Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Evaluation the effect of Nanobiomic fertilizer on yield and some traits of *Hibiscus sabdariffa* in intercropping with *Vigna unguiculata*

Mahboubeh Sarani[1], Ahmad Ghanbari[2], Alireza Sirousmehr[3*]

[1] MSc Graduated in Agroecology, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[2] Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[3] Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran,
Email: asirousmehr@uoz.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/06/11
Revised: 2021/10/01
Accepted: 2021/10/31

Keywords:
Biological yield
Catalase
Chlorophyll
Economic yield
Land equivalent ratio
Polyphenol oxidase

ABSTRACT

Background and objectives: Today, the growing trend of degradation of water, soil and environmental resources due to the indiscriminate use of chemicals in agriculture and common methods of food production, has attracted the attention and encouragement of agricultural researchers to sustainable agriculture. Mixed cultivation is of particular importance for the variety of crops, their benefits, and the increase in profits per unit area and time. The aim of this study was to investigate the synergistic effect of sour tea mixed culture as a medicinal plant and compatible with the conditions of the region with cowpea and the effect of nanobiotic fertilizer in mixed culture.

Materials and Methods: To investigate the effect of nanobiomic fertilizer application on quantitative and qualitative characteristics of sour tea in mixed cultivation with blueberry beans, an experiment in the form of split plots in a randomized complete block design with three replications, in Zabol University research farm located in the new site in 2015-2016. Factors studied include nanobiomic biofertilizer as the main factor in two levels of use and non-use of biofertilizer and different levels of intercropping in five levels including pure *Hibiscus sabdariffa*, pure *Vigna unguiculata*, 50% *Hibiscus sabdariffa* + 50% *Vigna unguiculata*, 75% *Hibiscus sabdariffa* +25% of *Vigna unguiculata* and 25% of *Hibiscus sabdariffa* + 75% of *Vigna unguiculata* were as sub-plot. Nanobiomic biofertilizer was applied in three stages (three-leaf, stem and before flowering) and in each stage at the rate of one liter per hectare.

Results: Mean comparison of interactions showed that the highest amount of chlorophyll a was obtained from nanobium application treatment in 75% *Hibiscus sabdariffa* + 25% *Vigna unguiculata*. Also, the highest total chlorophyll was obtained in 75% *Hibiscus sabdariffa* + 25% *Vigna unguiculata*. Land equivalent ratio in mixed cropping systems was higher than one, which indicates the advantage of mixed crops compared to mono crop. Intercropping of 50% *Hibiscus sabdariffa* + 50% *Vigna unguiculata* had the highest land equivalent ratio. The highest economic yield of *Hibiscus sabdariffa* was obtained from nanobiomic application treatment. Means comparison of different intercropping systems showed that the highest amount of economic yield (11125.6 Kg ha^{-1}) was obtained from the mono culture of *Hibiscus sabdariffa*.

Conclusion: Based on the results, the highest biological yield and economic yield of sour tea were obtained from the application of nanobiomics in the conditions of mono culture planting system of sour tea. In general, it can be said that a mixed culture of 50% sour tea + 50% cowpea with higher economic yield is suitable for cultivation in the region.

Cite this article: Sarani, M., Ghanbari, A., Sirusmehr, A.R. 2022. Evaluation the effect of Nanobiomic fertilizer on yield and some traits of *Hibiscus sabdariffa* in intercropping with *Vigna unguiculata*. *Production Journal*, 14 (4), 105-122.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJCP.2022.19051.2421
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

بررسی اثر کود نانوبیومیک برعملکرد و برخی صفات چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*)

محبوبه سارانی[۱]، احمد قنبری[۲]، علیرضا سیروس‌مهر[۳*]

۱.دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد در رشته اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲.استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: asirousmehr@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹

واژه‌های کلیدی:
پلی فنل اکسیداز
عملکرد اقتصادی
عملکرد بیولوژیک
کاتالاز، کلروفیل
نسبت برابری زمین

چکیده

سابقه و هدف: امروزه روند رو به رشد تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید محصولات غذایی، باعث توجه و ترغیب پژوهش‌گران کشاورزی به کشاورزی پایدار شده است. کشت مخلوط به جهت تنوع محصولات، مزایای آن و افزایش سود حاصل در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از این تحقیق بررسی اثر هم‌افزایی کشت مخلوط چای ترش به عنوان یک گیاه دارویی و سازگار با شرایط منطقه با لوبیا چشم بلبلی و اثر کود نانوبیومیک در کشت مخلوط بود.

مواد و روش‌ها: برای بررسی تأثیر کاربرد کود نانوبیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی چای ترش در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل واقع در سایت جدید در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کود نانوبیومیک به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح استفاده و عدم استفاده از کود و سطوح مختلف کشت مخلوط در پنج سطح شامل خالص چای ترش، خالص لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد چای ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۷۵ درصد چای ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد چای ترش+۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌عنوان عامل فرعی بودند. کود نانوبیومیک در سه مرحله (سه برگی، ساقه‌دهی و قبل از گلدهی) و در هر مرحله به میزان یک لیتر در هکتار مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل *a* از تیمار کاربرد نانوبیومیک در شرایط کشت مخلوط ۷۵ درصد چای ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به دست آمد. همچنین، بیش‌ترین میزان کلروفیل کل در شرایط کشت مخلوط ۷۵ درصد چای ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد. نسبت برابری زمین در نظام‌های کشت مخلوط بالاتر از واحد بود که نشان‌دهنده مزیت کشت‌های مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص است. ترکیب ۵۰ درصد چای‌ترش +۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین نسبت برابری زمین را به خود اختصاص داد. بیش‌ترین عملکرد اقتصادی چای

ترش از تیمار کاربرد نانوبیومیک به‌دست آمد. مقایسه میانگین اثر نظام‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد اقتصادی (۱۱۲۵/۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص چای ترش به‌دست آمد که با عملکرد اقتصادی (۱۱۱۷/۸ کیلوگرم درهکتار) حاصل از ترکیب ۵۰ درصد چای‌ترش +۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی اختلاف معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی چای ترش از تیمار کاربرد نانوبیومیک و در شرایط سیستم کاشت خالص چای ترش به‌دست آمد. به طور کلی، می‌توان گفت کشت مخلوط ۵۰ درصد چای‌ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی با تولید عملکرد اقتصادی بیش‌تر برای کشت در منطقه مناسب است.

