نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص ۲۲۶-۲۱۱

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.2, Summer 2020, p. 211-226

مقاله علمی- پژوهشی

ارزیابی اثر کودهای آلی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

سیمین‌دخت ریگی[۱]، مهدی دهمرده[۲*]، عیسی خمری[۳] و سید محسن موسوی نیک[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹

ریگی، س.، دهمرده، م.، خمری، ع.، و موسوی نیک، س.م.، ۱۳۹۹. ارزیابی اثر کودهای آلی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۲(۲): ۲۲۶-۲۱۱.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد سطوح و نوع کود آلی بر ویژگی‌های کمّی و کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)در کشت مخلوط جایگزینی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تیمار کودی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح شاهد، کود گاوی (۳۰ تن در هکتار) و ورمی‌کمپوست (۱۵ تن در هکتار) و کشت مخلوط در پنج سطح شامل ۱۰۰ درصد چای ترش، ۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۵۰ درصد چای ترش +۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی، ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵ درصد چای ترش و ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵ درصد چای ترش به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل کودهای آلی و کشت مخلوط بر تمامی صفات مورد مطالعه (ارتفاع بوته، قطرساقه، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، عملکرد بیولوژیک، وزن تر کاسبرگ و عملکرد اقتصادی) در گیاه چای ترش و تمامی صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کلروفیل کل) به‌جز ارتفاع بوته، کلروفیل a و کلروفیل b در لوبیا چشم‌بلبلی معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد اقتصادی چای ترش از تیمار ورمی‌کمپوست و کشت مخلوط ۵۰ درصد چای ترش به‌علاوه ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد. مقایسه میانگین تیمارها در صفات مورد بررسی لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که کودهای آلی و کشت مخلوط بر تمامی صفات مورد مطالعه اثر بسیار معنی‌داری داشتند. نتایج نشان داد که کشت مخلوط در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی و چای ترش به‌دلیل اثرات متقابل معنی‌دار و مفید نسبت به تک‌کشتی سودمندتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد اقتصادی،کشت مخلوط، نسبت برابری زمین، ورمی‌کمپوست

مقدمه

کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سیستم‌های کشاورزی قابل اجرا در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته شناخته شده است که به‌جهت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در واقع، کشت مخلوط با افزایش تعداد گونه‌ها در واحد سطح به‌عنوان یک راه حل برای افزایش تولید در کشاورزی پیشرفته پیشنهاد شده است (Brummer, 1998). در این راستا، انتخاب گیاهانی که کمترین رقابت را در یک آشیان اکولوژیک ثابت چه از نظر عوامل محیطی و چه از نظر زمان با هم ایجاد می‌کنند، عامل عمده‌ای محسوب می‌شود (Rahimian et al., 1992). کشت مخلوط به‌دلیل استفاده بهتر از منابع محیطی موجب شده تا این نوع نظام‌های زراعی در کشاورزی معیشتی نقش مهمی در تأمین مواد غذایی داشته باشند و جایگاه خاصی را در طراحی بوم نظام‌های زراعی پایدار به خود اختصاص دهند (Najafi et al., 2013; Wang et al., 2017). برتری عملکرد در کشت مخلوط در اثر تلفیقی از عوامل مختلف همچون استفاده

۱- دانش‌آموخته سابق کارشناسی ارشد اگرواکولوژی دانشگاه زابل، ایران.
۲، ۳ و ۴- دانشیار، استادیار و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی زابل، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: dahmard @gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v12i2.80655

بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی می‌باشد (Li-Li Mao et al., 2015; Rajaii & Dahmardeh, 2014). افزایش تولید در کشت مخلوط را می‌توان به کاهش رشد علف‌های هرز، کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها و استفاده بهینه‌تر از منابع نسبت داد. یکی از دلایل اصلی که کشاورزان در سرتاسر جهان کشت مخلوط را بر کشت خالص ترجیح می‌دهند، این است که در اغلب موارد تولید بیشتری از کشت مخلوط در مقایسه باکشت خالص از همان مقدار زمین به‌دست می‌آید (Yang et al., 2009). نتایج برخی بررسی‌های انجام شده در زمینه کشت مخلوط و اندازه‌گیری نسبت برابری زمین در مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*)، سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) (Zand & Ghafarikhaligh, 2002)، سویا (*Glycine max*) و کاساوا (*Manihot esculenta*) (Mbah et al., 2008) بیانگر بهبود کمّی و کیفی محصولات مورد بررسی و افزایش نسبت برابری سطح زمین است.

کشاورزی اکولوژیک یک سیستم تلفیقی کشاورزی بر پایه اصول اکولوژیکی و به‌عبارتی مدیریت پایدار خاک است که از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد استفاده نمی‌شود و به‌جای آن از تناوب زراعی با گیاهان خانواده بقولات، بقایای گیاهی، کودهای دامی، سنگ‌های حاوی عناصر معدنی، کودهای آلی و کنترل بیولوژیک آفات استفاده می‌شود، تا ضمن ذخیره عناصر غذایی در خاک و افزایش باروری آن، علف‌های هرز و حشرات و آفات کنترل‌شده و سبب توسعه تنوع زیستی در مزارع می‌گردد (Griffe et al., 2003). کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست و کود حیوانی با افزایش فراهمی رطوبت و عناصر غذایی قابل دسترس گیاهان، و به‌دنبال آن افزایش ماده آلی خاک سبب بهبود عملکرد گیاهان می‌شوند (Asadi, et al., 2013; Manivannan et al., 2009). در یک تحقیق در ژاپن اثر کاربرد متوالی کود دامی و شیمیایی باعث رشد زیاد گیاهان و افزایش عملکرد علوفه شده است (Miyazawa & shiozaki, 2000). شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2005) با بررسی مقادیر مختلف کودهای دامی، شیمیایی و کاربرد توأم آن‌ها در مورد گیاه رازیانه اظهار داشت کاربرد کود دامی موجب افزایش ۷۸ درصد و کودهای شیمیایی ۶۴ درصد عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) شدند، درحالی‌که به‌کارگیری توأم آن‌ها عملکرد را به‌مقدار بیشتری افزایش داد. دایها و همکاران (Dahiya et al., 2007) گزارش کردند که با افزایش کود دامی، عملکرد، غلظت و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ذرت (*Zea mays* L.) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

ورمی‌کمپوست متشکل از ورمی (کرم خاکی) و کمپوست (کود آلی) به‌معنای نوعی کود آلی است که از فعالیت کرم خاکی حاصل می‌گردد. استفاده از ورمی‌کمپوست نه تنها بر عملکرد گیاه تأثیرگذار است بلکه بر ساختار و اصلاح خاک نیز به‌صورت چشم‌گیری مؤثر است. استفاده از ورمی‌کمپوست تخلخل خاک و میزان جذب آب آن را بالا می‌برد و خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشد. میزان کربن آلی خاک را افزایش و وزن مخصوص ظاهری آن را کاهش می‌دهد (Joseph, 1991).

چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. متعلق به خانواده Malvaceae است و عمدتاً کاسبرگ آن به‌عنوان دارو قابلیت استفاده دارد. کاسبرگ‌ها دارای اسیدهای آلی اگزالیک، سیتریک و تارتاریک و همچنین، ویتامینC، پروتئین، مواد معدنی و آنتوسیانین می‌باشند (Ahmad et al., 2011). لوبیا چشم‌بلبلی نیز 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 (Kolawale et al., 2000). لوبیا یکی از گیاهان لگوم با ارزش محسوب می‌شود که به‌صورت دانه، سبزیجات، علوفه سبز، علوفه خشک، چرای دام و به‌عنوان گیاه پوششی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Manivannan et al., 2009). با توجه به اهمیت الگوی کشت مناسب و تعیین سیستم تغذیه بهینه در سیستم‌های کشاورزی، این تحقیق با هدف ارزیابی سیستم کشت مخلوط (چای ترش و لوبیا چشم‌بلبلی) توأم با سطوح مختلف کود آلی (ارگانیک) و معرفی بهترین الگوی کشت و مقدار کود بهینه در شرایط آب‌وهوایی زابل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی- پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه‌نیمه) با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی (گرم‌وخشک) با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، حداکثر مطلق دما ۴۹، حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد و ارتفاع منطقه ۴۸۰ متر از

سطح دریا آزاد می‌باشد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۳۰-۰سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1 - Physical and chemical properties of soil

بافت Texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic C (%)	سدیم Na (ppm)	منیزیم Mg (ppm)	پتاسیم قابل دسترس P (ppm)	کلسیم قابل دسترس Ca (ppm)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم- شنی Sandy loam	70	17	13	0.060	0.72	57.56	15.63	280	10.80	2.93	7.80

بذر مورد استفاده چای ترش و لوبیا از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه‌نیمه) تهیه شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تیمار کودی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح شاهد (F_1)، کود گاوی (F_2) (۳۰ تن در هکتار) و ورمی‌کمپوست (F_3) (۱۵ تن در هکتار) و سطوح مختلف کشت مخلوط در پنج سطح شامل ۱۰۰٪ چای ترش (I_1)، ۱۰۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی (I_2)، ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی (I_3)، ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش (I_4) و ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش (I_5) به‌عنوان عامل فرعی بودند. کاشت گیاه لوبیا در تاریخ ۲۰ فروردین ماه و کاشت گیاه چای ترش در تاریخ پنجم اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. بدین منظور سه تا چهار بذر در هر کپه با عمق سه سانتی‌متر به‌روش جوی پشته در چهار ردیف چهار متری با فاصله ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف و ۴۰ سانتی‌متر روی ردیف کشت شدند.تراکم دو گیاه در هر مترمربع ۳,۳ بوته انتخاب شد.آبیاری بر اساس نیاز هر دو گیاه به‌صورت جوی و پشته به‌طور متوسط هر هفت روز یک‌بار انجام شد. در مرحله چهار الی شش برگی عملیات تنک برای رسیدن به تراکم مناسب انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی (وجین با استفاده از فوکا) در سه مرحله (پنج الی شش برگی، ساقه‌دهی، شاخه‌دهی جانبی) صورت گرفت. برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برای لوبیا در پایان مردادماه و برای چای ترش در پایان آبان‌ماه انجام شد. بدین منظور پس از حذف دو خط کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط، پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب شدند و اندازه‌گیری صفات کمّی و کیفی آن‌ها صورت گرفت. با رسیدن محصول چای ترش به مرحله گل‌دهی کامل صفاتی همچون ارتفاع بوته با استفاده از متر، قطر ساقه به‌وسیله کولیس، تعداد شاخه فرعی در بوته، میانگین عملکرد بیولوژیک در هکتار، تعداد غوزه در بوته، وزن تر کاسبرگ، عملکرد اقتصادی و میزان کلروفیل a و b و کل اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل از روش آرنون استفاده شد (Arnon, 1967). بدین منظور، پس از قرائت جذب محلول‌ها در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط اسپکتوفتومتر (مدل Unico UV- 2100)، غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه توسط معادله‌های زیر (۱ و ۲) به‌دست آمد (Arnon, 1965).

معادله (۱) $Chlorophyll\ a= (11.75\ A_{664} - 2.350\ A_{645})$

معادله (۲) $Chlorophyll\ b= (18.61\ A_{645} - 3.960\ A_{664})$

با رسیدن محصول لوبیا به مرحله بلوغ فیزیولوژیکی (قهوه‌ای شدن نیام‌ها) نیز ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک در هکتار، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در هکتار اندازه‌گیری شد. با به‌دست آوردن عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در هر کرت، شاخص برداشت از نسبت عملکرد اقتصادی به بیولوژیکی محاسبه گردید.

جهت تعیین شاخص نسبت برابری زمین (LER) عملکرد نسبی هر جزء محاسبه شد و مجموع آن‌ها میزان LER را نشان می‌دهد (Vandermeer, 1992):

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

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 و Y_{bb}: عملکرد گونه b در کشت خالص می‌باشند.

