروکسین	۱/۴۷a	۲/۰۴a	۹/۱۷a	۱۲/۷۸a	۰/۵۰c	۰/۴۸c	۲/۶۷a	۸۶/۱۹a	۲۶/۶۱a	۰/۵۵a	۱۵۶۰/۰۶
	سوپرنیتروپلاس	۱/۰۸a	۱/۸۵b	۶/۷۴b	۱۱/۶۰b	۰/۴۶d	۰/۴۱d	۲/۵۲b	۷۲/۴۷b	۲۴/۸۴b	۰/۵۳b	۱۳۸۷/۴۶
	سوپربیوفسفات	۰/۹۱c	۱/۶۰c	۵/۶۷c	۱۰/۰۵c	۰/۵۸a	۰/۷۰a	۲/۰۹e	۶۷/۶۴c	۲۳/۶۱c	۰/۵۰c	۱۱۷۹/۰۵
	قارچ‌ریشه	۰/۹۳c	۱/۵۷cd	۵/۸۵c	۹/۸۲cd	۰/۵۵b	۰/۵۷b	۲/۱۴d	۶۲/۹۸d	۲۳/۴۸c	۰/۴۴d	۱۰۶۱/۹۱
	بدون استفاده از کود	۰/۸۸c	۱/۵۱d	۵/۵۰c	۹/۴۷d	۰/۴۵d	۰/۳۶e	۲/۸۶c	۶۰/۲۹e	۲۱/۲۳d	۰/۴۱e	۹۰۹/۰۰

در هرستون و برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

تحرک فسفر در خاک بسیار کم است و نمی‌تواند پاسخگوی جذب سریع آن توسط گیاه باشد. فراهمی و تحرک فسفر در خاک وابستگی زیادی به pH دارد. در خاک‌های اسیدی فسفر خاک با آهن و آلومینیم ترکیب شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. در خاک‌های آهکی که pH بالاست، فسفر با کلسیم

موجود ترکیب شده و بار دیگر از دسترس گیاه خارج می‌شود. لذا هم در خاک‌های اسیدی و هم قلیایی تحرک فسفر کم است. در pH، ۶/۵ یا خنثی فسفر دارای بیشترین تحرک است. کودهای زیستی از مؤثرترین راهکارها جهت تأمین این عناصر در این خاک‌ها در سطح بهینه هستند (Hassanzadeh *et al*., 2007). کودهای زیستی با ترشح اسیدهای آلی و کانی (کاهش pH) باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در فراریشه می‌شوند. همچنین ریزجانداران موجود در کودهای زیستی با ترشح پیش‌مادهٔ هورمون‌های تنظیم‌کنندهٔ رشد گیاه و کنترل بیمارگر (پاتوژن)های گیاهی باعث افزایش رشد ریشهٔ گیاهان می‌شوند (Khalid *et al*., 2004). کود زیستی سوپربیوفسفات دارای دو نوع باکتری حل‌کنندهٔ فسفات (سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لنتوس) بوده که جنس باسیلوس با ترشح اسیدهای آلی و غیرآلی در آغاز باعث کاهش pH به صورت موضعی شده و سپس با تجزیهٔ پیوند موجود در ساختار ترکیبات فسفاتهٔ کانی که به صورت نامحلول در خاک درآمده‌اند، آنها را به صورت محلول قابل جذب توسط ریشهٔ گیاه در می‌آورد (Singh & Kapoor, 1999). گونه‌های مختلف جنس سودوموناس موجود در این کودها، با ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث تجزیهٔ ترکیبات فسفاتهٔ آلی و در نتیجه کانی شدن و قابل جذب شدن آنها می‌شود. افزون بر این، این باکتری‌ها با کنترل قارچ‌های بیماریزا (Pal *et al*., 2001) و با سازوکارهای مختلفی از جمله تولید آهن‌بر (سیدروفور)ها، ساخت پادزیست (سنتز آنتی‌بیوتیک)ها، تولید هورمون‌های گیاهی و ساخت آنزیم‌هایی که میزان اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند (کاهش اتیلن)، سبب رشد ریشه و در نتیجه جذب عناصر غذایی می‌شوند (Abdul-Jaleel *et al*., 2007). در زمینهٔ تأثیر ریزجانداران (میکروارگانیزم)های حل‌کنندهٔ فسفات بر روی جذب عناصر غذایی Ratti *et al*. (2001) در پژوهشی بر روی گیاه دارویی علف لیمو، مشاهده کردند که کاربرد یک گونه باکتری حل‌کنندهٔ فسفات همراه با تری‌کلسیم فسفات، موجب بهبود بارز غلظت فسفر ساقه نسبت به تیمار شاهد شد. در تحقیقی دیگر که توسط Sundara *et al*. (2002) در گیاه نیشکر انجام شد، مشاهده شد، کاربرد یک گونه از باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات به نام *Bacillus megatherium* همراه با سنگ فسفات، غلظت فسفر در غلاف برگ و عملکرد ساقهٔ نیشکر را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین Toro *et al*. (1997) نیز نشان دادند که کاربرد باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات، موجب افزایش غلظت نیتروژن و فسفر اندام رویشی نسبت به تیمار بدون کاربرد شد.

مهم‌ترین و مؤثرترین رابطهٔ همزیستی قارچ‌ریشه آربوسکولار افزایش جذب عناصر کانی و به ویژه فسفر در گیاه میزبان است (Clark & Zeto, 1996). این تأثیر به ویژه در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر است (Jakobsen, 1995). ریسه‌های توسعه‌یافتهٔ قارچ‌ریشه‌ها قادر به رشد در قسمتی از روزنه‌های خاک بوده که ریشه‌های مویین و تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند، در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غیرمتحرک مانند فسفر افزایش می‌یابد (Grant *et al*., 2002). این قارچ‌ها با ریشهٔ گیاهان به صورت همزیست زندگی کرده و به درون یاخته‌های کورتکس راه یافته و در عین حال با گسترش ریسهٔ خود به درون خاک، جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر را، که دارای تحرک اندکی است، افزایش می‌دهند (Auge, 2001; Al-Karaki & Clark, 1998). بررسی‌ها نشان داده است که جذب فسفر در گیاهان متأثر از توسعهٔ سریع شبکهٔ ریسه‌ای قارچ و ایجاد ارتباط سریع ریشه با شبکهٔ میسلیومی قارچ‌ریشه است (Gavito & Miller, 1998). سرعت گسترش ریسه‌های بیرون ریشه‌ای در قارچ‌ریشه‌ها به طور متوسط ۸۰۰ برابر سرعت گسترش نظام ریشه‌ای گیاه است. بنابراین ناحیهٔ تهی از فسفر در اطراف ریسه‌های قارچ‌ریشه‌ای به شکل محدودتری نسبت به اطراف ریشه‌های مویین تشکیل شده و به این دلیل میزان بیشتری فسفر در همزیستی قارچ‌ریشه‌ای جذب می‌شود. همچنین شواهدی از فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی (Tarafdar, 1995) و فسفاتاز قلیایی (Kojima *et al*., 1998) در قارچ‌ریشه‌های آربوسکولار وجود دارد که نشان‌دهندهٔ توانایی این قارچ‌ها در استفاده از منابع فسفری موجود

در ترکیبات آلی است. از سوی دیگر این قارچ‌ها با ترشح اسیدهای آلی مثل اگزالات‌ها که میل ترکیبی بیشتری با آلومینیوم، آهن و کلسیم نسبت به فسفر دارند، باعث آزاد شدن فسفر از ترکیب با این عناصر شده و فسفر آزاد شده را جذب می‌کنند. اگزالات ترشح‌شده در نهایت توسط اکتینومیست‌ها تجزیه شده و به CO_2 تبدیل می‌شوند. دی‌اکسیدکربن به‌دست‌آمده با کاهش pH در خاک‌های قلیایی میزان بیشتری فسفر را از ترکیبات غیر محلول آن جدا کرده و به کاربرد گیاه می‌رساند (Raman & Mahadevan, 1996).

