Archive of SID

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 1, Spring 2018 (31-46)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.114659.653793

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸ (ص۴۶-۳۱)

اثر کود زیستی بر ویژگی‌های کمی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت سطوح مختلف کود شیمیایی

رقیه محمدپور وشوایی*[۱]، احمد قنبری[۲]، براتعلی فاخری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. استاد زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳. دانشیار اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۹ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۱۳)

چکیده

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی و معطر نیمه‌گرمسیری از خانواده ختمی است که از کاسبرگ آن به‌دلیل خواص دارویی و خوراکی استفاده می‌شود. به‌منظور ارزیابی اثر کود زیستی بر ویژگی‌های کمّی چای ترش تحت سطوح مختلف کود شیمیایی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. عامل اصلی کاربرد کودهای شیمیایی فسفر، نیتروژن و NPK و عامل فرعی شامل تلقیح با کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات، میکوریزا و عدم استفاده از کود زیستی بودند. اثر اصلی کود شیمیایی، زیستی و برهمکنش آنها بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تعداد غوزه در بوته مهمترین جزء تعیین‌کننده عملکرد کاسبرگ بود. برای کلیه صفات مورد مطالعه، بیشترین مقادیر در تیمار کود شیمیایی NPK توأم با کود زیستی نیتروکسین به‌دست آمد. بنابراین با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی، استفاده از کودهای شیمیایی NPK به‌همراه کود زیستی نیتروکسین جهت بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد کاسبرگ در چای ترش توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کاسبرگ، غوزه، گل جامائیکا، نیتروکسین، NPK .

Association analysis for resistance to sclerotinia stem rot disease in sunflower Effect of bio-fertilizer on quantitative traits of sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) under different levels of chemical fertilizer

Roghayeh Mohammadpour Vashvaei*[1], Ahmad Ghanbari[2], Barat Ali Fakheri[3]

1- M.Sc student of Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol.
2- Professor of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol.
3- Associate Professor of Plant Breeding, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol.

(Received: December 30, 2014 - Accepted June 3, 2018)

ABSTRACT

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a subtropical medicinal plant belongs to the Malvaceae family, those sepals of them, due to its therapeutic properties and culinary, are used. To evaluate the effect of bio-fertilizer on quantitative traits of roselle under different levels of chemical fertilizer, an experiment was conducted at the Research Farm, University of Zabol, during growing season 2013 and 2014. The experiment was carried out in the split plot based on randomized coplete block design with three replications. The main plot was the use of chemical fertilizers, phosphorus, nitrogen and NPK and the subplots were inoculated with nitroxin, supernitroplus, superbiosulphate, mycorrhiza and non-bio-fertilizer. The effects of chemical, biological fertilizers and interactions of thems were significant ($P\leq0.01$) for all studied traits. Calyx number per plant was the most important component in determining the sepals yield. The highest values for all studied triates belonged to the treatment NPK fertilizer in combination with the nitroxin bio-fertilizer. Thus, with respect to the production of medicinal plants in cropping systems, to improve plant growth and increase the sepals yield of roselle, chemical fertilizers NPK in combination with the nitroxin bio-fertilizer is recommended.

Key words: Calyx, nitroxin, NPK, roselle, sepal yield.

* Corresponding author E-mail: ro_mohammadpour@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاه دارویی از خانواده ختمی[1] می‌باشد که در مناطق گرمسیری و نیمه-گرمسیری جهان به دو منظور کشت‌وکار می‌شود. در بسیاری از کشورها، کاسبرگ این گیاه به‌دلیل خواص دارویی به‌عنوان دارو برای کاهش فشار خون و همچنین استفاده خوراکی در صنایع غذایی استفاده می‌شود، اما الیاف و چوب آن نیز در تولید خمیر کاغذ کاربرد دارد (Duke, 2006). بخش‌های قابل استفاده مختلف چای ترش در تغذیه برگ-ها، کاسبرگ‌ها و دانه‌های آن می‌باشند که به‌عنوان سبزی، منبع روغن، نوشیدنی با طراوت و نگهدارنده مواد غذایی (Fasoyiro *et al*., 2005) و دارویی (Hassan, 2009) استفاده می‌شوند. گل‌ها دارای گوسیپرین، آنتوسیانین و گلیکوزید هیبیسین[2] می‌باشند که اثرات مدر[3] و افزایش-دهنده صفرا[4] دارند و برای کاهش غلظت خون، فشار خون و تحریک حرکت دودی روده به‌کار می‌روند (Hassan, 2009). به‌دلیل وجود ترکیبات فنلی، گل این گیاه دارای خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Fasoyiro *et al*., 2005). رشد، نمو و عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی همانند سایر گیاهان تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی از جمله عناصر غذایی است. بنابراین جهت تولید گیاهان با عملکرد مطلوب، باید عناصر غذایی مناسب در خاک وجود داشته باشد. عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر با تأثیری که بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارویی دارند، باعث افزایش عملکرد محصول و تغییر کمّیت و کیفیت اسانس آنها می‌شوند. گزارش شده است که تیمار کود نیتروژن موجب افزایش پتانسیل تولید گیاه چای ترش شد (Babatunde *et al*., 2002). Oyewole & Mera (2010) بیان نمودند که ارتفاع بوته چای ترش به‌طور قابل‌توجهی به کودهای نیتروژن و فسفر عکس‌العمل نشان داد و تعداد غوزه در بوته و عملکرد دانه با افزایش نیتروژن و فسفر افزایش یافت. کاربرد کودهای شیمیایی به‌همراه منابع آلی و زیستی، نه‌تنها مقدار کاربرد این کودها را کاهش می‌دهد، بلکه نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید محصولات کشاورزی در بر داشته 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. کودهای زیستی از باکتری‌ها و همچنین قارچ-های مفیدی تشکیل شده‌اند که هر یک به‌منظور خاصی تولید می‌شوند. مکانیسم‌های عمدهٔ افزایش رشد و نمو ناشی از این ریزموجودات کاملاً شناخته نشده است، اما این پدیده را می‌توان به اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها نسبت داد. این ریزموجودات با تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر، افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک (تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول)، متعادل‌کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و کم-مصرف مورد نیاز گیاه، ساخت و ترشح ویتامین‌های گروه B و اسیدهای آمینه مختلف از جمله اسیدنیکوتینیک و بیوتین، تولید سیدروفورها، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه از قبیل اکسین‌ها و جیبرلین‌ها که باعث افزایش رشد گیاه در مراحل مختلف رشدی آن می‌شوند، ساخت آنزیم-های دخیل در رشد و نمو گیاه (ساخت آنزیم‌های تنظیم-کننده مقدار اتیلن در گیاه)، تولید ترشحات حل‌کننده، کاهش اسیدیته خاک، کاهش و یا حذف اثرات زیان‌بار عوامل بیماری‌زا از طریق مکانیزم‌های مختلفی همچون القای مقاومت اکتسابی سیستمیک[5]، مهار عوامل بیماری‌زا از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، رقابت با گونه‌های مضر برای اشغال ریشه و رقابت بر سر غذا و تولید آنزیم‌های لیزکننده دیواره سلولی قارچ‌ها در گیاه میزبان موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند (Egamberdieva *et al*., 2015; Parvatha Reddy, 2014; Kumar *et al*., 2009; Zahir *et al*., 2004). کود زیستی در ترکیب با کود شیمیایی موجب بهبود ویژگی‌های رشد رویشی و افزایش عملکرد کاسبرگ و ترکیبات شیمیایی چای ترش شد (Abo-Baker & Asghar *et al*. (2002); Hassan, 2009;Gehan, 2011). گزارش دادند که تلقیح بذور خردل هندی (*Brassica juncea* L.) با باکتری‌های محرک رشد گیاه، رشد این گیاه را به‌طور معنادار افزایش داد. Swaefy Hend *et al*. (2007) نشان دادند که تیمار گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) با *ازتوباکتر کروکوکوم* باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن تر

