نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۲۹۵-۲۷۶

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 276-295

اثر کودهای زیستی در تلفیق با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

رقیه محمدپور وشوایی[1*]، احمد قنبری[2] و براتعلی فاخری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۴

محمدپور وشوایی، ر.، قنبری، ا.، و فاخری، ب.ع. ۱۳۹۶. اثر کودهای زیستی در تلفیق با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۲): ۲۹۵-۲۷۶.

چکیده

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی نیمه‌گرمسیری از خانواده ختمی است که از کاسبرگ آن به دلیل خواص دارویی و خوراکی استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی در تلفیق با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارها شامل تغذیه گیاه با NPK (به ترتیب۲۲۰، ۱۳۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، کود زیستی بیوفسفات، بیوفسفات+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+۵۰ درصد NPK، بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK، کود زیستی نیتروکسین، نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK، بیوفسفات+ نیتروکسین، بیوفسفات+ نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، بیوفسفات+ نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK و شاهد (عدم استفاده از کود) بود. ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه، وزن تر رویشی، وزن خشک رویشی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد کاسه گل، وزن خشک و عملکرد کاسبرگ‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه مرکب حاکی از آن بود که اثر تیمارهای کودی بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود. تعداد کاسه گل، مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد کاسبرگ‌ها بود. بیشترین مقادیر ارتفاع بوته (۱۲۶/۰۰ سانتی‌متر)، ، وزن تر و خشک رویشی (به ترتیب ۲۵۹۲/۸۹ و ۶۶۷/۷۲ گرم در متر مربع)، وزن تر و خشک ریشه (به ترتیب ۲۰۳/۶۱ و ۵۹/۲۲ گرم در متر مربع)، وزن خشک و عملکرد کاسبرگ‌ها (به ترتیب ۲۳۲/۶۱ و ۲۱۰/۰۳ گرم در متر مربع) و تعداد شاخه و کاسه گل (به ترتیب با ۲۱۱/۲۸ و ۲۲۶/۲۲ عدد در مترمربع) در تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK حاصل شد که اختلاف آن با تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK به ترتیب با مقادیر ۱۱۹/۵۹ سانتی‌متر، ۲۵۵۷/۱۷، ۶۳۵/۱۱، ۱۹۹/۷۸، ۵۸/۴۲، ۲۲۱/۴۴ و ۲۰۵/۸۲ گرم در مترمربع و ۱۹۴/۵۶ و ۲۰۱/۶۷ عدد در مترمربع معنی‌دار نبود. بنابراین با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم توجه به کاشت این گیاهان در نظام‌های کم‌نهاده، استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی NPK به همراه کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن و فسفر جهت بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیوفسفات، چای مکی، گیاهان دارویی، نیتروکسین

مقدمه

رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی و داروهای گیاهی در سطح جهانی اهمیت کشت، تولید و فرآوری این گیاهان را روشن‌تر می‌کند. چای ترش یا چای مکی (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی، روزکوتاه، خودگشن، یک‌ساله و یا چندساله از خانواده ختمی، مخصوص آب و هوای گرم و بومی آفریقا می‌باشد که به سرما و یخبندان خیلی حساس است (Copley, 1975). این گیاه بومی هند است و معمولا در آن‌جا کشت وکار می‌شود، ولی به سایر نقاط جهان از جمله آمریکای مرکزی، غرب هند و افریقا نیز وارد شده است

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استاد، گروه زراعت، دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.37186

(Fasoyiro et al., 2005; Mahadevan et al., 2009). چای ترش به عنوان یک محصول جدید، گیاهی دو منظوره است. کاسبرگ این گیاه به دلیل خواص دارویی و همچنین استفاده خوراکی در صنایع غذایی استفاده می‌شود و الیاف و چوب آن در تولید خمیر کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mahadevan et al., 2009; Duke, 2006; Tsai et al., 2002; Wester, 1920). در بسیاری از کشورها، از برگ آن به‌عنوان سبزی خوراکی و از دانه‌های آن به‌عنوان یک منبع غنی از پروتئین و روغن استفاده می‌شود (Mahadevan et al., 2009; Mukhtar, 2007; Halimatul et al., 2007; Ahmed, 1980). چای ترش یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین گیاهان دارویی است که دارای خواص صفراوی، گوارشی و شکمی، ضد عفونی کننده، مقوی باء و کاهنده فشار خون می‌باشد (Akindahunsi et al., 2003). چای ترش حاوی مقدار زیادی ویتامین C و سرشار از ریبوفلاوین، نیاسین، کلسیم و آهن است (Fasoyiro et al., 2005; Qi et al., 2005; Wong et al., 2002; Babalola et al., 2000). کاسه گل آن به علت ترکیبات فنلی خاصیت ضدمیکروبی و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد (Anokwuru et al., 2011; Fasoyiro et al., 2005).

کاهش حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای درحال توسعه و استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک، بدون جایگزینی مناسب و کافی باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. در این رابطه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک لازم به نظر می‌رسد ولی هزینه رو به افزایش تولید کودهای شیمیایی، آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی باعث ایجاد مسائل زیست محیطی شده است (Brussard & Ferrera- Cenato, 1997). مصرف کودهای شیمیایی در درازمدت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را تخریب نموده و با کاهش نفوذپذیری خاک، گسترش ریشه گیاهان را دچار مشکل می‌سازند و در نهایت، کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. گزارش‌هایی وجود دارد که تا دو سوم نیتروژن معدنی مصرف شده در سیستم‌های کشاورزی از طریق آبشویی، تصعید، رواناب و فرسایش تلف می‌شود (Biswas et al., 2008). این امر موجب تشدید اثرات گلخانه‌ای، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات (Rejesus & Hornbaker, 1999) و کاهش کارایی اقتصادی سیستم‌های کشاورزی می‌شود. کاربرد پیوسته کودهای فسفات نیز به افزایش کادمیوم خاک‌های کشاورزی منجر شده است (Kianisadr & Borna, 2008). کاربرد منابع و نهاده‌های تجدیدپذیر، یکی از اصول کشاورزی پایدار است که موجب حداکثر بهره‌وری زراعی و کمترین خطرات زیست محیطی می‌شود (Kizilkaya, 2008). این امر، یعنی دسترسی به عملکرد مطلوب و کاهش مخاطرات زیست محیطی، نیازمند بکارگیری راهکارهای نوین زراعی است. امروزه زراعت ارگانیک مطرح شده است که در آن علاوه بر کمیت تولید به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید نیز توجه خاص می‌شود. با این حال به یکباره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از اکوسیستم‌های زراعی حذف نمود، زیرا لازمه پایداری در کشاورزی، اطمینان از درآمد کافی و امنیت غذایی است. در سال‌های اخیر کودهای زیستی به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005). علاوه بر این سازمان کشاورزی و خوار و بار جهانی طرح توسعه نظام‌های تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی را برای کشورهای در حال توسعه پیشنهاد نموده است (Griffe et al., 2003). کاربرد کودهای شیمیایی به همراه منابع آلی و زیستی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید محصولات کشاورزی در برداشته و به ذخیره انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست و بهبود شرایط فیزیکی خاک کمک خواهد نمود که این موضوع می‌تواند گامی به سوی کشاورزی پایدار باشد (Karla, 2003).

کودهای زیستی (بیولوژیک)، باکتری‌ها یا قارچ‌های مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیت این موجودات می‌باشند که در ناحیه اطراف ریشه (ریزوسفر) و یا بخش‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روش‌های مختلف تحریک می‌کنند (Van Loon, 2007; Wu et al., 2005). مکانیسم‌های عمده افزایش رشد و نمو ناشی از این ریزموجودات کاملا شناخته نشده است، اما بسیاری از پژوهشگران، این پدیده را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها نسبت می‌دهند (Glick, 1995; Vessy, 2003). در اثرات مستقیم، این ریزموجودات رشد گیاه را با تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر، افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک (تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول)، ساخت و ترشح اسید نیکوتینیک، بیوتین، ویتامین‌های گروه B، تولید سیدروفور، تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه از قبیل اکسین‌ها و جیبرلین‌ها که باعث افزایش رشد گیاه در مراحل مختلف رشدی آن می‌شود و یا از طریق ساخت

آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه (ساخت آنزیم‌های تنظیم کننده مقدار اتیلن در گیاه)، تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته خاک افزایش می‌دهند (Stajkovic et al., 2011; Mirzaei et al., 2010; Han & Lee, 2006; Gray & Smith, 2005; Lucy & Glick, 2004; Kader, 2002; Mikovacki & Milic, 2001; Kumar et al., 2001; Rademacher, 1994). در تحریک غیر مستقیم این ریزموجودات با کاهش یا حذف اثرات زیان بار عوامل بیماری‌زا از طریق مکانیزم‌های مختلفی همچون القای سیستم مقاومت (ایجاد مقاومت سیستمیک) به گیاه در مقابل عوامل بیماری‌زا، مهار عوامل بیماری‌زا از طریق تولید آنتی‌بیوتیک، رقابت با گونه‌های مضر برای اشغال ریشه و رقابت بر سر غذا و تولید آنزیم‌های لیزکننده دیواره سلولی قارچ‌ها در گیاه میزبان موجب رشد گیاه می‌شوند(Mikovacki et al., 2010; Van Loon, 2007; Sturz & Christie, 2003; Casson & Lindsey, 2003; Schippers et al., 1990). تحقیقات گوناگون حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی به تنهایی یا به همراه کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی می‌باشد. اصغر و همکاران (Asghar et al., 2002) گزارش دادند که تلقیح بذور خردل هندی (*Brassica juncea* L.) با باکتری‌های محرک رشد گیاه، رشد این گیاه را به طور معنی‌دار افزایش داد. در تحقیقی اسویفی هند و همکاران (Swaefy Hend et al., 2007) نشان دادند که تیمار گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) با *ازتوباکتر کروکوکوم* باعث افزایش ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک گیاه شد. نتایج تحقیق یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد. کومار و همکاران (Kumar et al., 2009) گزارش نمودند که کاربرد *آزوسپریلیوم* همراه با ۹۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و فسفر در گیاه دارویی درمنه (*Artemisia pallens* L.) سبب افزایش رشد، زیست توده تر و خشک گیاه گردید. سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی *آزوسپریلوم*، *ازتوباکتر* و *باسیلوس* روی گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) نشان داد که بالاترین میزان زیست توده تر و خشک گیاه در تیمار تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه *آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر* و *باسیلوس* حاصل شد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی *آزوسپریلوم*، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و *میکوریزا* روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که بالاترین عمکرد رویشی در تیمار تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی به همراه کود زیستی حاصل شد (Ajimoddin et al., 2005).

با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم نهاده، این تحقیق با هدف بررسی اثر کودهای زیستی در تلفیق با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش در شرایط آب و هوایی زابل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح آزاد دریا، در سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، حداکثر مطلق دما ۴۹ و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹/۲۰ درصد و میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۵۳ و ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (depth of 0-30 cm)

پتاسیم کل (پی‌پی‌ام) Total potassium (ppm)	فسفر کل (پی‌پی‌ام) Total phosphorus (ppm)	درصد نیتروژن کل Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت Texture
140	12	0.17	1.5	7.2	رسی- لومی Clay-Loam

کرت‌های آزمایشی شامل تغذیه گیاه با NPK، کود زیستی بیوفسفات، بیوفسفات+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+۵۰ درصد NPK، بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK، کود زیستی نیتروکسین، نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK، بیوفسفات+ نیتروکسین، بیوفسفات+ نیتروکسین+۲۵ درصد NPK، بیوفسفات+ نیتروکسین+۵۰ درصد NPK، بیوفسفات+ نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK و شاهد (عدم استفاده از کود) بود. کودهای شیمیایی مورد استفاده شامل ۲۲۰ کیلوگرم اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، ۱۳۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل (۲۳ درصد P_2O_5) و ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم (۴۸ درصد K_2O) بودند. کودهای سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و نصف مقدار کود اوره قبل از کاشت در زمان انجام عملیات زراعی (دیسک زدن) و باقیمانده کود اوره به صورت سرک قبل از گلدهی استفاده شدند. میزان کود مورد استفاده بر اساس تجزیه خاک و نیاز گیاه تعیین شد. نیاز کودی این گیاه ۸۰ کیلوگرم در هکتار ازت، ۵۴-۳۶ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۷۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O می‌باشد (Duke, 1983).کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس‌های *ازتوباکتر کروکوکوم*[1]، *آزوسپریلوم لیپوفروم*[2] و حل‌کننده فسفات از جنس *سودوموناس پوتیدا*[3] با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر و کود زیستی بیوفسفات شامل دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های *باسیلوس لنتوس*[4] که با ترشح اسیدهای آلی و *سودوموناس پوتید*[5] با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم بود. کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات به میزان دو لیتر در هکتار به صورت بذرمال استفاده شد. کودهای بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO[6]) و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. عملیات بذرمال کردن کودها شامل قرار دادن بذور به مدت ۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی بود و بلافاصله پس از خشک شدن بذرها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید، اقدام به کاشت گردید. 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 ۴-۳ بذر در هر کپه با عمق سه سانتی-متر به روش جوی و پشته در چهار ردیف پنج متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحله دو تا چهار برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته با تانکر انجام شد. بدین منظور رطوبت در ظرفیت زراعی ۳۳/۵ درصد حجمی خاک تعیین گردید. یک روز در میان درصد حجمی رطوبت خاک تعیین و زمان آبیاری بدست آمد. آبیاری هر کرت پس از رسیدن رطوبت به ۹۰ درصد ظرفیت زراعی صورت گرفت. اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه رطوبت سنج TDR[7] مدل دلتا تی (Delta-T Devices Ltd. UK) انجام گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی (وجین با استفاده از فوکا) در سه مرحله صورت گرفت. کلیه عملیات زراعی به‌طور معمول انجام شد. ویژگی‌های تعداد شاخه در مترمربع، وزن تر رویشی (گرم در مترمربع)، وزن تر ریشه (گرم در مترمربع)، وزن خشک رویشی (گرم در مترمربع) و وزن خشک ریشه (گرم در مترمربع) در ابتدای زمان گلدهی (در سال اول ۲۰ و در سال دوم ۲۲ مهر) و خصوصیات ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد کاسه گل در مترمربع، وزن خشک کاسبرگ‌ها (گرم در مترمربع) در انتهای مرحله رسیدگی روی ۱۰ بوته که پس از حذف اثرات حاشیه به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. عملکرد کاسبرگ‌ها (گرم در مترمربع) پس از حذف اثرات حاشیه از تمام بوته‌های هر کرت به‌دست آمد. برای اندازه گیری وزن ریشه‌ها، ۱۰ نمونه گیاهی انتخاب شده به دقت و با رعایت حداقل آسیب دیدگی از خاک برداشت شدند و به دو قسمت (اندام‌های هوایی و زمینی) تقسیم شدند. اندام‌های زمینی با دقت، با استفاده از آب جاری شسته شدند. بدین منظور هر بوته در یک تشتک آبی جداگانه خیسانده شد و با استفاده از محلول هگزامتافسفات سدیم ذرات خاک چسبیده به ریشه‌ها از آن جدا شد. پس از آن ریشه‌ها روی الک ریز با استفاده از آب شسته شدند و بلافاصله جهت تعیین وزن تر توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن تر اندام‌های هوایی و زمینی، نمونه‌ها با

1- *Azotobacter chorococum*
2- *Azospirillum lipoferoum*
3- *Pseudomonas putida*
4- *Bacillus lentus*
5- *Pseudomonas putida*
6- Mehr Asia Biotechnology Company
7- Time domain reflectometry

ترازوی دیجیتال حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. نمونه‌های توزین شده به مدت ۷۲ ساعت با آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و بلافاصله جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی و زمینی توزین شدند. داده‌های هر کرت پس از میانگین‌گیری (برای ۱۰ نمونه اندازه‌گیری شده) مورد تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. ضرایب همبستگی بین صفات، رگرسیون مرحله‌ای و ضرایب مسیر بین عملکرد کاسبرگ‌ها و سایر صفات محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS[1] (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) صورت گرفت.

نتایج و بحث

رشد رویشی اندام‌های هوایی

نتایج حاصل از تجزیه مرکب و مقایسه میانگین دو سال زراعی به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. اثر تیمار کود بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه و وزن تر و خشک رویشی گیاه معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود. بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۶ سانتی‌متر)، تعداد شاخه (۲۱۱/۲۸ عدد در مترمربع) و وزن تر و خشک رویشی (به ترتیب ۲۵۹۲/۸۹ و ۶۶۷/۷۲ گرم در مترمربع) در تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK حاصل گردید که اختلاف آن با تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK به ترتیب با مقادیر ۱۱۹/۵۹ سانتی‌متر، ۱۹۴/۵۶ عدد در مترمربع و ۲۵۵۷/۱۷ و ۶۳۵/۱۱ گرم در مترمربع معنی‌دار نبود. در تیمار عدم استفاده از کود (شاهد) کمترین ارتفاع بوته (۷۸/۶۳ سانتی‌متر)، تعداد شاخه در مترمربع (۶۳/۲۸ عدد) و وزن تر و خشک رویشی (به ترتیب ۱۴۸۶/۲۲ و ۳۲۸/۶۷ گرم در مترمربع) بدست آمد. بین تیمار NPK و تیمار شاهد برای ارتفاع بوته، تعداد شاخه و وزن تر و خشک رویشی گیاه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. تیمار NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) موجب بهبود ارتفاع بوته (۲۶/۹۷ درصد)، تعداد شاخه (۵۹/۸۸ درصد) و وزن تر و خشک رویشی گیاه (به ترتیب ۳۸/۰۳ و ۴۵/۹۶ درصد) شده بود. اختلاف تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK با شاهد (عدم استفاده از کود) و تیمار NPK برای ارتفاع بوته، تعداد شاخه و وزن تر و خشک رویشی گیاه معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود. این تیمارها نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) به ترتیب ۳۷/۶۰، ۷۰/۰۵، ۴۲/۶۸ و ۵۰/۷۸ درصد و ۳۴/۲۵، ۶۷/۴۸، ۴۱/۸۸ و ۴۸/۲۵ درصد و نسبت به تیمار NPK به ترتیب ۱۴/۵۵، ۲۵/۳۵، ۷/۵۱ و ۸/۹۲ درصد و ۹/۹۷، ۱۸/۹۳، ۶/۲۲ و ۴/۲۴ درصد، ارتفاع بوته، تعداد شاخه و وزن تر و خشک رویشی گیاه را بهبود بخشیدند.