در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد بررسی شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده کود بر قطر ساقه، عملکرد بیولوژیک، وزن تر کاسبرگ و عملکرد اقتصادی و همچنین اثر ساده کشت مخلوط بر کلیه صفات مورد بررسی در چای ترش (ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، عملکرد بیولوژیک، تعداد غوزه در بوته، وزن تر کاسبرگ و عملکرد اقتصادی) اثر معنی‌دار آماری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۲/۶ سانتی‌متر) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۵۰٪ چای ترش+ ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی و بیشترین قطر ساقه (۱/۵۰ سانتی‌متر) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت خالص چای ترش به‌دست آمد (جدول ۳). احتمالاً دلیل بیشتر بودن قطر ساقه در کشت خالص چای ترش می‌تواند ناشی از جذب بیشتر نور خورشید توسط آن باشد که باعث فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و به‌دنبال آن وجود عناصر آوندی بیشتر جهت انتقال سریع مواد پرورده به سایر اندام‌های گیاه می‌شود. این نتیجه با نتایج محققان دیگر در رابطه با قطر ساقه هم‌خوانی دارد (Mortvedt, 2003). تونا و اراک (Tuna & Orak, 2007) در مطالعه‌ای روی کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با یولاف (*Avena sativa* L.) گزارش کرده‌اند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. اختلاف میان کمترین و بیشترین ارتفاع بوته در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون‌گونه‌ای است. دهمرده (Dahmardeh, 2010) در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) گزارش کرد ارتفاع ذرت تحت تأثیر سیستم‌های کاشت قرار گرفت. مقایسه میانگین اثرات متقابل تعداد شاخه فرعی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی (نه عدد) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ چای ترش + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد بالاتر بودن وزن کاه و کلش بوته در نتیجه رشد رویشی ناشی از کاربرد نیتروژن حاصل شده است و در این شرایط بالاتر بودن ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه فرعی دلیل افزایش وزن کاه و کلش در هر بوته بوده اند. کود دامی نیز ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث افزایش محتوی آب در دسترس گیاه شده و موجبات افزایش رشد پیکره رویشی و تولید زیست‌توده را فراهم می‌کنند (Singer et al., 2007).

مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک از تیمار کود ورمی‌کمپوست (۲۲۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ چای ترش + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی (۲۱۹۳۸ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۳). می‌توان این‌طور بیان کرد که افزایش قابلیت دسترسی‌گیاه به عناصر غذایی با مصرف کودهای آلی و افزایش رشد و فتوسنتز به‌دلیل افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد در تیمار تغذیه گیاه با ورمی‌کمپوست می‌باشد. روغنیان (Roghanian, 2004) در بررسی تأثیر شیرابه زباله و کود کمپوست بر پاسخ‌های گیاه ذرت نشان داد که استفاده از کمپوست در هر سه سطح ۳۰، ۱۵ و ۶۰ تن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک گیاه گردید. برخی از گزارش‌ها افزایش تولید در کشت مخلوط را به‌سرعت رشد بیشتر و استفاده بهتر از منابع در دسترس به‌دلیل تفاوت گونه‌ها نسبت دادند (Gustave et al., 2008). گزارش شده است که در کشت مخلوط ارزن و ذرت عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Shaygan et al., 2008). شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2005) در بررسی تأثیر نسبت اختلاط و تراکم بوته بر تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم با لوبیا چشم‌بلبلی به این نتیجه رسیدند که عملکرد بیولوژیک سورگوم به‌موازات کاهش سهم آن در مخلوط به‌طور معنی‌داری کم شده است. 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 (Tsubo et al., 2011). در کشت مخلوط تأخیری گندم (*Triticum aestivum* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) مشخص شد که تولید بیشتر ماده خشک مخلوط‌ها ناشی از جذب بهتر نیتروژن و نور بوده است (Zhang et al., 2008).

مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته نشان داد که بیشترین تعداد غوزه در بوته (۴۹/۳۳ عدد) از سیستم کشت مخلوط ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات کمّی چای ترش در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی

Table 2- Analysis of variance of the effect of treatments on the quantitative traits of intercropped Roselle with cowpea

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares (MS)						
		عملکرد کاسبرگ Sepal yield	وزن تر کاسبرگ Sepal fresh weight	تعداد غوزه در بوته Pods No. plant^{-1}	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تعداد شاخه فرعی Branches No. plant^{-1}	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height
بلوک Block	2	7788.43ns	26065.46**	42.19ns	11266921.6ns	0.250ns	0.0067**	23.52ns
کود Manure	2	163856.20**	196165.94**	9.52ns	68730999.2*	0.583ns	0.2852**	37.52ns
خطای اصلی Main error	4	3004.14	5129.84	14.65	13214015.3	0.583	0.0007	29.86
کشت مخلوط Intercropping ratios	3	139365.80**	65791.27**	82.54*	35757006.5*	3.111*	0.0128**	105.36*
کود×کشت مخلوط Manure×intercropping	6	157158.48**	27675.35**	18.15*	14306953.9**	9.250**	0.2254*	242.97*
خطای فرعی Sub error	18	7448.13	3714.05	25.20	11679882.5	0.620	0.0008	23.82
ضریب تغییرات C.V (%)	-	11.66	6.96	10.71	17.24	11.25	2.62	4.41

ns: غیرمعنی‌دار، *و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: are non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کشت مخلوط و سطوح کودی بر صفات چای ترش

Table 3- Comparison of the interactions of Intercropping and fertilizer levels on the traits of Roselle

تیمارهای آزمایشی **Experimental treatments**	کلروفیل کل میلی گرم بر گرم وزن تر **Total chlorophyll(mg/gr.wet weight)**	کلروفیل b میلی گرم بر گرم وزن تر **Chlorophyll b(mg/gr.wet weight)**	کلروفیل a میلی گرم بر گرم وزن تر **Chlorophyll a(mg/gr.wet weight)**	عملکرد اقتصادی کیلوگرم در هکتار **Economic performance (kg/ha)**	وزن تر کاسبرگ کیلوگرم در هکتار **Fresh weight parsley(kg/ha)**	تعداد شاخه فرعی **Branches number**	قطرساقه سانتیمتر **Diameter(cm)**	ارتفاع بوته سانتیمتر **Height(cm)**
شاهد+ ۱۰۰٪ چای‌ترش Control+Roselle 100%	11.58abc	6.40bcd	4.38abc	696.95bc	784.44def	5.66ef	0.95fg	103.33de
شاهد+ ۵۰٪ چای‌ترش+ ۵۰٪ لوبیا محلی Control+ Roselle 50% + Bean50%	11.46abc	6.14d	4.45abc	745.77b	718.88ef	5f	0.91gh	109.33cd
شاهد+ ۲۵٪ لوبیا محلی+ ۷۵٪ چای‌ترش Control+ Bean25%+ Roselle 75%	11.35abc	5.90d	4.57abc	733.73bc	691.11f	6def	0.85hi	106cde
شاهد+ ۷۵٪ لوبیا محلی+ ۲۵٪ چای‌ترش Control+ Bean25%+ Roselle 75%	11.63abc	6.25cd	4.44abc	696.57bc	781.1def	5.33f	0.79i	103.33de
کود گاوی+ ۱۰۰٪ چای‌ترش Cow fertilizer+Roselle 100%	10.72abc	6.96abc	3.84c	525.80d	852.22cde	7cde	1.26c	109cd
کود گاوی+ ۵۰٪ چای‌ترش+ ۵۰٪ لوبیا محلی Cow fertilizer+ Roselle 50% + Bean50%	10.25bc	6.60abcd	4.20bc	674.67bc	837.78cde	7cde	1.16d	115abc
کود گاوی+ ۲۵٪ لوبیا محلی+ ۷۵٪ چای‌ترش Cow fertilizer+ Bean25%+ Roselle 75%	10.23c	6.59abcd	4.28bc	583.95cd	807.77def	7.33bcd	1.06e	112bcd
کود گاوی+ ۷۵٪ لوبیا محلی+ ۲۵٪ چای‌ترش Cow fertilizer+ Bean25%+ Roselle 75%	10.89abc	6.67abcd	4.09bc	368.80e	847.77cde	6def	0.97f	111.66bcd
ورمی کمپوست+ ۱۰۰٪ چای‌ترش Vermi compost + Roselle 100%	11.84ab	7.39a	4.82abc	784.60b	1227.78a	8.66ab	1.50a	97.33e
ورمی کمپوست+ ۵۰٪ چای‌ترش+ ۵۰٪ لوبیا محلی Vermi compost+ Roselle 50% + Bean50%	11.73abc	7.15ab	5.38ab	1170.58a	977.77bc	8.33abc	1.43b	122.66a
ورمی کمپوست+ ۲۵٪ لوبیا محلی+ ۷۵٪ چای‌ترش Vermi compost+ Bean25%+ Roselle 75%	11.70abc	7.14ab	5.60a	1138.87a	923.33bcd	9a	1.40b	119.33ab
ورمی کمپوست+ ۷۵٪ لوبیا محلی+ ۲۵٪ چای‌ترش Roselle 25%+Bean75%+Vermi compost	12.27a	7.26a	5.11abc	758.20b	1054.44b	8.66ab	1.30c	118.66ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