1 - Malvaceae
2 - Glucoside hibisin
3 - Diuretic
4 - Choleretic

5- Systemic acquired resistance

www.SID.ir

Archive of SID

و خشک گیاه شدند. نتایج تحقیق Youssef *et al.* (2004) نشان داد که استفاده از کودهای زیستی حاوی *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر* در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد. Kumar *et al.* (2009) گزارش نمودند که کاربرد *آزوسپیریلوم* همراه با ۹۳/۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و فسفر در گیاه دارویی درمنه (*Artemisia pallens* L.) سبب افزایش رشد، زیست‌توده تر و خشک گیاه گردید. Joshee *et al.* (2007) در گیاه دارویی بشقابی (*Scutellaria integrifolia* L.) گزارش نمودند که تلقیح ریشه این گیاه *با میکوریزا* نه‌تنها در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصاً رشد ریشه مؤثر بوده است، بلکه توانایی گیاه را برای رشد در خاک‌های حاشیه‌ای که با کمبود فسفر نیز مواجه هستند، افزایش داده است. Sailo & Bagyaraj (2005) در بررسی اثر گونه‌های مختلف قارچ *میکوریزا آربوسکولار* بر رشد گیاه دارویی کولئوس (*Coleus forskohlii* L.) گزارش نمودند که ارتفاع بوته، تعداد شاخه، زیست‌توده گیاه در گیاهان تحت تیمار قارچ *میکوریزا* نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج تحقیق Ratti *et al.* (2001) حاکی از آن بود که ترکیب قارچ *میکوریزا* با باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *باسیلوس* و *آزوسپیریلوم* منجر به افزایش بیوماس و میزان فسفر در گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini* L.) گردید. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم مدیریت تغذیه گیاهی در راستای افزایش و پایداری تولید و حفظ محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ چای ترش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثرات کودهای شیمیایی و زیستی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ چای ترش، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی ۶۱ درجه، ۳۱ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه و صفر ثانیه شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریای آزاد، در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی (گرم و خشک) با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. آمار هواشناسی منطقه مورد مطالعه (ایستگاه سینوپتیک زهک) در دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اصلی کاربرد کودهای شیمیایی فسفر، نیتروژن و NPK و عامل فرعی شامل تلقیح با کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات، میکوریزا و عدم استفاده از کود زیستی بودند. میزان کود مورد استفاده بر اساس تجزیه خاک و نیاز گیاه تعیین شد. کودهای شیمیایی مورد استفاده شامل ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۴۶ درصد ازت)، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل (۴۶ درصد P_2O_5) و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات‌پتاسیم (۴۸ درصد K_2O) بودند. یک سوم کود اوره و و مقدار کامل کودهای سوپرفسفات تریپل و سولفات‌پتاسیم در زمان خاک‌ورزی و دو سوم کود اوره به‌صورت سرک در دو مرحله قبل از گلدهی مصرف شدند کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های محرک رشد[1] (PGPR)، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن *Azotobacter chorococum*، *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کننده فسفات *Pseudomonas putida* با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر، کود زیستی سوپرنیتروپلاس حاوی باکتری‌های محرک رشد (PGPR)، تثبیت‌کننده نیتروژن *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کننده فسفات *Pseudomonas flurescens* و *Bacillus subtillis* با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر و کود زیستی سوپربیوفسفات شامل دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* که با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم بود. کود زیستی میکوریزا شامل دو گونه *Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum* بودند. کودهای زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و بیوفسفات به‌میزان دو لیتر در هکتار به‌صورت بذرمال استفاده شد. برای تلقیح میکوریزا از دو گرم از اندام فعال قارچی (شامل اسپور و هیف) هریک از گونه‌ها برای کل بذور مورد استفاده

1 - Plant growth promoting rhizobacteria

www.SID.ir

Archive of SID

در کرت‌های مورد تلقیح استفاده شد. کودهای بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند.

جدول ۱- آمار هواشناسی منطقه مورد مطالعه (ایستگاه سینوپتیک زهک) در دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 1- Meteorological data of the study area (synoptic station of Zahak) in two years 2013 and 2014

Year	Month	Min. temp. (°C)	Max. temp. (°C)	Precipitation (mm)	Ave. wind speed (m/s)	Evapo transpiration (mm)	Min. humid. (g/m^3)	Max. humid. (g/m^3)	Ave. vapour pressure (Pa)	Sunshine (h)
2013	March	10.50	27.97	1.31	3.68	200.30	15.71	55.94	6.73	256.70
	April	15.66	31.89	4.01	4.36	300.30	14.43	46.67	7.68	273.50
	May	21.80	37.99	0.00	6.00	514.00	8.16	24.42	6.17	341.40
	June	27.84	43.37	0.00	7.98	752.90	8.33	21.30	7.58	329.70
	July	29.55	44.15	0.00	9.36	862.10	7.48	19.32	7.74	352.50
	August	28.02	41.05	0.00	9.06	738.50	9.90	23.23	8.46	306.50
	September	22.75	40.12	0.00	5.10	427.40	6.77	20.40	5.66	318.10
	October	15.65	31.97	0.00	4.75	318.30	14.74	35.23	6.56	290.50
2014	March	8.88	24.84	15.81	3.76	198.50	24.00	59.32	7.25	229.60
	April	17.19	32.93	2.42	4.24	302.90	19.83	53.60	10.38	256.90
	May	21.64	37.21	0.03	4.71	455.20	15.87	45.94	10.88	309.50
	June	26.74	42.21	0.00	6.92	781.60	10.83	27.57	9.34	329.70
	July	28.50	42.72	0.00	9.47	872.70	9.29	19.58	7.88	311.00
	August	28.12	41.87	0.00	8.64	815.90	8.77	17.65	6.82	354.90
	September	22.70	39.69	0.00	6.53	470.40	9.47	21.80	6.60	316.00
	October	15.29	31.10	3.00	5.66	324.30	17.00	38.94	7.27	281.90

Source: Weather Station of Zahak

منبع: ایستگاه هواشناسی زهک

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

Table 2- Physical and chemical properties of soil befor testing in the depth of 0-30 cm

Soil texture	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	pH	EC (dS/m)	Nitrogen (%)	Phosphorus (ppm)	Potassium (ppm)
Clay-Loam	12	60	28	7.2	1.5	0.17	12	140

جهت بذرمال کردن کودها، بذور به‌مدت ۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی قرار داده شدند و بلافاصله بذرها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید خشک شدند. سپس اقدام به کاشت بذور شد. کاشت به‌صورت هیرم‌کاری در تاریخ ۲۰ فروردین هر سال صورت گرفت. بدین منظور ۴-۳ بذر در هر کپه با عمق سه سانتی‌متر به‌روش جوی و پشته در چهار ردیف پنج متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف و ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت شدند. عملیات تنک‌کردن در مرحله دو الی چهار برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به‌روش جوی و پشته و با فاصله هر هفته یک بار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی با فوکا در سه مرحله صورت گرفت. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مصرف نشد. ویژگی‌های تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی (گرم در بوته)، وزن تر و خشک ریشه (گرم در بوته) در زمان گلدهی و خصوصیات ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد غوزه در بوته، وزن تر غوزه (گرم در بوته) ، وزن تر و خشک کاسبرگ (گرم در بوته) در انتهای مرحله رسیدگی به‌ترتیب در ۲۰ و ۲۲ مهر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ (شش ماه پس از کاشت) از متوسط ۱۰ بوته که پس از حذف اثرات حاشیه به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. عملکرد کاسبرگ‌ها (کیلوگرم در هکتار) پس

www.SID.ir

Archive of SID

از حذف اثرات حاشیه (دو خط کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای دو خط وسط) از تمام بوته‌های هر کرت به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن ریشه‌ها، ۱۰ بوته انتخاب شدند و با دقت و با رعایت حداقل آسیب‌دیدگی تا عمق کامل ریشه (۳۰ سانتی‌متر) (Alam *et al*., 2016) 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 اندام‌های هوایی و زمینی، نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. نمونه‌های توزین‌شده به‌مدت ۷۲ ساعت با آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و بلافاصله جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی و زمینی توزین شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها (تجزیه واریانس مرکب، مقایسه میانگین و همبستگی‌های ساده) با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

رشد رویشی اندام‌های هوایی

در تجزیه مرکب دو سال اثرات اصلی کود شیمیایی، کود زیستی و برهمکنش آنها برای تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در سطح احتمال یک درصد معنا-دار شد (جدول ۳). اثر متقابل کود شیمیایی، کود زیستی و سال برای ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین بیشترین تعداد شاخه در بوته (۳۷/۲۰ عدد)، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی (به‌ترتیب ۴۷۰/۲۰ و ۱۲۴/۱۹ گرم در بوته) حاصل شد (جدول ۴). اختلاف تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین با تیمارهای کود شیمیاییNPK به‌علاوه کود زیستی سوپرنیتروپلاس و کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی سوپربیوفسفات برای تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی معنادار (P>۰/۰۵) نشد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی و زیستی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 3- Combined analysis of variance of vegetative charactristics, yield and yield components of roselle sepals under effects of chemical and bio-fertilizer in 2013 and 2014.