جدول ۳. مقایسه میانگین جذب عناصر غذایی، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد کاسه گل چای ترش تحت اثرگذاری‌های متقابل کودهای شیمیایی و زیستی (سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳)

کود شیمیایی	کود زیستی	درصد نیتروژن برگ	درصد نیتروژن کاسبرگ	درصد پروتئین برگ	درصد پروتئین کاسبرگ	درصد فسفر برگ	درصد فسفر کاسبرگ	درصد پتاسیم کاسبرگ	محتوای آنتوسیانین کاسبرگ	محتوای ویتامین C کاسبرگ	درصد اسیدیته کاسبرگ	عملکرد کاسه‌های گل
	نیتروکسین	۱/۲۴d	۱/۷۹cd	۷/۷۷d	۱۱/۱۸cd	۰/۴۷e	۰/۳۲f	۲/۳۶ef	۷۱/۱۰e	۲۶/۶۷ab	۰/۵۴bc	۱۴۴۲/۵۲c
	سوپرنیتروپلاس	۰/۸۳ef	۱/۵۶e	۵/۱۶ef	۹/۷۵e	۰/۴۱f	۰/۲۸fg	۲/۲۷fg	۶۰/۶۷f	۲۵/۹۲abc	۰/۵۲c	۱۲۷۱/۰۵d
فسفر	سوپربیوفسفات	۰/۶۷fg	۱/۳۲g	۴/۲۱fg	۸/۲۷g	۰/۵۴cd	۰/۶۸b	۱/۷۹j	۵۶/۹۸fg	۲۳/۸۲de	۰/۴۹d	۹۶۳/۰۷f
	قارچ‌ریشه	۰/۶۹fg	۱/۳۳g	۴/۳۱fg	۸/۲۹g	۰/۵۰de	۰/۴۶d	۱/۸۶ij	۵۶/۱۴fgh	۲۳/۵۶de	۰/۴۴e	۸۴۷/۰۵g
	بدون استفاده از کود	۰/۶۲g	۱/۲۹g	۳/۸۸g	۸/۰۴g	۰/۳۹f	۰/۲۶g	۲/۰۰hi	۵۳/۰۳gh	۲۲/۰۵ef	۰/۳۲f	۷۲۲/۶۶h
	نیتروکسین	۱/۲۷d	۱/۹۳bc	۷/۹۳d	۱۲/۰۴bc	۰/۴۱f	۰/۳۰fg	۲/۶۶bc	۸۶/۲۶c	۲۵/۱۹bcd	۰/۵۳bc	۱۵۱۱/۸۵bc
	سوپرنیتروپلاس	۰/۸۶e	۱/۶۸de	۵/۳۶e	۱۰/۵۱de	۰/۴۱f	۰/۲۷g	۲/۵۲cde	۶۱/۳۷f	۲۱/۲۲fg	۰/۴۹d	۱۳۲۰/۰۵d
نیتروژن	سوپربیوفسفات	۰/۷۳efg	۱/۳۶fg	۵/۵۴efg	۸/۵۱fg	۰/۵۲de	۰/۵۶c	۲/۰۹h	۵۸/۴۲fg	۲۰/۰۳gh	۰/۴۸d	۱۱۳۷/۹۴e
	قارچ‌ریشه	۰/۶۹fg	۱/۵۲ef	۴/۳۱fg	۹/۴۷ef	۰/۴۹e	۰/۴۰e	۲/۱۱gh	۵۶/۱۷fgh	۱۹/۱۷h	۰/۴۴e	۱۰۰۹/۸۴f
	بدون استفاده از کود	۰/۶۶g	۱/۳۰g	۴/۱۵g	۸/۰۵g	۰/۳۸f	۰/۲۵g	۲/۲۹f	۵۰/۸۴h	۱۸/۰۸h	۰/۳۱f	۸۵۴/۸۳g
	نیتروکسین	۱/۸۹a	۲/۴۲a	۱۱/۸۰a	۱۵/۱۲a	۰/۶۲b	۰/۸۳a	۲/۹۸a	۱۰۱/۲۲a	۲۷/۹۷a	۰/۵۹a	۱۷۲۵/۸۲a
	سوپرنیتروپلاس	۱/۵۵b	۲/۳۲a	۹/۶۸b	۱۴/۵۲a	۰/۵۷c	۰/۶۸b	۲/۷۸b	۹۵/۳۹b	۲۷/۳۸a	۰/۵۸a	۱۵۷۱/۲۸b
NPK	سوپربیوفسفات	۱/۳۵cd	۱/۹۸b	۸/۴۲cd	۱۲/۳۹b	۰/۶۸a	۰/۸۷a	۲/۴۰def	۸۷/۵۱c	۲۷/۱۷ab	۰/۵۶ab	۱۴۳۶/۱۳c
	قارچ‌ریشه	۱/۴۳bc	۲/۰۳b	۸/۹۳bc	۱۲/۶۷b	۰/۶۶ab	۰/۸۴a	۲/۴۳def	۷۹/۷۴d	۲۶/۹۹ab	۰/۵۶ab	۱۳۲۸/۸۵d
	بدون استفاده از کود	۱/۳۴cd	۱/۹۷b	۸/۳۴cd	۱۲/۳۲b	۰/۵۴cd	۰/۵۶c	۲/۵۶cd	۷۳/۹۰e	۲۴/۰۹cde	۰/۴۷de	۱۱۴۹/۵۲e

در هرستون حروف مشابه نمایانگر بدون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

میزان پتاسیم کاسبرگ

در تجزیهٔ مرکب دو سال تأثیر کود شیمیایی بر میزان پتاسیم کاسبرگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان پتاسیم کاسبرگ (۲/۶۳ درصد) از تیمار کود شیمیایی NPKو کمترین میزان آن (۲/۰۶ درصد) از تیمار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد (جدول ۲). تیمار کود زیستی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر بسیار معنی‌داری بر میزان پتاسیم کاسبرگ داشت (جدول ۱). بیشترین میزان پتاسیم کاسبرگ (۲/۶۷ درصد) در تیمار کود زیستی نیتروکسین و کمترین آن (۲/۰۹ درصد) در تیمار کود زیستی سوپربیوفسفات به‌دست آمد (جدول ۲). برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و زیستی بر میزان پتاسیم کاسبرگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین، بیشترین میزان پتاسیم کاسبرگ (۲/۹۸ درصد) و در تیمار تلفیق کود شیمیایی فسفر و کود زیستی سوپربیوفسفات با میزان ۱/۷۹ درصد، کمترین میزان پتاسیم کاسبرگ به‌دست آمد (جدول ۳). اختلاف تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین و کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپرنیتروپلاس با تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی برای میزان پتاسیم کاسبرگ معنی‌دار ($P\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۳). تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین و کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپرنیتروپلاس نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی بهبود قابل

ملاحظه‌ای را برای میزان پتاسیم کاسبرگ (به ترتیب ۱۶/۴۱و ۸/۵۹ درصد) نشان دادند. این مسئله گویای تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس بر صفت یاد شده بود.

پتاسیم خاک به‌طور معمول به صورت‌های محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی وجود دارد. تعادل موجود بین اشکال مختلف پتاسیم خاک باعث تداوم تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه شده و این رابطه‌های تعادلی در تغذیهٔ گیاه دارای اهمیت بالایی است (Nabiollahy *et al*., 2006). رهاسازی پتاسیم از خاک به نوع و میزان کانی‌های پتاسیم‌دار بستگی دارد. در فلدسپات‌های پتاسیم‌دار، پتاسیم با پیوند کووالانسی به چارچوب بلور (کریستال)ها متصل شده است و رهاسازی پتاسیم از کانی تحت تأثیر هوادیدگی صورت می‌گیرد. در میکاها که سیلیکات‌های لایه‌ای هستند، پتاسیم با نیروهای الکترواستاتیک نگهداری می‌شود. رهاسازی پتاسیم از میکاها با دو فرآیند انحلال ساختار بلور و یا تبادل پتاسیم بین لایه‌ای با کاتیون آبپوشیده انجام می‌شود (Ogaard & Krogstad, 2005). رهاسازی پتاسیم ساختمانی هنگامی افزایش می‌یابد که غلظت پتاسیم محلول یا تبادلی خاک در اثر جذب به وسیلهٔ گیاهان یا آبشویی کاهش یابد (Nabiollahy *et al*., 2006). اگر چه خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای میزان‌های زیادی پتاسیم تبادلی و غیر تبادلی هستند (Jalali, 2005)، ولی پتاسیم تبادلی در این مناطق می‌تواند در اثر کشت پی‌درپی و متراکم تخلیه شود (Jalali & Zarabi, 2006). خروج پتاسیم بدون تأمین پتاسیم کافی باعث تخلیهٔ خاک از ذخیرهٔ پتاسیم می‌شود. کودهای زیستی نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهند، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عناصر کانی از جمله پتاسیم را فراهم می‌آورند. به طوری که تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و زیستی به دلیل دارا بودن غلظت بالای پتاسیم بیشترین جذب پتاسیم و تیمارهای کود شیمیایی و بدون کاربرد کود زیستی به دلیل غلظت کمتر پتاسیم دارای کم‌ترین جذب پتاسیم بودند. غلظت پایین پتاسیم در تیمارهای تلفیق کود شیمیایی و کودهای زیستی سوپربیوفسفات و قارچ‌ریشه به دلیل رقابت در جذب فسفر و پتاسیم توسط گیاه بوده است.