استناد: سارانی، م.، قنبری، الف.، سیروس‌مهر، ع.ر. (۱۴۰۰). بررسی اثر کود نانوبیومیک برعملکرد و برخی صفات چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*). *تولید گیاهان زراعی*، ۱۴ (۴)، ۱۲۲-۱۰۵.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19051.2421

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

امروزه روند رو به رشد تخریب منابع آب، خاک و محیط‌زیست در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید محصولات غذایی، باعث توجه و ترغیب پژوهش‌گران کشاورزی به کشاورزی پایدار شده است. کشاورزی پایدار با الگوگیری از طبیعت، نظامی از تولید است که مبتنی بر بهره‌گیری از نهاده‌ها و حفظ تنوع گونه‌ها در نظام تولیدی است. یکی از راه‌کارهایی که ما را به این هدف نزدیک می‌سازد، کشت مخلوط است (۴۰). کشت مخلوط می‌تواند به‌عنوان یک عامل مهم در کشاورزی پایدار مؤثر باشد و با توجه به نیاز متفاوت گونه‌ها در کشت مخلوط، رقابت بین آن‌ها نیز کم‌تر می‌شود و به‌واسطه آن نظام‌های زراعی به منابع درونی و قابل‌تجدید خود وابستگی بیش‌تری پیدا می‌کنند و پایداری آن‌ها افزایش می‌یابد (۲۱). کشت مخلوط را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نظام‌های کشاورزی قابل اجرا در اغلب کشورهای توسعه‌یافته دانست که به جهت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان و افزایش تولید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در میان نظام‌های مختلف کشت، کشت مخلوط حبوبات با گیاهان دیگر رایج‌ترین شکل کشت است (۴). در کشت مخلوط، انتخاب گیاهانی که کم‌ترین رقابت را در یک آشیان اکولوژیک ثابت با هم ایجاد می‌کنند، عامل عمده‌ای محسوب می‌شود (۳۲). استفاده از لگوم‌ها که باعث تثبیت نیتروژن در خاک می‌شوند، در کشت مخلوط باعث می‌شود که بسیاری از مواد جذب‌شده توسط گیاهان به‌وسیله این گیاهان به خاک برگردد و باعث حاصلخیزی خاک شوند (۵). در کشت مخلوط گراس با لگوم به خاطر استفاده بهتر از نور و استفاده از نیتروژن تولیدشده به‌وسیله لگوم توسط گراس، عملکرد کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش می‌یابد (۳۱). نتایج برخی بررسی‌های انجام‌شده در زمینه کشت مخلوط و اندازه‌گیری نسبت برابری زمین در کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*)، سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) (۴۷)، سویا (*Glycine max*) و کاساوا (*Manihot esculenta*) (۲۴) بیان‌گر بهبود کمی و کیفی محصولات موردبررسی و افزایش نسبت برابری زمین بود. نتایج مطالعات متعددی نشان داد که نظام‌های کشت مخلوط عملکرد کمی در واحد سطح را بهبود می‌بخشد (۳۶)، بهره‌وری استفاده از منابع مانند آب، مواد مغذی و تابش را افزایش می‌دهد (۴۵)، و افزایش حاصلخیزی خاک و تأمین مواد مغذی گیاه (۱۰). کشت مخلوط همچنین می‌تواند برای کاهش آفات و بیماری‌ها، برای کنترل علف‌های هرز و کاهش ورودی و جبران هزینه‌های رو به رشد تولید مفید باشد (۷). همچنین، نشان داده شده است که کشت مخلوط باعث بهبود کیفیت و کمیت عصارهگیاهان دارویی و معطر می‌شود (۳، ۴، ۱۶).چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. از خانواده پنیرکیان (Malvaceae)، گیاهی یک‌ساله و یا چندساله، شاخه‌دار، با ارتفاع حدود ۴۲۹-۶۴ سانتی‌متر، به رنگ سبز تیره متمایل به قرمز است (۱۳). این گیاه بومی ایران نیست. در ایران فقط در استان سیستان و بلوچستان در مساحت حدود ۸۴ هکتار، بیش‌تر در جنوب استان در شهرستان‌های ایرانشهر و چابهار کشت می‌شود (۳۷). لوبیای چشم‌بلبلی با نام علمی *Vigna unguiculata* L. گیاهی علفی و یک‌ساله است. این گیاه توانایی تثبیت نیتروژن در خاک‌های فقیر را دارد و در خاک‌های فقیر از لحاظ میزان فسفر، به‌خوبی رشد می‌کند (۲۰).

کودهای زیستی شامل مواد نگه‌دارنده با تراکم زیاد از یک یا چند نوع ریزموجود مفید خاک‌زی و یا به‌صورت فرآورده متابولیت این موجودات هستند که