در نتیجه تحقیقی گزارش داده شد که افزایش تعداد دانه در بلال در سیستم کشت مخلوط می‌تواند ناشی از بلندتر شدن طول بلال به‌علت کاهش رقابت برون‌گونه‌ای و افزایش نفوذ نور به داخل کانوپی و دریافت تشعشع توسط برگ‌ها و در نتیجه، افزایش تعداد اندام‌های زایشی باشد (Fathi, 2006). مقایسه میانگین اثرات متقابل وزن تر کاسبرگ نشان داد که بیشترین وزن تر کاسبرگ (۱۲۲۷۷/۷۸ گرم در بوته) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت خالص چای ترش به‌دست آمد (جدول ۴). علت افزایش وزن کاسبرگ در تیمار کشت خالص احتمالاً ناشی از بالاتر بودن تعداد بوته در واحد سطح بود. از سویی دیگر، مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد اقتصادی (۱۱۷۰/۵۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (جدول ۴).

نتایج مشابهی در کشت مخلوط ذرت- لوبیا، ذرت- سویا، ذرت- نخود(*Cicer arietinum* L.) و ذرت- سویا- لوپن (*Lupinus polyphyllus* L.) توسط محققان مختلفی گزارش گردید (Mbah et al., 2000; Chiftchi et al., 2006; Carruthers et al., 2008; & Muoneke, 2007 Lingaraju et al., 2008). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل (۱۲/۲۷ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش به‌دست آمد (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۱۲۸۹ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود گاوی در سیستم کشت خالص ۱۰۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (جدول ۳). 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 (Tsubo et al., 2011). در کشت مخلوط ذرت سویا، بیشترین عملکرد از مخلوط ۲۵ درصد سویا و ۷۵ درصد ذرت به‌دست آمد (Danaeifar et al., 2001). در کشت مخلوط تأخیری گندم و پنبه مشخص شد که تولید بیشتر ماده خشک مخلوط‌ها ناشی از جذب بهتر نیتروژن و نور بوده است (Zhang et al., 2008).

با توجه به نتایج اثر ساده کود بر ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، تعداد نیام در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل a و کلروفیل b و اثر ساده نوع کشت مخلوط بر ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل a و کلروفیل کل تأثیر معنی‌دار آماری داشت. این در حالی بود که اثر متقابل نوع کود و کشت مخلوط بر کلیه صفات مورد بررسی لوبیا چشم‌بلبلی به‌جز ارتفاع بوته، کلروفیل a و کلروفیل b اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). با افزایش نسبت ورمی‌کمپوست در خاک، اجزای زیست‌توده گونه‌های گیاهی افزایش یافته و عملکرد میوه نیز افزایش قابل توجهی را نشان داد (جدول ۵). احتمالاً دلیل کاهش تعداد نیام در بوته در کشت خالص، رقابت بیشتر بوته‌ها برای دسترسی به منابع و استفاده بهینه از این منابع محیطی می‌باشد. رضایی چیانه و همکاران (Rezaei Chianeh et al., 2011) نیز به نتایج مشابه با آزمایش حاضر رسیدند. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین تعداد دانه در نیام (۱۳/۱۶ عدد) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج تحقیقی نشان داد که پسماندهای آلی از جمله کمپوست به‌دلیل دارا بودن مقادیر زیاد ترکیبات آلی می‌توانند نقش بسزایی در تأمین ماده آلی خاک و نیز کاهش زیان‌های ناشی از کمبود این مواد در خاک داشته باشند (Delgado et al., 2002)، این ترکیبات علاوه‌بر مواد آلی، معمولاً دارای عناصر مورد نیاز گیاه به‌ویژه فسفر و نیتروژن می‌باشند (Singh & Agrawal, 2008). با بررسی تأثیر کاربرد کمپوست در سطح خاک مشخص شد که کمپوست تنها بر تغذیه خاک مؤثر نبوده، بلکه موجب جلوگیری از تشکیل سله در سطح خاک و کاهش هدررفت آب از طریق تبخیر می‌شود (Bresso et al., 2001). احتمالاً علت افزایش تعداد دانه در نیام در تیمار کاشت مخلوط ناشی از بالاتر بودن شاخص سطح برگ در روزهای پس از تشکیل گل و بالاتر بودن تولید مواد پرورده فتوسنتزی در این سیستم کاشت نسبت به دیگر سیستم‌های کاشت باشد. زیرا طی این مدت مواد پرورده تولید شده در سنتز ترکیبات ذخیره‌ای بذر مصرف می‌شود و هر چه مقدار مواد پرورده تولید شده بیشتر باشد، سنتز ترکیبات ذخیره‌ای بذر نیز افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۱۷۸/۳۳ گرم) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۵۰٪ چای ترش دست آمد (جدول ۵).