S.O.V	d.f	MS										
		Plant height	No. of branches	Fresh weight of foliage	Dry weight of foliage	Fresh weight of root	Dry weight of root	Number of Calyx	Fresh weigh of calyx	Fresh weight of sepal	Dry weight of sepal	Sepal yield
Year	1	193.58^{ns}	221.38^{ns}	1511.00^{ns}	1127.86^{ns}	40.89^{ns}	6.71^{ns}	1033.92**	3874.99^{ns}	492.34^{ns}	18.05^{ns}	30518.69^{ns}
Replication(Year)	4	79.85	89.69	634.19	460.62	16.66	2.73	44.03	614.24	82.06	36.35	61442.89
Chemical fertilizer	2	2513.76**	1890.85**	105074.29**	13409.73**	1441.83**	136.33**	2062.87**	112471.78**	16956.99**	1785.47**	2917199.93**
Chemical fertilizer×Year	2	11.97^{ns}	29.95^{ns}	91.67^{ns}	51.02^{ns}	14.08^{ns}	2.82^{ns}	17.31**	2275.02^{ns}	396.96^{ns}	0.48^{ns}	881.02^{ns}
Chemical fertilizer ×Replication (Year)	8	6.32	12.51	301.031	21.65	8.31	1.15	1.74	4976.82	794.76	0.99	1810.24
Bio-fertilizer	4	1033.45**	506.15**	33767.23**	2947.09**	285.75**	33.56**	459.51**	924249.68**	136709.96**	337.92**	514198.63**
Chemical fertilizer×Bio-fertilizer	8	81.78**	17.76**	3204.94**	257.98**	39.31**	2.79**	11.98**	2509.19**	367.59**	20.44**	32689.57**
Bio-fertilizer×Year	4	7.53^{ns}	3.70^{ns}	74.77^{ns}	86.56**	7.68^{ns}	0.63*	18.63**	22.59^{ns}	0.87^{ns}	1.63^{ns}	4167.84^{ns}
Chemical fertilizer ×Bio-fertilizer×Year	8	18.76*	3.55^{ns}	572.47^{ns}	23.85^{ns}	1.38^{ns}	0.12^{ns}	18.34**	111.42^{ns}	18.26^{ns}	1.05^{ns}	2188.87^{ns}
Error	48	8.58	2.06	310.53	20.10	3.59	0.18	1.63	134.21	19.38	2.56	4946.64
C.V (%)		2.81	6.42	4.69	4.92	8.24	6.14	5.22	1.41	1.38	5.71	6.30

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

* و ** به‌ترتیب معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns، غیر معنادار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی و زیستی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 4- Mean comparison of vegetative charactristics, yield and yield components of roselle sepals under effects of chemical and bio-fertilizer in 2013 and 2014.

Chemical fertilizer	Bio-fertilizer	No. of branches (per plant)	Fresh weight of foliage (g/plant)	Dry weight of foliage (g/plant)	Fresh weight of root (g/plant)	Dry weight of root (g/plant)	Fresh weigh of calyx (g/plant)	Fresh weight of sepal (g/plant)	Dry weight of sepal (g/plant)	Sepal yield (kg/ha)
Phosphorus	Nitroxin	24.36^{bcd}	407.21^{c}	103.56^{c}	22.60^{cd}	8.50b	1054.04^{c}	407.07^{c}	30.66^{d}	1223.90^{d}
	Supernitroplus	22.22^{cde}	365.93^{de}	81.01^{d}	16.75^{ef}	4.94c	928.26^{f}	357.53^{f}	26.04^{e}	1041.44^{e}
	Super biophosphate	13.04^{g}	305.14^{g}	69.95^{def}	16.20^{ef}	4.76c	757.85^{j}	290.99^{j}	18.63h^{i}	732.33^{gh}
	Mycorrhiza	12.13^{g}	279.33^{gh}	61.64^{ef}	18.84^{ef}	5.56c	600.42l	231.69l	18.10^{i}	725.35^{gh}
	Control	11.96^{g}	274.31^{h}	59.30^{f}	15.53^{f}	4.55c	455.07^{n}	175.89^{n}	17.58^{i}	701.93^{h}
Nitrogen	Nitroxin	27.72^{b}	433.29^{b}	108.06^{bc}	27.23^{b}	8.99b	1096.45^{b}	422.67^{b}	32.64^{cd}	1265.89^{cd}
	Supernitroplus	20.85^{de}	362.58^{def}	81.01^{d}	19.21^{def}	4.94c	1003.03^{e}	386.73^{e}	25.78^{ef}	1031.10^{e}
	Super biophosphate	18.04^{ef}	359.38^{ef}	78.26^{d}	17.95^{ef}	4.90c	827.57^{h}	318.79^{h}	23.90^{efg}	953.32^{ef}
	Mycorrhiza	14.19^{f}	337.01^{f}	76.70^{d}	19.35^{de}	5.56c	711.41^{k}	275.26^{k}	22.06^{fgh}	870.21^{fg}
	Control	13.84f^{g}	299.82^{gh}	71.27^{de}	17.04^{ef}	4.73c	527.68^{m}	205.58^{m}	21.09^{ghi}	843.71^{fgh}
NPK	Nitroxin	37.20^{a}	470.20^{a}	124.19^{a}	36.36^{a}	10.40a	1128.17^{a}	435.27^{a}	41.06^{a}	1642.40^{a}
	Supernitroplus	34.04^{a}	452.71^{ab}	118.72^{ab}	34.36^{a}	9.32ab	1029.21^{d}	397.43^{d}	37.30^{b}	1491.90^{ab}
	Super biophosphate	32.49^{a}	452.44^{ab}	114.59^{abc}	25.34^{bc}	8.73b	878.09^{g}	338.89^{g}	36.78^{b}	1471.16^{b}
	Mycorrhiza	27.33^{b}	440.76^{b}	109.47^{bc}	35.04^{a}	10.10a	781.50^{i}	301.22i	35.03^{bc}	1401.33bc
	Control	26.22^{bc}	389.30^{cd}	108.21^{bc}	23.55^{c}	8.62b	586.09l	225.87l	33.70^{bcd}	1347.66^{bcd}

در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

In the each column similar letters indicate not significant at 0.05 probability levels.