ارتفاع بوته، تعداد شاخه و وزن تر و خشک رویشی گیاه مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می‌گیرند (Erkossa et al., 2002). بهبود ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه و وزن تر و خشک رویشی گیاه در تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر این صفات بود. به عبارت دیگر کودهای زیستی موجب بهبود پارامترهای رشد رویشی شدند. این نتایج در توافق با یافته‌های محمد و احمد (Mohamed & Ahmed, 2003) در رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.)، یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) در مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، شالان (Shaalan, 2005) در رازیانه، یونس و همکاران (Yuonis et al., 2004) در زنیان (*Trachyspermum ammi* L.)، هیکل (Heikal, 2005) در آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، وینوتا (Vinutha, 2005) در ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، عبدالطیف (Abd El-Latif, 2006) در مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، اسویفی هند و همکاران (Swaefy Hend et al., 2007) در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) در رازیانه، خرم دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و حسن (Hassan, 2009) در چای ترش بود. کودهای زیستی با افزایش فراهمی و جذب نیتروژن و افزایش کارایی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش بسزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد را به دنبال خواهند داشت (Biswas et al., 2008). همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند

1- Statistical Analysis System

جدول ۲- میانگین مربعات ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش تحت اثر کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آنها در سال‌های زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 2- Mean squares of vegetative growth charactistics, yield and yield components of roselle under the effects of chemical, biological fertilizers and combination of them during growing season 2012 and 2013

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی در بوته No. of branches per plant	وزن تر رویشی Fresh weight of vegetative	وزن خشک رویشی Dry weight of vegetative	وزن تر ریشه Roots fresh weight	وزن خشک ریشه Roots dry weigh	تعداد کاسه گل Calyx No.	وزن خشک کاسبرگ‌ها Sepals dry weight	عملکرد کاسبرگ‌ها Sepals yield
سال Year	1	1255.27**	781.46**	3008.59*	909.48ns	31.38ns	11.92*	1221.41**	199.30*	17406.51*
بلوک (سال) Block (Year)	4	10.17	38.18	258.97	309.74	9.71	2.07	65.30	7.48	1790.86
تیمار Treatment	13	1045.67**	435.28**	30095.73**	2783.72**	392.95**	35.78**	427.32**	415.09**	111526.59**
سال×تیمار Year×Treatment	13	102.09**	20.21**	445.27**	19.16ns	4.33*	1.03**	12.64**	10.09**	140086**
خطا Error	52	8.93	3.74	61.41	12.16	2.05	0.13	1.15	0.48	353.30
ضریب تغییرات (٪) C.V		2.87	8.19	2.09	3.88	6.05	4.92	4.09	2.37	3.87

* and** are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and ns is not significant

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آنها بر ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 3- Mean comparison of vegetative growth charactistics, yield and yield components of roselle under the effects of chemical, biological fertilizers and combination of them during growing season 2012 and 2013

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته (عدد در مترمربع) No. of branches prt plant (No. m^{-2})	وزن تر رویشی (گرم در مترمربع) Fresh weight of vegetative ($g.m^{-2}$)	وزن خشک رویشی (گرم در مترمربع) Dry weight of Vegetative ($g.m^{-2}$)	وزن تر ریشه (گرم در مترمربع) Roots fresh Weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک ریشه (گرم در مترمربع) Roots dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد کاسه گل (عدد در مترمربع) Calyx No. (No. m^{-2})	وزن خشک کاسبرگ‌ها (گرم در مترمربع) Sepals dry weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد کاسبرگ‌ها (گرم در مترمربع) Sepals yield ($g.m^{-2}$)
شاهد (عدم استفاده از کود) Control	78.63^{g*}	63.28^{g}	1486.22^{g}	328.67^{i}	78.44^{h}	22.65^{d}	80.94^{i}	92.17^{g}	87.22^{h}
غلظت توصیه شده نیتروژن، فسفر و پتاسیم NPK	107.67^{bcd}	157.72^{cd}	2398.11^{cd}	608.17^{b}	144.56^{c}	48.61^{b}	174.00^{cd}	191.94^{bc}	173.18^{cd}
بیوفسفات Biophosphate	82.16^{gf}	69.17^{g}	1549.28^{g}	340.17^{hi}	86.72^{gh}	25.04^{cd}	86.06^{i}	98.50^{fg}	89.62^{h}
بیوفسفات+۲۵ درصد NPK Biophosphate+25% NPK	93.38^{ef}	113.00^{ef}	1635.72^{g}	389.33^{fg}	107.61^{de}	27.58^{cd}	123.83^{fg}	135.78^{de}	120.58^{ef}
بیوفسفات+۵۰ درصد NPK Biophosphate+50% NPK	107.23^{bcd}	135.17^{de}	2109.78^{e}	572.44^{c}	111.72^{d}	48.20^{b}	156.89^{de}	181.61^{c}	158.70^{d}
بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK Biophosphate+100% NPK	112.72^{abc}	164.33^{bcd}	2433.44^{bc}	613.22^{b}	176.22^{b}	50.21^{b}	181.89^{bcd}	199.61^{bc}	180.16^{bc}
نیتروکسین Nitroxin	98.30^{de}	75.94^{g}	1910.50^{f}	418.78^{ef}	95.39^{efg}	27.24^{cd}	98.50^{ghi}	120.28^{ef}	110.29^{fg}
نیتروکسین+۲۵ درصد NPK Nitroxin+25% NPK	104.53^{cde}	133.28^{de}	2147.72^{e}	450.28^{e}	107.17^{de}	32.30^{c}	114.39^{gh}	146.78^{d}	132.95^{e}
نیتروکسین+۵۰ درصد NPK Nitroxin+50% NPK	107.84^{bcd}	146.00^{cde}	2261.50^{de}	536.17^{d}	137.11^{c}	50.27^{b}	169.06^{cd}	189.67^{bc}	171.52^{cd}
نیتروکسین+۱۰۰ درصد NPK Nitroxin+100% NPK	114.10^{abc}	177.83^{bc}	2486.78^{abc}	611.94^{b}	196.78^{a}	53.99^{ab}	188.89^{bc}	206.61^{b}	183.47^{bc}
نیتروکسین+ بیوفسفات Nitroxin+ Biophosphate	97.98^{de}	83.22^{fg}	1637.39^{g}	369.28^{gh}	91.56^{fgh}	27.23^{cd}	92.22^{hi}	105.72^{fg}	96.58^{gh}
نیتروکسین+ بیوفسفات+۲۵ درصد NPK Nitroxin+ Biophosphate+25% NPK	108.47^{bcd}	113.17^{ef}	1891.28^{f}	446.28^{e}	105.33^{def}	31.43^{c}	140.33^{ef}	146.44^{d}	131.31^{e}
نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK Nitroxin+ Biophosphate+50% NPK	119.59^{ab}	194.56^{ab}	2557.17^{ab}	635.11^{ab}	199.78^{a}	58.42^{a}	201.67^{ab}	221.44^{a}	205.82^{a}
نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK Nitroxin+ Biophosphate+100% NPK	126.00^{a}	211.28^{a}	2592.89^{a}	667.72^{a}	203.61^{a}	59.22^{a}	226.22^{a}	232.61^{a}	210.03^{a}

In the each column similar letters indicate not significant at 0.05 probability levels. * در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

(Rademacher, 1994; Kader, 2002; Han & Lee, 2006) باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه با ساخت و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک‌ها موجب رشد و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی می‌شوند (Gutierrez-Manero et al., 2001; Vessy, 2003; Han & Lee, 2006). دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر می‌باشد (Al-Harbi & Wahb-Allah 2006).