در ناحیه ریشه و یا بخش‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روش‌های مختلف تحریک می‌کنند و قابلیت جذب عناصر غذایی را فراهم می‌کنند (۴۲). کودهای زیستی شامل باکتری‌ها و همچنین، قارچ‌های مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی نظیر تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول تولید شده و به طور معمول با مستقر شدن در اطراف ریشه گیاه را در جذب عناصر هم‌یاری می‌کنند. بدون تردید کاربرد کودها علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه ویژگی‌های خاک دارند، از جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (۱۸). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب‌وخاک استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان است. در کود نانوبیومیک عناصر غذایی کود به‌تدریج و به‌صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند. استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارایی مصرف مواد غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش‌ازحد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود است. مکانیسم‌های عمدهٔ افزایش رشد و نمو ناشی از این ریز موجودات کاملاً شناخته نشده است، اما بسیاری از پژوهش‌گران، این پدیده را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها نسبت می‌دهند (۴۴). در اثرات مستقیم، رشد گیاه با راه‌کارهایی نظیر 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 تنظیم‌کننده 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 تنظیم‌کننده مقدار اتیلن در گیاه)، تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته خاک افزایش می‌یابد (۲۵). دهمرده و همکاران (۲۰۱۱) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی دریافتند که عملکرد در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص است و نسبت برابری زمین در تمام تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود و بر کشت خالص برتری داشتند (۱۱). کاروترز و همکاران با کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی اعلام کردند که بیوماس و عملکرد ذرت در واحد سطح، در کلیه حالات کشت مخلوط آن بیش‌تر از کشت خالص می‌شود (۹). داس و همکاران در مورد جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی *Stevia rebaudiana* گزارش کردند که به دنبال کاربرد آزوسپریلیوم (تثبیت‌کننده نیتروژن) و باکتری‌های حل کننده فسفر، در ابتدا میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه افزایش یافت (۱۲). شالان و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که افزایش حاصلخیزی خاک به‌وسیله کودهای بیولوژیک نظیر ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس باعث افزایش و بهبود خصوصیات رشدی گیاه دارویی سیاه‌دانه مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه شده است (۳۸). با توجه به مطالب ارائه شده، این مطالعه با هدف بررسی اثر استفاده از کودهای نانو در کشت‌های مخلوط و کشت مخلوط چای‌ترش با لوبیا چشم بلبلی و بررسی اثر دو گیاه چای‌ترش و لوبیا چشم بلبلی بر روی عملکرد همدیگر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار،

در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. در این پژوهش بذر مورداستفاده لوبیا چشم‌بلبلی از رقم محلی انتخاب و بذر چای ترش از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) واقع در شهرستان زهک تهیه شد. کود نانوبیومیک در این تحقیق شامل ترکیبات Fulvic acid، Humic acid، Fe، Ca، Mn، Zn، Mg و B بود. کود نانوبیومیک (نانو کود بیولوژیکی بیوزر)، یک ترکیب قدرتمند است که هم از میکروارگانیسم‌های متنوع و مفید غنی شده است و هم از نظر انواع عناصر میکرو که با فناوری نانو به دو شکل نانو ذره و نانو کلات غنی شده‌اند، تا ضمن ایجاد محیطی مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها، توان گیاه را در رشد و توسعه تقویت کند. میکروارگانیسم‌های مورد استفاده شامل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ریزوبیوم، ازتوباکترو آزوسپریلیوم، باکتری‌های حاوی آنزیم OPH که قادر به تجزیه و تبدیل باقی‌مانده سموم فسفره به فسفر قابل جذب می‌باشند. همچنین، در ترکیب این کود از باکتری‌های مفید که قابلیت حل‌کنندگی فسفر از ترکیبات آلی و معدنی را دارند، قرار داده شده است. علاوه بر این، از طریق فناوری نانو ترکیبات متنوع از عناصر ریزمغذی برای تقویت محیط رشد میکروارگانیسم‌ها و همچنین، شرایط مناسب برای رشد گیاه فراهم می‌کند. همچنین، باکتری‌های مورد استفاده در ترکیب این کود، از توانایی تولید هورمون‌های رشد برخوردار هستند (مواد تشکیل‌دهنده آهن شش درصد، منگنز چهار درصد، روی دو درصد، باکتری تیوباسیلوس و قارچ آزوسپریلیوم ۴۰۰ واحد بین‌المللی، جلبک دریایی هشت درصد، هیومیک اسید شش درصد ، فولیک اسید دو درصد).

کود نانوبیومیک در سه مرحله (سه برگی، ساقه‌دهی و قبل از گلدهی) و در هر مرحله به میزان یک لیتر در هکتار (همراه آب آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای) که برای هر دو گیاه مورد استفاده قرار گرفت. فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش شامل کود نانوبیومیک (تهیه شده از شرکت فناور نانو پژوهش، شهرستان خمین) به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح استفاده (NB_1) و عدم استفاده (NB_0) از کود و سطوح مختلف کشت مخلوط در چهار سطح شامل خالص چای‌ترش، ۵۰ درصد چای ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی ، ۷۵ درصد چای ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و ۲۵ درصد چای ترش+۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌عنوان عامل فرعی بودند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1 - Physical and chemical properties of soil.

بافت خاک Soil texture	شن(درصد) Sand (%)	سیلت(درصد) Silt (%)	رس(درصد) Clay (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	کربن آلی (قسمت در میلیون) OC (ppm)	منیزیم(قسمت در میلیون) Mg (ppm)	سدیم (قسمت در میلیون) Na (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) K (ppm)	کلسیم (قسمت در میلیون) Ca (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC(ds/m)	اسیدیته pH
لوم شنی	70	17	13	0.06	0.72	15.63	57.56	280.0	10.80	2.93	7.8

قبل از کاشت نمونه‌برداری از خاک انجام شد (جدول۱). کاشت هر دو گیاه به صورت هیرم‌کاری در تاریخ ۲۷ اسفند سال ۱۳۹۴ صورت گرفت. بدین منظور سه تا چهار بذر در هر کپه با عمق سه سانتی‌متری به روش جوی و پشته در چهار ردیف (طول هر ردیف چهار متر) با فاصله ۷۵ سانتی‌متری بین ردیف و ۴۰ سانتی‌متر روی ردیف کشت شدند. آبیاری بر اساس نیاز هر دو گیاه به‌صورت جوی و پشته به‌طور متوسط هر هفت روز یک‌بار انجام شد. عملیات تنک کردن در مرحله ۲ الی ۴ برگی برای رسیدن به تراکم مطلوب انجام شد. صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در سه مرحله صورت گرفت. برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برای لوبیا در تاریخ ۲۰ مرداد و برای چای ترش در تاریخ ۳۰ آبان انجام شد. بدین منظور پس از حذف دو خط کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط، برداشت به‌صورت تصادفی انجام گردید. ویژگی‌های مورد بررسی عبارتند از: عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی، میزان کلروفیل *a*، *b* و کل، میزان آنزیم کاتالاز و پلی فنل اکسیداز، نسبت برابری زمین اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل *a*، *b* و کل از روش آرنون استفاده شد (۶). پس از قرائت جذب محلول‌ها توسط اسپکتروفتومتر، غلظت کلروفیل توسط روابط زیر به‌دست آمد (۶).