با توجه به اینکه وزن هزار دانه به‌عنوان یکی از اجزای مؤثر در عملکرد دانه می‌باشد، این صفت می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه لوبیا مؤثر باشد. مصرف کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست با آزادسازی عناصر غذایی به‌صورت تدریجی باعث بهبود رشد رویشی و اجزای عملکرد، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه می‌شود. برخی از محققان نیز به نتایج مشابهی در ذرت دست یافتند (Aram et al., 2009). آن‌ها همچنین تأکید کردند که با افزایش کود دامی وزن هزار دانه نیز افزایش پیدا کرد و کمترین مقدار وزن هزار دانه مربوط به شاهد بود. استفاده از کود دامی باعث افزایش میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک و بافت گیاهی شده که خود باعث افزایش فتوسنتز در گیاهان زراعی می شود (Liang et al., 2005). گزارش شده است که مصرف کودهای آلی سبب افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه می‌شود (Roshan Zamir et al., 2007). برخی محققان نیز در بررسی کشت مخلوط اثر تراکم چاودار بر صفات زایشی گندم نتایج مشابهی را گزارش نمودند (Harivandy et al., 2005).

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۴۱۸/۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج مشابهی در کشت مخلوط ذرت- نخود و ذرت- سویا- لوپن توسط (Carruthers et al., Lingaraju et al., 2008; 2000) گزارش گردید. علاوه‌بر عناصر غذایی و مواد آلی، کمپوست و ورمی‌کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد، که این مواد از طریق بهبود زیست‌فراهمی عناصر غذایی خاص، بویژه آهن و روی (Chen et al., 2004) و اثر مستقیم بر متابولسیم گیاهی (Nardi et al., 2002) باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه (Tartoura, 2010) می‌گردند. محققان طی آزمایش چند ساله روی سه گیاه ذرت، سویا و گندم به این نتیجه رسیدند که در سال اول عملکرد این گیاهان تحت تأثیر کمپوست تغییری پیدا نکرد، در صورتی‌که در سال‌های بعد عملکرد افزایش یافت (Singer et al., 2004). برخی نیز اثر کمپوست را روی افزایش تولید برخی گیاهان دارویی از جمله اسفرزه (*Plantago ovata* L.) و منداب (*Eruca vesicaria* ssp. Sativa) مطالعه کردند (Singh et al., 2003).

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۲۶/۶۵ درصد) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش به‌دست آمد (جدول ۵). احتمالاً دلیل افزایش شاخص برداشت در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش نسبت به کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی این باشد که چای ترش در این شرایط از تشعشع و سایر منابع در جهت افزایش و بهبود اجزای عملکرد، بیشتر از دیگر تیمارها استفاده کرده و همین عامل سبب افزایش شاخص برداشت در این تیمار نسبت به دیگر تیمارها شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل کل از تیمار کود گاوی (۲۲/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش (۲۲/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل a (۱۹/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار کود گاوی در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش به‌دست آمد (جدول ۵).

یکی از رایج ترین روش‌های استفاده شده برای ارزیابی سودمندی عملکرد در کشت مخلوط نسبت برابری زمین (LER) است. به‌وسیله این شاخص معلوم می‌شود که چه مقداری زمین به‌صورت تک‌کشتی مورد نیاز است و همان مقدار محصول به‌صورت مخلوط به‌دست آید (Tsubo et al., 2004). نتایج نشان داد که سیستم‌های مختلف کاشت دارای اثر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین در سطح احتمال یک درصد بود (داده‌ها نشان داده نشده است). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین (۵/۳۷) از تیمار کود ورمی‌کمپوست در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش به‌دست آمد (جدول ۶)، بیان شده است که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۳۶) از تیمار کشت مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد بادام زمینی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد بادام زمینی داشت (Dehmardeh, 2010).

جدول ٤- نتایج آنالیز واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات کمّی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط چای ترش

Table 4– Analysis of variance for quantitative and qualitative traits of intercropped cowpea with roselle

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares (MS)									
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000-seeds weight	تعداد دانه در نیام Seeds number per pod	تعداد نیام در بوته Pod numbers per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	ارتفاع بوته plant Height
بلوک Block	2	8.32^{ns}	0.029ns	9.35ns	2.49ns	130219.4ns	523.08ns	3.31ns	0.203ns	5303685.4ns	1.36ns
کود Manure	2	24.07*	3.69*	9.24ns	23.12**	996550.6**	706.08ns	1.47ns	43.78**	59639340.4**	159.36**
خطای اصلی Main error	4	6.27	1.34	2.72	1.33	46716.3	1451.41	12.99	0.958	2060683.8	6.19
کشت مخلوط Intercropping ratios	3	23.11*	0.159ns	24.07**	148.24**	359112.03*	589.37ns	9.97*	46.23**	52232096.9**	110.02**
کود×کشت مخلوط Intercropping manure×	6	15.79ns	0.974ns	11.06*	174.25**	1512209.9**	1043.67*	11.44**	44.80**	91989201.3**	29.69ns
خطای فرعی Sub error	18	6.27	1.024	3.025	1.840	105390.51	379.93	2.63	5.081	1529892.6	16.91
ضریب تغییرات C.V (%)	-	12.19	19.73	11.28	10.15	27.24	12.61	15.51	17.14	12.27	13.49

ns: غیرمعنی‌دار، *و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: are non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کودی بر صفات کمّی و کیفی لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط با چای ترش

Table 5- Mean comparisons of the interaction effect fertilizer levels on the quantitative and qualitative traits of intercropped cowpea with roselle

