

اثرات کوتاه‌مدت ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های خاک و کیفیت برگ سبز چای در اراضی چایکاری

* رضا ابراهیمی گسکرئی

استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۵

چکیده

سابقه و هدف: پژوهش‌های مزرعه‌ای گزارش شده، مبنی بر اثرات کوتاه‌مدت یا بلندمدت ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های خاک و کیفیت برگ سبز چای با هدف جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی به‌منظور تولید چای ارگانیک در دسترس نیست در حالی که در سطح تجاری، تولید چای ارگانیک در مقیاس کوچک در گیلان شروع شده است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر کوتاه‌مدت سطوح ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های خاک و کیفیت برگ سبز چای و امکان‌سنجی تولید چای ارگانیک، در یک باغ با مساحت حدود ۳۰ هکتار، واقع در حاشیه جاده فومن به ماکلوان در استان گیلان، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد.

مواد و روش‌ها: ابتدا در بهمن ۹۱، در بخشی از این باغ، بوته‌های چای هرس کف بر و پلات‌ها با سطح ۲۰ مترمربع تفکیک شدند. سپس در ماه اسفند، نمونه مرکب از خاک سطحی کل پلات‌ها تهیه و آزمایش‌های اولیه خاکشناسی انجام شد و بعد ورمی‌کمپوست با دانه‌بندی کوچک‌تر از ۴ میلی‌متر تهیه و ویژگی‌های مهم آن تعیین، سپس مطابق با طرح آماری، با سطوح ۰، ۰/۵ و ۲ درصد جرمی با خاک سطحی هر پلات مخلوط شد. در طول بهار و تابستان، کنترل علف‌های هرز و در سه ماه تابستان، آبیاری بارانی انجام شد. در اواخر تابستان، نمونه‌برداری از خاک سطحی با اگر و برداشت برگ سبز چای با ماشین برگ‌چین انجام و بلافاصله نمونه‌ها به مرکز تحقیقات چای، منتقل شد. بلافاصله در نمونه گیاه، برگ سوم با دست از غنچه و جوان‌ترین دو برگ جدا شد. سپس نمونه‌های خاک و گیاه، آماده‌سازی و آزمایش‌های خاکشناسی و تجزیه دو نوع نمونه برگ شامل برگ سوم و نیز مجموع یک غنچه و دو برگ به تفکیک انجام شد.

یافته‌ها: نتایج بیانگر افزایش هدایت الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربن آلی، تنفس میکروبی، تخلخل و رطوبت جرمی در خاک پلات‌های تیمار شده با هر دو سطح ۰/۵ و ۲ درصد ورمی‌کمپوست بود. مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک در پلات‌های تیمار شده با کود در مقایسه با تیمار بدون کود افزایش معنی‌دار داشت ولی بین دو تیمار ۰/۵ و ۲ درصد تفاوت معنی‌دار نبود. مصرف کود در هر دو سطح چگالی ظاهری و حقیقی خاک را کاهش داد. همچنین در تیمار ۰/۵ درصد ورمی‌کمپوست مقدار پتاسیم و در تیمار ۲ درصد، علاوه بر پتاسیم، نیتروژن و فسفر نیز در برگ سوم گیاه بهبود یافت. در مخلوط یک غنچه و جوان‌ترین دو برگ، مقدار کافئین، افزایش ولی پلی‌فنل‌ها، خاکستر کل و عصاره آبی کاهش یافت.