استفاده از کودهای زیستی در تلفیق با ۵۰ یا ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده NPK موجب بهبود صفات رشد رویشی شد. نتایج مشابهی در چای ترش تیمار شده با NPK توسط هاردی و آمارا (Harridy & Amara, 1998) گزارش شده است. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای ارتفاع بوته، تعداد شاخه و وزن تر و خشک رویشی گیاه چای ترش حاکی از آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی NPK به همراه کودهای زیستی موجب بهبود رشد گیاهان در چای ترش می‌شود. به عبارت دیگر، کودهای زیستی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه جهت رشد ریشه را تأمین نموده‌اند و افزودن بیشتر کود شیمیایی نه تنها موجب افزایش معنی‌دار این صفات نمی‌شود، بلکه موجب شستشو و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد. کندیل و همکاران (Kandeel et al., 2002) با تلفیق نیتروژن آلی و غیر آلی افزایش ارتفاع، عملکرد تر و خشک ریشه و اندام هوایی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) را گزارش نمودند. محفوظ و شریف الدین (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007) با کاربرد سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی *آزوسپیریلوم*، *ازتوباکتر* و *باسیلوس* روی گیاه رازیانه نشان دادند که بالاترین میزان زیست توده‌تر و خشک گیاه در تیمار تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه *آزوسپیریلوم*، *ازتوباکتر* و *باسیلوس* حاصل شد. عجیم‌الدین و همکاران (Ajimoddin et al., 2005) در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با بررسی سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی *آزوسپیریلیوم*، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و میکوریزا نشان دادند که بالاترین عمکرد رویشی در تیمار تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی به همراه کود زیستی حاصل شد. کریمی و همکاران (Karami et al., 2011) گزارش نمودند که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی نیتروژنه و فسفاته تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، تعداد ساقه‌های فرعی، عملکرد سرشاخه‌های گلدار، گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) داشته است و جهت حصول حداکثر عملکرد سرشاخه‌های گلدار گاوزبان مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی توأم با استفاده از کودهای زیستی را توصیه نمودند. مکی زاده و همکاران (Makkizadeh et al., 2012) گزارش نمودند که کاربرد کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با کود شیمیایی موجب بهبود خصوصیات کمّی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) شد و جهت حصول بیشترین عملکرد اقتصادی می‌توان اقدام به مصرف کود زیستی به همراه ۵۰ درصد کود نیتروژنی اوره نمود.

وزن تر و خشک ریشه

نتایج حاصل از تجزیه مرکب و مقایسه میانگین دو سال زراعی به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. تیمار کود، اثر معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) بر وزن تر و خشک ریشه چای ترش داشت. بیشترین وزن تر و خشک (به ترتیب ۲۰۳/۶۱ و ۵۹/۲۲ گرم در مترمربع) از گیاهان تحت تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK به‌دست آمد که با گیاهان تحت تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK (به‌ترتیب ۱۹۹/۷۸ و ۵۸/۴۲ گرم در مترمربع) اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب با مقادیر ۷۸/۴۴ و ۲۲/۶۵ گرم در مترمربع برای گیاهان تحت تیمار عدم استفاده از کود (شاهد) حاصل شد که اختلاف آن با تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK، نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK و NPK معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) بود. تیمار NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) به ترتیب ۴۵/۷۳ و ۵۳/۴۱ درصد، وزن تر و خشک ریشه را ارتقاء داد. تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) بهبود قابل ملاحظه‌ای را برای صفات وزن

تر (به ترتیب ۶۱/۴۷ و ۶۰/۷۳ درصد) و خشک ریشه (به ترتیب ۶۱/۷۵ و ۶۱/۲۳ درصد) نشان دادند. اختلاف تیمار NPK با این تیمارها برای وزن تر و خشک ریشه نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و نسبت به تیمار NPK موجب بهبود وزن تر (به ترتیب ۲۹/۰۰ و ۲۷/۶۴ درصد) و خشک ریشه (به ترتیب ۱۷/۹۱ و ۱۶/۷۹ درصد) شدند. بهبود ویژگی‌های وزن تر و خشک ریشه در تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر صفات فوق بود. این نتایج در توافق با یافته‌های بانچیو و همکاران (Banchio et al., 2008) در مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) و خوشبخت و همکاران (Khoshbakht et al., 2011) در صبر زرد (*Aloe vera* L.) بود.

اگرچه ویژگی‌های رشد سیستم ریشه‌ای ژنتیکی است، ولی می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار گیرد (Russel, 1977). 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 یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش دسترسی به عناصر معدنی و در نهایت رشد رویشی را فراهم آورده است. باکتری‌های تثبیت‌کننده غیرهمزیست *آزوسپیریلوم* موجود در کودهای زیستی، علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد (ایندول استیک اسید، جیبرلین و سیتوکنین و غیره) و ویتامین‌های گروه B، سبب بهبود رشد ریشه (افزایش پتانسیل ریشه‌زایی، طویل شدن ریشه‌ها و افزایش ریشه‌های جانبی) و متعاقب آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده است (Tilak et al., 2005). در محیط ریشه گیاه، *ازتوباکتر* نیز با ساخت و ترشح برخی مواد بیولوژیک فعال مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین و غیره در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا نموده‌اند (Karthikeyan et al., 2008). علاوه بر این، این باکتری‌ها با تولید ترکیبات ضد قارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی موجب تقویت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه و در نهایت بهبود رشد گیاه خواهند شد (Chen, 2006). گونه‌های مختلف جنس *سودوموناس* موجود در این کودها، با آزاد نمودن اسیدهای آلی و غیر آلی موجب کاهش اسیدیته خاک و تبدیل فسفر و سایر عناصر به فرم قابل دسترس برای گیاه می‌شوند (Singh & Kapoor, 1999). علاوه بر این، این باکتری‌ها با کنترل قارچ‌های بیماریزا (Pal et al., 2001) و از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی و ساخت آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند (کاهش اتیلن)، سبب رشد ریشه و گیاه می‌شوند (Abdul-Jaleel et al., 2007). اسچیپرز و همکاران (Schippers et al., 1990) بیان نمودند که بعضی از باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه با تولید ریزوبیوتوکسین، تولید اتیلن را در گیاه کاهش می‌دهند و باعث افزایش رشد ریشه می‌شوند. تناسب صحیح بین نیتروژن و فسفر نیز سبب افزایش عملکرد ریشه می‌شود (Casson & Lindsey, 2003). کودهای زیستی با ایجاد تناسب صحیح بین نیتروژن و فسفر موجب افزایش رشد ریشه می‌گردند (Schippers et al., 1990). تغییر در مورفولوژی ریشه و رشد آن تا حدی به غلظت مواد تنظیم‌کننده رشد به ویژه اکسین، اتیلن و سیتوکنین نیز بستگی دارد (Casson & Lindsey, 2003).

عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای وزن تر و خشک ریشه چای ترش مبین آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود رشد لازم ریشه در چای ترش می‌شود. به عبارت دیگر کودهای زیستی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه جهت رشد ریشه را تأمین نموده و افزودن بیشتر کود شیمیایی موجب شستشو و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد. قندراسکار و همکاران (Chandrasekar et al., 2005) در ارزن ژاپنی (*Echinochola frumentacea* L.) افزایش طول ریشه را بر اثر تلقیح با *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* همراه با کاربرد اوره گزارش کردند. توران و همکاران (Turan et al., 2007) طی آزمایشی روی گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) بیان داشتند که کاربرد توأم باکتری حلال فسفر و کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل سبب تولید بیشترین وزن خشک ریشه و ساقه در این گیاه می‌شود.

عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌ها

نتایج حاصل از تجزیه مرکب و مقایسه میانگین دو سال زراعی به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. اختلاف عملکرد کاسبرگ‌ها، وزن خشک کاسبرگ‌ها و تعداد کاسه گل در تجزیه

مرکب دو سال زراعی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار کود قرار گرفت. بیشترین عملکرد کاسبرگ‌ها (۲۱۰/۰۳ گرم در مترمربع)، وزن خشک کاسبرگ‌ها (۲۳۲/۶۱ گرم در مترمربع) و تعداد کاسه گل (۲۲۶/۲۲ عدد در مترمربع) از تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK به‌دست آمد که اختلاف آن با تیمار نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK (به ترتیب با ۲۰۵/۸۲ گرم در مترمربع، ۲۲۱/۴۴ گرم در مترمربع و ۲۰۱/۶۷ عدد در مترمربع) معنی‌دار نبود. کمترین عملکرد کاسبرگ‌ها (۸۷/۲۲ گرم در مترمربع)، وزن خشک کاسبرگ‌ها (۹۲/۱۷ گرم در مترمربع) و تعداد کاسه گل (۸۰/۹۴ عدد در مترمربع) از تیمار عدم استفاده از کود (شاهد) به‌دست آمد و اختلاف آن با تیمار NPK برای این صفات در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تیمار NPK نسبت به شاهد موجب بهبود عملکرد کاسبرگ‌ها (۴۹/۶۴ درصد)، وزن خشک کاسبرگ‌ها (۵۱/۹۸ درصد) و تعداد کاسه گل (۵۳/۴۸ درصد) در گیاه شد. اختلاف تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای عملکرد کاسبرگ‌ها، وزن خشک کاسبرگ‌ها و تعداد کاسه گل با شاهد معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۵$) بود و موجب بهبود عملکرد کاسبرگ‌ها (به ترتیب ۵۸/۴۷ و ۵۷/۶۲ درصد)، وزن خشک کاسبرگ‌ها (به‌ترتیب ۶۰/۳۸ و ۵۸/۳۸ درصد) و تعداد کاسه گل (به ترتیب ۶۴/۲۲ و ۵۹/۸۶ درصد) شد. اختلاف این تیمارها با تیمار NPK نیز برای عملکرد کاسبرگ‌ها، وزن خشک کاسبرگ‌ها و تعداد کاسه گل معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۵$) شدند و نسبت به آن، موجب بهبود عملکرد کاسبرگ‌ها (به ترتیب ۱۷/۵۴ و ۱۵/۸۶ درصد)، وزن خشک کاسبرگ‌ها (به ترتیب ۱۷/۴۸ و ۱۳/۳۲ درصد) و تعداد کاسه گل (به ترتیب ۲۳/۰۸ و ۱۳/۷۲ درصد) شدند.