$$\text{Chlorophyll } a = (11.75 \times A_{664} - 2.35 \times A_{645})$$
$$\text{Chlorophyll } b = (18.61 \times A_{645} - 3.960 \times A_{664})$$

برای اندازه‌گیری میزان آنزیم کاتالاز از روش بریس و سایرز استفاده گردید (۸) و برای سنجش پلی فنل اکسیداز ۲/۵ سی‌سی بافر فسفات پتاسیم، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالول اضافه گردید و تغییرات جذب نور در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۴). برای تعیین شاخص نسبت برابری زمین (LER) عملکرد نسبی هر جزء محاسبه شد و مجموع آن‌ها میزان LER را نشان می‌دهد (۴۳):

$$LER=Y_{ab}/Y_{aa}+Y_{ba}/Y_{bb}$$

که در آن Y_{ab}: عملکرد گونه a در کشت مخلوط، Y_{ba}: عملکرد گونه b در کشت مخلوط، Y_{aa}: عملکرد گونه a در کشت خالص، Y_{bb}: عملکرد گونه b در کشت خالص می‌باشند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. تهیه جداول با استفاده از Excel انجام گردید. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD بررسی شد.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود نانوبیومیک و اثر نظام‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیک چای ترش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و برهم‌کنش این دو عامل غیرمعنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۹۰۵۸/۱ کیلوگرم در هکتار از تیمار کاربرد نانوبیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثر نظام‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۵۲۴/۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار سیستم کاشت خالص چای ترش تولید شد که با عملکرد ترکیب ۵۰ درصد چای‌ترش +۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک (۷۳۸۸/۰۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار مربوط به سیستم کشت مخلوط ۲۵ درصد چای‌ترش+۷۵ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲- مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات کمی چای ترش و لوبیا چشم‌بلبلی.

Table 2- Mean values of squares obtained from analysis of variance the effect of experimental treatments on quantitative traits of *Hibiscus sabdariffa* and *Vigna unguiculata*.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)									
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاتالاز Catalase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol Oxidase	نسبت برابری زمین کل Total Land equivalent ratio	نسبت برابری زمین لوبیا چشم‌بلبلی *Vigna unguiculata* Land equivalent ratio	چای ترش *Hibiscus sabdariffa* L. and equivalent Ratio
بلوک block	2	40228/7 *	1276/16 ns	0.125 n.s	0.0037 n.s	0.0234 n.s	0.00017 n.s	0.000002 n.s	0.0049 n.s	0.0058 n.s	0.001 n.s
نانوبیومیک Nano Biomic	1	112614 **	2752.04 ns	1.183 **	0.1713 **	0.4542 n.s	0.00336 **	0.003074 **	0.0102 n.s	0.0036 n.s	0.0016 n.s
خطای a Error a	2	19547.7	2640.16	0.194	0.0009	0.0056	0.00016	0.00001	0.0078	0.0054	0.0025
کشت مخلوط Intercropping	3	18751397 **	771859/15 **	4.939 **	0.0783 **	5.2341 **	0.01184 **	0.000045 n.s	1.8795 **	0.3613 **	0.6042 **
نانوبیومیک×کشت مخلوط Nano Biomic× Intercropping	3	896/7 n.s	487.93 ns	0.631 **	0.326 **	0.061 n.s	0.00046 n.s	0.000356 **	0.0032 n.s	0.0012 n.s	0.0004 n.s
خطای b Error b	12	10028.1	658.83	0.0793	0.0027	0.1128	0.00033	0.000019	0.0032	0.0034	0.0006
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.11	3.15	4.86	3.53	4.61	13.58	5.37	4.23	8.21	3.91

ns: غیر معنی‌دار *و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: nonsignificant * and **: significant at five and one percent probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و اقتصادی چای ترش و لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح کود نانوبیومیک.

Table 3- Comparison of the average biological and economic yield of *Hibiscus sabdariffa* and *Vigna unguiculata* in intercropping under the influence of nanobiomic fertilizer levels.

تیمارهای آزمایشی Treatment	کل نسبت برابری زمین Total Land equivalent ratio	نسبت برابری زمین لوبیا چشم‌بلبلی Vigna unguiculata Land equivalent ratio	نسبت برابری زمین چای ترش Hibiscus sabdariffa Land equivalent Ratio	کاتالاز Catalase OD.g-1.FW.min-1	کلروفیل کل Total Chlorophyll (Mg / g wet weight)	عملکرد اقتصادی Economic yield (Kg per hectare)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg per hectare)
نانوبیومیک Nano Biomic							
عدم کاربرد نانوبیومیک None Nano Biomic	1.32 a	0.70 a	0.61 a	0.146 a	7.14 a	801.75 a	8092.1 b
کاربرد نانوبیومیک Nano Biomic	1.37 a	0.73 a	0.63 a	0.123 b	7.41 a	821.17 a	9058.1 a
کشت مخلوط Intercropping							
خالص چای ترش *Hibiscus sabdariffa*		-		0.2 a	7.43 b	1125.6 a	10524.1 a
۵۰ درصد چای‌ترش +۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی 50% *Hibiscus sabdariffa* + 50% *Vigna unguiculata*	1.98 a	0.98 a	0.99 a	0.121 b	7.03 b	1117.8 a	10514.8 a
۷۵ درصد چای‌ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی 25% *Hibiscus sabdariffa* 75% *Vigna unguiculata*	1.14 b	0.66 b	0.48 b	0.106 b	8.44 a	543.5 b	7530.98 b
۲۵ درصد چای‌ترش +۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی 75% *Hibiscus sabdariffa* 25% *Vigna unguiculata*	0.91 c	0.50 c	0.41 c	0.111 b	6.19 c	462.8 c	7388.05 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the averages that have common letters are not significantly different at the five percent probability level, according to LSD test.

جدول ٤- مقایسه میانگین برهم‌کنش نانوبیومیک و کشت مخلوط بر صفات چای ترش.

Table 4 - Comparison of the average interactions of nanobiomics and intercropping on *Hibiscus sabdariffa* traits.