میزان پروتئین برگ و کاسبرگ

در تجزیهٔ مرکب دو سال اثرگذاری‌های سادهٔ تیمارهای کود شیمیایی و زیستی بر میزان پروتئین برگ و کاسبرگ در سطح احتمال۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های ساده بیانگر آن بود که بیشترین میزان پروتئین برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۹/۴۳ و ۱۳/۴۰ درصد) در تیمار کود شیمیایی NPK و کمترین میزان آنها (به ترتیب ۵/۰۹ و ۹/۱۱ درصد) در تیمار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد (جدول ۲). تیمار کود زیستی نیتروکسین بیشترین میزان پروتئین برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۹/۱۷ و ۱۲/۷۸ درصد) و تیمار بدون کاربرد کود زیستی کم‌ترین میزان پروتئین برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۵/۵۰ و ۹/۴۷ درصد) را تولید کرد. برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و زیستی برای میزان پروتئین برگ غیرمعنی‌دار و برای میزان پروتئین کاسبرگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین بیشترین میزان پروتئین برگ و کاسبرگ (به ترتیب ۱۱/۸۰ و ۱۵/۱۲ درصد) و تیمار کود شیمیایی فسفر و بدون کاربرد کود زیستی کمترین میزان آنها (به ترتیب ۳/۸۸ و ۸/۰۴ درصد) را تولید کرد (جدول ۳). اختلاف تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین و کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپرنیتروپلاس برای میزان پروتئین کاسبرگ معنی‌دار نبود. کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شدهٔ NPK موجب بهبود صفات میزان پروتئین برگ و کاسبرگ شد. به طور مثال تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین نسبت تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۴۱/۴۹ و ۲۲/۷۳ درصد و تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپرنیتروپلاس نسبت تیمار کود شیمیایی NPK و

بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۱۶/۰۷ و ۱۷/۸۶ درصد، صفات میزان پروتئین برگ و کاسبرگ را بهبود بخشیدند. این مسئله گویای تأثیر مثبت کودهای زیستی بر صفات یادشده بود. این موضوع با نتایج Ram Rao *et al.* (2007) در توت همخوانی داشت.

کاربرد کودهای زیستی با فراهمی نیتروژن میزان تقسیط نیتروژن از دیگر قسمت‌ها به برگ و کاسبرگ را در مقایسه با هیدرات‌های‌کربن افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن برگ و کاسبرگ و میزان پروتئین آنها شده است. دلیل بالا بودن پروتئین برگ و کاسبرگ با کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به جذب سریع‌تر نیتروژن و افزایش غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی و در نتیجه انتقال بیشتر به برگ و کاسبرگ عنوان کرد (Marschner, 1995). همچنین کاربرد کودهای زیستی موجب تثبیت نیتروژن می‌شود که این عنصر مادهٔ اولیهٔ تشکیل‌دهندهٔ پروتئین است.

محتوای آنتوسیانین کاسبرگ

نتایج تجزیهٔ مرکب دو سال گویای تأثیر معنی‌دار ($P\leq۰/۰۱$) تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و برهمکنش آنها بر محتوای آنتوسیانین کاسبرگ بود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های سادهٔ کود شیمیایی نشان داد که بیشترین محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (۸۷/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از تیمار کود شیمیایی NPK و کمترین میزان آن (۵۸/۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از تیمار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های سادهٔ کود زیستی گویای آن بود که بیشترین محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (۸۶/۱۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از تیمار کود زیستی نیتروکسین و کمترین میزان آن (۶۰/۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از تیمار بدون کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های متقابل کود شیمیایی و زیستی نشان داد که تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین و تیمار کود شیمیایی نیتروژن و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب بیشترین (۱۰۱/۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) و کم‌ترین (۵۰/۸۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) محتوای آنتوسیانین کاسبرگ را تولید کردند (جدول ۳). اختلاف تیمارهای تلفیق کود شیمیایی و زیستی با تیمار کود شیمیایی و بدون کاربرد کود زیستی برای محتوای آنتوسیانین کاسبرگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات و قارچ‌ریشه نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۳۶/۹، ۲۹/۰۸، ۱۸/۴۲ و ۷/۹۰ درصد محتوای آنتوسیانین کاسبرگ را بهبود بخشیدند. بهبود ویژگی محتوای آنتوسیانین کاسبرگ در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی NPK و کود زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی، گویای تأثیر مثبت کودهای زیستی بر صفت یادشده بود. این مسئله در سازگاری با یافته‌های Hassan (2009) و Abbas & Ali (2011) در چای ترش بود. این محققان بیان کردند که کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شدهٔ NPK موجب بهبود محتوای آنتوسیانین کاسبرگ شد. Khalil & Yousef (2014) در چای ترش بیان کردند که بیشترین میزان آنتوسیانین از کاربرد ۱۰۰ درصد NPK و اسیدهیومیک در مقایسه با تیمارهای دیگر به‌دست آمد.

ساخته شدن آنتوسیانین و تجمع آن در بافت‌های گیاهی تحت تأثیر عامل‌های مختلفی از جمله میزان هیدرات‌های کربن (گلوکز، آرابینوز و گالاکتوز) موجود در بافت‌ها قرار می‌گیرد (Taiz & Zeiger, 2006). به عبارت دیگر توسعهٔ رنگدانه‌های یاخته و ساخت آنتوسیانین با بالا رفتن میزان کربوهیدرات‌ها نسبت مستقیم داشته و هر عاملی که بتواند روی افزایش، جذب یا ساخته شدن قندها مؤثر باشد، باعث افزایش میزان آنتوسیانین کل در گیاه می‌شود (Vitrac *et al.*, 2000). به دلیل اینکه آنتوسیانین جزو ترکیبات فلاونوئیدی است، تجمع مواد فنلی حساس به تنش عناصر غذایی بوده و میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد. بنابراین میزان‌های اضافی نیتروژن به‌طور معمول رشد را تحریک کرده و از تولید فنل جلوگیری می‌کند (Omidbaigi &

Nobakht, 2001) ولی از آنجایی که واحدهای سازندهٔ فلاونوئیدها نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های یادشده ضروری خواهد بود، بنابراین باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات و تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن با جذب کارآمد نیتروژن و فسفر توسط ریشهٔ چای ترش، موجب افزایش محتوای آنتوسیانین این گیاه دارویی شده‌اند. افزون بر این ریشهٔ تلقیح‌شده با کودهای زیستی توانایی ساخت و ترشح مواد زیستی فعال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتنیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که این مواد موجب افزایش محتوای مادهٔ آلی و هیدرت‌های کربن گیاه و در نتیجه افزایش آنتوسیانین می‌شوند. اسیدجیبرلیک یک هورمون گیاهی است که تجزیهٔ ترکیبات ذخیره‌ای گیاه توسط آن آسانگری می‌شود. به گونه‌ای که این هورمون موجب تحریک آنزیم آلفاآمیلاز و دیگر آنزیم‌های آبکافتی (هیدرولیزی) می‌شود، که خود عامل آبکافت‌کننده برای منبع ذخیره‌ای هستند. در نتیجه در افزایش مواد هیدروکربنی گیاه، مؤثر بوده و میزان آنتوسیانین را افزایش می‌دهند. از آنجا که کودهای زیستی به جذب منیزیم و کلسیم در گیاه کمک می‌کنند، می‌توانند ساخت (سنتز) آنتوسیانین را افزایش دهند. عناصر کانی مانند کلسیم باعث بالا رفتن میزان هیدرات‌های کربن شده و موجب توسعهٔ رنگدانه‌های یاخته‌ای و ساخت آنتوسیانین می‌شوند (Vitrac *et al.*, 2000). Li *et al.* (2002) بیان کردند که کلسیم با تأثیر مثبت روی آنزیم PAL (فنیل آلانین آمونیالیاز) باعث افزایش ساخت آنتوسیانین می‌شود.