استفاده از کودهای زیستی در تلفیق با ۵۰ یا ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده NPK، موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌ها شد. این نتیجه در توافق با یافته‌های هاردی و آمارا (Harridy & Amara, 1998) در چای ترش بود. بهبود ویژگی‌های عملکرد کاسبرگ‌ها، وزن خشک کاسبرگ‌ها و تعداد کاسه گل در تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK نسبت به تیمار NPK حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفات بر این صفات بود. این نتایج در توافق با یافته‌های کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002, 2004; 2007) در گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، رازیانه و گندواش (*Artemisia annua* L.)، قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش و محفوظ و شرف‌الدین (Mahfoz & Sharaf- Eldin, 2007) در رازیانه و سانچز و همکاران (Sanches et al., 2008) در بارهنگ (*Plantago major* L.) بود. استفاده از کودهای زیستی از طریق 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 (Kartikeyan et al., 2008)، سبب افزایش فتوسنتز و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده است که این مسأله در نهایت باعث افزایش عملکرد کاسبرگ‌ها در چای ترش شد. چنین به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی برای ریشه گیاه شده است. فراهمی عناصر غذایی موجب تحریک رشد گیاه و افزایش اجزای عملکرد (تعداد کاسه گل و وزن تر رویشی) و به تبع آن افزایش عملکرد کاسبرگ‌ها گردیده 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 آسیمیلات‌های تولیدی حاصل از رشد رویشی، رشد زایشی را نیز افزایش داده‌اند. به نظر می‌رسد که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکنین با استفاده از اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱- آمینوسیکلو پروپان-۱- کربوکسیلیک دی آمیناز -۷ و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتریت ACC به وسیله آنزیم ACC دآمیناز اسید حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهم‌ترین سازوکار تأثیر این باکتری‌ها باشند (Zahir et al., 2004). علاوه براین، باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و حل‌کننده 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. با توجه به اثر 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 محسوب شده 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 محققین (Kumar et al., 2007; Kumar et al., 2009; Adesemoye et al., 2010; Yadegari et al., 2010) 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 سایر ریزموجودات خاک نسبت داده‌اند. از آن‌جایی که کمبود عناصر غذایی، یکی از عوامل اصلی تعیین کننده عملکرد کاسبرگ‌ها است، تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بود و به تبع آن عملکرد کاسبرگ‌های کمتری داشت.

عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین+ بیوفسفات+۱۰۰ درصد NPK و نیتروکسین+ بیوفسفات+۵۰ درصد NPK برای عملکرد کاسبرگ‌ها، وزن خشک کاسبرگ‌ها و تعداد کاسه گل گیاه چای ترش حاکی از آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌ها در چای ترش می‌شود. این نتایج در توافق با یافته‌های شالان و همکاران (Shaalan et al., 2001) و حسن (Hassan, 2009) در این گیاه بود. به عبارت دیگر کودهای زیستی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه جهت رشد گیاه و رسیدن به عملکرد پتانسیل را تأمین نموده‌اند و افزودن بیشتر کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد و اجزای آن ندارد و موجب شستشو و هدر رفت آن و آلودگی محیط زیست می‌گردد.

عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه، به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شود. عنصر فسفر در کنار نیتروژن موجب رشد زایشی و میوه‌دهی می‌شود. فسفر یک عنصر ضروری جهت تقسیم سلولی، توسعه ریشه و تشکیل دانه است (El-Gizawy & Mehasen, 2009).

باکتری‌های موجود در کودهای زیستی به‌کار گرفته شده در این آزمایش از طریق تأمین عناصر معدنی نظیر فسفر، آهن، مس و روی به ویژه نیتروژن برای گیاه، باعث افزایش اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد کاسبرگ‌ها می‌شوند. کودهای زیستی عناصر معدنی غیرقابل دسترس و همچنین ترکیب های آلی را به شکل قابل دسترس برای گیاه فراهم می‌کنند، همچنین باعث افزایش رشد می‌شوند (Akhtar & Siddiqui, 2009). برای عملکرد کاسبرگ 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 زمانی برقرار می‌شود که بین عناصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر) تعادل برقرار باشد. این باکتری‌ها با ایجاد تعادل بین عناصر موجب حداکثر رشد رویشی و زایشی می‌شوند. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که کاربرد کودهای زیستی به همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی بهترین تیمار کودی در جهت افزایش عملکرد کاسبرگ‌های در گیاه چای ترش است. این نتیجه با تحقیقات دیگر محققان نیز مطابقت دارد.

حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2013) بیان نمودند که تیمارهای تلفیقی کودهای زیستی و ۵۰ درصد کودهای شیمیایی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L. Convar. *pepo* Var. *styriaca*) شده است.

الحربی و وهب الله (Al-Harbi & Wahb-Allah, 2006) نیز در پژوهش خود روی کدوی سبز یا خورشی (*Cucurbita pepo var.* L.) نشان دادند که کاربرد نیتروژن به میزان ۷۲ کیلوگرم در هکتار در ترکیب با کود زیستی (*ازتوباکتر، آزوسپیریلوم* و *کلبسیلا*[1]) نسبت به کاربرد نیتروژن به میزان ۲۱۶ گیلوگرم در هکتار بدون تلقیح با باکتری، عملکرد کل را افزایش داد.

الگیزاوی و محسن (El-Gizawy & Mehasen, 2009) نیز نشان دادند که بالاترین عملکرد دانه باقلا (*Vicia faba* L.) در ترکیب کودی باکتری‌های حل کننده فسفات و کود شیمیایی فسفر به‌دست آمد. یساری و همکاران (Yasari et al., 2008) نیز نشان دادند که تیمار کود شیمیایی+ تلقیح با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* حصول بیشترین عملکرد دانه در کلزا (*Brassica napus* L.) را موجب شدند.

شاهین و همکاران (Shaheen et al., 2007) در تحقیق خود نشان دادند که عملکرد غلاف بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) در کاربرد ۵۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع سولفات آمونیوم+ *ازتوباکتر* یا *آزوسپریلیوم* نسبت به کاربرد ۱۰۰ درصدی کود نیتروژن بدون تلقیح، افزایش معنی‌داری داشت.

همبستگی، رگرسیون و تجزیه مسیر

اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی، برای افزایش عملکرد اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک طرفه صفات بدون در نظر گرفتن صفات دیگر، نتایج مطلوبی در

1- Klebsiela

بر نخواهد داشت. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی بین صفات و رگرسیون مرحله‌ای بین عملکرد کاسبرگ‌ها و سایر صفات به ترتیب در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. بیشترین همبستگی بین عملکرد کاسبرگ‌ها و وزن خشک کاسبرگ‌ها وجود داشت. همبستگی عملکرد کاسبرگ‌ها با وزن خشک کاسبرگ‌ها (۰/۹۸)، تعداد کاسه گل (۰/۹۷)، وزن تر رویشی (۰/۹۲)، وزن خشک رویشی (۰/۹۱) وزن خشک ریشه (۰/۸۸)، تعداد شاخه در بوته (۰/۸۸) و وزن تر ریشه (۰/۸۳) مثبت، بسیار قوی و بسیار معنی‌دار بود. همبستگی عملکرد کاسبرگ‌ها با ارتفاع بوته (۰/۴۳) مثبت، متوسط و معنی‌دار بود. صفات تعداد کاسه گل و وزن تر رویشی صفاتی بودند که در مرحله اول و دوم وارد مدل رگرسیون مرحله‌ای شدند و تعداد کاسه گل بیشترین اهمیت را در توجیه تغییرات عملکرد کاسبرگ‌ها داشت. تعداد کاسه گل در بوته به تنهایی بیشترین سهم (۹۷/۷۲ درصد) را در توجیه تغییرات عملکرد کاسبرگ‌ها دارا بود و پس از آن وزن تر رویشی سهم بیشتری (۱/۶۷ درصد) را داشت.