با توجه به نتایج به‌دست آمده (جدول ۴) می‌توان اظهار داشت که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی باعث تقویت رشد رویشی و افزایش زیست‌توده شده است و پتاسیم موجود در این کودها، علاوه بر تسریع تقسیم سلولی و تأثیر مستقیم در رشد رویشی به‌دلیل نقشی که در ساخت هیدرات‌های‌کربن و پروتئین‌ها و تغلیظ شیره سلولی دارد، باعث افزایش وزن خشک بوته گردیده است. گیاهان تحت تأثیر این تیمارها، به‌دلیل داشتن نیتروژن بیشتر نسبت به بقیه بسترها به‌علت جذب آب بیشتر، از شادابی و رشد سلولی بیشتری برخوردار بودند. از آنجایی‌که نیتروژن باعث می‌شود که مواد هیدروکربنه کمتری در گیاه ذخیره شود، بنابراین شیره سلولی رقیق‌تر و آبکی‌تر گشته و از طرفی دیگر به‌علت اینکه نیتروژن در ساخت دیواره سلولی نقش دارد، هر چه میزان نیتروژن جذبی گیاه بیشتر باشد، سلول-های گیاهی بزرگتری ساخته شده که نسبت به سلول‌های کوچک آبکی‌ترند. در نتیجه این تیمارها دارای وزن تر اندام هوایی بالاتری بودند. در تیمار کود فسفر و عدم استفاده از کود زیستی، کمترین تعداد شاخه در بوته (۱۱/۹۶ عدد) و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی (به‌ترتیب ۲۷۴/۳۱ و ۵۹/۳۰ گرم در بوته) به‌دست آمد (جدول ۴). اختلاف تیمارهای کود شیمیایی فسفر و عدم کاربرد کود زیستی، کود شیمیایی فسفر توأم با کود زیستی میکوریزا و کود شیمیایی فسفر توأم با کود زیستی سوپربیوفسفات معنادار (P>۰/۰۵) نبود. به‌طور کلی گزارشات علمی نشان داده‌اند که اساسی‌ترین عنصری که در رشد رویشی نقش دارد، نیتروژن است و فسفر بیشتر در رشد زایشی گیاه نقش ایفا می‌کند. به‌نظر می‌رسد در شرایط تلفیق این تیمارها احتمالاً به‌علت افزایش میزان فسفر اختلاف معناداری بر صفات مربوط به رشد رویشی مشاهده نشد. افزایش نیتروژن، از طریق افزایش اندازه برگ، منجر به افزایش ظرفیت فتوسنتزی شده و این امر می‌تواند در افزایش رشد اندام هوایی گیاه مؤثر باشد. اختلاف تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین با تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی برای تعداد شاخه در بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنادار بود (جدول ۴). تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی به‌ترتیب ۴۱/۸۸، ۲۰/۷۸ و ۱۳/۶۰ درصد صفات تعداد شاخه در بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه چای

www.SID.ir

Archive of SID

ترش را بهبود بخشید. تیمار کود شیمیایی NPK در تلفیق با کود زیستی میکوریزا اختلاف معناداری (P>۰/۰۵) با تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی برای صفات تعداد شاخه در بوته و وزن خشک اندام هوایی نداشت. این مسأله احتمالاً به‌واسطه این است که تیمار کود زیستی میکوریزا علی‌رغم بهبود صفات تعداد شاخه در بوته و وزن خشک اندام هوایی (به‌ترتیب ۴/۲ و ۱/۱ درصد)، ولی میزان این افزایش از نظر آماری معنادار نبوده است. چراکه نقش اساسی میکوریزا در جذب فسفر بوده و این عنصر بیشتر در مرحله زایشی نقش ایفا می‌کند. میکوریزا نقشی در جذب عناصری چون نیتروژن ندارد و یا اینکه موجب کاهش جذب نیتروژن می‌گردد (Treseder, 2004). اختلاف معنادار این دو تیمار برای صفت وزن تر اندام هوایی احتمالاً ناشی از نگهداری بیشتر آب خاک توسط کود زیستی میکوریزا باشد که در این حالت گیاه بیشترین بهره‌وری را از آب خاک نموده و با در دسترس داشتن آب بیشتر نسبت به شاهد، شاداب‌تر و دارای تورژسانس سلولی بیشتر و در نتیجه وزن تر بیشتری خواهد داشت. برهمکنش تیمارهای کود زیستی و سال نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۱۱۸/۸۳ گرم در بوته) متعلق به تیمار کود زیستی نیتروکسین در سال اول بود و اختلاف آن با تیمار کود زیستی نیتروکسین در سال دوم (۱۰۵/۰۳ گرم در بوته) معنی‌دار بود (جدول ۵). این مسأله احتمالاً به‌واسطه تبخیر و تعرق کمتر در ماه‌های بحرانی رشد در سال اول است. چرا که علی‌رغم اینکه این گیاه مقاوم به خشکی است، ولی تبخیر و تعرق بیشتر در سال دوم موجب تنش خشکی و کاهش وزن خشک اندام هوایی شده است. کمترین وزن خشک اندام هوایی از تیمار عدم کاربرد کود زیستی در سال دوم (۷۷/۸۶ گرم در بوته) به‌دست آمد و اختلاف آن با تیمار عدم کاربرد کود زیستی در سال اول (۸۰/۱۰ گرم در بوته) معنادار نبود (جدول ۵). برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی، زیستی و سال نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۵/۶۵ سانتی‌متر) متعلق به تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین در سال اول بود که اختلاف آن با تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK با کود زیستی نیتروکسین در سال دوم (۱۲۲/۷۷ سانتی‌متر) معنی‌دار (P>۰/۰۵) نبود (جدول ۶). کمترین ارتفاع بوته از تیمار کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از کود زیستی در سال دوم (۴۷/۶۱ سانتی‌متر) به‌دست آمد که اختلاف آن با تیمار کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از کود زیستی در سال اول (۸۵/۱۳ سانتی‌متر) معنادار (P≤۰/۰۵) شد (جدول ۶). تیمار ترکیب کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی در سال اول و دوم به‌ترتیب ۱۴/۸۶ و ۱۲/۷۶ درصد موجب بهبود ارتفاع بوته شد. مقایسه تیمارهای مورد بررسی در سال اول و دوم نشان داد که گیاهان سال اول نسبت به گیاهان سال دوم دارای ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی بیشتری بودند (جدول ۶). این مسئله احتمالاً به‌واسطه تبخیر و تعرق بیشتر (جدول ۱) در ماه‌های بحرانی فصل رشد در سال دوم بوده است که در این سال گیاهان نسبت به سال اول تحت تنش بیشتری بوده‌اند.

جدول ۵- مقایسه میانگین ویژگی‌های وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه چای ترش تحت اثر کود زیستی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 5- Mean comparison of dry weight of foliage and root of roselle under effect of bio-fertilizer in 2013 and 2014.

Bio-fertilizer	Dry weight of foliage (g/plant)		Dry weight of root (g/plant)	
	2013	2014	2013	2014
Nitroxin	118.83^{a}	105.03^{b}	9.88^{a}	8.70^{b}
Supernitroplus	95.48^{c}	91.66^{c}	6.54^{de}	6.25^{efg}
Super biophosphate	92.25^{c}	82.94^{d}	6.36^{ef}	6.08^{fg}
Mycorrhiza	84.26^{d}	82.16^{de}	7.35^{c}	6.79^{d}
Control	80.10^{de}	77.86^{e}	5.90^{g}	5.84^{g}

برای هر صفت در دو سال حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشد.

For each trait in two years similar letters indicate not significant at 0.05 probability level in Duncan test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین ویژگی‌های ارتفاع بوته و تعداد غوزه در بوته چای ترش تحت اثرات متقابل کود شیمیایی و زیستی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 6- Mean comparison of plant height and calyx number of roselle under effects chemical and bio-fertilizer in 2013 and 2014.

Chemical fertilizer	Bio-fertilizer	Plant height (cm)		Number of calyx (per plant)	
		2013	2014	2013	2014
Phosphorus	Nitroxin	107.23^{efgh}	108.05^{efgh}	33.44^{c}	22.07^{gh}
	Supernitroplus	105.43^{fghi}	105.57^{fghi}	23.13^{fg}	18.85^{ij}
	Super biophosphate	99.53^{jklm}	94.70^{mn}	17.83^{jk}	13.23^{mn}
	Mycorrhiza	93.38^{n}	92.50^{n}	17.70^{jk}	12.60^{no}
	Control	85.13^{o}	74.61^{p}	10.95^{o}	11.00^{o}
Nitrogen	Nitroxin	111.88^{de}	108.53^{defgh}	34.67^{c}	23.51^{fg}
	Supernitroplus	107.13^{efgh}	103.03^{hijk}	26.35^{e}	18.76^{ij}
	Super biophosphate	104.22^{ghij}	98.00^{klmn}	24.95^{ef}	15.80^{kl}
	Mycorrhiza	100.59^{ijkl}	95.59^{lmn}	20.81^{hi}	16.11^{kl}
	Control	95.03^{mn}	93.05^{n}	19.15^{ij}	15.20^{lm}
NPK	Nitroxin	125.65^{a}	122.77^{ab}	41.78^{a}	39.79^{ab}
	Supernitroplus	118.28^{bc}	113.63^{cd}	38.71^{b}	31.25^{d}
	Super biophosphate	113.05^{d}	111.70^{de}	38.26^{b}	34.13^{c}
	Mycorrhiza	109.61^{defg}	110.94^{def}	35.21^{c}	26.91^{e}
	Control	109.39^{defg}	108.88^{defg}	26.54^{e}	25.95^{e}

برای هر صفت در دو سال حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشد.

