نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 4، زمستان 1396، ص. 1207-1194

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 1194-1207

تعیین سطوح بهینه کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن بر عملکرد کمی و برخی ویژگی‌های کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

زهرا میر[1]، مهدی دهمرده[2*]، عیسی خمری[3] و جمشید پیری[4]

تاریخ دریافت: 1395/05/19
تاریخ پذیرش: 1395/12/14

میر، ز.، دهمرده، م.، خمری، ع.، و پیری، ج. 1396. تعیین سطوح بهینه کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن بر عملکرد کمی و برخی ویژگی‌های کیفی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 9(4): 1207- 1194.

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن بر عملکرد و شاخص‌های کیفی گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) آزمایشی در مزرعه آموزشی- پژوهشی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی 1395-1394 به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح مصرف کود آلی شامل؛ شاهد، ورمی‌کمپوست، کودگاوی، جلبک دریایی و سه سطح محلول‌پاشی آهن شامل؛ شاهد، محلول‌پاشی به‌میزان سه و شش سی‌سی در هزار بودند. تیمارهای کود زیستی عامل اصلی و سطوح مختلف محلول‌پاشی آهن عامل فرعی در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه شامل؛ عملکرد اقتصادی، بیولوژیک، شاخص برداشت، مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید، آنتوسیانین، کربوهیدرات و میزان پروتئین بود. مصرف سطوح مختلف محلول‌پاشی آهن و تیمارهای کود زیستی و برهمکنش آن‌ها بر تمامی صفات به جز شاخص برداشت در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین مقدار عملکرد اقتصادی وزن خشک کاسبرگ چای ترش برابر با 587/60 کیلوگرم در هکتار با مصرف توام شش سی‌سی در هزار محلول‌پاشی آهن و کود زیستی جلبک دریایی به‌دست آمد و بالاترین مقدار آنتوسیانین کاسبرگ (8/960 میکرومول برگرم وزن تر) در تیمار سه در هزار آهن و کود دامی حاصل گردید، همچنین غلظت شش در هزار محلول‌پاشی آهن سبب افزایش میزان کربوهیدرات و پروتئین سرشاخه‌ها گردید. نتایج نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن، نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها می تواند در افزایش عملکرد و ویژگی‌های کیفی چای ترش نقش موثری را ایفا کند.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، پروتئین، جلبک دریایی، کلروفیل، ورمی‌کمپوست

مقدمه

در سیستم‌های کشاورزی رایج برای به‌دست آوردن بیش‌ترین عملکرد، استفاده مداوم از کودهای شیمیایی امری اجتناب‌ناپذیر تلقی شده است. در حالی‌که کاربرد بی‌رویه آن‌ها به‌دلیل تغییر در PH خاک و تجمع نمک بیش از اندازه در آن، سبب کاهش حاصل‌خیزی خاک و فعالیت باکتریایی آن می‌شود (Pokorna, 1984). سلامتی گیاه، خاک و جانداران بستگی به چرخش عناصر غذایی در بوم‌نظام دارد. این چرخه در نتیجه از بین رفتن حاصل‌خیزی خاک، عدم تعادل مواد غذایی آن و عملیات زراعی نامناسب مختل می‌شود (Koocheki et al., 2000). در مدیریت پایدار خاک، توجه به حفظ توازن عناصر غذایی و حاصل‌خیزی آن بسیار با اهمیت بوده و لازم است عناصرغذایی که به وسیله اندام‌های گیاهی از زمین خارج می‌شوند، از طریق افزودن کود به زمین بازگشت داده شود (Martin et al., 2006). کودهای دامی از سویی قابلیت جذب عناصری مانند روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن را افزایش می‌دهند (Rezaenejad & Afyuni, 2001) و با چرخش مواد غذایی در مناطقی با سیستم زراعی فشرده، حاصل‌خیزی خاک را نیز بهبود می‌بخشند (A1-Nahid, 1991). کودهای زیستی متشکل از

1، 2، 3 و 4- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشیار، استادیار، گروه زراعت و مربی، گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: Dahmard@gmail.com)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.56478

میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند (Wu et al., 2005) و باعث کاهش بیماری‌های گیاه، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیش‌تر رشد گیاه و بالا رفتن کمیت و کیفیت و افزایش مقاومت آن در برابر تنش‌های محیطی می شوند (Nagananda et al., 2010). استفاده از گیاهی است چندساله، با شاخه‌های فرعی، با رنگ سبز تیره[1] مایل به قرمز و برگ‌ها متناوب و پنجه‌ای دارای سه تا هفت لوب و حاشیه برگ‌ها دندانه‌ای، بدون کرک، گل‌ها بزرگ با دمگل کوتاه است. میوه‌ها توسط کاسبرگ‌های گوشتی احاطه شده که حاوی 22 تا 34 دانه در هرکپسول می‌باشند. این گیاه دارای یک ریشه راست، عمیق و قابل نفوذ است (Zargari, 1995). طبق تحقیقات نعمتی و همکاران (Nemati et al., 2014) مصرف تلفیقی کودهای دامی و زیستی، نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها می‌تواند در افزایش عملکرد اقتصادی و ویژگی‌های کیفی چای ترش نقش مؤثری را ایفا کند. برجی‌آباد و همکاران (Borji Abad et al., 2014) گزارش کردند که تأثیر مصرف خاکی و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بر تعداد غوزه، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در غوزه و بوته و شاخص‌های کلروفیل معنی‌دار بود. بیش‌ترین شاخص‌های کلروفیل برگ از محلول‌پاشی چای ترش با آهن حاصل شد که نسبت به شاهد افزایش 29 درصدی را نشان داد. لازم به ذکر است که بیش‌تر مطالعات انجام شده در زمینه واکنش کودی چای ترش بر مبنای مصرف انواع کودهای شیمیایی بوده، واکنش این گیاه نسبت به کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن کمتر مورد توجه قرار گرفته است لذا نیازمند مطالعه و تحقیق بیش‌تری است به همین منظور این آزمایش با هدف بررسی اثر کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی چای ترش در شرایط آب و هوایی گرم و خشک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در 35 کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل در سال زراعی 95-1394 اجرا شد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا 481 متر بوده و در 61 درجه و 41 دقیقه طول شرقی و 30 درجه و 54 دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه جز اقلیم‌های خشک و بسیار گرم، با میانگین بارندگی سالیانه 63 میلی‌متر و دمای متوسط 23 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم-شنی و pH آن برابر با 7/6 بود (جدول 1).