تیمارهای آزمایشی Treatment	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidase OD.g-1.FW.min-1	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (Mg / g wet weight)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a (Mg / g wet weight)
عدم کاربرد نانوبیومیک+ خالص چای ترش None Nano Biomic + *Hibiscus sabdariffa*	0.0966 ab	1.358 d	5.964 c
عدم کاربرد نانوبیومیک+ ۵۰ درصد چای‌ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی None Nano Biomic + 50% *Hibiscus sabdariffa* + 50% *Vigna unguiculata*	0.0805 c	1.103 e	4.877 d
عدم کاربرد نانوبیومیک+ ۷۵ درصد چای‌ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی None Nano Biomic + 75% *Hibiscus sabdariffa* + 25% *Vigna unguiculata*	0.1033 a	1.515 c	6.627 ab
عدم کاربرد نانوبیومیک+ ۲۵ درصد چای‌ترش+۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی None Nano Biomic + 25% *Hibiscus sabdariffa* + 75% *Vigna unguiculata*	0.0938 b	1.652 b	4.814 d
کاربرد نانوبیومیک+ خالص چای ترش Nano Biomic + *Hibiscus sabdariffa*	0.0738 cd	1.316 d	6.244 bc
کاربرد نانوبیومیک+ ۵۰ درصد چای‌ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی Nano Biomic + 50% *Hibiscus sabdariffa* + 50% *Vigna unguiculata*	0.0766 cd	1.907 a	6.190 bc
کاربرد نانوبیومیک+ ۷۵ درصد چای‌ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی Nano Biomic + 75% *Hibiscus sabdariffa* + 25% *Vigna unguiculata*	0.0616 e	1.710 b	7.046 a
کاربرد نانوبیومیک+ ۲۵ درصد چای‌ترش+۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی Nano Biomic + 25% *Hibiscus sabdariffa* + 75% *Vigna unguiculata*	0.0716 d	1.370 d	4.561 d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the averages that have common letters are not significantly different at the five percent probability level, according to LSD test.

به نظر می‌رسد بالاتر بودن عملکرد بیولوژیک نتیجه رشد رویشی ناشی از کاربرد کود نانوبیومیک حاصل شده است و در این شرایط بالاتر بودن وزن تر و وزن خشک بوته، دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک بوده است. با توجه به نتایج می‌توان چنین بیان کرد که رساندن سریع کود نانوبیومیک، تأثیر به‌سزایی در تولید ماده خشک در اندام‌های هوایی و افزایش عملکرد بیولوژیک داشته است. گستاو و همکاران (۱۶) افزایش تولید در کشت مخلوط را به سرعت رشد بیش‌تر و استفاده بهتر از منابع در دسترس به دلیل تفاوت گونه‌ها نسبت دادند. شریفی و همکاران (۳۹) در بررسی تاثیر نسبت اختلاط و تراکم بوته بر تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم با لوبیا چشم‌بلبلی به این نتیجه رسیدند که عملکرد بیولوژیک سورگوم به موازات کاهش سهم آن در مخلوط به طور معنی‌داری کم شده است. گزارش شده است که در کشت مخلوط ارزن و ذرت عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۳۹). در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۹). در گزارش نتایج دیگر محققان، تولید ماده خشک در کشت مخلوط گندم و باقلا، بیش از کشت خالص آن‌ها بوده است (۱۴). بررسی‌های انجام شده در مورد برتری عملکرد کشت‌های مخلوط نسبت به خالص نشان داده است که افزایش عملکرد ممکن است ناشی از افزایش جذب یا تسخیر منابع، افزایش کارآیی مصرف منابع یا هر دو مورد به‌صورت توأم باشد (۴۱). در کشت مخلوط تأخیری گندم و پنبه مشخص شد که تولید بیش‌تر ماده خشک مخلوط‌ها ناشی از جذب بهتر نیتروژن و نور بوده است (۴۸). نتایج مرادی و همکاران (۲۷) نشان داد در کشت مخلوط سه گانه کدوی تخم کاغذی با ذرت و لوبیا بیشترین عملکرد در کشت خالص کدو به‌دست آمد و با افزایش تراکم کدو در کشت مخلوط عملکرد لوبیا و ذرت کاهش یافته که علت این موضوع را تشدید رقابت میان سه گیاه گزارش کردند. برخی پژوهش‌ها نشان داده است که وقتی حبوبات با گونه‌های غیر حبوبات به صورت مخلوط کشت می‌شوند، در اثر تحریک تثبیت نیتروژن و انحلال فسفر و سایر مواد مغذی، که ریزوسفر را اسیدی می‌کند، تشکیل گره حبوبات، میزان فراهمی بیش‌تر مواد غذایی و در نتیجه افزایش توان تولیدی گیاه در سیستم کشت مخلوط افزایش می‌یابد (۲۳) به طور یکسان، در تحقیقی نشان داده شد که تعداد گره و وزن خشک گیاه لوبیا (*Vicia faba* L.) و گندم در کشت مخلوط این دو گیاه میزان بالاتری در مقایسه تک کشت را داشتند (۲۲).

عملکرد اقتصادی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود نانوبیومیک بر عملکرد اقتصادی چای ترش معنی‌دار نبود، ولی اثر نظام‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد اقتصادی چای ترش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تأثیر میزان و روش مصرف عناصر میکرو بیان‌گر نقش مثبت آن‌ها در افزایش میزان عملکرد دانه و میزان عملکرد اقتصادی بوده و نقش مصرف آن‌ها به صورت محلول پاشی بیش‌تر است (۲۴). مقایسه میانگین‌های اثر نظام‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد اقتصادی (۱۱۲۵/۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص چای ترش به همراه ترکیب ۵۰ درصد چای‌ترش +۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی باعملکرد اقتصادی (۱۱۱۷/۸ کیلوگرم درهکتار) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر به‌دست آمد (جدول ۳). احتمالا علت کاهش عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط با چای ترش به رقابت آن برای جذب منابع مربوط باشد. نتایج مشابهی در کشت مخلوط ذرت–نخود و ذرت–سویا–لوپن توسط لینگاراجو و همکاران (۲۰۰۸) و کاروترس و همکاران