For each trait in two years similar letters indicate not significant at 0.05 probability level in Duncan test.

بهبود ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه در تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نسبت به تیمار NPK و عدم استفاده از کود زیستی حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی بر این صفات بود. به‌عبارت دیگر کودهای زیستی موجب بهبود پارامترهای رشد رویشی شدند. این نتایج در توافق با یافته‌های Youssef *et al*. (2004) در مریم‌گلی، Shaalan (2005) و Darzi *et al*. (2008) در رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، Heikal (2005) در آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، Vinutha (2005) در ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، Abd El-Latif (2006) در مریم‌گلی، Swaefy Hend *et al*. (2007) در نعناع‌فلفلی، Khoram-Dell *et al*. (2008) در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و Hassan (2009) در چای ترش بود. کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارایی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش بسزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد را به‌دنبال خواهند داشت. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر می‌باشد. در منابع مختلف به نقش مفید و مؤثر ریزموجودات در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی اشاره شده است. Abo-Baker & Gehan (2011) در چای ترش گزارش نمودند که اضافه‌نمودن کودهای زیستی به ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده کودهای شیمیایی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای ویژگی‌های تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته را نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) افزایش داد. علاوه براین، ترکیب ۵۰ درصد کودهای شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت‌کننده ازت و فسفر همین نتیجه را حاصل نمود. Hassan (2009) گزارش نمود که کود زیستی در ترکیب با کود شیمیایی موجب بهبود ویژگی‌های رشد رویشی چای ترش شد. Khoram-Dell *et al*. (2008) مشاهده کردند که کاربرد مایه تلقیح *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* و قارچ *میکوریزا* منجر به افزایش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول گیاه سیاهدانه نسبت به شاهد گردید. در تحقیقی کاربرد کود زیستی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه مریم

www.SID.ir

Archive of SID

گلی در چین‌های اول و دوم طی دو فصل زراعی گردید (Youssef *et al*., 2004). Mahfouz & Sharaf-Eldin (2007) در رازیانه گزارش نمودند که بالاترین میزان زیست‌توده تر و خشک گیاه در تیمار تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌همراه *آزوسپریلوم*، *ازتوباکتر* و *باسیلوس* حاصل شد.

تیمار کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها در هر سه تیمار کود شیمیایی فسفر، نیتروژن و NPK بیشترین رشد رویشی اندام‌های هوایی را حاصل نمود. از آنجایی‌که کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودهای مورد استفاده کامل‌تر می‌باشد؛ بنابراین رشد بهتر گیاه در نتیجه استفاده از این کود دور از انتظار نمی‌باشد. افزودن کود زیستی نیتروکسین به خاک نه‌تنها 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. *آزوسپیریلوم* موجود در نیتروکسین، علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده است و از این طریق در افزایش عملکرد اندام‌های هوایی تأثیرگذار بوده است (Tilak *et al*., 2005). *ازتوباکتر* موجود در نیتروکسین با تولید ترکیبات ضد قارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی و همچنین تقویت جوانه‌زنی و افزایش بنیه گیاهچه موجب بهبود رشد گیاه شده است. در محیط ریشه گیاه، *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* توانایی ساخت و ترشح برخی مواد بیولوژیک فعال مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، ویتامین‌های گروه B، اسیدنیکوتینیک، اسیدپنتوتنیک، بیوتین و غیره را دارند که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا نموده‌اند (Karthikeyan *et al*., 2008). گونه‌های مختلف جنس *سودوموناس* موجود در نیتروکسین با کنترل قارچ-های بیماریزا و از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌های تنظیم‌کننده مقدار اتیلن، سبب تحریک رشد گیاه شدند (Abdul-Jaleel *et al*., 2007).

تیمار کود زیستی میکوریزا نسبت به سایر کودهای زیستی در هر سه تیمار کود شیمیایی فسفر، نیتروژن و NPK کمترین رشد رویشی اندام‌های هوایی را حاصل نمود و در پاره‌ای از موارد (ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی) اختلاف آن با تیمار شاهد معنادار (P>۰/۰۵) نبود. این قارچ‌ها دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی و باغی بوده و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماریزا، موجب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Boomsma & Vyn, 2008). از مهم‌ترین اثرات میکوریزا اثر بر جذب مواد غذایی از جمله نیتروژن و فسفر خاک است. به‌طور کلی در جذب عناصر غذایی متحرک مانند نیتروژن نسبت تبخیر و تعرق و حرکت توده‌ای نقش بسیار مهمی دارد و هر قدر این نسبت بزرگ‌تر شود، این عناصر به‌میزان بیشتری جذب گیاه می‌شوند. ولی در جذب عناصر غیر متحرک مانند فسفر ویژگی ریشه گیاه مانند سرعت رشد طولی ریشه، سرعت جذب عناصر توسط ریشه، طول کل ریشه و سطح جذب ریشه مؤثر است. Aghababaei *et al*. (2011) اثر همزیستی میکوریزا بر بادام را بررسی کردند، نتایج به‌دست آمده نشان داد که همزیستی با قارچ میکوریزا باعث کاهش غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی و هم اندام‌های زیرزمینی بادام شده است. همچنین آنها نشان دادند که حضور قارچ میکوریزا غلظت فسفر را در ریشه و اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های بادام افزایش داد. به‌نظر می‌رسد که با توجه به فراهم‌بودن میزان رطوبت در این آزمایش، گیاه دچار تنش ناشی از کمبود آب نشده است که برای جبران آن قارچ میکوریزا ایفای نقش نماید. لذا همزیستی قارچ میکوریزا و گیاه چای ترش موجب جذب نیتروژن کافی جهت اثر معنی‌دار بر صفات رشد رویشی نشده است. همبستگی عملکرد کاسبرگ با وزن خشک اندام‌های هوایی (۰/۸۶) و وزن تر اندام‌های هوایی (۰/۸۵)، مثبت، بسیار قوی و بسیار معنی‌دار بود. همبستگی عملکرد کاسبرگ با تعداد شاخه در بوته (۰/۷۶) و ارتفاع بوته (۰/۷۲)، مثبت، قوی و بسیار معنی‌دار بود (جدول ۷). صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و وزن تر و خشک ریشه نمودی از ظرفیت منبع برای تولید مواد پرورده می‌باشند. گیاهی که ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، برگ و اندام‌های رویشی بیشتری داشته باشد، بالطبع گیرنده‌های نوری و واحدهای

www.SID.ir

Archive of SID

فیتومتریک زیادتری خواهد داشت و در نتیجه میزان فتوسنتز بالاتری خواهد داشت. وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در حقیقت نماینده تعداد واحدهای فیتومتریک و فتوسنتزکننده گیاه است، از این جهت به‌عنوان جزء ثانویه عملکرد می‌توانند مطرح گردند.