محتوای ویتامین C کاسبرگ

بیش از ۹۰ درصد ویتامین C رژیم غذایی انسان از میوه‌ها و سبزی‌ها تأمین می‌شود (Seung *et al.*, 2000). ویتامین C شامل اسید اسکوربیک و اسید دی‌هیدرواسکوربیک است. در تجزیهٔ مرکب دو سال تأثیر تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و برهمکنش آنها بر محتوای ویتامین C کاسبرگ معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین تأثیر کود شیمیایی نشان داد که بیشترین محتوای ویتامین C کاسبرگ (۲۶/۶۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از گیاهان تحت تیمار کود شیمیایی NPK و کمترین میزان آن (۲۰/۷۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) از گیاهان تحت تیمار کود شیمیایی نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین تأثیر کود زیستی گویای آن بود که تیمار کود زیستی نیتروکسین با میزان ۲۶/۶۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک و تیمار بدون کاربرد کود زیستی با میزان ۲۱/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک به ترتیب بیشترین و کم‌ترین میزان ویتامین C کاسبرگ را داشتند (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین برهمکنش کود شیمیایی و زیستی بیانگر این بود که گیاهان تحت تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین با میزان ۲۷/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بیشترین میزان ویتامین C را داشتند و اختلاف آن با تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی NPK و کود زیستی سوپرنیتروپلاس (۲۷/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، سوپربیوفسفات (۲۷/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) و قارچ‌ریشه (۲۶/۹۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) معنی‌دار نبود (جدول ۳). در تیمار کود شیمیایی نیتروژن و بدون کاربرد کود زیستی کمترین محتوای ویتامین C کاسبرگ با میزان ۱۸/۰۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک به‌دست آمد (جدول ۳). تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات و قارچ‌ریشه نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۱۶/۱۱، ۱۳/۶۶، ۱۲/۷۹ و ۱۲/۰۴ درصد، محتوای ویتامین C کاسبرگ چای ترش را بهبود بخشید. بهبود ویژگی محتوای ویتامین C کاسبرگ در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و کود زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی و بدون کاربرد کود زیستی گویای تأثیر مثبت کودهای زیستی بر صفت یادشده بود. این مسئله در سازگاری با یافته‌های Abo-Baker & Gehan (2011) در چای ترش بود. این محققان بیان کردند که کاربرد کود زیستی به تنهایی یا در تلفیق با کودهای شیمیایی محتوای ویتامین C چای ترش را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید.

تولید ویتامین C بستگی به وجود قند در میوه دارد. چرا که گیاه اسیداسکوربیک را از قندهای هگزوز مانند D-گلوکز و D-گالاکتوز می‌سازد (Fortaleza *et al.*, 2005). Freire *et al.* (2010) و Dias *et al.* (2011) بیان کردند که اسیدهای آلی و قندهای موجود در منابع آلی قابل دسترس برای گیاه سطوح ویتامین C میوه را اضافه می‌کنند. افزون براین از آنجایی که کودهای زیستی دارای اسیدهای آلی و قند هستند، این منابع ممکن است به میوه انتقال یابند (Nardi *et al.*, 2002) و موجب ساخت ویتامین C شوند. از سوی دیگر برای دستیابی به بیشترین ویتامین C کاسبرگ چای ترش، باید بین عناصر غذایی تعادل برقرار شود تا گیاه با نیل به بیشترین رشد رویشی به بیشترین کیفیت تغذیه‌ای نیز نائل شود. این تعادل هنگامی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عناصر لازم برای دستیابی به بیشترین کیفیت (فسفر و پتاسیم) تعادل برقرار باشد. این باکتری‌ها با ایجاد تعادل بین عناصر موجب بیشترین رشد رویشی و کیفیت می‌شوند. Nagy (1980) بیان کرد که سطوح بالای نیتروژن موجب کاهش محتوای ویتامین C آب پرتقال، لیمو، گریپ فروت و نارنگی شد، درصورتی که افزایش میزان پتاسیم موجب افزایش محتوای اسیداسکوربیک این میوه‌ها شد. بنابر این گزارش، کود نیتروژن، به ویژه در میزان بالا، به نظر می‌رسد که موجب کاهش غلظت ویتامین C در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها شود، ولی در کاهو سرکره‌ای غلظت ویتامین C رابطهٔ مستقیمی با نیتروژن دارد (Muller & Hippe, 1987). این اختلاف ممکن است به علت تفاوت در عادت رشد و شرایط رو به رشد محصولات گیاهی مختلف باشد. با این حال به نظر می‌رسد که کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش ویتامین C چای ترش شوند. وجود فسفر کافی در محیط ریشه سبب توسعهٔ سریع ریشه و استفادهٔ بهتر گیاه از آب و دیگر مواد غذایی ضروری می‌شود و در نتیجه میزان ویتامین C و اسیدهای خوراکی موجود در میوه بهبود می‌یابد. بنابر یافته‌های Bagel *et al.* (1989) کودهای زیستی با افزایش جذب فسفر در فعال ساختن آنزیم‌هایی که برای ساخت ویتامین C و دیگر اسیدهای خوراکی لازم و ضروری‌اند، نقش اساسی دارند و با افزایش فسفر جذب شده، فعالیت این آنزیم‌ها نیز بیشتر شده و در نتیجه غلظت ویتامین C در میوه بالا می‌رود. افزون بر این استفادهٔ گیاه از ذخایر عناصر کم مصرف خاک در جوار کود زیستی در افزایش ویتامین C و اسیدهای خوراکی میوه نقش دارد. این باکتری‌ها با ساخت انواع ویتامین‌ها و اسیدهای‌آمینه باعث افزایش رشد و کیفیت محصول می‌شوند. افزون بر این کودهای زیستی با تولید تنظیم‌کننده‌های رشد، به طور غیرمستقیم بر کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها و سبزی‌ها تأثیر می‌گذارند. کاربرد جیبرلین محتوای ویتامین C چای سبز را ۱۸ درصد افزوده است (Liang *et al.*, 1996).

میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ

اسیدیتهٔ چای ترش در حدود ۲/۲ است (Wills *et al.*, 1998). اسیدیته بستگی به غلظت یون‌های هیدروژن یا تغییر در اسیدهای آلی دارد. یون‌های هیدروژن آزاد از جداسازی یون‌های هیدروژن از گروه کربوکسیلیک (-COOH) اسیدهای آلی ناشی می‌شوند. افزایش اسیدیته در طول بلوغ بستگی به روند سوخت و ساز میوه‌ها دارد که موجب کاهش اسیدهای آلی می‌شود. چرا که اسیدهای آلی منبع مهمی از انرژی تنفسی در یاختهٔ گیاه است. ویژگی ضداکسندگی چای ترش بستگی به میزان اسیدیتهٔ آن (۲ الی ۷) دارد. با افزایش اسیدیتهٔ ضداکسندگی کاهش می‌یابد. با این حال، در pH ثابت، تنها کاهش به نسبت اندکی در فعالیت ضداکسندگی و محتوای مواد فنلی کل مشاهده شده است. (Sukhapat *et al.*, 2004). در تجزیهٔ مرکب دو سال تأثیر کود شیمیایی بر میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ (۰/۵۵ درصد) در تیمار کود شیمیایی NPKو کمترین میزان آن (۰/۴۳ درصد) در تیمار کود شیمیایی نیتروژن به‌دست آمد (جدول۲). تیمار کود زیستی تأثیر معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) بر میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ داشت (جدول۱). بیشترین میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ (۰/۵۵ درصد) در تیمار کود

زیستی نیتروکسین و کمترین آن (۰/۴۱ درصد) در تیمار بدون کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول۲). برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و زیستی برای میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین بیشترین میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ (۰/۵۹ درصد) به‌دست آمد. تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات و قارچ‌ریشه برای میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ اختلاف معنی‌دار نداشتند (P>۰/۰۵). در تیمار کود نیتروژن و بدون کاربرد کود زیستی کمترین میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ (۰/۳۱ درصد) به‌دست آمد (جدول ۳). اختلاف تیمار کود شیمیایی NPK به افزون کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و سوپربیوفسفات با تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی برای میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات و قارچ‌ریشه نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی به ترتیب ۲۵/۵۳، ۲۳/۴۰، ۱۹/۱۵ و ۱۹/۱۵ درصد، صفت میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ گیاه چای ترش را بهبود بخشیدند. بهبود ویژگی میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و کود زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی و بدون استفاده از کود زیستی گویای تأثیر مثبت کودهای زیستی بر صفت یادشده بود. این مسئله در سازگاری با یافته‌های Abo-Baker & Gehan (2011) در چای ترش بود. این محققان بیان کردند که کاربرد کود زیستی به تنهایی یا در تلفیق با کود شیمیایی میزان اسیدیتهٔ کاسبرگ را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. کودهای زیستی با افزایش سطح تماس ریشهٔ گیاه با خاک و توسعهٔ ریشه، جذب مواد غذایی مورد نیاز و آب را بالا برده و در نتیجه باعث افزایش کیفیت میوه می‌شوند. در این آزمایش نیز کود زیستی با افزایش فسفر قابل جذب برای گیاه باعث افزایش غلظت ویتامین C و اسیدهای خوراکی در کاسبرگ شده است. بنابراین میزان اسیدیته نیز در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و کود زیستی بالا رفته است.