پس از انجام عملیات خاک‌ورزی، کرت‌هایی با ابعاد 2 در 2/5 متر، ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها نیم‌متر و بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. کودهای زیستی ورمی‌کمپوست و گاوی چند روز قبل از کاشت به زمین اضافه شد. بذرها به‌صورت کپه‌ای و پس از مرطوب نمودن با کود آلی جلبک دریایی با تراکم 80000 بوته در هکتار (فاصله بین بوته‌ها 25 سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها 50 سانتی‌متر) در اول اردیبهشت ماه کاشته و بلافاصله به‌صورت شیاری آبیاری شد. بذر چای ترش مورد استفاده از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل تهیه شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار که عامل اصلی شامل کودهای زیستی در چهار سطح، بدون کود (شاهد)، ورمی‌کمپوست به میزان 51 کیلوگرم در مترمربع، کود گاوی نیز به‌میزان 51 کیلوگرم در مترمربع و جلبک دریایی به‌میزان 2/5 گرم پودر آن با 2/5 لیتر آب حل شد و عامل فرعی سه سطح محلول‌پاشی آهن شامل، شاهد (عدم محلول-پاشی)، محلول‌پاشی به میزان سه سی‌سی در هزار در مرحله پنج الی شش برگی، شش سی‌سی در هزار قبل از گلدهی در نظر گرفته شدند. در مراحل اولیه رشد گیاه تا زمانی که گیاهچه‌ها از خاک خارج و به طور کامل مستقر شوند، آبیاری با دور کوتاه انجام گرفت و در مراحل بعد به‌طور یکنواخت و با توجه به نیاز گیاه انجام شد و مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز در مراحل مختلف رشد گیاه در چند نوبت انجام گرفت. برای اندازه‌گیری عملکرد اقتصادی، بیولوژیک و شاخص برداشت از هر کرت نمونه‌گیری از دو ردیف وسط و پس از حذف اثر جلبک‌های دریایی به عنوان کود در کشاورزی در بین رومی‌ها مرسوم بوده است. همچنین، در انگلستان، فرانسه، اسپانیا، ژاپن و چین این کار بسیار رایج است. استفاده از این ماده به‌عنوان کود در محصولات زراعی در نواحی ساحلی در همه نقاط جهان متداول است (Vazques et al., 2000).

چای ترش یا چای مکی با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. از خانواده پنیرک

1- Malvaceae

حاشیه‌ای در سطح یک مترمربع انجام گرفت، بوته‌ها از سطح زمین قطع و کدگذاری شد و به آزمایشگاه منتقل گردید، سپس اقدام به جداسازی کاسبرگ‌ها شد و پس از خشک کردن در آون در دمای 74 درجه سانتی‌گراد و به‌مدت 48 ساعت، وزن خشک بوته و وزن خشک کاسبرگ اندازه‌گیری شد. این دو ویژگی به‌ترتیب معادل عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی چای ترش هستند. شاخص برداشت نیز از طریق نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد.

برای سنجش آنتوسیانین نمونه‌گیری از کاسبرگ‌ها در آبان‌ماه، هنگام رسیدگی فیزیولوژیک میوه‌ها انجام شد، گرفتن نمونه به‌منظور سنجش پروتئین، کلروفیل،کاروتنوئید و کربوهیدرات در مرحله گلدهی، از برگ‌های فوقانی چای ترش انجام شد.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physicochemical characteristics of experimental location

بافت Textures	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)	لای (درصد) Lay (%)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)	ماده آلی (درصد) Organic material (%)	اسید یته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمینس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لوم شنی Loam clay	42	30	28	175	11.2	5	16	7.6	1.5

ارزیابی صفات

اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها

جهت اندازه گیری مقدار کلروفیلa، b وکاروتنوئیدها از روش آرنون، 1967 (میلی‌گرم برگرم وزن تر) و از برگ چای ترش استفاده شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین کاسبرگ

آنتوسیانین‌ها از لحاظ شیمیایی متعلق به گروه فنول‌ها می‌باشند. برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین‌ها از روش واگنر (Wagner, 1979) استفاده شد.

اندازه‌گیری کربوهیدرات

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات پس از افزودن10 میلی‌متر اتانول 95 درصد به 0/2 گرم بافت تازه برگ و قرار دادن آن در حمام بن‌ماری به‌مدت یک‌ساعت، با دمای 80 درجه سانتی‌گراد، یک میلی‌متر فنول 0/5 درصد و 5 میلی‌متر اسید سولفوریک 98 درصد به یک میلی‌متر از این محلول اضافه شد و جذب آن در طول موج 483 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. میزان کربوهیدرات استخراجی براساس میکروگرم گلوکز برگرم وزن‌تر برگ و بر اساس منحنی استاندارد گلوکز به‌دست آمد (Clairmont et al., 1986).