وزن تر و خشک ریشه

در تجزیه مرکب دو سال، اثرات اصلی و برهمکنش تیمارهای کود شیمیایی و زیستی بر وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال یک‌درصد معنادار بود (جدول ۳). در تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین بیشترین وزن تر و خشک ریشه (به‌ترتیب ۳۶/۳۶ و ۱۰/۴۰ گرم در بوته) به‌دست آمد و اختلاف آن با تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه میکوریزا و کود شیمیایی NPK به‌علاوه سوپرنیتروپلاس معنادار نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۴). در تیمار کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از کود زیستی به‌ترتیب با مقادیر ۱۵/۵۳ و ۴/۵۵ گرم در بوته، کمترین وزن تر و خشک ریشه حاصل شد و اختلاف آن با تیمارهای کود شیمیایی فسفر توأم با میکوریزا، سوپربیوفسفات و سوپرنیتروپلاس معنادار (P>۰/۰۵) نشد (جدول ۴). تنوع درصد همزیستی ریشه‌های گیاه با قارچ میکوریزا می‌تواند ناشی از فشارهای محیطی تعیین‌کننده رشد ریشه گیاهان یا قارچ باشد. به‌عبارت دیگر، تنوع در میکوریزایی‌شدن ریشه می‌تواند در اثر استراتژی‌های کنترل‌شده‌ای باشد که توسط گیاه، قارچ یا برهمکنش این دو در پاسخ به کمبود آب و مواد غذایی شکل می‌گیرد. دلیل اصلی همزیستی گیاه با قارچ‌های میکوریزا توانایی در جذب آب و عناصر معدنی مانند فسفر می‌باشد (Lee & George, 2005). فراهم بودن آب و فسفر موجب کاهش درصد همزیستی میکوریزایی شده است و درنتیجه اختلاف تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا با شاهد (عدم کاربرد کود زیستی) برای اکثر صفات معنی‌دار نشده است. اختلاف تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا با تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی برای وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود (جدول ۴). تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کودهای زیستی نیتروکسین و میکوریزا نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی بهبود قابل‌ملاحظه‌ای را برای صفات وزن تر (به‌ترتیب ۵۴/۳۹ و ۴۸/۷۹ درصد) و خشک ریشه (به‌ترتیب ۲۰/۶۵ و ۱۷/۱۷ درصد) نشان دادند. برهمکنش تیمارهای کود زیستی و سال نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه (۹/۸۸ گرم در بوته) متعلق به تیمار کود زیستی نیتروکسین در سال اول بود و اختلاف آن با تیمار کود زیستی نیتروکسین در سال دوم (۸/۷۰ گرم در بوته) معنی‌دار بود (جدول ۵). پس از کود زیستی نیتروکسین بیشترین وزن خشک ریشه متعلق به تیمار کود زیستی میکوریزا بود که اختلاف این تیمار در دو سال (به‌ترتیب ۷/۳۵ و ۶/۷۹ گرم در بوته) نیز معنادار بود (جدول ۵). کمترین وزن خشک ریشه از تیمار عدم استفاده از کود زیستی در سال دوم (۵/۸۴ گرم در بوته) به‌دست آمد و اختلاف آن با تیمار عدم استفاده از کود زیستی در سال اول (۵/۹۰ گرم در بوته) معنادار نبود (جدول ۵). گیاهان سال اول نسبت به گیاهان سال دوم دارای وزن خشک ریشه بیشتری بودند. این مسأله احتمالاً به‌واسطه تبخیر و تعرق بیشتر (جدول ۱) در ماه‌های بحرانی فصل رشد در سال دوم بوده است که در این سال گیاهان نسبت به سال اول تحت تنش بیشتری بوده‌اند.

بهبود ویژگی‌های وزن تر و خشک ریشه در تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کودهای زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی، حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی بر صفات فوق بود. این نتایج در توافق با یافته‌های Banchio *et al.* (2008) در مرزنجوش (*Origanum majorana* L.)، Afzal & Asghari (2008) در گندم (*Triticum aestivum* L.) و Khoshbakht *et al.* (2011) در آلوئه‌ورا (*Aleo vera* L.) بود. Abo-Baker & Gehan (2011) در چای ترش گزارش نمودند که اضافه نمودن کودهای زیستی به ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده کودهای شیمیایی ویژگی‌های وزن تر و خشک ریشه را نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) افزایش داد. علاوه بر این، ترکیب ۵۰ درصد کودهای شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت‌کننده ازت و فسفر همین نتیجه را حاصل نموده است. از آنجایی‌که ویژگی‌های سیستم ریشه ارثی است، می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گیرد. افزودن کودهای زیستی به خاک نه‌تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک

www.SID.ir

Archive of SID

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 استیک‌اسید، جیبرلین و سیتوکنین و غیره) و ویتامین‌های گروه B، سبب بهبود رشد ریشه (افزایش پتانسیل ریشه زایی، 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، اسیدنیکوتینیک، اسیدپنتوتنیک، 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 شده‌اند. 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 شده‌اند. مزید بر این، این باکتری‌ها با کنترل قارچ‌های بیماریزا و از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی و ساخت آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند (کاهش اتیلن)، سبب رشد ریشه و گیاه گردیده‌اند (Abdul-Jaleel *et al*., 2007). بعضی از باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه با تولید ریزوبیوتوکسین، تولید اتیلن را در گیاه کاهش می‌دهند و باعث افزایش رشد ریشه می‌شوند. Casson & Lindsey (2003) بیان نمودند که تناسب صحیح بین ازت و فسفر نیز سبب افزایش عملکرد ریشه می‌شود. این محققین همچنین بیان کردند که تغییر در مورفولوژی ریشه و رشد آن تا حدّی به غلظت مواد تنظیم‌کننده رشد به‌ویژه اکسین، اتیلن و سیتوکنین نیز بستگی دارد. کودهای زیستی با ایجاد تناسب صحیح بین ازت و فسفر موجب افزایش رشد ریشه می‌گردند. اختلاف تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی با تیمار کود شیمیایی NPK توأم با میکوریزا برای وزن تر و خشک ریشه معنادار ($P\leq ۰/۰۵$) بود. ولی اختلاف تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن و فسفر و عدم کاربرد کود زیستی با تیمارهای کود شیمیایی فسفر و نیتروژن توأم با میکوریزا معنادار ($P>۰/۰۵$) نبود. همزیستی میکوریزایی جذب عناصر غذایی غیر متحرک در خاک، مانند فسفر را به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد، ولی بر غلظت عناصر متحرک در خاک مانند نیتروژن و پتاسیم یا تأثیری ندارد و یا که آن را کاهش می‌دهد (Treseder, 2004). لذا تلفیق کود شیمایی فسفر و میکوریزا و تلفیق کود شیمیایی نیتروژن با میکوریزا موجب کاهش جذب میزان عناصر نیتروژن و پتاسیم خاک شده که این مسأله موجب عدم اختلاف معنی‌دار اغلب صفات با تیمار شاهد شده است. در حضور کود شیمیایی NPK به‌واسطه تأمین عناصر نیتروژن و پتاسیم از طریق کود شیمیایی و جبران کاهش جذب این عناصر به‌واسطه همزیستی میکوریزایی، اغلب صفات بهبود قابل‌ملاحظه‌ای یافته و اختلاف آنها با تیمار شاهد معنی‌دار شده است. همبستگی عملکرد کاسبرگ با وزن تر (۰/۶۸) و خشک ریشه (۰/۶۳) مثبت، قوی و بسیار معنی‌دار بود (جدول ۷). رشد گیاهان اغلب به توانایی ریشه‌ها در جذب آب از خاک و انتقال آن به ساقه‌ها محدود می‌باشد. همچنین، مقدار آب در حال حرکت از ریشه به ساقه و سرعت آن تعیین‌کننده غلظت مواد رسیده شده به ساقه می‌باشد. سیستم‌های ریشه بهینه می‌تواند رشد ساقه مطلوب را به‌دنبال داشته باشد و به‌عنوان یک رابط بین گیاه و خاک عمل کند و عملکرد بیشتری را حاصل نماید.

عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ

اختلاف وزن تر غوزه، وزن تر و خشک کاسبرگ و عملکرد کاسبرگ در تجزیه مرکب دو سال زراعی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار کود شیمیایی، کود زیستی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۳). برهمکنش کود شیمیایی، زیستی و سال برای تعداد غوزه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین بیشترین وزن تر غوزه (۱۱۲۸/۱۷ گرم در بوته)، وزن تر و خشک کاسبرگ (به‌ترتیب ۴۳۵/۲۷ و ۴۱/۰۶ گرم در بوته) و عملکرد کاسبرگ (۱۶۴۲/۴۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۴). اختلاف تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین با تیمار کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی سوپرنیتروپلاس برای عملکرد کاسبرگ

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) (جدول ۴). در تیمار کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از کود زیستی کمترین وزن تر غوزه، وزن تر و خشک کاسبرگ و عملکرد کاسبرگ به‌ترتیب با مقادیر ۴۵۵/۰۷، ۱۷۵/۸۹ و ۱۷/۵۸ گرم در بوته و ۷۰۱/۹۳ گیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). اختلاف تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، میکوریزا و سوپربیوفسفات با تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی برای وزن تر غوزه و کاسبرگ معنی‌دار (P≤۰/۰۵) شدند (جدول ۴) تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، سوپربیوفسفات و میکوریزا نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی موجب بهبود وزن تر غوزه (به‌ترتیب ۹۲/۴۹، ۷۵/۶۱، ۵۰/۰۴ و ۳۳/۳۴ درصد)، وزن تر کاسبرگ (به‌ترتیب ۹۲/۷۱، ۷۵/۹۶، ۵۰/۰۴ و ۳۳/۳۶ درصد) شدند.