عملکرد کاسهٔ گل

اختلاف عملکرد کاسه‌های گل در تجزیهٔ مرکب دو سال در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود شیمیایی، زیستی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین تأثیر کود شیمیای گویای آن بود که بیشترین عملکرد کاسه‌های گل (۱۴۴۲/۳۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود شیمیایی NPK و کمترین میزان آن (۱۰۴۹/۳۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین تأثیر کود زیستی نشان داد که بیشترین و کم‌ترین عملکرد کاسه‌های گل (به ترتیب ۱۵۶۰/۰۶ و ۹۰۹/۰۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از تیمار کود زیستی نیتروکسین و بدون کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین برهمکنش کود شیمیایی و زیستی مبیّن این بود که بیشترین و کمترین عملکرد کاسه‌های گل (به ترتیب ۱۷۲۵/۸۲ و ۷۲۲/۶۶ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK با کود زیستی نیتروکسین و تیمار کود شیمیایی فسفر و بدون کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول۳). ابوباقر و جهان (Abo-Baker & Gehan, 2011) نیز در چای ترش بیان کردند که بیشترین وزن خشک کاسبرگ در کاربرد میزان توصیه‌شدهٔ کامل کود شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و فسفر به‌دست آمد. تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات و قارچ‌ریشه نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و بدون کاربرد کود زیستی موجب بهبود عملکرد کاسه‌های گل (به ترتیب ۵۰/۱۳، ۳۶/۶۹، ۲۴/۹۳ و ۱۵/۶۰ درصد) در گیاه شدند. این نتیجه در توافق با یافته‌های Abo-Baker & Gehan (2011) و Harridy & Amara (1998) در چای ترش بود. بهبود ویژگی عملکرد کاسه‌های گل در تیمارهای تلفیق کود شیمیایی NPK و زیستی نسبت به تیمار NPK و بدون کاربرد کود زیستی گویای تأثیر مثبت

کودهای زیستی بر این صفت بود. این نتایج در توافق با یافته‌های Kapoor *et al.* (2002, 2004 and 2007) در گشنیز، رازیانه و گندواش (*Artemisia annua* L.)، Gharib *et al.* (2008) در مرزنجوش و Mahfoz & Sharaf- Eldin (2007) در رازیانه و Sanches *et al.* (2008) در بارهنگ بود.

استفاده از کودهای زیستی با تأثیر در بهبود فعالیت میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (سیتوکنین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی (Karthikeyan *et al*., 2008)، سبب افزایش نورساخت و بهبود مادهٔ خشک گیاهی شده است که این مسئله در نهایت باعث افزایش عملکرد کاسهٔ گل چای ترش شد. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی با تأمین عناصر کانی مانند فسفر، آهن، مس و روی به ویژه نیتروژن برای گیاه، باعث افزایش عملکرد کاسهٔ گل شده‌اند. کودهای زیستی، عناصر کانی غیرقابل دسترس و همچنین ترکیب‌های آلی را به شکل قابل دسترس برای گیاه فراهم می‌کنند، همچنین باعث افزایش رشد می‌شوند (Akhtar & Siddiqui, 2009). چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی برای ریشهٔ گیاه شده است. فراهمی عناصر غذایی موجب تحریک رشد گیاه و افزایش اجزای عملکرد و در پی آن افزایش عملکرد کاسهٔ گل شده است. به عبارت دیگر کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ضمن افزایش رشد رویشی و با ایجاد مقصد فراوان و انتقال آسمیلات‌های تولیدی ناشی از رشد رویشی، رشد زایشی را نیز افزایش داده‌اند. به نظر می‌رسد که تولید ایندول‌استیک اسید و سیتوکنین با استفاده از اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح‌شده از ریشه، آبکافت پیش مادهٔ اتیلن، ۱- آمینوسیکلو پروپان-۱- کربوکسیلیک دی آمیناز -۷ و تولید مواد هورمونی در تأثیر واکنش نیتریت ACC به وسیلهٔ آنزیم ACC دآمیناز اسید حاصل از تنفس نیتراتی با اسیداسکوربیک مهم‌ترین سازوکار تأثیر این باکتری‌ها باشند (Zahir *et al*., 2004).

افزون براین، باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن و حل‌کنندهٔ فسفر، در حضور نیتروژن و فسفر شیمیایی، نیتروژن و فسفر بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر نیتروژن و فسفر توسط گیاه کمک کنند. برای عملکرد کاسه‌های گل بالا باید رشد رویشی یا زایشی در گیاه، متعادل و کاسه‌های گل مراحل رشدی خود را به طور کامل طی کرده و بزرگ شوند. این تعادل هنگامی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر) تعادل برقرار باشد. عرضهٔ مداوم و پایدار عناصر کانی به گیاه، به ویژه نیتروژن باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شود. عنصر فسفر در کنار نیتروژن موجب رشد زایشی و میوه‌دهی می‌شود. فسفر یک عنصر ضروری برای تقسیم یاخته‌ای، توسعهٔ ریشه و تشکیل دانه است (El-Gizawy & Mehasen, 2009). با توجه به تأثیر مثبت این عناصر در عملکرد زیستی و تشکیل گل، می‌توان نتیجه گرفت که تأمین نیتروژن و فسفر کافی برای چای ترش یکی از راهکارهای افزایش عملکرد زیستی به‌شمار آمده و دلیل دیگر را می‌توان به نقش بسیار مهم فسفر در تأمین انرژی در ساختار ATP دانست، زیرا برای تثبیت نیتروژن انرژی فراوانی مورد نیاز گیاه است (Olivera *et al*., 2002). بسیاری از محققان (Yadegari *et al*., 2010; Adesemoye *et al*., 2010; Kumar *et al*., 2009; Kumar *et al*., 2007) به نقش مثبت ریزوباکترهای محرک رشد گیاه، بر عملکرد محصولات زراعی مختلف اشاره کرده‌اند و آن را به ترشح هورمون‌های گیاهی، تولید و آزادسازی انواع اسیدهای آلی در خاک، تثبیت نیتروژن و در نهایت، برهمکنش مثبت بین آنها و دیگر ریزجانداران خاک نسبت داده‌اند.

همبستگی بین صفات

نتایج به‌دست‌آمده از همبستگی بین صفات گویای آن بود که بیشترین همبستگی بین میزان نیتروژن برگ و میزان نیتروژن کاسبرگ وجود داشت (جدول ۴). همبستگی عملکرد کاسه‌های گل با میزان نیتروژن برگ (۰/۸۶)، میزان نیتروژن کاسبرگ (۰/۸۴)، میزان فسفر برگ (۰/۸۳)، میزان فسفر کاسبرگ (۰/۸۰) و

میزان پتاسیم کاسبرگ (۰/۸۱) مثبت، بسیار قوی و بسیار معنی‌دار بود. همبستگی عملکرد کاسه‌های گل با دیگر صفات (صفات مرتبط با کیفیت چای ترش) غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). عملکرد کاسه‌های گل رابطهٔ مستقیمی با دسترسی به عناصر غذایی دارد. بنابراین با مدیریت بهینهٔ منابع (کود و غیره) می‌توان به بیشترین این قابلیت دست یافت و گیاهان با بیشترین عملکرد کاسه‌های گل تولید کرد.