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000 seeds weight (g)	تعداد دانه در نیام Seeds number in pod	تعداد نیام در بوته pods numbers per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
شاهد + ۱۰۰٪ چای ترش Control + roselle 100%	12.68^{c*}	10.32^{de}	1133.3^{cd}	156.67^{ab}	10.16^{ab}	10.50^{cd}	6703^{f}
بدون کود + ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی Control + roselle 50% + cowpea 50%	13.43^{bc}	11.69^{cd}	1090^{cd}	161.67^{ab}	10.66^{ab}	7.66^{d}	5647^{f}
بدون کود + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش Control + cowpea 25% + roselle 75%	13.43^{bc}	13.75^{c}	1266.7^{c}	156.67^{ab}	11^{ab}	8^{d}	5133^{f}
بدون کود + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش Control + cowpea 25% + roselle 75%	12.68^{c}	11.28^{de}	1066.7^{cd}	156.67^{ab}	10.83^{ab}	11.16^{cd}	5207^{f}
کود گاوی + ۱۰۰٪ چای ترش Cow fertilizer + roselle 100%	16.87^{ab}	5^{f}	601.7^{de}	133.33^{ab}	7.66^{b}	13^{c}	21289^{a}
کود گاوی + ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی Cow fertilizer + roselle 50% + cowpea 50%	19.07^{a}	9.009^{e}	583.3^{de}	148.33^{ab}	8.50^{b}	11.66^{c}	16060^{b}
کود گاوی + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش Cow fertilizer + cowpea 25% + roselle 75%	19.07^{a}	9.08^{e}	636.7^{de}	131.67^{ab}	8.83^{b}	12.16^{c}	11660^{cd}
کود گاوی + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش Cow fertilizer + cowpea 25% + roselle 75%	16.13^{abc}	5.32^{f}	401.7^{e}	125^{b}	8.78^{b}	13.83^{bc}	13933^{bc}
ورمی‌کمپوست + ۱۰۰٪ چای ترش Vermi compost + roselle 100%	15.40^{bc}	16.76^{b}	1933.3^{ab}	172.33^{a}	11.33^{ab}	18.16^{a}	11257^{d}
ورمی‌کمپوست + ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی Vermi compost + roselle 50% + cowpea 50%	15.52^{bc}	24.44^{a}	1548.3^{bc}	178.33^{a}	11.33^{ab}	14.16^{bc}	9570^{de}
ورمی‌کمپوست + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش Vermi compost + cowpea 25% + roselle 75%	15.52^{bc}	26.65^{a}	2418.3^{a}	170^{ab}	13.16^{a}	17^{ab}	6930^{f}
ورمی‌کمپوست + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش Vermi compost + cowpea 75% + roselle 25%	15.07^{bc}	16.94^{b}	1616.7^{bc}	163.33^{ab}	13.16^{a}	20.41^{a}	7553^{ef}

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

* Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

کود گاوی: ۳۰ تن در هکتار: $Cow\ manure: 30t.ha^{-1}$ – ورمی‌کمپوست ۱۵ تن در هکتار: $Vermi\ compost\ 15\ t.ha^{-1}$

نخزری‌مقدم و همکاران (Nakhzari Moghadam et al., 2009) نیز بیشترین میزان LER را در مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد ماش به‌مقدار ۱/۴۳ گزارش کردند. 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 تک‌کشتی باشد. 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. زانگ و همکاران (Zhang 2003 et al., در بررسی تأثیر الگوی کاشت بر سودمندی کشت مخلوط ذرت و یونجه از طریق شاخص‌های رقابتی دو گونه دریافتند که کشت مخلوط ذرت و یونجه با ترکیب کاشت دو به پنج از بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۲۴) برخوردار بود.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کشت مخلوط و سطوح کودی بر نسبت برابری زمین (LER)
Table 6- Comparison of interaction effects of the roselle and cowpea intercropping on LER

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	نسبت برابری زمین چای ترش Roselle land equal ratio	نسبت برابری زمین لوبیا چشم‌بلبلی cowpea land equivalent ratio	نسبت برابری زمین کل Total land equal ratio
بدون کود + ۵۰٪ چای ترش+ ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی Control + roselle 50% + cowpea 50%	2.25^{c*}	0.73^{de}	1.37^{abc}
بدون کود + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش Control + cowpea 25%+ roselle 75%	2.37^{c}	0.79^{d}	1.16^{abc}
بدون کود + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش Control + cowpea 25%+ roselle 75%	1.46^{d}	0.68^{de}	1.08^{bc}
کود گاوی + ۵۰٪ چای ترش+ ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی Cow fertilizer + roselle 50% + cowpea 50%	1.33^{d}	0.38^{ef}	1.05^{bc}
کود گاوی + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش Cow fertilizer + cowpea 25%+ roselle 75%	1.39^{d}	0.41^{def}	0.97^{cd}
کود گاوی + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش Cow fertilizer + cowpea 25%+ roselle 75%	1.31^{d}	0.26^{f}	0.53^{d}
ورمی‌کمپوست + ۵۰٪ چای ترش+ ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی Vermi compost + roselle 50% + cowpea 50%	4.96^{a}	3.58^{b}	1.68^{a}
ورمی‌کمپوست + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش Vermi compost + cowpea 25%+ roselle 75%	5.37^{a}	4.20^{a}	1.52^{ab}
ورمی‌کمپوست + ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش Vermi compost + cowpea 75%+ roselle 25%	3.24^{b}	1.87^{c}	1.38^{abc}

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
* Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at P≤ 0.05 by duncan's multiple range test.
کود گاوی: ۳۰ تن در هکتار $30t.ha^{-1}$:cow manure– ورمی‌کمپوست ۱۵ تن در هکتار: $15\ t.ha^{-1}$ Vermi compost

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش بیشترین عملکرد بیولوژیک چای ترش (۲۲۱۵۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد اقتصادی (۱۱۷۰/۵۸ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین غلظت کلروفیل (۱۲/۲۷ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار کود ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. از سویی دیگر، بیشترین عملکرد بیولوژیک چای ترش در سیستم کشت مخلوط ۷۵٪ چای ترش + ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی (۲۱۹۳۸ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. بیشترین عملکرد اقتصادی در سیستم کشت مخلوط ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی حاصل گردید. بیشترین غلظت کلروفیل در

سیستم کشت مخلوط ۷۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۲۵٪ چای ترش بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی (۲۱۲۸۹ کیلوگرم در هکتار) و همچنین بیشترین غلظت کلروفیل کل از تیمار کود گاوی (۲۲/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) گزارش گردید. این در حالی بود که بیشترین عملکرد دانه (۲۴۱۸/۳ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین شاخص برداشت (۲۶/۶۵ درصد) از تیمار کود ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. همچنین، بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی در سیستم کشت خالص ۱۰۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد. بیشترین عملکرد دانه (۲۴۱۸/۳ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین شاخص برداشت (۲۶/۶۵ درصد) و بیشترین غلظت کلروفیل کل در سیستم کشت مخلوط ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش (۲۲/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد. در مجموع، الگو کشت مخلوط توأم با ورمی‌کمپوست ۵۰٪ چای ترش + ۵۰٪ لوبیا چشم‌بلبلی (بیشترین عملکرد کاسبرگ چای ترش) و الگو کشت مخلوط توأم با ورمی‌کمپوست ۲۵٪ لوبیا چشم‌بلبلی + ۷۵٪ چای ترش (بیشترین عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی) برترین الگو پژوهش در شرایط خاک‌های فقیر سیستان بودند.