جزء اول (تعداد کاسه گل) نمودی از ظرفیت مخزن گیاه برای ذخیره مواد پرورده و جزء دوم (وزن تر رویشی) نشاندهنده ظرفیت منبع برای تولید مواد پرورده می‌باشد. گیاهی که ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، برگ و اندام‌های رویشی بیشتری دارد بالطبع گیرنده‌های نوری زیادتری خواهد داشت و طبیعتا میزان فتوسنتز بالاتری خواهد داشت. وزن تر رویشی در حقیقت نماینده تعداد واحدهای فیتومتریک و فتوسنتز کننده گیاه است، لذا به عنوان جزء اولیه عملکرد مطرح گردیده است. تعداد کاسه گل که بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد کاسبرگ‌ها داشت و مهم‌ترین جزء تعیین کننده عملکرد کاسبرگ‌ها در چای ترش بود، متنوع‌ترین صفت در بین اجزای عملکرد است، زیرا پتانسیل و توانایی چای ترش در تشکیل جوانه‌های گل و کاسه گل بسیار بالاست، اما دست‌یابی به این پتانسیل به شرایط داخلی گیاه و خصوصاً شرایط محیطی بستگی دارد (Sarmadnia & Koocheki, 1991). بنابراین با مدیریت صحیح منابع (کود و غیره) می‌توان به حداکثر این پتانسیل دست یافت و گیاهان با حداکثر عملکرد کاسبرگ‌ها تولید نمود.

در این تحقیق تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر برای نه صفت مورفولوژیک در چای ترش انجام شد. بر اساس نتایج رگرسیون مرحله‌ای، همبستگی بین صفات و ماهیت تأثیرپذیری صفات از یکدیگر، مدلی طبق شکل ۱ طرح و مورد بررسی قرار گرفت. وزن خشک کاسبرگ‌ها دارای اثر مستقیم مثبت بسیار معنی‌دار (۰/۹۹) بر عملکرد کاسبرگ‌ها بود. تعداد کاسه گل اثر مستقیم مثبت و بسیار معنی‌دار (۰/۷۰) بر وزن خشک کاسبرگ‌ها (عملکرد کاسبرگ‌ها) داشت و پس از آن وزن تر رویشی با ضریب مسیر ۰/۳۱ اثر مثبت و معنی دار بر وزن خشک کاسبرگ‌ها داشت. تعداد شاخه فرعی با ضریب مسیر ۰/۸۶ اثر مستقیم مثبت بسیار معنی‌دار بر تعداد کاسه گل داشت. ارتفاع بوته دارای اثر مستقیم مثبت و غیر معنی‌دار بر تعداد کاسه گل (۰/۱۳) بود. وزن تر ریشه اثر مستقیم مثبت معنی‌دار بر وزن تر رویشی داشت. اثر مستقیم وزن خشک رویشی بر وزن تر رویشی مثبت بسیار معنی‌دار (۰/۹۵) بود. اثر مستقیم وزن خشک ریشه بر وزن خشک رویشی و وزن تر ریشه (هر دو ۰/۹۲) مثبت بسیار معنی-دار بود.

صفات تعداد کاسه گل و وزن تر رویشی که مستقیما روی عملکرد اثر گذاشتند، دو جزء اولیه عملکرد نامیده می‌شوند که از این بین، تعداد کاسه گل مهم‌ترین جزء می‌باشد و در برنامه‌های به‌نژادی جهت افزایش عملکرد کاسبرگ‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. صفت ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن تر ریشه، وزن خشک رویشی و وزن خشک ریشه که آثار خود را از طریق اثر روی اجزای اولیه عملکرد اعمال می‌نمایند، اجزای ثانویه عملکرد نامیده می‌شوند چرا که علاوه بر اجزای معمول عملکرد که به طور عمده تعداد کاسه گل را شامل می‌شود، عملکرد به فعالیت ساختارهای دیگر نیز مربوط است. اثر دوجانبه تعداد کاسه گل و وزن تر رویشی منفی، معنی‌دار (۰/۷۵-) بود. رابطه فوق نشان‌دهنده رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد بود و افزایش یک جزء عملکرد به دلیل رقابت برای مواد پرورده، موجب کاهش اجزای دیگر می‌شود.

در این مطالعه نیز تعداد کاسه گل که نماینده رشد زایشی گیاه است با وزن تر رویشی که نماینده رشد رویشی گیاه است رابطه دو جانبه معکوسی دارند و گیاه برای رسیدن به حداکثر رشد زایشی، رشد رویشی را متوقف می‌نماید. ضرایب مسیر اجزای عملکرد در مقایسه با اثر باقیمانده (۰/۰۱) بزرگ‌تر بودند که این مسأله نشان دهنده مکانیزم علی قوی بین عملکرد و اجزای آن است و دیده می‌شود که این دو جزء روی هم رفته حدود ۹۹/۳۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نموده‌اند.

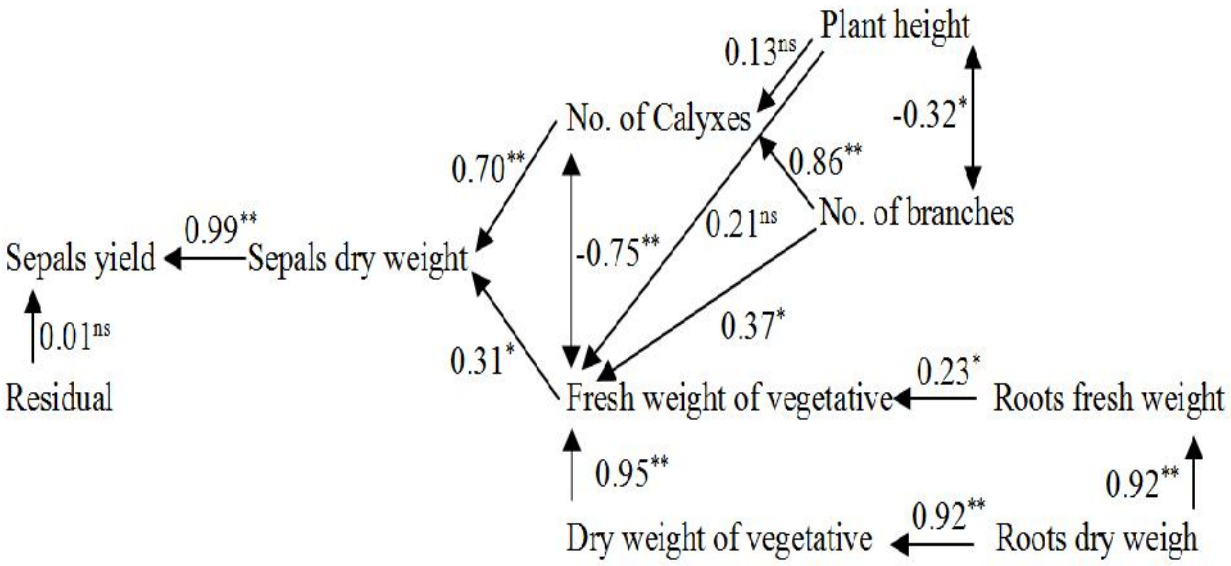
جدول ٤- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آنها طی سال‌های زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 4- Correlations between vegetative growth charactistics, yield and yield components of roselle under the effects of chemical and bio-fertilizers and combination of them during growing season 2012 and 2013

صفات Triats	ارتفاع بوته Plant height per plant	تعداد شاخه No. of branches per plant	وزن تر رویشی Fresh weight of vegetative	وزن خشک رویشی Dry weight of vegetative	وزن تر ریشه Roots fresh weight	وزن خشک ریشه Roots dry weight	تعداد کاسه گل Calyx No.	وزن خشک کاسبرگ-ها Sepals dry weight
تعداد شاخه در بوته No. of branches	0.42*							
وزن تر رویشی Fresh weight of vegetative	0.85**	0.54**						
وزن خشک رویشی Dry weight of vegetative	0.81**	0.55**	0.95**					
وزن تر ریشه Roots fresh weight	0.76**	0.34**	0.51*	0.53**				
وزن خشک ریشه Roots dry weight	0.78**	0.35**	0.92**	0.92**	0.92**			
تعداد کاسه گل Calyx No.	0.41*	0.87**	-0.76**	-0.73**	0.64**	0.67**		
وزن خشک کاسبرگ‌ها Sepals dry weight	0.32*	0.87**	0.91**	0.90**	0.82**	0.88**	0.96**	
عملکرد کاسبرگ‌ها Sepals yield	0.43*	0.88**	0.92**	0.91**	0.83**	0.88**	0.97*	0.99**

* and** are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and ns is not significant

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



شکل ۱- تجزیه مسیر عملکرد کاسبرگ‌ها و اجزای آن در چای ترش تحت تأثیر کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آنها طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

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

Fig. 1- Path analysis of sepals yield and its components in roselle under effects of chemical and bio-fertilizers and their integrated during growing season 2012 and 2013

* and**: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and ns is not significant.