جدول ۴. همبستگی‌های ساده بین جذب عناصر غذایی، ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد کاسه گل چای ترش تحت اثرگذاری‌های کودهای شیمیایی و زیستی (سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳)

صفات	درصد نیتروژن برگ	درصد نیتروژن کاسبرگ	درصد پروتئین برگ	درصد پروتئین کاسبرگ	درصد فسفر برگ	درصد فسفر کاسبرگ	درصد پتاسیم کاسبرگ	محتوای آنتوسیانین کاسبرگ	محتوای ویتامین C کاسبرگ	درصد اسیدیته کاسبرگ
درصد نیتروژن کاسبرگ	۰/۹۸**									
درصد پروتئین برگ	۰/۸۹**	۰/۸۷**								
درصد پروتئین کاسبرگ	۰/۸۶**	۰/۸۸**	۰/۹۲**							
درصد فسفر برگ	۰/۵۹*	۰/۵۶*	۰/۵۶*	۰/۵۳*						
درصد فسفر کاسبرگ	۰/۵۸*	۰/۵۷*	۰/۵۵*	۰/۵۴*	۰/۹۷**					
درصد پتاسیم کاسبرگ	۰/۸۷**	۰/۸۱**	۰/۸۴**	۰/۸۶**	۰/۲۵ns	۰/۲۷ns				
محتوای آنتوسیانین کاسبرگ	۰/۹۶**	۰/۸۶**	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۰/۵۷*	۰/۵۹*	۰/۸۷**			
محتوای ویتامین C کاسبرگ	۰/۸۰**	۰/۸۴**	۰/۷۸**	۰/۸۲**	۰/۳۲ns	۰/۳۳ns	۰/۸۹**	۰/۸۳**		
درصد اسیدیته کاسبرگ	۰/۷۷**	۰/۷۹**	۰/۷۲**	۰/۷۴**	۰/۳۹ns	۰/۴۱ns	۰/۷۴**	۰/۸۰**	۰/۸۴**	
عملکرد کاسه‌های گل	۰/۸۶**	۰/۸۴**	۰/۴۴ns	۰/۴۳ns	۰/۸۳**	۰/۸۰**	۰/۸۱**	۰/۴۲ns	۰/۴۳ns	۰/۴۵ns

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این تحقیق گویای آن بود که کاربرد میزان توصیه‌شدهٔ کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود رشد گیاهان و افزایش کمیت و کیفیت کاسبرگ در چای ترش شده است که این بهبود ممکن است در نتیجهٔ اثرگذاری‌های مستقیم کودهای شیمیایی و یا اثرگذاری‌های غیرمستقیم با آلودگی میکروبی باشد. این نتایج در توافق با یافته‌های Shaalan *et al.* (2001) و Hassan (2009) در چای ترش و Shaalan (2005) در سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) بود. بنابراین کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی ضمن فراهم کردن بهترین ترکیب تغذیه‌ای برای گیاه و افزایش کیفیت و عملکرد کاسه‌های گل گیاه دارویی چای ترش و پایداری تولید آن و با هدف افزایش کارایی کاربرد کودهای شیمیایی در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست توصیه می‌شود. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاده و کاهش هزینه‌های کاربرد کودهای شیمیایی به نظر می‌رسد که کودهای زیستی تلفیق مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید این گیاهان باشند.

REFERENCES

1. Abbas, M. K. & Ali, A. S. (2011). Effect of foliar application of NPK on some growth characters of two cultivars of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *American Journal of Plant Physiology*, 6(4), 22-227.
2. Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2007). *Pseudomonas fluorescens* enhances biomas yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: *Biointerfaces*, 60, 7-11.
3. Abo-Baker A. A. & Gehan G. M. (2011). Effect of Bio-and Chemical Fertilizers on Growth, Sepals Yield and Chemical Composition of *Hibiscus sabdariffa* at New Reclaimed Soil of South Valley Area. *Asian Journal of Crop Science*, 3, 16-25.

4. Adesemoye, A. O., Torbert, H. A. & Kloepper, J. W. (2008). Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. *Canadian Journal of Microbiology*, 54, 876-886.
5. Akhtar, M. S. & Siddiqui, Z. A. (2009). Effect of phosphate solubilizing microorganisms and Rhizobium sp. On the growth, nodulation, yield and root- rot disease complex of chickpea under field condition. *African Journal of Biotechnology*, 8(15), 3489-3496.
6. Akpan, G. A. (2000). Cytogenetic characteristics and the breeding system of six Hibiscus species. *Theoretical and Applied Genetics*, 100 (2), 315-318.
7. Al-Karaki, G. N. & Clark, R. B. (1998). Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *Journal of plant Nutrition*, 21, 263-276.
8. Anhwange, B. A., Ajibola, V. O. & Okibe, F. G. (2006). Nutritive value and antinutritional factors in *Hibiscus sabdariffa*. *Journal of Fisheries International*, 2, 73-76.
9. Aseri, G. K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A. V. & Meghwal, P. R. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (Punica granatum L.) in Indian Thar Desert. *Scientia Horticulturae*, 117, 130-135.
10. Atta, S., Diallo, A. B., Sarr, B., Bakasso, Y., Saadou, M. & Glew, R. H. (2010). Variation in macro-elements and protein contents of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from Niger. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 10(6): 2707-2718.
11. Auge, R. M. (2001). Water relations, drought and VA mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiz*, 11, 3-42.
12. Aurelio, D.-L., Edgardo, R. G. & Navarro-Galindo, S. (2008). Thermal kinetic degradation of anthocyanins in a roselle (Hibiscus sabdariffa L. cv. ´Criollo´) infusion. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(2), 322-325.
13. Babajide, J. M., Bodunde, J. G. & Salami, A. A. (2004). Quality and sensory evaluation of processed calyces of six varieties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Nigerian Journal of Horticultural Science*, 9, 110-115.
14. Babalola, S. O. (2000). Chemical composition of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) leaf. Proceeding of the 24th Annual Conference of the Nigeria, Institute of Food Science and Technology pp. 119-121.
15. Babatunde, F. E. & Mofoke, A. L. E. (2006). Performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as influenced by irrigation schedules. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5, 363-367.
16. Bagel, S. D., Shaikh, G. A. & Adsule, R. N. (1989). Influence of different levels of N. P and K fertilizers on the protein, ascorbic acid, sugars and mineral contents. *Journal of Maharashtra Agricultural Universitie*, 14(2), 153-155.
17. Besford, R. T. & Maw, G. A. (1976). Effect of potassium nutrition on some enzymes of the tomato plant. *Annals of Botany*, 40, 461-471.
18. Bockman, O. C. (1997). Fertilizers and biological nitrogen fixation as sources of plant nutrients: Perspectives for future agriculture. *Plant and Soil*, 194, 303-334.
19. Bremner, J. M. & Mulvany, G. S. (1982). Nitrogen Total. In: Page A. L. (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Madison, WI., USA. p. 595-622.
20. Chapman, H. D. & Pratt, P. F. (1961). *Methods of Analysis for Soil, Plants and Waters*. University of California, Riverside, CA.
21. Chemists. (1970). *Official and Jentative Methods of Analysis*. 11th Ed., Madison Publisher, Washington, D.C., USA.
22. Clark, R. B. & Zeto, S. K. (1996). Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 28, 1405-1503.
23. Darzi, M. T., Ghalavand, A., Sephidkan, F. & Rejali, F. (2008). Effect of mycorrhiza, vermicompost and biological phosphate fertilizer on the quality and quantity of essential oil of Fennel. *Iran aromatic and Medicinal Plant Research Journal*, 24, 396-413. (In Persian)
24. Das, K., Dang, R. & Shivananda, V. (2008). Influence of biofertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of Stevia rebaudiana grown in South India. *International Journal of Applied Research in Natural Products*, 1, 20-24.
25. Dias, T. J., Cavalcante, L. F., Freire, J. L. O., Nascimento, J. A. M., Beckmann-Cavalcante, M. Z. & Santos, G. P. (2011). Qualidade quimica de frutos do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante irrigado com aguas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental, Campina Grande*, 15(3), 229-236.
26. Du, C. T. & Francis, F. J. (1973). Anthocyanins of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Food Science*, 38, 810-812.
27. Duke, Y. A. (1985). *Hanbook of Medicinal Herbs*. 13th ed. Living Stone Group Ltd., Edinburgh, pp: 228-229.