(۲۰۰۰)گزارش گردید (۹، ۲۲). رضایی چیانه و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که بیش‌ترین عملکرد اقتصادی در کشت تنها لوبیا معمولی و رازیانه به‌دست آمد (۳۴). کاهش عملکرد دانه دو گونه در نظام‌های کشت مخلوط ممکن است به دلیل حداکثر سطح رقابت بین‌گونه‌ای باشد که در نظام‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت تنها اتفاق می‌افتد. علاوه بر این، تولید بالاتر (عملکرد بالاتر در واحد سطح) در محصول لوبیا و گیاه رازیانه را می‌توان به محیط همگن تحت سیستم‌های تک کشتی نسبت داد (۲). در مطالعه‌های متفاوتی که بر روی سیستم کشت مخلوط سویا و شوید (۳۵)، نعناع فلفلی مخلوط شده با لوبیا (۳) و کشت مخلوط لوبیا با گندم (۲۳) انجام شد، مشخص شد که بیش‌ترین عملکرد اقتصادی در هر دو گیاه حاضر در کشت مخلوط تنها در سیستم تک کشتی حاصل شده است.

کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود نانوبیومیک و اثر نظام‌های مختلف کشت مخلوط و همچنین، برهم‌کنش آن‌ها بر میزان کلروفیل a و b چای ترش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۱/۹۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار عدم کاربرد نانوبیومیک در شرایط کشت مخلوط ۵۰ درصد چای‌ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی، و همچنین بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۷/۰۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار کاربرد نانوبیومیک در شرایط کشت مخلوط ۷۵ درصد چای‌ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان کلروفیل کل (۸/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط کشت مخلوط ۷۵ درصد چای ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (جدول ۴). کمبود عناصر غذایی در گیاهان، کلروفیل b را بیش‌تر از سایر رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش می‌دهد و پس از آن به ترتیب کلروفیل a و کارتنوئیدها کاهش می‌یابند. گزارش شده است که در کشت مخلوط بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و ذرت، کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل اندام هوایی در هر دو گیاه شده است (۱۹). محققان دیگری در بررسی کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) اعلام داشتند که میزان کلروفیل در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیش‌تر بود (۱۷). در بررسی کشت مخلوط سویا و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) گزارش کردند که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بالاتر بوده است (۱۵). بررسی‌ها نشان داده است که کودها از طریق افزایش غلظت نیتروژن برگ و به تبع آن افزایش مقدار کلروفیل سیستم فتوسنتزی و افزایش فعالیت آنزیم‌هایی چون نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سنتتاز در گیاهان میزبان باعث افزایش سرعت فتوسنتزی در واحد سطح برگ گیاه و افزایش راندمان فتوسنتزی برگی می‌شود (۳۸). محققان دیگر در کشت مخلوط شنبلیله با سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که میزان کلروفیل a در کشت مخلوط و تحت تاثیر منابع کودی بیش‌تر از کشت خالص بوده است (۳۵). گزارش‌های دیگری تاثیر مثبت کودها و باکتری‌های محرک رشد بر افزایش سطح برگ و بهبود محتوی کلروفیل برگ در کشت مخلوط ذرت و کنجد را تائید کرده‌اند (۴۵).

کاتالاز: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود نانوبیومیک و نظام‌های مختلف کشت مخلوط بر میزان کاتالاز چای ترش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین میزان کاتالاز با میانگین ۰/۱۴۶ $OD.g^{-1}.FW.min^{-1}$ از تیمار عدم کاربرد نانوبیومیک به‌دست آمد. همچنین، بیش‌ترین میزان کاتالاز برابر با ۰/۲۰۰ $OD.g^{-1}.FW.min^{-1}$ از

تیمار کشت خالص چای ترش به‌دست آمده است (جدول ۳). اطلاعات کمی در رابطه با تأثیر نانو ذرات بر انواع ROS وجود دارد.

پلی فنل اکسیداز: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود نانوبیومیک و اثر نظام‌های مختلف کشت مخلوط و همچنین، برهم‌کنش نانوبیومیک و کشت مخلوط بر میزان پلی فنل اکسیداز چای ترش معنی‌دار بود (جدول ۲)، مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیش‌ترین میزان پلی فنل اکسیداز (۰/۱۰۳۳$OD.g^{-1}.FW.min^{-1}$) از تیمار عدم کاربرد نانوبیومیک در شرایط کشت مخلوط ۷۵ درصد چای‌ترش+ ۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد (جدول ۴). احتمالا این افزایش در تیمار عدم کاربرد نانوبیومیک نتیجه سنتز برخی از گونه‌های فعال اکسیژن باشد. احتمال دارد اختلال در جذب بور و روی باعث انحراف از مسیر پنتوزفسفات که تولیدکننده فنل است شود. که معمولا به وسیله افزایش در فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز ادامه پیدا می‌کند. این نتیجه با نتایج دیگر محققین در بررسی فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در سیستم ریشه‌ای گیاه سورگوم هم‌خوانی داشت (۳۰). این نتایج سازوکارهای متفاوت درگیر در دفاع گونه‌ها و بافت‌های گیاهی برای محافظت از تنش اکسیداتیو القا شده توسط کمبود عناصر غذایی را نشان داد.