بر همکنش تیمارهای کود شیمیایی، زیستی و سال نشان داد که بیشترین تعداد غوزه در بوته (۴۱/۷۸ عدد) از تیمار کود شیمیایی NPK در ترکیب با کود زیستی نیتروکسین در سال اول به‌دست آمد که اختلاف آن با تیمار تلفیق کود شیمیایی NPK و کود زیستی نیتروکسین در سال دوم (۳۹/۷۹ عدد) معنادار نبود (جدول ۶). کمترین تعداد غوزه در بوته به تیمار ترکیب کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از کود زیستی (۱۰/۹۵ عدد) تعلق داشت که اختلاف آن با تیمار ترکیب کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از کود زیستی در سال دوم (۱۱/۰۰ عدد) معنادار نبود (جدول ۶). تیمار ترکیب کود شیمیایی NPK با کود زیستی نیتروکسین نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی به‌ترتیب در سال اول و دوم ۵۷/۴۲ و ۵۳/۳۳ درصد، موجب بهبود تعداد غوزه در بوته شد. مقایسه تیمارهای مورد بررسی در سال اول و دوم نشان داد که گیاهان سال اول نسبت به گیاهان سال دوم دارای تعداد غوزه در بوته بیشتری بودند (جدول ۶). این مسأله احتمالاً به‌واسطه دمای پایین در فصل زایشی (پاییز) باشد (جدول ۱). چرا که گیاه چای ترش حساس به سرما می باشد و سرما موجب از بین رفتن اجزای زایشی آن می‌گردد. بهبود ویژگی‌های تعداد غوزه در بوته، وزن تر غوزه، وزن تر و خشک کاسبرگ و عملکرد کاسبرگ در تیمارهای کود شیمیایی NPK به‌علاوه کود زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی NPK و عدم استفاده از کود زیستی حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی بر این صفات بود. این نتایج در توافق با یافته‌های Abo-Baker & Gehan (2011) و Hassan (2009) در چای ترش، Kapoor *et al.* (2007) در گندواش (*Artemisia annua* L.)، Gharib *et al.* (2008) در مرزنجوش، Mahfoz & Sharaf- Eldin (2007) در رازیانه و Sanchez *et al.* (2008) در بارهنگ (*Plantago major* L.) بود. Abo-Baker & Gehan (2011) در چای ترش بیان نمودند که اضافه‌نمودن کودهای زیستی به ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده کودهای شیمیایی ویژگی‌های وزن خشک و عملکرد کاسبرگ را نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) افزایش داد. علاوه براین، ترکیب ۵۰ درصد کودهای شیمیایی با کودهای زیستی تثبیت‌کننده ازت و فسفر نیز همین نتیجه را حاصل نموده است. Hassan (2009) گزارش نمود که کود زیستی در ترکیب با کود شیمیایی موجب بهبود ویژگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ چای ترش شد.

عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه، به‌ویژه نیتروژن باعث افزایش رشد و گلدهی می‌شود. عنصر فسفر در کنار نیتروژن نیز موجب رشد زایشی و میوه‌دهی می‌شود. فسفر یک عنصر ضروری جهت تقسیم سلولی، توسعه ریشه و تشکیل دانه است (El-Gizawy & Mehasen, 2009). باکتری‌های تثبیت‌کننده 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 می‌شود 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. مزید بر این استفاده از کودهای زیستی موجب بهبود فعالیّت میکروبی خاک، در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (سیتوکنین، اکسین، بیوتین و اسیدپنتوتنیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی برای ریشه گیاه (Kartikeyan *et al.*, 2008) شده است. فراهمی عناصر

www.SID.ir

Archive of SID

غذایی نظیر فسفر، آهن، مس، روی و به‌ویژه نیتروژن سبب افزایش فتوسنتز، تحریک رشد گیاه و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده است که این مسأله در نهایت باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ چای ترش شده است. به‌عبارت دیگر دلیل تأثیر مصرف کود بر افزایش عملکرد گیاه به‌واسطه فراهم بودن عناصر غذایی برای تک بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها است که افزایش عملکرد در واحد سطح را به‌دنبال خواهد داشت. بسیاری از محققین (Kumar *et al*., 2009 ؛ 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. Akhtar & Siddiqui (2009) بیان نمودند که کودهای زیستی عناصر معدنی غیرقابل دسترس و همچنین ترکیب‌های آلی را به‌شکل قابل دسترس برای گیاه فراهم می‌کنند و باعث افزایش رشد می‌شوند. برای عملکرد کاسبرگ بالا باید رشد رویشی یا زایشی در گیاه، متعادل و غوزه‌ها مراحل رشدی خود را به‌طور کامل طی کرده و بزرگ شوند. این تعادل زمانی برقرار می‌شود که بین عنصر لازم برای رشد رویشی (نیتروژن) با عنصر لازم برای رشد زایشی (فسفر) تعادل برقرار باشد. کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ضمن افزایش رشد رویشی و با ایجاد مقصد فراوان و انتقال آسمیلات‌های تولیدی حاصل از رشد رویشی، رشد زایشی را نیز افزایش داده‌اند. به‌نظر می‌رسد که تولید ایندول استیک‌اسید و سیتوکنین با استفاده از اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح‌شده از ریشه، هیدرولیز پیش‌ماده اتیلن، ۱- آمینوسیکلو پروپان-۱-کربوکسیلیک دآمیناز[1] (اتیلن، ACC دآمیناز) و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتریت ACC به‌وسیله آنزیم ACC دآمیناز حاصل از تنفش نیتراتی با اسیداسکوربیک، مهمترین سازوکار تأثیر این باکتری‌ها باشند (Zahir *et al*., 2004). از آنجایی‌که کمبود عناصر غذایی، یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد کاسبرگ است، تیمار NPK و عدم استفاده از کود زیستی به‌علت فراهمی کمتر مواد غذایی در مراحل بحرانی رشد از رشد کمتری برخوردار بود و به تبع آن عملکرد کاسبرگ کمتری داشت. تیمار NPK توأم با کود زیستی نیتروکسین بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد را حاصل نمود. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن موجود در نیتروکسین مقدار کافی ایندول استیک‌اسید، جیبرلین، سیتوکنین و ویتامین‌های گروه B می‌سازند که موجب افزایش رشد ریشه (افزایش پتانسیل ریشه زایی، طویل‌شدن ریشه‌ها و افزایش ریشه‌های جانبی و موئین) و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک می‌شوند. باکتری‌های تثبیت‌کننده فسفر موجود در نیتروکسین اسیدهای آلی و غیرآلی ترشح نموده و موجب کاهش pH خاک می‌شوند. این مسأله موجب در دسترس قرار دادن فسفر و عناصر دیگر به‌شکل قابل جذب برای گیاه می‌شود. بنابراین غلظت نیتروژن و فسفر در برگ افزایش می‌یابد که این افزایش موجب افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش شده است. نتایج مشابهی توسط Hassan (2009) در چای ترش گزارش شده است. El-Kashlan (2001) بیان نمود که کود زیستی تثبت‌کننده نیتروژن (نیتروبین) اثر مثبت معنی‌داری بر رشد، عملکرد چای ترش داشت. وقتی بذور چای ترش با باکتری‌های *ریزوبیوم* و *ازوتوباکتر* تلقیح شدند، پارامترهای رشد رویشی و همچنین عملکرد کاسبرگ چای ترش افزایش یافت (Hassan, 2009). Shaalan *et al*. (2001) گزارش نمودند که وقتی بذور چای ترش با نیتروبین تلقیح شدند، پارامترهای رشد رویشی و عملکرد کاسبرگ افزایش یافت.