References

1. Ahmad, Y.M. Shahlaby, E.A., and Shnan, N.T., 2011. The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants *(Hibiscus sabdarifa* L.). Journal of Biotechnology 10: 1988-1996
2. Aram, S., Faramarzi, A., Farbodi, M., and Khorshidi benam, M.B., 2009. Effect of livestock manure levels and planting date on yield and yield components of sweet corn in middle zone. Scientific Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, Tabriz Branch 12: 2-11. (In Persian with English Summary)
3. Arnon, A.N., 1965. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.
4. Asadi, GH.A., Momen, A., Nourzadeh Nameghi, M., and Khorramdel, S., 2013. Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on performance and nitrogen Performance Indices in psyllium (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agricultural Science 4(5): 373-382. (In Persian with English Summary)
5. Bresso, L.M., Koch, C., Le Bissonnais, Y., Barriuso, E., and Lecomte, V., 2001. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. Soil Science Society of America Journal 65:1804-1811.
6. 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. European Journal of Agronomy 12: 103–115.
7. Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wichman, D., and Knox, M., 2004. Row configuration and nitrogen application for barley–pea intercropping in Montana. Agronomy Journal 96:1730-1738.
8. Chiftchi, V., Togay, N., Togay, Y., and Dogan, Y., 2006. The effects of intercropping sowing systems with dry bean and maize on yield components. Journal of Agronomy 5: 53-56.
9. Dahiya, S.S., Antilands, R.S., and Arwasra, P.S.K., 2007. Effect of formyard manure and cadmium on the dry matter yield and nutrient uptake by Maize. Journal Indian Society Soil Science 32: 275-278.
10. Danaeifar, E.A., Kashani, G., Nourmohammadi, D., Nabati Ahmadi, A., and Siadat, A., 2001. Effects of plant density and sowing compounds on forage yield and quality in Ahvaz weather conditions. Pazhouhesh va Sazandegi 51: 50-53 (In Persian with English Summary)
11. Dehmardeh, M., 2010. Investigation of ecophysiological aspects of maize and bean pollen cultivars on the quality and quantity of single maize corn crops 704. Ph.D. Thesis in Agriculture. Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
12. Delgado, M., Porcel, M., Miralles de-Imperial, R., Beltran, M., Beringola L., and Martin Sanchez, J., 2002. Sewage sludge compost fertilizer effect on maize yield and soil heavy metal concentration. Reviewed International Contaminated Ambient 18(3): 147- 150.
13. Fathi, G.A., 2006. Effects of planting pattern and population density on light extination coefficient, light interception and grain yield of Sweet Corn (Hybrid SC402). Journal of Agriculture Science and Natural Resource 12(5): 131-143. (In Persian with English Summary)
14. Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D., 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. Food and Agriculture Organization 2:52-63.
15. Gustave, N.M., Jean, F., Ois, L., and Xavier, D., 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping,

Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.
16. Harivandy, M.R., Latifi, N., Zeinali, E., Feizabadi, A., and Shojaei, K., 2005. A study of the effect of rye population on reproductive characteristics and grain yield in wheat. Iranian Journal of Agriculture Science 36(1): 38-51. (In Persian with English Summary)
17. Kolawale, G.O., Tian, G., and Singh, B.B., 2000. Differential response of cowpea varieties to aluminum and phosphorus application. Journal of Plant Nutrition 23:731-740.
18. Liang, Y., Si, J., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W., and Jiang, Y., 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. Soil Biology and Biochemistry 37: 1185–1195.
19. 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. Journal of Agricultural Science 21: 1-3.
20. Li-li, M., Li-zhen, Z., Si-ping, Z., Jochem, B.E., and Spiertz, H., 2015. Resource use efficiency, ecological intensification and sustainability of intercropping systems. Journal of Integrative Agriculture 14(8): 1542-1550.
21. Li, H., Feng, W.T., He, X.H., Zhu, P., Gao, H.J., Sun, N., and XU, M.G., 2017. Chemical fertilizers could be completely replaced by manure to maintain high maize yield and soil organic carbon (SOC) when SOC reaches a threshold in the Northeast China Plain. Journal of Integrative Agriculture 16(4): 937-946.
22. Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G., and Ranganathan, L.S., 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-Beans *(Phaseolus vulgaris)*. Journal of Environmental Biology 30: 275-281.
23. Mbah, E.U., and Muoneke, C.O., 2007. Effect of compound fertilizer on the yield and productivity of soybean and maize in soybean/ maize intercrop in southeastern Nigeria. Trop, and subtrop. Agro-ecosystems 7: 87-95.
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. African Journal of Biotechnology 8(1): 42-47.
25. Miyazawa, K., and shiozaki, H., 2000. The optimum amount of manure for long term application and adjustment of fertilizer use in thick high–humic andosolos in the south–west warm region of Japan. Bulletin of the Kyushu Nathan Agricultural Experiment Station 26(3): 187-220.
26. Mortvedt, J.J., 2003. Research techniques with micronutrient fertilizers for use in deficient crop production, National Fertilizer and Environmental Research Center Tennesee USA, 267-275.
27. 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. Iranian journal of field crop science 40(4): 113-121. (In Persian with English Summary)
28. Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh, A., and Oustan, S., 2013. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23(1): 99-115. (In Persian with English Summary)
29. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biological Biochemistry 34: 1527-1536.
30. Rahimian, H., Salahi Moghadam, M., and Golvi, M., 1992. Potato intercropping with corn and sunflower. Collection of Journals of Agricultural Science and Industry 6: 45-85. (In Persian with English Summary)
31. Rajaii, M., and Dahmardeh, M., 2014. The evaluation of corn and peanut intercropping on efficiency of use the environmental resource and soil fertility. Journal of Agricultural Science 6(4): 99-108.
32. Rezaei Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, M., Ghassemi-Golezani, K., and Aharizad, S., 2011. Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 2(21): 1-16. (In Persian with English Summary)
33. Roghanian, S., 2004. Studying the effects of garbage waste water and compost on some soil chemical properties and corn responses. Iranian Journal of Field Crop Science 1: 531-556. (In Persian with English Summary)
34. Roshan Zamir, F., Golvi, M., and Kamaraki, H., 2007. Effect of organic matter on yield and yield components of safflower cultivars. Proceedings of the Congress of Agronomy and Plant Breeding in Tehran, Tehran, Iran. p. 277 (In Persian with English Summary)
35. Sharifi, Y., Agha Alikhani, M., Modares Sanavi, A., and Soroush Zadeh, A., 2005. Effect of mixing ratio and plant density on forage production in mixed crop sorghum with blubber beans. Twelfth Iranian Congress of Agronomy