اندازه‌گیری میزان پروتئین

اندازه‌گیری غلظت پروتئین به‌وسیله روش برادفورد انجام شد (Bradford, 1976).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه 9/1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد اقتصادی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای زیستی بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. (جدول2). بیش‌ترین مقدار عملکرد کاسبرگ خشک (414/70 کیلوگرم در هکتار) از کاربرد کود گاوی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت؛ در حالی که کمترین مقدار عملکرد اقتصادی (286/21 کیلوگرم در هکتار) مربوط به شاهد بود (جدول 3). مصرف کود گاوی مقدار عملکرد اقتصادی را حدود 45 درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد اقتصادی، بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیرکودهای زیستی و محلول پاشی آهن چای ترش

Table 2- Analysis of variance (mean square) for economical yield, biological yield and harvest index, under the influence of bio-fertilizers and foliar iron of sour tea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد اقتصادی Economical yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	5114692.13**	18347.29**	1.411^{ns}
کودزیستی Biofertilizers (A)	3	6709729.34**	29546.27*	4.567^{ns}
خطای اصلی Error a	6	11135545.77	16490.15	5.788
محلول پاشی آهن Foliar iron (B)	2	3758173.64**	89932.29**	4.442^{ns}
زیستی^{x} محلول پاشی آهن (A^{x}B)	6	906852.22	3227.47	0.422^{ns}
خطای فرعی Error b	16	498859.3	8330.90	1.557
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	10.359	24.935	22.648

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری.

* , ** and ns: are significant at p≤%5 and p≤%1 and no significant, respectively.

تأثیر محلول‌پاشی آهن بر عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). بیش‌ترین عملکرد اقتصادی (461/73 کیلوگرم در هکتار) از تیمار شش سی‌سی در هزار محلول‌پاشی آهن به‌دست آمد (جدول 3). البته به‌نظر می‌رسد که گیاهان در تیمار شش سی‌سی در هزار محلول‌پاشی آهن در مقایسه با تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) در حدود 57 درصد، افزایش عملکرد کاسبرگ داشتند.

برهمکنش کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن بر عملکرد کاسبرگ نشان داد که بالاترین میزان (587/60کیلوگرم در هکتار) با کاربرد کود زیستی جلبک دریایی+ غلظت شش در هزار محلول‌پاشی آهن به‌دست آمد. این مقدار نسبت به تیمار شاهد (335/53 کیلوگرم در هکتار) بیش از 73 درصد افزایش عملکرد داشت (جدول 4).

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد کود دامی سبب افزایش عملکرد اقتصادی شد. کود دامی از مهمترین منابع انرژی و مواد غذایی اکوسیستم خاک به شمار می‌رود و از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود (Fallahi et al., 2009). نتایج تحقیق (Ahmadian et al., 2004) روی بررسی اثر مصرف کود دامی بر کمیت و کیفیت عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) نیز نشان داد که تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در گیاه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار کود دامی افزایش می‌یابند. همچنین در بررسی عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد مشخص گردید که کاربرد توأم کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری‌های زیستی بیشترین تأثیر را در بهبود صفات مورد بررسی آفتابگردان داشت (Nazarly & Seyed Sharifi, 2013) همچنین نتایج مشابهی از تأثیر مثبت مصرف کودهای زیستی بر عملکرد

آفتابگردان گزارش شده است (Yousefpoor et al., 2014).

جدول 3-مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی، بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن چای ترش

Table 3-Means comparison of economical yield, biological yield and harvest index, under the influence of bio-fertilizers and foliar iron of sour tea

تیمارهای آزمایش Treatments	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.h^{-1}$)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economical yield ($kg.h^{-1}$)
محلول‌پاشی آهن (سی‌سی در هزار) Foliar iron (CC per thousand)			
0	4.977[b]	6335.6[b]	293.15[b]
3	5.380[ab]	6686.1[b]	343.23[b]
6	6.173[a]	7431.4[a]	461.73[a]
کود زیستی Bio fertilizer			
شاهد Control	4.572[a]	6430[a]	286.21[a]
ورمی‌کمپوست Vermincompost	6.128[a]	5845[a]	363.97[a]
کود گاوی Manure cow	5.347[a]	7825[a]	414.70[a]
جلبک دریایی Sea algae	5.994[a]	7170[a]	399.27[a]

*در هرستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In Hurston Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن است که مصرف کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌داری داشت (جدول 1). بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک (7825 کیلوگرم در هکتار) از کاربرد کود گاوی به‌دست آمد. عملکرد بیولوژیک در تیمار شش سی‌سی در هزار محلول‌پاشی آهن (7431/4 کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (6335/6 کیلوگرم در هکتار) افزایش داشته است (جدول 3). برهمکنش کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن نیز دارای اختلافی معنی‌دار از نظر عملکرد بیولوژیک می‌باشد (جدول 4)، به‌طوری که عملکرد بیولوژیک در تیمار جلبک دریایی+ غلظت شش در هزار محلول‌پاشی آهن (8894 کیلوگرم در هکتار) به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (جدول 4). در این رابطه می‌توان گفت که مصرف مقادیر مناسب کود زیستی توأم با محلول‌پاشی آهن، موجب بهبود احتمالی فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک و معدنی کردن عناصر غذایی شده است و در نهایت وزن خشک بوته چای ترش (عملکرد بیولوژیک) را افزایش داده است. بر اساس نتایج، کود دامی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک هم شد. در این رابطه می‌توان گفت، احتمالاً افزودن کود دامی به خاک با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی آن، ضمن ایجاد بستری مناسب برای رشد ریشه و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، امکان افزایش رشد و در پی آن تولید ماده خشک را فراهم کرده است. استفاده از محلول‌پاشی آهن نیز روی عملکرد بیولوژیک تأثیر مثبتی