نسبت برابری زمین: نتایج نشان داد که نظام‌های مختلف کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین در سطح احتمال یک درصد بودند (جدول ۲). به‌طوری‌که بیش‌ترین نسبت برابری زمین (۱/۹۸) از کشت مخلوط ۵۰ درصد چای‌ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (جدول ۳). نخزری‌مقدم و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیش‌ترین میزان LER را در مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت و ۱۰۰ درصد ماش به مقدار ۱/۴۳ گزارش کردند (۲۸). آن‌ها بیان کردند که تیمارهای مخلوط افزایشی از LER بالاتری نسبت به تیمارهای مخلوط جایگزینی برخوردار بودند و دلیل آن را انتقال بهتر نیتروژن از ماشک به جو ذکر نمودند. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیش‌تر از حداکثر محصول تک کشتی باشد (۲۸). اضافه عملکرد به‌دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلاف مورفولوژیک بین آن‌ها و کم‌تر بودن علف‌هرز در سیستم کشت مخلوط نسبت داد. دهمرده بیان کرد که بیش‌ترین نسبت برابری زمین از تیمار کشت مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت و ۱۰۰ درصد بادام‌زمینی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد بادام‌زمینی داشت (۱۱). مونتی و همکاران (۲۰۱۶) نتیجه گرفتند که افزایش LER جزیی به بیش‌تر از ۰/۵ به درجه مکملی اجزای مخلوط بستگی دارد (۲۶). ژانگ و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی تاثیر الگوی کاشت بر سودمندی کشت مخلوط ذرت و یونجه از طریق شاخص‌های رقابتی دو گونه دریافتند که کشت مخلوط ذرت و یونجه با ترکیب کشت دو به پنج از بالاترین برابری زمین برخوردار بود (۴۸). محققان مصری کشت مخلوط چغندر با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) را در همه نسبت‌های کشت مثبت ارزیابی کرده و نسبت برابری زمین در همه نسبت‌ها را بیش‌تر از یک ارزیابی کرده‌اند (۱). مونتی و همکاران (۲۰۱۶) نتیجه گرفتند که افزایش LER جزیی به بیش‌تر از ۰/۵ به درجه مکملی اجزای کشت مخلوط بستگی دارد (۲۶). راجساوارا (۲۰۰۲) گزارش نموده که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نعنا و شمعدانی معطر بیش‌تر از یک بود (۳۳). طبق تحقیقات یاسین و همکاران (۲۰۱۴) در کشت مخلوط علف وتیور (*Vetiveria zizanioides* L.) و ریحان، نسبت برابری زمین معادل ۱/۵۴ بود (۴۶).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی چای ترش از تیمار کاربرد کود نانوبیومیک و در شرایط سیستم کاشت خالص چای ترش به‌دست آمد که با عملکردهای حاصل از ترکیب ۵۰ درصد چای‌ترش +۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی اختلاف معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین میزان کلروفیل *a* و کلروفیل کل از تیمار کاربرد نانوبیومیک در شرایط کشت مخلوط ۷۵ درصد چای‌ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد. همچنین، بیش‌ترین میزان کلروفیل کل در شرایط کشت مخلوط ۷۵ درصد چای ترش+۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد. نسبت برابری زمین در نظام‌های کشت مخلوط بالاتر از واحد بود که نشان‌دهنده مزیت کشت‌های مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص است. کشت مخلوط ترکیب ۵۰ درصد چای‌ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بیش‌ترین نسبت برابری زمین (۱/۹۸) را به خود اختصاص داد. به طور کلی، می‌توان گفت که کشت مخلوط ترکیب ۵۰ درصد چای-ترش+۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دلیل تولید عملکرد بیش‌تر برای کشت در منطقه مناسب است.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبار پژوهانه UOZ-GR-9718-38 دانشگاه زابل تأمین شده است

منابع

1. Abou Mostafa, R.R.I., El-Abbas, E.l., Rabie, E.M. and Aboshady, K.A. 2012. Agronomic and economic evaluation for some patterns of intercropping faba bean with sugar beet under tow sowing dates. Agric Res Kafrelsheikh Univ. 38: 4. 443-457.
2. Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R. and Maggi, F. 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint *(Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). J. Clean. Prod. 171: 529-537.
3. Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R. and Maggi, F. 2018. Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. Ind. Crops Prod. 111: 743-754.
4. Amani Machiani, M., Rezaei-Chiyaneh, E., Javanmard, A., Maggi, F. and Morshedloo, M.R. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare*) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in intercropping system under humic acid application. J. Clean. Prod. 235: 112-122.
5. Anil, L., Park, J., Phipps, R.H. and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping ofcereals for forage a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. Grass Forage Sci, 53: 4. 301-317.
6. Arnon, A.N. 1965. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron J. 23: 112-121.
7. Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L. and Justes, E. 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. Agron. Sustain. Dev. 35: 911-935.
8. Beers, G.R. and Sizer, I.W. 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Chem Biol. 195: 1. 133-140.
9. Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C. and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. Eur. J. Agron. 12: 2. 103-115.

10. Chen, P., Song, C., Liu, X.M., Zhou, L., Yang, H., Zhang, X., Zhou, X., Du, Q., Pang, T., Fu, Z.D., Wang, X.C., Liu, W.G., Yang, F., Shu, K., Du, J., Liu, J., Yang, W. and Yong, T. 2019. Yield advantage and nitrogen fate in an additive maize-soybean relay intercropping system. Sci. Total Environ. 657: 987-999.
11. Dahmarde, M. 2010. Ecophysiological aspects of mixed cultivation of maize and cowpea on the quantity and quality of single grass maize forage 704. PhD thesis in agrionomy. Faculty of Agriculture, Zabol University. 196 p. (In Persian)
12. Das, K., Dang, R. and Shivananda, V. 2008. Influence of biofertilizers on the availability of nutriens (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of Stevia rebaudiana grown in South India. Int. j. appl. res. nat. prod. 1: 20-24.
13. Duke, A.J. 1983. *Hibiscus sabdariffa* L. Available online: http://www.hort./Purdue.edu/newcrop/duke-energy/hisbiscus-sabdariffa.html.
14. Ghanbari, A. 2000. Intercropped Wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. PhD thesis. Wye Collage University of London.
15. Ghosh, P.K., Manna, M., Bandyopadhyay, K., Ajay, A., Tripathi, A., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L. and Subba Rao, A. 2016. Interspecific interaction and nutrient use in (soybean/sorghum) intercropping system. Agron J. 98: 4. 1097-1108.
16. Gustave, N.M., Jean, F., Ois, L. and Xavier, D. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping, Effects on growth and yield. Environ. Exp. Bot. 64: 180-188.
17. Hamzei, J. and Babaei, M. 2017. Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. J. Agroecol. 8: 4. 490-504. (In Persian)
18. Han, H.S., Supanjani, D. and Lee, K.D. 2006. Effect of coin co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environ. 52: 130-136.
19. Inal, A., Gunes, A., Zhang, F. and Cakmak, I. 2017. Peanut/ maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiol. Biochem. 45: 5. 350-356.
20. Kolawale, G.O., Tian, G. and Singh, B.B., 2000. Differential response of cowpea varieties to aluminum and phosphorus application. J. Plant. Nutr. Soil Sci. 23: 6. 731-740.
21. Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M. and Zarea-Feizabadi, A., and Jahanbin, G. 2004. Evaluation of variability indifferent cropping systems of Iran. Pajouh Sazand 63. 70-81. (In Persian)
22. Lingaraju, B.S., Marer, B.S.S. and Chandrashekar, S.S. 2008. Studies on intercropping of maize and pigeon pea under rain fed conditions in northern transitional zone of Karnataka. J. Agric. Sci. Technol. 21: 1. 1-3.
23. Liu, Y.C., Qin, M.X., Jing, J.X., Tang, L., Wei, Z. and Wei, J.J., Zheng, Y. 2017. Intercropping influences component and content change of flavonoids in root exudates and nodulation of Faba bean. J. Plant Interact. 12: 1. 187-192.
24. Mbah, E.U., Muoneke, C.O. and Okpara, D.A. 2008. Evaluation of cassava (*Manihot esculenta*) planting methods and soybean (*Glycine max*) sowing dates on the yield performance of the component species in cassava/soybean intercrop under the humid tropical lowlands of southeastern Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 8: 1. 42-47.
25. 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 Appl Sci J. 11: 10. 1287-1291.
26. Monti, M., Pellicano, A., Santonoceto, C., Preiti, G. and Pristeri, A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. Field Crops Res. 196: 379-388.