جدول ۵- رگرسیون گام به گام بین عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌ها و ویژگی‌های رشد رویشی چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی، زیستی و ترکیب آنها طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 5- Stepwise regression between Sepals yield and yield components and vegetative growth charactistics of roselle under the effects of chemical and bio-fertilizers and combination of them during growing season 2012 and 2013

Model	مدل	R^2	C(p)	F
Sepals yield = 67.39 + 15.97 Calyx No.		97.72	43.39	514.91**
Sepals yield = -45.63 + 0.66 Fresh weight of vegetative + 10.82 Calyx No.		99.39	6.26	30.19**
Sepals yield = -56.44 + 0.73 Fresh weight of vegetative – 1.95 Roots fresh weight + 12.06 Calyx No.		99.54	4.90	3.09ns

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

* and**: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and ns: is not significant.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که استفاده از ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی NPK به همراه کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن و فسفر موجب بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌ها در چای ترش گردیده است.

بنابراین استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی ضمن فراهم کردن بهترین سیستم تغذیه‌ای برای گیاه و افزایش عملکرد کاسبرگ‌های گیاه دارویی چای ترش و پایداری تولید آن و با هدف کاهش مصرف و افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی در راستای نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست توصیه می‌گردد.

با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و

لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم نهاده و کاهش هزینه‌های مصرف کودهای شیمیایی به نظر می‌رسد که کودهای زیستی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید این گیاهان باشند.

منابع

Abd El-Latif, E.S. 2006. Effect of chemical, organic and spraying with active dry yeast on growth, oil production and plant constituents of sage (*Salvia officinalis* L.) plants. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt.

Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., and 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.

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and 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.

Ahmed, A.K. 1980. Karkade (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed as new oilseed and a source of edible oil. PhD Thesis, University of Reading, England.

Ajimoddin, I., Vasundhara, M., Radhakrishna, D., Biradar, S.L., and Rao, G.G.E. 2005. Integrated nutrient management studies in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Indian Perfumer 49(1): 95-102.

Akhtar, M.S., and 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.

Akindahunsi, A.A., and Olaleye, M.T. 2003. Toxicological investigation of aqueous-methanolic extract of the calyces of *Hibiscus sabdariffa* L. Journal Ethnopharmacology 89: 161-164.

Al-Harbi, A.R., and Wahb-Allah, M.A. 2006. Effect of biofertilization under different nitrogen levels on growth, yield and quality of *summer squash*. Journal of the Saudi Society for Agricultural Sciences 5(1): 42-54.

Anokwuru, C.P., Esiaba, I., Ajibaye O., and Adesuyi, A.O. 2011. Polyphenolic content and antioxidant activity of *Hibiscus sabdariffa* calyx. Journal of Medicinal Plants 5: 557-566.

Asghar, H.N., Zahir, Z.A., Arshad, M., and Khaliq, A. 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth promoting activities in *Brassica juncea* L. Journal of Biology and Fertility of Soils 35: 231-237.

Babalola, S.O., Babalola A.O., and Aworh, O.C. 2000. Compositional attributes of the calyces of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Food Technology 6: 133-134.

Banchio, E., Bogino, P.C., Zygadlo, J., and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Biochemical Systematics and Ecology 36: 766-771.

Biswas, B., Singh, R., and Mukhopadhyay, A.S.N. 2008. Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertilizer for non-legumes: prospects and challenges. Applied Microbiology and Biotechnology 80: 199-209.

Brussard, L., and Ferrera- Cenato, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Arrigultural Systems. New York: Lewis publishers, USA.

Casson, S.A., and Lindsey, K. 2003. Genes and signalling in root development. New Phytologist 158: 11-38.

Chandrasekar, B.R., Ambrose, G., and Jayabalan, N. 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochola frumentacea* (Roxb.) Link. Journal of Agricultural Technology 1(2): 223–234.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October, 16–20. Thailand. p. 11.

Copley, L.S. 1975. An Introduction to the Botany of Tropical Crops. Longman Group, U.K.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sephidkan, F., and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and biological phosphate fertilizer on the quality and quantity of essential oil of fennel. Iranian Journal of Aromatic and Medicinal Plants Research 24: 396-413. (In Persian with English Summary)

Duke, J.A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research 17(3): 91-110.

Duke, J.A. 1983. Handbook of Energy Crops. Unpublished.

El-Gizawy, N.K.B., and 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.

Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural Research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.

Fasoyiro, S.B., Ashaye, O.A., Adeola, A., and Samuel, F.O. 2005. Chemical and storability of fruits-flavored (*Hibiscus sabdariffa*) drinks. World Journal of Agricultural Science 1: 165-168.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and 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.

Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology 41: 109-117.

Gray, E.J., and Smith, D.L. 2005. Interacellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry Journal 37: 395-412.

Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. Food and Agriculture Organization 2: 52-63.

Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce highamounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum 111: 206–211.

Habibi, A., Heidari, G.R., Sohrabi, Y., and Mohamadi, K. 2013. Effect of biofertilizers and chemical fertilizers on yield and yield components of pumpkin (*Cucurbita pepo* L. Convar. *pepo* Var. *styriaca*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(4): 604-615. (In Persian with English Summary)

Halimatul, S.M.N., Amin, I., Mohd-Esa, N., Nawalyah, A.G., and Siti Muskinah, M. 2007. Protein quality of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds. ASEAN Food Journal 14: 131-140.

Han, H.S., and Lee, K.D. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52: 130-136.

Harridy, I.M., and 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. Egyption Journal of Applied Science 13: 217-231.

Hassan, F.A.S. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. Annals of Agricultural Science 54: 437-446.

Heikal, A.M. 2005. Effect of organic and bio-fertilization on the growth, production and composition of thyme (*Thymus vulgaris*, L.) plants. M.Sc. Thesis, Faculty Agriculture Cairo University, Egypt.

Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annals of Agricultural Science 47: 351–371.

Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorhiza and phosphorus application on artemisinin concenteration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17: 581-587.

Kapoor, R., Giri, B., and 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.

Kapoor, R., Giri, B., and 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.

Karami, A., Sepehri, A., Hamzei, J., and Salimi, G. 2011. Effect of nitrogen and phosphorous biofertilizers on quantitative and qualitative traits of borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. Plant Productions Technology (Agricultural Research) 11(1): 37-50.

Karla, A. 2003. Organic cultivation of medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and quality enhancement. Journal of Organic Production of Medicinal and Aromatic Dye Yielding Plants (MADPs). FAO.

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri-Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application of biological fertilizers on growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 294-285. (In Persian with English Summary)

Khoshbakht, T., Bahadori, F., Khalighi, A., and Moez Ardalan, M. 2011. The effect of plant growth promoting

Rhizobacteria on macro element content and yield of Aloe vera in green house conditions. Crop Physiology Journal 2(8): 45-59.

Kianisadr, M., and Borna, A. 2008. Environmental effects of chemical fertilizers. 2nd Iranian National Congress of Ecological Agriculture, Gorgan p. 4216-4199. (In Persian)

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentration of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum*. Journal of Ecological Engineering 33(2): 150-156.

Kumar, B., Trivedi, P., and 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.

Kumar, T.S., Swaminathan, V., and 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.

Kumar, V., Behl, R.K., and Narula, N. 2001. Establishment of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in rhizosphere and their effect on wheat under green house conditions. Microbiology Research 156: 87-93.

Lucy, M., and Glick, B.R. 2004. Application of free living plant growth promoting rhizobacteria. Journal of Antonie van Leeuwenhoek 86: 1-25.

Mahadevan, N., Shivali, and Kamboj, P. 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn.: An overview. Natural Product Radiance 8(1): 77-83.

Mahfouz, S.A. and 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.

Makkizadeh, M., Chaichi, M., Nasrollahzadeh, S., and Khavazi, K. 2012. Effect of different types of nitrogen fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Satureja hortensis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(2): 330-341. (In Persian with English Summary)

Mikovacki, N., Marinkovic, J., Cacic, N., and Bgelic, D. 2010. Microbial abundance in rhizosphere of Sugarbeet in dependence of fertilization and inoculation with *Azotobacter chroococcum*. Research Journal of Agricultural Science 42 (3): 260-264.

Mikovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of *Azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application. Annals of Microbiology 51: 145-158.

Mirzaei, A., Vazan, S., and Naseri, R. 2010. Response of yield and yield camponents of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land condition. World Applied Science Journal 11(10): 1287-1291.

Mohamed, A.A., and Ahmed, M.E. 2003. A comparative study on the effect of sugarcane filter mud, sheep and chicken manures used for fertilization of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* L.) Minia. Journal of Agricultural Research and Development 22: 221-234.