در پی داشت، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد از تیمار شش در هزار حاصل شده است که با نتایج عبدل و همکاران (Abd-EL et al., 1998) روی سویا (*Glycine max* L.) مطابقت داشت.

جدول4- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی، بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر برهمکنش کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن چای ترش

Table4- Means comparison of economical yield, biological yield and harvest index, in interaction effects of bio-fertilizers and foliar iron of sour tea

کود زیستی (کیلوگرم درهکتار) Bio fertilizer ($kg.h^{-1}$)	محلول پاشی آهن (سی‌سی در هزار) Foliar iron(CC per thousand)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.h^{-1}$)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economical yield ($kg.h^{-1}$)
شاهد Control	0	5.100^{a*}	6890^{abc}	338.13^{bc}
	3	5.247^{a}	6856^{abc}	335.53^{bc}
	6	5.607^{a}	7241^{abc}	407.67^{bc}
ورمی کمپوست Vermicompost	0	4.817^{a}	4530^{c}	219.77^{c}
	3	6.043^{a}	5068^{bc}	307.70^{c}
	6	5.893^{a}	5694^{abc}	348.50^{bc}
کود گاوی Manure cow	0	5.430^{a}	6421^{abc}	339.77^{bc}
	3	5.417^{a}	7166^{abc}	377.97^{bc}
	6	6.543^{a}	7896^{ab}	503.13^{ab}
جلبک دریایی Sea algae	0	4.563^{a}	7502^{bc}	274.93^{c}
	3	4.813^{a}	7655^{abc}	351.73^{bc}
	6	6.650^{a}	8894^{a}	587.60^{a}

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم معنی‌داری اثر کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن و برهمکنش آن‌ها از نظر شاخص برداشت، بود (جدول 2). بیش‌ترین میزان شاخص برداشت (6/128

درصد) در تیمار ورمی‌کمپوست مشاهده شد که نسبت به شاهد (4/572 درصد) حدود 34 درصد افزایش داشت. بیش‌ترین میزان شاخص برداشت در کاربرد محلول‌پاشی آهن از تیمار غلظت شش در هزار (6/173 درصد) حاصل شد که نسبت به شاهد (4/977 درصد) بیش از 24 درصد بود (جدول 3). مقایسه میانگین‌های برهمکنش مصرف کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن نشان داد که کاربرد تیمار جلبک دریایی+ غلظت شش در هزار محلول‌پاشی آهن، دارای بیش-ترین شاخص برداشت (6/650 درصد) و کمترین آن مربوط به شاهد (5/1 درصد) است (جدول 4). بر اساس نتایج به‌دست آمده، کود آلی ورمی‌کمپوست سبب افزایش شاخص برداشت شد، به‌طوری‌که ورمی-کمپوست در محیط کاشت به دلیل افزایش فعالیت میکروبی و کمک به چرخش بهتر عناصر غذایی، باعث تسهیل جوانه‌زنی بذر می‌شود. هم‌چنین استفاده از حاصلخیزکننده‌های خاک مانند ورمی‌کمپوست از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش درصد ماده آلی آن باعث بهبود رشد ریشه، بالا بردن توان جذب و نگهداری آب و نیز افزایش مقدار عناصر قابل جذب برای گیاه شد و از این طریق باعث بهبود تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. در مورد مصرف محلول‌پاشی آهن نیز، غلظت شش در هزار بالاترین میزان شاخص برداشت را نشان داد. تأمین مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه عناصر ریزمغذی یکی از جنبه‌های بسیار مهم در مدیریت زراعی است و می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولید و شاخص برداشت ایفا کند.

غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیلa، b و کاروتنوئید)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر کودهای زیستی، محلول‌پاشی آهن و برهمکنش آن‌ها بر غلظت کلروفیلa، b و کاروتنوئیدهای برگ معنی‌دار شد (جدول 5).

جدول 5-تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های کیفی تحت تأثیر کودهای زیستی و محلول پاشی آهن چای ترش

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for qualitative characteristics under the influence of bio-fertilizers and foliar iron of sour tea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کربوهیدرات Carbohydrate	کاروتنوئید Carotenoids	کلروفیلb Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	پروتئین Protein	آنتوسیانین Anthocyanin
تکرار Replication	2	0.413	0.413	2.689	11.039	0.0003	12.878
کودزیستی Bio Fertilizers (A)	3	0.708^{**}	0.708^{**}	0.442^{*}	10.063^{**}	0.0100^{**}	14.585^{**}
خطای اصلی Error a	6	1.131	1.131	1.210	4.930	0.0012	2.524
محلول‌پاشی آهن Foliar iron (B)	2	2.470^{**}	2.470^{**}	4.196^{**}	31.895^{**}	0.0064^{**}	28.064^{**}
کود زیستی×محلول پاشی آهن A×B	6	0.070^{ns}	0.070^{ns}	0.130^{ns}	1.608^{ns}	0.0010^{ns}	2.596^{ns}
خطای فرعی Error b	16	0.106	0.106	0.136	1.442	0.0007	1.475
ضریب تغییرات C.V (%)	-	23.676	23.676	25.082	27.347	23.753	20.011

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.
* and **: Are significant at p≤%5 and p≤%1.