28. Egharevba, R. K. A. & Law-Ogbomo, K. E. (2007). Comparative effects of two nitrogen sources on the growth and the yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in rainforest region: a case study of Benin-city, Edo state. Nigeria. *Journal of Agronomy*, 6, 142-146.
29. El-Gizawy, N. Kh. B. & Mehasen, S. A. S. (2009). Response of Faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*, 6(10), 1359-1365.
30. El Naim, A. M. & Ahmed, S. E. (2010). Effect of weeding frequencies on growth and yield of two roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) varieties under rain fed. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9), 4250-4255.
31. Fortaleza, J. M., Peixoto, J. R., Junqueira, N. T. V., Oliveira, A. T. & Rangel, L. E. P. (2005). Caracteristicas fisicas e quimicas em nove genotipos de maracuja azedo cultivado sob tres niveis de adubacao potassica. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 27(1), 124-127.
32. Freire, J. L. O., Cavalcante, L. F., Rebequi, A. M., Nunes, J. C., Dias, T. J. & Cavalcante, I. H. L. (2010). Atributos qualitativos do maracuja amarelo produzido com agua salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrgrias, Recife*, 5 (1), 102-110.
33. Futuless, K. N., Kwaga, Y. M. & Clement, T. (2010). Effect of sowing date on calyx yield and yield components of Rosselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) in Northern Guinea Savanna. *New York Science Journal*, 3(11), 1-4.
34. Gavito, M. E. & Miller, M. H. (1998). Early phosphorus nutrition, mycorrhizae development, dry matter partitioning and yield of maize. *Plant and soil*, 199,177-186.
35. Gharib, F. A., Moussa, L. A. & Massoud, O. N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). *Journal of Agriculture and Biological Science*, 10, 381-387.
36. Grant, C. A., Petersond, G. A. & Capbell, C. A. (2002). Nutrient consideration for diversified cropping systems in the northern great plains. *Agronomy Journal*, 94, 186-198.
37. Griffe, P., Metha, S. & Shankar, D. (2003). Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. *Food and Agriculture Organization*, 2, 52-63.
38. Gupta, M. L., A. Prasad, M. Ram & S. Kumar. (2002). Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasiculatum on the essentialoil yield related characters and nutrient acquisitionin the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology*, 81, 77-79.
39. Hajeeboland, R., Asgharzadeh, N. & Mehrfar, Z. (2004). Ecological study of azotobacter in two pasture lands of the north-west Iran and its inoculation effect on growth and mineral nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Omid) plants. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 8 (2), 75-90. (In Persian with English Summary)
40. Harridy, I. & Amara, M. (1998). Effect of presowing inoculation of seeds by nitrogen fixed bacteria on growth fruit production, sepals yield and the chemical composition of roselle plants. *Egypt Journal of Applied Science*, 13, 217-231.
41. Hassan, F. A. S. (2009). Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. *Annals of Agricultural Science*, 54, 437-446.
42. Hassanzadeh, A., Mazaheri, D., Chaichei, M. R. & Khavazy, K. (2007). Facilitating bacterial phosphorus uptake and use efficiency of fertilizer phosphorus on yield and yield components of barley. *Research and Development*, 77, 111–118. (In Persian with English Summary)
43. Ibrahim, M. M. & Hussein, R. M. (2006). Variability, heritability and genetic advance in some genotypes of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*, 2 (3), 340-345.
44. Ismail, A., Ikram, E. H. K. & Nazri, H. S. M. (2008). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds-nutritional composition, protein quality and health benefits. *Food*, 2, 1-16.
45. Jackson, M. L. (1967). Soil Chemical Analysis. Prentric-Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi.
46. Jacobs, M. B. (1951). The Chemical Analysis of Food and Food Products Standardized Dye Method. Vol. 27. 2nd Ed., D Van Nostrand Co., New York, p. 31-36.
47. Jakobsen, I. (1995). Transport of phosphorus and carbon in VA mycorrhiza In: Varma, A. and Hock, B. (Eds). *Mycorrhiza, Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology*. Springer-Verlag. Berlin. PP. 297-324.
48. Jalali M. (2005). Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. Comm. *Soil Science Plant Analalysis*, 36, 1903-1917.
49. Jalali M. & Zarabi, M. (2006). Kinetics of non-exchangeable potassium release and plant response in some calcareous soils. J. Plant Nutr. *Soil Science*, 169, 194-204.
50. Kapoor, R., Chaudhary, V. & Bhatnagar, A. K. (2007). Effects of arbuscular mycorhiza and phosphorus application on artemisinin concenteration in *Artemisia annua* L. *Mycoriza*, 17, 581-587.
51. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology* 93, 307-311.

52. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G. (2002). Mycorrhization of coriander (Coriandrum sativum L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. *Jornal of Science Food and Agriculture*, 82(4), 339-342.
53. Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C. & Changxing, Z. (2008). The effect of AM fungi and phosphorous level on the biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. *Eurasian Journal of Biosciences*, 2, 26-33.
54. Khalid, A., Muhammad, A. M. & Zahir, Z.A. (2004). Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 96, 473-480.
55. Khalil, S. E. & Yousef, R. M. M. (2014). Study the effect of irrigation water regime and fertilizers on growth, yield and some fruit quality of *Hibiscus sabdariffa* L. *International Journal of Advanced Research*, 2(5), 738-750.
56. Kojima T., Hayatsu M. & Saito M. (1998). Intraradical hyphal phosphatase of the arbuscular mycorrhizal fungus Gigaspora margarita. *Boilogy Fertility Soil*, 26, 331-335.
57. Kumar, B., Trivedi, P. & Pandey, A. (2007). *Pseudomonas corrugates*: A suitable bacterial inoculants for maize grown under rain fed conditions of Himalayan region. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 3093-3100.
58. Kumar, T. S., Swaminathan, V. & Kumar, S. (2009). Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on growth, yield and essential oil constituents in ratoon crop of davana (*Artemisia pallens* Wall.). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(2), 86-95.
59. Li, Z. H., Gemma, H. & Iwahori, Sh. (2002). Stimulation of 'Fuji' apple skin color by ethephon and phosphorus calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. *Scientia Horticulture*, 94, 193-199.
60. Liang, Y., Lu, J. & Shang, S. (1996). Effect of gibberellins on chemical composition and quality of tea (*Camellia sinensis* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 411-414.
61. Louis, S. J., Kadams, A. M., Simon, S. Y. & Mohammed, S. G. (2013). Combining ability in Roselle cultivars for agronomic traits in Yola, Nigeria. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3 (2), 145-149.
62. Mahadevan, N., Shivali & Pradeep, K. (2009). *Hibiscus sabdariffa* Linn: An overview. *Natural Product Radiance*, 8, 77-83.
63. Mahfouz, S. A. & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21(4), 361-366.
64. Marschner, H. (1995). *Nutrition of Higher Plants*, 2nd Ed. Academic Press, San Diago, CA. 889p.
65. Mittal, V., Sigh, O., Nayyar, H., Kaur, G. & Tewari, R. (2008). Stimulatory effect of phosphate solubilizng fungal strains (*Aspergillus awarvori* and *Pencillum citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. GPF2.). *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 718-727.
66. Mohamed, B. A., Sulaiman, A. A. & Dahab, A. A. (2012). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Sudan, Cultivation and their uses. *Bulletin Environment Pharmacological Life Science*, 1(6), 48-54.
67. Mukhtar, A. M. (2007). The effect of feeding Roselle. *African Academic Journal*, 5(3), 254-259.
68. Muller, K. & Hippe, J. (1987). Influence of differences in nutrition on important quality characteristics of some agricultural crops. *Plant and Soil*, 100, 35-45.
69. Nabiollahy, K., Khormali, F., Bazargan, K. & Ayoubi, Sh. (2006). Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. *Clay Miner*, 41, 739-749.
70. Nagy, S. (1980). Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *Journal of Agricural and Food Chemistry*, 28, 8-18.
71. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianelo, F. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(4), 1527-1536.
72. Ogaard A. F. & Krogstad T. (2005). Release of interlayer potassium in Norwegian grassland soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 80-88.
73. Ojaqhlo, P. (2007). Effect of inoculation with bio-fertilizers (Azotobacter and phosphate fertilization) on the growth, yield and yield components of safflower. Master Thesis of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
74. Olivera, M., Iribane C. & Liuck, C. (2002). Effect of phosphorus on nodulacion and N_2 phixation by bean (*Phaseolus vulgaris*). *Proceedings of the 15th International Meeting on Microbia Phosphate Solubilization*. 16- 19 July, Salamanca, Spain.
75. Omidbaigi, R. & Nobakht, A. (2001). Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of Milk thistle. *Pakistan Journal of Biological Science*, 4, 1345-1349.
76. Pal, K. K., Tilak, V. B. R., Saxena, A. K., Dey, R. & Singh, C. S. (2001). Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomia phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminaerum* caused by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 156, 209–223.
77. Perry, I. M. (1980). *Medicinal Plant of East and Southwest Assia*, MIT, Press, Cambridge.