Mukhtar, A.M. 2007. The effect of feeding roselle. African Academic Journal 5(3): 254-259.

Olivera, M., Iribane C., and Liuck, C. 2002. Effect of phosphorus on nodulacion and N_2 Pixation by bean (*Phaseolus vulgaris*) proceedings of the 15th International Meeting on Microbia Phosphate Solubilization. 16-19 July, Salamanca, Spain.

Pal, K.K., Tilak, V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R., and 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.

Qi, Y., Chin, K.L., Malekian, F., Berhane, M., and Gager, J. 2005. Biological characteristics, nutritional and medicinal value of roselle, *Hibiscus sabdariffa*. CIRCULAR-Urban Forestry Natural Resources and Environment No. 604.

Rademacher, W. 1994. Gibberellin formation in microorganisms. Plant Growth Regulation 15: 303–314.

Rejesus, R.M., and Hornbaker, R.H. 1999. Economic and environmental evaluation of alternative pollution-reducing nitrogen management practices in central III inois. Agricultural Ecosystem and Environment 75: 41-53.

Russel, R. 1977. Plant Root Systems (The Function and Interaction with the Soil). Marcel Dekter. USA.

Sanchez, G.E., Carballo, G.C., and 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.

Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1991. Physiology of Crop Plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

SAS Institute. 2013. The SAS system for Windows. Release 9.2. SAS Institute. Cary, NC.

Schippers, B., Bakker, A.W., Bakker, P.A., and Vanpeer, R. 1990. Benefical deleterious effects of HCN production Pseudomonas on rhizosphere interaction. Plant and Soil 129: 75-83.

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.

Shaheen, A.M., Fatma, A., Omiama, R., Sawan, M., and Ghoname, A.A. 2007. The integrated use of bio-inoculants and chemical nitrogen fertilizer on growth, yield and nutritive value of two okra (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivars. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 1(3): 307-312.

Shalan, M.N., Abd El-Latif, T.A., Soliman, S.G., and El-Ghawas, E.O. 2001. Effect of some chemical and biofertilizer treatments on roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). Egyptian Journal of Agricultural Research 79: 587-606.

Singh, S., and 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.

Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N., and Knezevic-Vukcevic, J. 2011. Improvement of common bean growth-promoting bacteria. Romanian Biotecnological Letters 16(1): 5919-5926.

Sturz, A., and Christie, B. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and Tillage Research 69: 353-364.

Swaefy Hend, M.F., Sake Weaam, R.A., Sabh, A.Z., and Ragab, A.A. 2007. Effect of some chemical and bio-fertilizers on peppermint plants grown in sandy soil. Annals of Agricultural Science 52(2): 451-463.

Tialk, K.V.B.R., Singh, C.S., Roy, V.K., and Roa, N.S.S. 1982. *Azosprillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculums: Effect of yield maize and sorghum. Soil Biology and Biochemistry 14: 417-418.

Tsai, P., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B., and Jordan, B. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extract. Food Research International 35: 351-356.

Turan, M., Ataoglu, N., and Sahin, F. 2007. Effect of Bacilluc FS-3 on growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants and availability of phosphorus in soils. Plant, Soil and Environment 53(2): 58-64.

Van Loon, L.C. 2007. Plant response to plant growth promoting rhizobacteria. European Journal of Plant Pathology 119: 243-254.

Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizars. Plant and Soil 255: 571-586.

Vinutha, T. 2005. Biochemical Studies on *Ocimum* sp. Inoculated with Microbial Inoculants. MSc (Agri.) Thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.

Wester, P.J. 1920. The cultivation and uses of roselle. Philippine Agricultural Review 13: 89–99.

Wong, P.K., Yusof, S., Ghazali, H.M., and Man, Y.C. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Nutrition Food Science 32: 68-73.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Yadegari, M., Asadirahmani, H., Noormohammadi, G., and Ayneband, A. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. Journal of Plant Nutrition 33:1733-1743.

Yasari, E., Esmaeili Azadgoleh, A.M., Pirdashti, H., and Mozafari, S. 2008. *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculant as biofertilizer in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. Asian Journal of Plant Sciences 7(5): 490-494.

Youssef, A. A., Edris, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science 49: 299-311.

Yuonis, S.I., Ghaly, N.G., and Ahmed, S.K. 2004. Effect of FYM and planting space on the vegetative growth, active ingredient and chemical composition of *Ammi visnaga* L. Journal of Agricultural Science 29: 1985-1993.

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advanced Agronomy 81: 97-168.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 276-295

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۲۹۵-۲۷۶

Effect of Bio-fertilizers in Combination with Different Rates of Chemical Fertilizers on the Growth Characters and Sepals Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

R. Mohammadpour Vashvaei[1*], A. Ghanbari[2] and B.A. Fakheri[3]

Submitted: 12-07-2014
Accepted: 13-02-2015

Mohammadpour Vashvaei, R., Ghanbari, A., and Fakheri, B.A. 2017. Effect of bio-fertilizers in combination with different rates of chemical fertilizers on the growth characters and sepals yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology 9(2): 276-295.

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a subtropical medicinal plant and belongs to the family Malvaceae, that its sepals have medicinal properties and culinary uses. Increasing the cost of production of fertilizers, soil and water pollution caused by chemical substances and reducing the quality of agricultural production causes environmental problems. In recent years, bio-fertilizers as an alternative option for chemical fertilizers to increase crop production and soil fertility in sustainable agriculture have been raised. Hassan (2009) in the study of the effect of Easterna biofert and bacteria inoculation as bio-fertilizers under graded levels of chemical fertilizers on growth characters, yield component and chemical constituents of *H. sabdariffa* - showed that using Easterna biofert or bacteria inoculation separately or combined with chemical fertilizers significantly improved growth characters and increased sepal yield of roselle plant compared to control treatment in two experimental seasons. The best treatment in this respect was bacteria inoculation+1/2 recommended dose of chemical fertilizers. Otherwise, there were no significant difference in this concern between this treatment and the full recommended dose of chemical fertilizers. By applying this treatment, we can save half quantity of chemical fertilizers used and obtain high quality product. The present study was designed to investigate the effect of bio-fertilizers in combination with different amounts of chemical fertilizers on growth characteristics, yield and yield components of roselle sepals.

Material and Methods

This experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications, at the Research Station of Zabol University, during two growing seasons of 2011-2012 and 2012-2013. Treatments were plant nutrition with NPK (220, 130 and 75 kg.ha-1 urea, triple super phosphate and potassium sulphate, respectively), bio-phosphate, bio-phosphate+25% NPK, bio-phosphate+50% NPK, bio-phosphate+ 100% NPK, nitroxin, nitroxin+25%NPK, nitroxin+50%NPK, nitroxin+100%NPK, nitroxin+biophosphate, nitroxin+biophosphate+25% NPK, nitroxin+biophosphate+50% NPK, nitroxin+biophosphate+100% NPK and control (non-fertilizer). Plant traits such as height, number of branches and calyx per plant, fresh and dry weight of vegetative growth and roots, --, sepals dry weight and yield of roselle were measured.Combined analysis of variance, Duncan's multiple range test (DMRT), simple correlation analysis, stepwise regression and path coefficient analysis was done using SAS software ver. 9.2.

Results and Discussion

The results of combined analysis of variance showed that the effect of fertilizer were significant ($P \leq 0.01$) for all traits. The highest values of plant height (126.00 cm), fresh and dry weight of vegetative growth (2592.89 and 667.72 $g.m^{-2}$, respectively), fresh and dry weight of roots (203.61 and 59.22 $g.m^{-2}$, respectively), sepals dry

1, 2 and 3- MSc student of Agroecology, Professor, Department of Agronomy and Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.37186

weight and yield (232.61 and 210.03 $g.m^{-2}$, respectively) and number of branches and calyx (211.28 No of branches per plant and 226.22 No of calyx per plant) belonged to nitroxin+biophosphate+100% NPK which it was difference with nitroxin+ biophosphate+50% NPK treatment. Sepals yield had very strong and significant correlation with sepals dry weight (0.98 $g.m^{-2}$), number of calyx (0.97 No of calyx per plant), number of branches per plant (0.88), freshand dry weight of vegetative growth (0.92 and 0.91 $g.m^{-2}$, respectively), fresh and dry weight of roots (0.88 and 0.83 $g.m^{-2}$, respectively). Calyx number and fresh weight of vegetative growth directly influenced the sepals yield (0.70 and 0.31 $g.m^{-2}$, respectively), while, calyx number was the most important component in determining the sepals yield.

Conclusion

With respect to the production of medicinal plants in cropping systems and attention to the cultivation of this plant in low input systems, to improve plant growth and increase these sepals yield of roselle, 50% of the recommended dose of NPK fertilizers with nitrogen and phosphorus fixing bio-fertilizers is suggested. Calyx number that directly influenced the Sepals yield must be considered in the breeding programs to increase quantity of sepals.

Keywords: Biophsphate, Maki tea, Medicinal plants, Nitroxin