and Plant Breeding. p. 352 (In Persian with English Summary)
36. Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi H., and Peyghambari, S.A., 2008. Effect of planting date and intercropping maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Sciences. 10(1): 31-46. (In Persian with English Summary)
37. Singer, J.W., Kohler, K.A., Liebman, M., Richard, T.L., Cambardella, C.A., and Buhler, D.D., 2004. Tillage and compost affect yield of corn, soybean and wheat and soil fertility. Agronomy Journal 96: 531-537.
38. Singer, W.J., Sally, S.D., and Meek, D.W., 2007. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. Agronomy Journal 99:80–87.
39. Singh, D., Chand, S., Anvar, M., and Patra, D., 2003. Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. Aromat Plant Science 25: 414-419.
40. Singh, R.P., and Agrawal, M., 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Waste Management 28: 347-358.
41. Tartoura, A.H., 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. American-Eurasian Journal Agriculture Environment Science 9(2): 208-216.
42. Tsubo, 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: 381-388.
43. Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E., 2011. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. Field Crops Research 71: 17–29.
44. Tuna, C., and Orak, A., 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch / oat cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agriculture Biological Science 2: 14-19.
45. Vandermeer, J., 1992. The ecology of intercropping. Great Britain at the University Press. Cambridge. p. 222.
46. Wang, X.C., Deng, X.Y., Pu, T., Song, C., Yong, T.W., Yang, F., Sun, X., Liu, W.G., Yan, Y.H., Du, J., Liu, J., Su, K., and Yang, W.Y., 2017. Contribution of interspecific interactions and phosphorus application to increasing soil phosphorus availability in relay intercropping systems. Field Crops Research 204: 12–22.
47. Yang, G., Aiwang, D., Jingsheng, S., Fusheng, L., Zugui, L., Hao, L., and Zhandong, L., 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field Crop Research 111: 65-73.
48. 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 with English Summary)
49. Zhang, F.S., and Li, L., 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping system enhance crop productivity and nutrient use efficiency. Plant and Soil 248: 305–312.
50. Zhang, L., Spiertz, J.H.J., Zhang, S., Li, B., and Van Der Werf, W., 2008. Nitrogen economy in relay intercropping systems of wheat and cotton. Plant and Soil 303: 55–68.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.2, Summer 2020, p. 211-226

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص ۲۲۶-۲۱۱

Evaluation of Organic Fertilizers on Yield and Yield Components in Intercropping of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and Cow Pea *(Vigna unguiculata* L.*)*

S.D. Rigi[1], M. Dahmardeh[2*], I. Khammari[3] and S.M. Moosavi Nik[4]
Submitted: 12-05-2019
Accepted: 31-08-2019

Rigi, S.D., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Moosavi Nik, S.M., 2020. Evaluation of organic fertilizers on yield and yield components in intercropping of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and cow pea *(Vigna unguiculata* l.). Journal of Agroecology. 12(2):211-226.

Introduction

Intercropping due to better use of environmental resources, has led to this type of agronomic system in livelihoods farming having an important role in providing food and has a special place in the design of sustainable agro-ecosystems. The superiority of yield in intercropping cultivation is due to the combination of various factors such as better use of soil moisture, light and nutrients. Organic fertilizers such as vermi compost and animal manure lead to improve the performance of plant by increasing the availability of moisture and nutrients available to plants, and consequently increase soil organic matter. Considering the importance of suitable cropping pattern and determining the optimal feeding systems agricultural systems, the current study aimed to evaluate intercropping systems of Roselle and cowpea with organic fertilizers and the introduction of best cultivation model as well as the optimal amount of fertilizer. The experiments were carried out in the Sistan region.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of vermicompost and cow manure on morphological characteristics in Roselle and cowpea, the experiments conducted at the Research Institute of Zabol University during growing season of 2016. Treatments experiment included three levels of organic fertilizers as the main plot including cow fertilizer (30 $t.ha^{-1}$), vermicompost fertilizer (15 $t.ha^{-1}$) and control as well as 5 levels of intercropping patterns including (100% Roselle, 100% cowpea, 50% Roselle+ 50% cowpea, 25% Roselle+ 75% cowpea and 75% Roselle+ 25% cowpea). As subplot agent, from the middle of each plot five plants were harvested randomly at the end of the growing season to determine yield. Finally, data analysis was performed using SAS version 9.1. Comparison of mean treatments was performed using Duncan's multiple range test at 5% probability level. Irrigation was performed every day (7 days) on average according to the requirement of both plants. Relative performance of each component was calculated to calculate the Land Equivalent Ratio (LER).

Results and Discussion

The results of variance analysis showed that the interaction of organic fertilizers and intercropping except for the traits of stem height and chlorophyll content (a,b) of cowpea, is significant for all traits measured Roselle and cowpea. The highest dry sepal yield Roselle (1170.58 $kg.ha^{-1}$) was obtained in vermicompost and 50% Roselle and 50% cowpea and highest Seed yield of cowpea (2418.3 $kg.ha^{-1}$) was for vermicompost+ cowpea 25%+ Roselle 75%. The use of organic fertilizers improves vegetative growth and yield components by releasing nutrients gradually. Intercropping is useful when the yield of the intercropping product is greater than the maximum single craft product. Yield increment can be attributed to the better use of the available resources by the two plants, the morphological differences between them and the lower weed in the intercropping system. The

1- M.Sc. Student of Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.
2, 3 and 4- Associate Professor, Assistants Professor and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.
(*- Corresponding Author Email: dahmard@ gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v12i2.80655

results showed that plant systems have a significant effect on the Land Equivalent Ratio (LER). The highest LER (5.37) of Treatment Vermicompost+ cowpea 25% + Roselle 75%, showed the advantage of intercropping over sole crop. Concerning the superiority of intercropping to sole crop, it can be argued that increasing yield is due to increased resource efficiency in intercropping system.

Conclusion

In the present study the highest sepal yield of Roselle was obtained in intercropping system with vermicompost with 50% Roselle and 50% cowpea and highest seed yield of cowpea was observed in intercropping system with vermicompost with cowpea 25%+ Roselle 75%. The results of the experiment indicate that the performance of both species was influenced by different ratios of cultivation and fertilization. Intercropping cultivation in Roselle and cowpea is much more profitable than single cultivation, because of the significant and beneficial interactions that make use of environmental resources (such as water, nutrients, and sun light).

Keywords: Economic yield, Intercropping, Land equivalent ratio, Vermicompost