به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید مربوط به کود دامی است که نسبت به‌شاهد به‌ترتیب افزایش42، 51 و 83

درصدی را نشان داده است (جدول 6). در سطوح محلول‌پاشی آهن نیز تیمار شش در هزار آهن، نسبت به شاهد، بهترین تیمار بود که به‌ترتیب، افزایش90 و 100 درصدی آن را در پی داشت (جدول 6).

جدول 6- مقایسه میانگین ویژگی‌های کیفی تحت تأثیر کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن چای ترش

Table 6- Means comparison of qualitative characteristics under the influence of bio-fertilizers and foliar iron of sour tea

تیمارهای آزمایش Treatments	کربوهیدرات (میکرو گرم بر گرم) Carbohydrate ($\mu g.g^{-1}$)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم) Carotenoids ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	پروتئین (میلی‌گرم بر گرم) Protein ($mg.g^{-1}$)	آنتوسیانین (میکرو مول بر گرم) Anthocyanin ($\mu mol.g^{-1}$)
			رنگیزه‌های فتوسنتزی Pigments photosynthetic			
			محلول پاشی آهن (سی‌سی در هزار) Foliar iron (CC per thousand)			
0	0.946[c]	0.946[c]	0.907[c]	3.079[b]	0.089[b]	4.311[b]
3	1.342[b]	1.342[b]	1.432[b]	3.880[b]	0.113[a]	7.096[a]
6	1.851[a]	1.851[a]	2.087[a]	6.217[a]	0.135[a]	6.799[a]
			کود زیستی Bio fertilizers			
شاهد Control	1.095[a]	1.095[a]	1.172[a]	2.944[a]	0.088[b]	4.396[b]
ورمی کمپوست Vermicompost	1.185[a]	1.185[a]	1.606[a]	4.338[a]	0.079[b]	5.831[ab]
کود گاوی Manure cow	1.656[a]	1.656[a]	1.670[a]	5.395[a]	0.140[a]	6.722[a]
جلبک دریایی Seaweed	1.582[a]	1.582[a]	1.454[a]	4.891[a]	0.142[a]	7.326[a]

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن نشان می‌دهد که بالاترین افزایش در میزان کلروفیل a، کاربرد همزمان ورمی‌کمپوست و غلظت شش در هزار محلول‌پاشی آهن به‌وجود آمده و بالاترین افزایش در میزان کلروفیل b، به کار بردن همزمان جلبک دریایی و غلظت شش در هزار آهن بوده و در نهایت بالاترین افزایش در میزان کاروتنوئید در اثر ترکیب همزمان تیمار شاهد و غلظت شش در هزار آهن بوده است. در مورد تأثیر مثبت کاربرد مقدار بیش‌تر کود دامی بر میزان کلروفیل برگ می‌توان گفت، این کودها با تأمین نیازهای غذایی موجودات ذره بینی خاک، باعث افزایش آن‌ها می‌شوند که این امر به کاهش PH خاک می‌انجامد و بر میزان جذب عناصر میکرو (از جمله آهن، منگنز و منیزیم) که در ساخت کلروفیل نقش مهمی ایفا می‌کنند، می‌افزایند و سرانجام سبب افزایش سنتز کلروفیل می‌شوند. سنچولی (Sancholli, 2007) تیمار شش در هزار محلول‌پاشی آهن نیز باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی چای‌ترش گردید که در این راستا ملکوتی و همکاران (Malakouti & Tehrani, 1999) با توجه به این که عنصر آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی ندارد اما وجود عنصر آهن کافی سبب بهبود کلروفیل‌سازی در گیاه می‌شود و وضعیت کلروفیل چای‌ترش می‌تواند در میزان فتوسنتز تأثیرگذار باشد. نتایج این آزمایش با تحقیقات پیوندی و همکاران (Peyvandi et al.,

(2011 در آزمایشی روی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با استفاده از کود آهن و نانو کود آهن باعث افزایش محتوی کلروفیل شدند، مطابقت دارد.

مقدار آنتوسیانین

مقدارآنتوسیانین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن قرار گرفت (جدول 5). بیش‌ترین میزان ترکیب فنولی از جمله آنتوسیانین در میان کودهای زیستی، جلبک دریایی بود که نسبت به شاهد 67 درصد افزایش داشت (جدول 6). بنابراین به نظر می‌رسد جلبک دریایی نقش مثبتی در افزایش مقدار آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش دارد. کاربرد محلول‌پاشی آهن نیز میزان آنتوسیانین را افزایش داد، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار سه در هزار و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود (جدول 6). مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن حکایت از آن دارد که تیمار کود دامی همراه با غلظت سه در هزار محلول‌پاشی آهن بهترین تیمار است و میزان آنتوسیانین کاسبرگ موجود در این تیمار (8/960 میکرومول بر گرم وزن تر) نسبت به تیمار شاهد (4/380 میکرومول بر گرم وزن تر) 100 درصد افزایش داشته است (جدول 7).