نتایج حاصل از همبستگی بین صفات حاکی از آن بود که بیشترین همبستگی بین عملکرد و وزن خشک کاسبرگ وجود داشت (جدول ۷). همبستگی عملکرد کاسبرگ با وزن خشک کاسبرگ (۰/۹۸)، تعداد غوزه در بوته (۰/۹۷)، وزن تر کاسبرگ (۰/۹۴) و وزن تر غوزه (۰/۹۱) مثبت، بسیار قوی و بسیار معنی‌دار بود (جدول ۷). صفات تعداد غوزه در بوته، وزن تر غوزه، وزن تر و خشک کاسبرگ نمودی از ظرفیت مخزن گیاه برای ذخیره مواد پرورده هستند. تعداد غوزه در بوته که بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد کاسبرگ (۰/۹۷) و وزن خشک کاسبرگ (۰/۹۶) داشت، به‌نظر می‌رسد که مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد کاسبرگ در چای ترش باشد. این ویژگی متنوع‌ترین صفت در بین اجزای عملکرد است، زیرا

1 - Ethylene, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase (Ethylene, ACC deaminase)

www.SID.ir

Archive of SID

پتانسیل و توانایی چای ترش در تشکیل جوانه‌های گل و غوزه بسیار بالاست، اما دست‌یابی به این پتانسیل به شرایط داخلی گیاه و خصوصاً شرایط محیطی بستگی دارد. بنابراین با مدیریت صحیح منابع (کود و غیره) می‌توان به حداکثر این پتانسیل دست یافت و گیاهان با حداکثر عملکرد کاسبرگ تولید نمود.

جدول ۷- همبستگی‌های ساده بین ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش تحت اثرات کودهای شیمیایی و زیستی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 7- Simple correlations between vegetative charactristics, yield and yield components of roselle sepals under effects of chemical and bio-fertilizer in 2013 and 2014.

Plant atributes	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1-Plant height	-									
2- No. of branches	0.63**	-								
3- Fresh weight of foliage	0.73**	0.77**	-							
4- Dry weight of foliage	0.72**	0.74**	0.94**	-						
5- Fresh weight of root	0.61**	0.56*	0.86**	0.67**	-					
6- Dry weight of root	0.69**	0.54*	0.69**	0.84**	0.93**	-				
7- Number of Calyx	0.86**	0.88**	0.66**	0.68**	0.69**	0.72**	-			
8- Fresh weigh of calyx	0.64**	0.70**	0.63**	0.65**	0.54*	0.52*	0.88**	-		
9- Fresh weight of sepal	0.69**	0.71**	0.75**	0.76**	0.55*	0.53*	0.93**	0.93**	-	
10- Dry weight of sepal	0.73**	0.78**	0.77**	0.78**	0.66**	0.62**	0.96**	0.92**	0.96**	-
11- Sepal yield	0.72**	0.76**	0.85**	0.86**	0.68**	0.63**	0.97**	0.91**	0.94**	0.98**

* و ** به‌ترتیب معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns، غیر معنادار

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

نتیجه‌گیری کلی

اثر اصلی کود شیمیایی، زیستی و برهمکنش آنها بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تعداد غوزه در بوته مهمترین جزء تعیین‌کننده عملکرد کاسبرگ بود. برای کلیه صفات مورد مطالعه بیشترین مقادیر در تیمار کود شیمیایی NPK توأم با کود زیستی نیتروکسین به‌دست آمد. بنابراین با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی، استفاده از کودهای شیمیایی NPK به‌همراه کود زیستی نیتروکسین جهت بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد کاسبرگ در چای ترش توصیه می‌گردد.

REFERENCES

1. 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.* M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt.
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. Afzal, A. & Asghari, B. (2008). Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 10, 85–88.
5. Aghababaei, F., Raiesi, F. & Nadian, H. (2011). Influence of mycorrhizal symbiosis on the uptake of nutrients in some commercial genotypes of almond in a sandy loam soil. *Iranian Journal of Soil Research*, 25(2), 137-147.
6. 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.
7. Alam, H., Razaq, Salahuddin., M. & Khan, J. (2016). Effect of Organic and Inorganic Phosphorous on Growth of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 23(3), 23-30.
8. Asghar, H. N., Zahir, Z. A., Arshad, M. & 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.

www.SID.ir

Archive of SID

9. Babatunde, F. E., Oseni, T. O., Auwalu, B. M., Udom, G. N., Ajayi, J. O. & Mailabari, B. K. (2002). Nitrogen fertilizer and variety on quantity and quality of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) fiber. *Science Forum*, 5, 10-18.
10. Banchio, E., Bogino, P. C., Zygadlo, J. & Giordano, W. (2008). Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, 36, 766-771.
11. Boomsma, C. R. & Vyn T.J. (2008). Maize drought tolerance: Potential improvements through *Arbuscular mycorrhizal* symbiosis. *Field crops research*, 108, 14-31.
12. Casson S. A. & Lindsey K. (2003). Genes and signalling in root development. *New Phytologist*, 158, 11-38.
13. 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)
14. Duke, J. A. (2006). Ecosystematic data on economic plants. *Journal of Crude Research*, 17 (3), 91-110.
15. Egamberdieva, D., Shrivastava, S. & Varma, A. 2015. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants. Springer International Publishing, Switzerland. 442p.
16. 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.
17. El-Kashlan, S.H. (2001). *Physiological studies on roselle (Hibiscus sabdariffa L.)*. PhD. Thesis. Faculty of Agriculture. Kafr El-Sheikh Tanta University.
18. Fasoyiro, S. B., Ashyaye, O. A. Adeola A. & Samuel, F. O. (2005). Chemical and storability of fruit flavoured (*Hibiscus sabdariffa*) drinks. *World Journal of Agricultural Science*, 1, 165-168.
19. 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.
20. Hassan, F. A. S., (2009). Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. *Annals of Agricultural Science*, 54, 437-446.
21. 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.
22. Joshee, N., Mentreddy, S. R. & Yadav, K. (2007). Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. *Industrial Crops and Products* 25, 169-177.
23. 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.
24. 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.
25. Khoram-Dell, S., Kochaki, S., Nasiri-Mahalati, M. & Ghorbani, R. (2008). Application of biological fertilizers on growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agricultural Research*, 2, 294-285.
26. Khoshbakht, T., Bahadori, F., Khalighi, A. & Moez Ardalan, M. (2011). The *e*ffect 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.
27. 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.
28. Lee, Y.J., George, E. (2005). Contributions of mycorrhizal hyohae to the uptake of metalcations by cucumber plants at two levels of phosphorous supply. *Plant and Soil*, 278, 361-370.
29. 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.
30. Oyewole, C. I. & Mera, M. (2010). Response of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) to rates of inorganic and farmyard fertilizers in the Sudan savanna ecological zone of Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 2305-2309.
31. Parvatha Reddy, P. (2014). Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Horticultural Crop Protection. Springer India. 310p.
32. 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.
33. Sailo, G. L. & Bagyaraj, D. J. (2005). Influence of different AM-fungi on the growth, nutrition and forskolin content of *Coleus forskohlii*. *Mycological Research*, 109, 795-798.
34. 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.
35. SAS Institute. (2013). *The SAS system for Windows*. Release 9.2. SAS Institute. Cary, NC.

www.SID.ir

Archive of SID

36. 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.
37. 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.
38. Swaefy Hend, M. F., Sake Weaam, R. A., Sabh, A. Z. & 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.
39. Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K. K., De, R., Saxena, A. K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A. K. & Johri, B. N. (2005). Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science*, 89, 136-150.
40. Treseder, K. K. (2004). A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus, and atmospheric CO_2 in field studies. *New Phytologist*, 164, 347–355.
41. Vinutha, T. (2005). *Biochemical Studies on Ocimum sp. Inoculated with Microbial Inoculants*. M.Sc, (Agri.) thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.
42. 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.
43. Youssef, A. A., Edris, A. E. & 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.
44. Yuonis, S. I., Ghaly, N. G. & 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.
45. Zahir, A. Z., Arshad, M. & Frankenberger, W. F. (2004). Plant gr**o**wth promoting rhizobacteria: Applications and Perspectives in Agriculture. *Advanced Agronomy*, 81, 97-168.

www.SID.ir