78. Pouryousef, M., Chaichi, M. R., Mazaheri, V., Fakhretabatabaii, M. & Ashraf Jafari, V. (2007). Effect of different soil fertilizing systems on seed and mucilage yield and seed P content of Isabgol (Plantago ovata Forsk). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6, 1088-1092.
79. Prenesti, E., Berto, S., Daniele, P. G. & Toso, S. (2007). Antioxidant power quantification of decoction and cold infusions of *Hibiscus sabdariffa* flowers. *Food Chemistry*, 100, 433-438.
80. Raman, N. & Mahadevan, A. (1996). Mycorrhizal research-A priority in agriculture. pp. 41-75. In: Mukerji, K. G. (Ed.), *Concepts in Mycorrhizal Research*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
81. Ram Rao, D. M., Kodandar Amaiah, J., Reddy, M. P., Katiyar R. S. & Rahmathulla, V. K. (2007). Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworn cocoon characters under semiaride conditions. *Caspian Journal of Environmenal Science*, 5(2), 111-117.
82. Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. & Gautam, S.P. (2001). Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. *Microbiological Research*, 156, 145-149.
83. Rawia, A., Eid, S., Abo-sedera, A. & Attia, M. (2006). Influence of nitrogen fixing bacteria incorporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of Celosia argentea. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2, 450-458.
84. Revilas, J. J., Rodelas, B. Pozo, C. Martinez-Toledo M. V. & Gonzalez-Lopez, J. (2000). Production of B-group vitamins by two Azotobacter strains with phenolic compounds as sole carbon source under diazotrophic and adiazotrophic conditions. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 486-493.
85. Rezvantalab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A. & Abbasian, A. (2008). Study some of yield and yield component of corn (*Zea mays* L.) response to different types and rates of organic and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Natural Resource*, 15(5), 139-147.
86. Rodriguez, H. & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17(4-5), 319-339.
87. Sanchez, G. E., Carballo, G. C. & Romos, G. S. R. (2008). Influence of organic manures and biofertilizers on the Quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *P. lanceolota* L. Revista cubana de plants. *Medicinales*, 13, 12-15.
88. Sanoussi, A., Hadiara, H. S., Yacoubou, B., Benoit, S., Issaka, L. & Mahamane, S. (2011). Yield character variability in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 6(6), 1371-1377.
89. SAS Institute. (2013). *The SAS system for Windows*. Release 9.2. SAS Institute. Cary, NC.
90. Schippers, R. R. (2000). *African Indigenous Vegetable: An Overview of the Cultivated Species*. University of Greenwich, Natural Resources Institute, U.K. p: 214.
91. Seung, K. Lee, Adel, L. & Kader A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
92. Shaalan, M. N. (2005). Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa* L. plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83, 811-828.
93. Shaalan, M. N., Abd El Latif T.A., Soliman S. G. & El-Ghawas, (2001). Effect of some chemical and biofertiliizer treatments on roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 79, 587-606.
94. Singh, S. & Kapoor, K. K. (1999). Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a *Vesicular arbuscular* mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biology and Fertility Soils*, 28, 139-144.
95. Sokhan Sanj, M. (2001). The residual chemical-free products. *Journal of Agricultural Research Olive*, 11, 6-9. (In Persian with English Summary)
96. Sukhapat, N., Ungphaiboon, S., Itharat, A., Puripattanavong, J & Pinsuwan, S. (2004). Influence of pH on antioxidant activity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract in aqueous solution. The 10th World Congress on Clinical Nutrition: Nutrition in the Next Decade: Nutraceutical/Functional Food: Product Performance in Health, Disease and Safety. Abstract book. Organized by PSU, INC and BIOTEC, 30 Nov- 3 Dec. Phuket, Thailand. p.184.
97. Sundara, B., Natarajan, V. & Hari K. (2002). Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. *Field Crop Research*, 77, 43-49.
98. Tarafdar, J. C. (1995). Role of VA mycorrhizal fungus on growth and water relations in wheat in presence of organic and inorganic phosphates. *Journal of Indian Socity Soil Science*, 43, 200-204.
99. Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*, (4th Edition). Sinauer Associates, Sunderland, Mass, 623p.
100. Tialk, K. V. B. R., Singh, C. S., Roy, V. K. & Roa, N. S. S. (1982). *Azosprillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculums: Effect of yield maize and sorghum. *Soil Biology and Biochemistry*, 14, 417-418.

101. Toro, M., Azcon, R. & Barea, J.M. (1997). Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32p) and nutrient cycling. Applied *and Environmental Microbiology*, 63(11), 4408-4412.
102. Tounkara, F., Amadou, I., Guo-Wei Le & Yong-hui Shi. (2011). Effect of boiling on the physicochemical properties of Roselle seeds (*Hibiscus sabdariffa* L.) cultivated in Mali. *African Journal of Biotechnology*, 10(79), 18160-18166.
103. Tzu-Li Lin, Lin, H. H., Chen, C. C., Lin, M. C., Chou, M. C. & Wang, C. J. (2007). *Hibiscus Sabdariffa* extract reduces serum cholesterol in men and women. *Nutrition Research*, 27, 140-145.
104. Vitrac, X., Larronde, F., Krisa, S., Decendit, A., Deffieux, G. & Mérillon, J. M. (2000). Sugar sensing and Ca2+ calmodulin requirement in Vitis vinifera cells producing anthocyanins. *Phytochemistry*, 53, 659-665.
105. Wills, R. B. H., McGlasson, W. B., Graham, D. & Joyce, D. (1998). Postharvest: *An Introduction to the Physiology and Handling of the Fruit, Vegetables and Ornamentals*, 4th ed. New South Wales University, Press. Sydney, Austraila.
106. Wu, S. C., Caob, Z. H., Lib, Z. G., Cheunga, K. C. & Wong, M. H. (2005). Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K Solubilizers and AM fungi on maize growth: a green house trial. *Geoderma*, 125, 155-166.
107. Yadegari, M., Asadirahmani, H., Noormohammadi, G. & Ayneband, A. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Plant Nutrition*, 33, 1733-1743.
108. Zahir, A. Z., Arshad, M. & Frankenberger, W. F. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria. *Advanced Agronomy*, 81, 97-168.

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 46, No. 3, Autumn 2015

Effect of combined feeding system on N, P and K concentration, biochemical characteristics and calyxes yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Roghayeh Mohammadpour Vashvaei[1*], Ahmad Ghanbari[2] and Barat Ali Fakheri[3]
1. M.Sc Student of Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
2. Professor of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
3. Associate Professor of Plant Breeding, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran
(Received: Jan. 27, 2015 - Accepted: Mar. 29, 2015)

ABSTRACT

To evaluate the effect of chemical and bio-fertilizer on nitrogen, phosphorus and potash concentration, biochemical traits and calyxes yield of roselle; an experiment was conducted in the split plot based on randomized complete block design with three replications, at the Research Station in Zabol University, during 2013 and 2014. The main plot consisted of three levels: phosphorus, nitrogen and NPK fertilizer and the subplot involved five levels: Nitroxin, supernitroplus, superbiosulphate, mycorrhizal and non-bio-fertilizer. The results of combined analysis of variance showed that the effects of chemical and biological fertilizers were significant ($P \leq 0.01$) for all studied traits. Interaction of chemical and biological fertilizer was significant for all traits except for percentage of leaves nitrogen, phosphorus and protein. The highest values for the percentage of leaves and sepals nitrogen, leaves and sepals protein, percentage of sepals potash, sepals anthocyanin content, sepals vitamin C content, sepals acidity and calyxes yield belong to the NPK fertilizer in combination with nitroxin bio-fertilizer treatment. The highest values for the percentage of leaves and sepals phosphorus triates belong to the NPK fertilizer in combination with superbiophosphate bio-fertilizer treatment. Thus, with respect to the production of medicinal plants in cropping systems, the use of chemical fertilizers with bio-fertilizers to improve the efficiency of chemical fertilizers in order to achieve sustainable agriculture and environmental protection are recommended.

Keywords: bio-fertilizer, chemical fertilizer, Maki tea, medicinal plants.

* Corresponding author E-mail: ro_mohammadpour@yahoo.com Tel: +98 911 3545726