جدول 7- مقایسه میانگین ویژگی‌های کیفی تحت تأثیر برهمکنش کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن چای ترش

Table 7- Means comparison of qualitative characteristics in interaction effects of bio-fertilizers and foliar iron of sour tea

کود زیستی (کیلو گرم در هکتار) Bio-fertilizer ($kg.h^{-1}$)	محلول‌پاشی آهن(سی‌سی در هزار) Foliar iron (CC per thousand)	پروتئین (میلی‌گرم بر گرم) Protein ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم) Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم) Carotenoids ($mg.g^{-1}$)	کربوهیدرات (میکرو گرم بر گرم) Carbohydrate ($\mu g.g^{-1}$)	آنتوسیانین (میکرو مول بر گرم) Anthocyanin ($\mu mol.g^{-1}$)
شاهد Control	0	0.083^{bc*}	3.591^{ab}	0.483^{d}	1.487^{abcd}	1.487^{abcd}	4.380^{bc}
	3	0.153^{a}	4.475^{ab}	1.357^{abcd}	1.737^{abc}	1.737^{abc}	6.787^{abc}
	6	0.164^{a}	6.488^{a}	2.064^{ab}	2.198^{a}	2.198^{a}	5.903^{abc}
ورمی کمپوست Vermicompost	0	0.057^{c}	3.224^{ab}	0.666^{cd}	0.751^{cd}	0.751^{cd}	3.403^{c}
	3	0.069^{c}	3.853^{ab}	0.866^{bcd}	1.358^{abcd}	1.358^{abcd}	5.240^{abc}
	6	0.080^{bc}	6.491^{a}	1.630^{abcd}	1.978^{ab}	1.978^{ab}	7.293^{abc}
کود گاوی Manure cow	0	0.105^{abc}	3.740^{ab}	1.439^{abcd}	1.013^{bcd}	1.013^{bcd}	4.413^{bc}
	3	0.112^{abc}	4.045^{ab}	1.836^{abcd}	1.314^{abcd}	1.314^{abcd}	8.960^{a}
	6	0.142^{ab}	6.035^{a}	1.983^{abc}	1.652^{abcd}	1.652^{abcd}	6.867^{abc}
جلبک دریایی Seaweed	0	0.111^{abc}	1.763^{b}	1.039^{bcd}	0.531^{d}	0.531^{d}	5.050^{bc}
	3	0.118^{abc}	3.148^{ab}	1.669^{abcd}	0.961^{bcd}	0.961^{bcd}	7.400^{ab}
	6	0.155^{a}	5.854^{a}	2.671^{a}	1.575^{abcd}	1.575^{abcd}	7.133^{abc}

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

طبق نتایج موجود، کود زیستی جلبک دریایی نقش مثبتی در افزایش مقدار آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش دارد. در پژوهش حاج سید هادی و همکاران (Haj Seyed Hadi et al., 2008) نیز استفاده از کود آلی، باعث بالا رفتن فعالیت‌های میکروبی خاک و افزایش ترکیب فنولی سیلیمارین در ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) شد. کاربرد محلول‌پاشی آهن نیز مقدار آنتوسیانین را افزایش داد این نتایج ممکن است به علت تأثیر عنصر آهن بر مشتقات ترکیب فنلی به عنوان پیش ماده سنتز آنتوسیانین ساختار فلاونوئید بوده باشد.

مقدار کربوهیدرات

نتایج تجزیه واریانس (جدول 5)، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیر کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن و برهمکنش آن‌ها بر مقدار کربوهیدرات موجود در برگ‌های فوقانی چای ترش در سطح یک درصد آماری بود. طبق اطلاعات جدول 6، تیمار کود دامی بالاترین مقدار کربوهیدرات را نشان داد. در مقایسه محلول‌پاشی آهن مشخص گردید تیمار شش در هزار بالاترین مقدار کربوهیدرات را دارد. نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش کودها بیانگر این بود که کاربرد همزمان تیمار شاهد با غلظت شش در هزار محلول‌پاشی آهن بهترین اثر را بر مقدار کربوهیدرات‌ها داشت (جدول 7). این مقدار (2/198 میلی‌گرم گلوکز بر گرم وزن تر نمونه) بوده است. محلول‌پاشی آهن به میزان شش در هزار سبب افزایش مقدار کربوهیدرات برگ شد که در این خصوص رمرودی و همکاران (Ramroudi et al., 2011) بیان نمودند که کاربرد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی می‌تواند نقش مفیدی بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان از جمله اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) ایفا نماید.

مقدار پروتئین سرشاخه ها

تأثیر کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن و بر هم کنش آن‌ها در سطح یک درصد، بر مقدار پروتئین برگ معنی‌دار شد (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین انواع مختلف کودهای زیستی است؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار پروتئین از تیمار جلبک دریایی به‌دست آمد که نسبت به شاهد حدود 61 درصد افزایش نشان داده است (جدول 6). کاربرد محلول‌پاشی آهن نیز بر مقدار پروتئین چای ترش افزود، به‌نحوی‌که بیش‌ترین مقدار مربوط به غلظت شش در هزار بود که نسبت به شاهد افزایش 52 درصدی داشت (جدول 6). مقایسه میانگین‌های بر همکنش کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن بر مقدار پروتئین نشان داد که بالاترین مقدار مربوط به تیمار شاهد به همراه غلظت شش در هزار آهن است. این مقدار 0/164 میلی‌گرم بر گرم وزن تر است که تفاوت ناچیزی با تیمار جلبک دریایی دارد (جدول 7).