27. Moradi, P., Asghari, J., Mohsenabadi, G.R. and Samizadeh, H.A. 2012. Role of triple intercropping system in weeds control and naked-pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) yield. Int. J. Agric. Sustain. 24: 4. 17-31. (In Persian)
28. Nakhzari Moghadam, A., Chaich, M.R., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., Majnoon Hosseini, N. and Noriani, A.A. 2009. The Effects of Corn (*Zea mays*) and Green Gram (*Vigna radiata*) Intercropping on some quantity characteristics of forage and weed biomass. Iran j field crop sci. 40: 4. 113-121. (In Persian)
29. Nasiri, R., Nor-Mohammadi, Q., Delkhosh, B. and Mobaser, R. 2011. Study of sweet corn planting arrangement in pure and mixed cultivation with clover on yield and yield components. J. Plant Physiol. 3: 12. 85-102.
30. Peixoto, P.H.P., Cambraia, J., Sant'Anna, R., Mosquim, P.R. and Moreira, M.A. 1999. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolismin sorghum. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 11: 3. 137-143.
31. Qamar, I.A., Keatinge, J.D.H., Noor mohammad, T., Ali, A. and Ajmal Khan, M. 1999. Interduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. Forage Yield. J. Agric. Res. 50: 1. 1-9.
32. Rahimian, H., Salahi Moghadam, M. and Golvi, M. 1992. Potato intercropping with corn and sunflower. Collect J Agric Sci Ind 6: 45-85. (In Persian)
33. Rajsawara, R.B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens Malin*. ex Holmes). Ind Crops Prod. 16: 133-144.
34. Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh-Mohammadi-Nasab, A., Shakiba, MR., Ghassemi-Golezani, K. and Aharizad, S. 2011. Intercropping of maize and faba bean at different plant population densities. Afr. J. Agric. Res. 6: 7.1786-1793. (In Persian)
35. Rostaei, M. and Fallah, S. 2016. Assessment of canopy characteristics and essential oil yield of fenugreek and black cumin in intercropping under application of organic and chemical fertilizer. J Sustain Agric Prod Sci. 25: 4. 1-23. (In Persian)
36. Salehi, A., Mehdi, B., Fallah, S., Kaul, H.P. and Neugschwandtner, R.W. 2018. Productivity and nutrient use efficiency with integrated fertilization of buckwheat–fenugreek intercrops. Productivity and nutrient use efficiency with integrated fertilization of buckwheat–fenugreek intercrops. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 110: 407-425.
37. Sandoqdaran, M.H. 2000. Report on the cultivation of Maki tea (sour tea) in Chah-nime Zabol. Deputy of Education and Research of Natural Resources and Livestock Research Center of Sistan and Baluchestan Province. (In Persian)
38. Shaalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigellas sativa* L. plants. Egypt. J. Agric. Res. 83: 2. 811-825.
39. Sharifi, Y., Aqa-Khani, M., Modares-Sanavi, A.M. and Sorosh-zade, A. 2006. The effect of mixing ratio and plant density on forage production in sorghum mixed culture with cowpea. J. Agric. Sci. 1: 2. 363-370.
40. Strydhorst, S.M., King, J.R., Lopetinsky, K.J. and Neil-Harker, K. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. J. Agric. Sci. 100: 1. 182-190.
41. Tsuob, M., Mukhala, E., Ogindo, H. and Walker, S. 2004. Productivity of maize bean intercropping in a semi-arid region of South Africa. Water SA. 29: 4. 381-388.
42. Van Loon, L.C. 2007. Plant response to plant growth promoting rhizobacteria. Eur. J. Plant Pathol. 119: 243-254.
43. Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of intercropping. Cambridge University Press.
44. Vessy, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant Soil. 255: 571-586.

45. Wang, Z., Zhao, X., Wu, P., Gao, Y., Yang, Q. and Shen, Y. 2017. Border row effects on light Sinterception in wheat/maize strip intercropping systems. F. Crop. Res. 214: 1-13.
46. Yaseen, M., Singh, M. and Ram, D. 2014. Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. Ind Crops Prod. 61: 417-421.
47. Zand, B. and Ghaffari-Khaliq, H. 2002. Evaluation of grain sorghum-cowpea intercropping under different planting patterns. Proceeding of the 7th Iranian Congress of Crop Sciences, Karaj, Iran. 24-26 Aug. 2001. (In Persian)
48. Zhang, F.S. and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping system enhance crop productivity and nutrient use efficiency. Plant Soil. 248: 305-312.