بیش‌ترین مقدار پروتئین از تیمار جلبک دریایی به‌دست آمد که نسبت به شاهد حدود 61 درصد افزایش نشان داده است. کاربرد محلول‌پاشی آهن نیز سبب افزایش مقدار پروتئین چای ترش شد که در این زمینه تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی سبب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین در پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) (Sawan et al., 2001) گردید. همچنین بیگی و همکاران (Baygi et al., 2010) اعلام کردند که با افزایش محلول‌پاشی آهن، عملکرد دانه و پروتئین‌های دانه سویا افزایش معنی‌داری نشان داد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن است که کاربرد ترکیبی کود زیستی و محلول‌پاشی آهن با غلظت شش در هزار، بیش‌ترین تأثیر را بر خصوصیات کمی و کیفی داشت. بر این اساس کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و محلول پاشی آهن برتری قابل توجهی را نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آن ها داشت. با توجه به شرایط نامطلوب حاکم بر خاک از جمله آهکی بودن و pH بالای 7/6 باعث جلوگیری از جذب عناصر به‌ویژه آهن از خاک می‌گردد، ولی تیمارهای محلول‌پاشی، این عنصر را به‌طور مستقیم در اختیار گیاه قرار داده و با تأمین این عناصر نیاز گیاه برطرف شده و باعث افزایش اکثر صفات اندازه‌گیری شده است. افزایش میزان محلول‌پاشی آهن با بهبود تحرک و کارایی عناصر غذایی سبب افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی گردید. همچنین با توجه به نقش مهم کودهای زیستی در خصوص بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی زمین‌های زراعی، تأمین سطوح مناسب این مواد در خاک برای دستیابی به حداکثر عملکرد لازم به نظر می رسد. هر چند استفاده از کودهای آلی نسبت به کودهای معدنی هزینه بیش‌تری را در بر دارد، ولی به‌دلیل تأثیر بلند مدت آن بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی، بیولوژیکی و تغذیه‌ای خاک می‌تواند از لحاظ اقتصادی قابل توجیه باشد و استفاده متوالی و بهینه از زمین‌های کشاورزی را ممکن سازد. بر این اساس، مدیریت کودی با کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن امری مهم در کشاورزی ارگانیک محسوب می‌شود.

منابع

Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2004. The effect of consume manure on yield, yield index and quality of cumin. Proceeding of 2nd Medicinal Plants Symposium, Shahed University of Tehran, Iran 27-28 January. (In

Persian)

Al-Nahid, T.S. 1991. Effect of frequency of irrigation on sewage sludge amended soil and corn nutrition. Arid Soil Research Rehabilitation 5(2): 137-146.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

Baygi, A., Nasri, M., Oveysi, M., and Tarighol Eslami, M. 2010. Effects of drought and foliar iron fertilization in flowering stage on the grain yield, protein and oil in soybean. Proceedings of the National Conference on Advances in Crop Production Plant Origin. Islamic Azad University Bojnoord 5 and 6 June, p. 1-6. (In Persian)

Borji Abad, A., Galavi, M., and Ramroudi, M. 2014. The effect of density on morphological characteristics and use of micro-nutrients and indicators of chlorophyll of sour teas. The National Conference of Medicinal plants and Sustainable Agriculture. Mofattah Shahid Faculty of Hamedan. August 30. (In Persian)

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Clairmont, K.B., Hagar, W.G., and Davis, E.A. 1986. Manganese toxicity to chlorophyll synthesis in tobacco callus. Plant Physiology 80: 291-293.

Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 127-135. (In Persian with English Summary)

Haj Seyed Hadi, M.R., Darzi, M.T., and Sharifi Ashoorabadi, E. 2008. Study the effects of conventional and low input production system on quantitative and qualitative yield of *Silybum marianum* L. 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research ISOFAR, Modena, Italy. September 19.

Koocheki A., Hosseini, M., and Dezfouli Hashemi, A. 2000. Sustainable Agriculture (Translated). Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran, 164 pp. (In Persian)

Malakouti, M.J., and Tehrani, M. 1999. The Role of Micronutrients in Enhancing the Performance and Improve the Quality of Agricultural Products, Tarbiat Modarres University Press, Print Notification, Tehran, Iran 229 p. (In Persian)

Martin, E.C., Slack, D.C., Tannksley, K.A., and Basso, B. 2006. Fresh and composted dairy manure applications on alfalfa yield and the environment in Arizona. Agronomy Journal 98: 80-84.

Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. *In vitro* studies on the effects of bio fertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany 6: 394-403.

Nazarly, R., and Seyed Sharif, R. 2013. Study of qualitative and quantitative yield and some agronomic characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response of seed inoculation with PGPR in various levels of nitrogen fertile. Journal of Agroecology 5(3): 308-317. (In Persian with English Summary)

Nemati, M., Dahmardeh, M., Khammari, A., and Nejati Yazdi Nezhad, M. 2014. Effect of bio-fertilizers and manure on economic performance and quality characteristics of hibiscus. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research Journal 31(4): 610-625. (In Persian with English Summary)

Peyvandi, M., Parandeh, H., and Mirza, M. 2011. Comparison of Nano with chelated iron chelated iron on growth performance and activity of antioxidant enzymes basil. What's New in Cellular and Molecular Biology Biotechnology Journal 4(1): 89-99.

Pokorna, K. 1984. Effects of long term fertilization on the dynamics of changes of soil organic matter. Zbl. Microbiology (Zentralblatt Fur Bakteriologie-international Journal of Medical Microbiology Virology Parasitology and Infectious Diseases) 139: 497-504.

Ramroudi, M., Keikha Jaleh, M., Galavi, M., Seghatoleslami, M.J., and Baradran, R. 2011. The effect of various micronutrient foliar applications and irrigation regimes on quantitative and qualitative yields of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology 3(3): 277-289. (In Persian with English Summary)

Rezaenejad, Y., and Afyuni, M. 2001. Effect of organic matter on soil chemical properties, and corn yield and elemental uptake. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 4(4): 19-29. (In Persian with English Summary)

Sancholli, N. 2007. Effects of different ratios of manure and chemical mixture on soil properties, Yield SC 704 corn varieties. MSc thesis of Zabol University, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Sawan, Z.M., Hafez, S.A., and Basyony, A.E. 2001. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant

growth retardant and zinc on cotton seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. Journal of Agronomy and Crop Science 186: 183-191.

Vazques, P., Holguin, G., and Puente, M. 2000. Phosphate solubilizing microorganism associated with the rhizosphere of mangroves in semiarid coastal lagoon. Biology fertility of Soils 30: 460-468.

Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.

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

Yousefpoor, Z., Yadavi, A., Balouchi, H., and Farajee, H. 2014. Evaluation of some physiological, morphological and phonological characteristics in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical sources of nitrogen and phosphorus. Journal of Agroecology 6(3): 508-519. (In Persian with English Summary)

Zargari, A. 1995. Medicinal Plants. Tehran University Press., Tehran, Iran 5(1): 15-32. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 1194-1207

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 9، شماره 4، زمستان 1396، ص. 1207-1194

Determine the Optimal Levels of Bio-fertilizers and Foliar Application of Iron on Yield and Quality Indices of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Z. Mir[1], M. Dahmardeh[2*], I. Khammari[3] and J. Piri[4]

Submitted: 09-08-2016
Accepted: 04-03-2017

Mir, Z., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Piri, J. 2018. Determine the optimal levels of bio-fertilizers and foliar application of iron on yield and quality indices of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology 9(4): 1194-1207.

Introduction

In conventional agricultural systems to obtain the highest performance continuous use of chemical fertilizers is inevitable. The health of the plant, soil and living matter depends on the rotation of food elements in the ecosystem. This cycle is disrupted as a result of the loss of soil fertility, its food imbalance and inappropriate cultivation practices. Bio-fertilizers are composed of beneficial microorganisms, each for a specific purpose, such as nitrogen fixation, release of phosphate ions, potassium, iron. It should be noted that most studies in the field for sour Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) are based on the use of various chemical fertilizers, but the reaction of this plant to bio-fertilizers and iron solubilization has not been considered. Therefore, this study aimed to investigate the effect of bio fertilizers and iron on yield and quality traits of Roselle in hot and dry weather conditions.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of bio-fertilizers and foliar application iron on yield and quality indicators Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) experiment in Research field of Zabol University Agriculture Institute in 2015-2016 years was performed with split-plot based on completely randomized design and three replications. Treatments consisted of four levels of bio-fertilizers: control (without fertilizer), vermicompost, cow manure, seaweed and iron foliar applications include: lack of iron, foliar application at a rate of 3cc per thousand, 6cc per thousand was considered. As a source of bio-fertilizer treatments and foliar application iron levels were considered as sub plots. Before sowing Roselle seeds, vermicompost and manure were added to the soil and inoculation operation. Measurements were: economic yield, biological yield, harvest index, chlorophyll a, b and carotenoids, anthocyanins, carbohydrates and protein. Statistical analysis of data was done with SAS software version 9.1 and mean comparison with Duncan test was conducted at 5%.

Results and Discussion

Based on the results, different levels of foliar application of organic manure and their interaction were significant for all traits except harvest index. The highest Roselle economy yield of 587.6 kg per hectare with consumption of 6 cc per thousand iron and seaweed bio-fertilizer foliar application was obtained This amount increased by 73% compared to the control (355.3 kg $^{ha-1}$) and highest amount of sepals anthocyanins (8.960) in treatment 3 cc per thousand iron and manure was obtained, and concentration of 6 per thousand iron and vermicompost and seaweed bio-fertilizers increased chlorophyll a, b and carotenoids were also foliar application iron concentration of 6 per thousand increase amount of carbohydrates and protein were twigs. Comparison of means in interaction of bio-fertilizers and iron showed that the highest increases in chlorophyll a, in application of vermicompost and there is a concentration of 6 per thousand iron and the highest increases in chlorophyll b, by the same application seaweed and iron concentration was 6 per thousand. The highest amount of protein

1, 2, 3 and 4- MSc Student of Agroecology, Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, and Coach, Department of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Dahmard@gmail.com)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.56478

was obtained from seaweed treatments that have shown an increase compared to control by about 61%. Foliar application of iron increases protein of Roselle so that the highest amount of concentration was 6 per thousand and compared to control treatment the increase was about 52 percent.

Conclusion

The results of this study indicated that the combination of biofertilizer and iron solubilization with a concentration of 6,000 has the greatest impact on quantitative and qualitative properties. Accordingly, the combined application of bio fertilizers and iron spraying has a significant advantage over the individual application of each one of them. Iron foliar treatments have put this element directly at the plant and by supplying these elements the plant needs are eliminated and the most of the measured traits increased. Also, considering the important role of biofertilizers in improving the physical, chemical and fertility characteristics of arable land, providing appropriate levels of these materials in the soil helps to achieve maximum performance. Accordingly, fertilizer management with biological fertilizers and iron foliar application is an important part of organic agriculture.

Acknowledgment

Authors were appreciating of Head the agronomy Laboratory of Zabol University.

Keywords: Anthocyanin, Chlorophyll, Foliar iron, Roselle, Seaweed