* مسئول مکاتبه: rezaeabrahimi@guilan.ac.ir

نتیجه‌گیری: در مجموع به استناد نتایج این پژوهش می‌توان گفت که شش ماه بعد از افزودن ورمی‌کمپوست به خاک باغ چای، اغلب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و ویژگی‌های کیفی برگ سبز چای بهبود یافت و این کود آلی توانست بخش اعظم عناصر مورد نیاز گیاه چای را تامین کند که البته در اغلب موارد سطح ۲ درصد نتیجه مطلوب‌تری داشت. بدیهی است این نتیجه در زمان کوتاه در صورتی محقق می‌شود که اولاً ورمی‌کمپوست مصرفی از نظر کیفیت درجه یک باشد ثانیاً هنگام مصرف، ورمی‌کمپوست به‌طور کامل با خاک مخلوط شود، در این صورت امکان تولید برگ سبز چای بدون مصرف کود شیمیایی می‌تواند ممکن باشد. با توجه به وفور پس‌مانده‌های کشاورزی و منابع طبیعی و امکان تولید انبوه ورمی‌کمپوست در شمال کشور، امکان علمی و عملی برای تولید چای ارگانیک در شمال کشور وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌فنل، چای ارگانیک، کافئین، عناصر غذایی پرمصرف، کود آلی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین مشکلات در صنعت چای کشور، پایین بودن کیفیت ماده اولیه کارخانجات چایساز یعنی برگ سبز چای مصرفی شامل یک غنچه و دو برگ برای تولید چای سیاه است. کیفیت چای سیاه تولیدی به مقدار زیاد، به کیفیت برگ سبز چای مصرفی بستگی دارد. ترکیبات مهم تعیین‌کننده کیفیت و ایجادکننده رنگ، طعم و عطر در برگ سبز چای، در قسمت‌های جوان شاخساره این گیاه یعنی یک غنچه و دو برگ، بسیار بیش‌تر است. مهم‌ترین ترکیبات بیوشیمیایی در این اندام‌ها شامل پلی‌فنل‌ها، کافئین و مواد جامد محلول در آب است که در مجموع مقدار آن‌ها، ویژگی‌های حسی چای را ایجاد می‌کند. یک شاخه نورسته گیاه چای، به‌طور تقریبی، دارای ۲۳ درصد ماده جامد و ۷۷ درصد آب است. تقریباً نیمی از این مواد جامد به‌صورت محلول در آب و نیم دیگر نامحلول در آب است. پلی‌فنل‌ها دسته‌ای از مواد آلی هستند که حدود ۳۰ درصد مواد جامد برگ سبز چای را تشکیل می‌دهند. ترکیب بیوشیمیایی دیگر کافئین است. ۷۵ درصد از کل کافئین چای وارد دم کرده آن می‌شود. یک فنجان نوشابه چای ۵۰-۳۰ میلی‌گرم کافئین دارد. یکی از مزایای کافئین موجود

در چای این است که بر خلاف داروهای تقویت‌کننده اعصاب، سبب افسردگی ثانویه نمی‌شود. کافئین قهوه این ویژگی را ندارد. عصاره آبی هم یکی دیگر از ترکیبات بیوشیمیایی مؤثر در کیفیت برگ سبز چای است که در تولید رنگ عصاره چای مؤثر است. مقدار عصاره آبی چای باید حداقل ۳۲ درصد باشد (۴۱).

کیفیت خاک یکی از مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر مقدار تولید گیاهان و پایداری آن است. کیفیت مطلوب خاک هم در تولید و عملکرد خوب گیاهان و هم در حفظ محیط زیست و سلامت گیاه، حیوان و انسان مؤثر است. فرسایش خاک و نیز برداشت دائمی عناصر غذایی خاک توسط ریشه گیاهان، بدون جایگزینی مناسب عناصر خارج شده، باعث کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود (۹، ۲۳). یک راهکار منطقی و متداول برای حفظ باروری و توان تولید خاک، افزودن کود به خاک است. در این راستا مصرف کمپوست تولید شده از پسماندهای کشاورزی و صنایع وابسته به آن، به‌عنوان منابع تأمین‌کننده کربن آلی و تقویت‌کننده توان تولید خاک رو به افزایش است (۱۶). تولید و مصرف ورمی‌کمپوست نیز با همین اهداف روند رو به رشد دارد. ورمی‌کمپوست در اثر تجزیه بیولوژیکی مواد آلی توسط کرم‌های

خاکی تولید می‌شود که به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند تخلخل زیاد، قدرت نگهداری عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی این عناصر، مصرف آن در کشاورزی پایدار، توصیه شده است (۱). ورمی‌کمپوست پایتر از مواد خام اولیه بوده و دسترسی گیاهان به عناصر غذایی موجود در آن بیش‌تر است (۲۴).

این مواد باعث اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گردند (۲۸). این کود آلی دارای فرم قابل‌دسترس عناصر غذایی پر مصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر کم‌مصرف مانند روی، مس، نیکل و کبالت است که به مرور زمان برای گیاه قابل‌جذب می‌شود (۳، ۲۰). در یک پژوهش ورمی‌کمپوست موجب تسریع در رشد و کاهش دوره رشد نهال چای از ۱۲ ماه به ۹ ماه شد (۲۷). با توجه به این‌که چای یک گیاه باغی چندساله است پیش‌بینی می‌شود که افزودن کودهای آلی به‌ویژه ورمی‌کمپوست به خاک چایکاری‌ها بتواند منبع تغذیه‌ای مناسبی برای تولید پایدار این محصول به‌ویژه تولید چای ارگانیک باشد (۱۵).

افزودن کودهای آلی به خاک اراضی کشاورزی یکی از راه‌های تامین نیاز غذایی گیاهان است. این کار در کشاورزی ارگانیک اهمیت بسیار بالایی دارد. مصرف بیش از نیاز کودهای شیمیایی توسط چایکاران بزرگ و متمول مشکلات زیست‌محیطی ایجاد کرده است در حالی‌که به دلیل گرانی این کودها، چایکاران خرده‌پا و فقیر، قادر به خرید و مصرف آن نبوده که در نتیجه، رشد چای و کیفیت آن، کاهش یافته است. از سوی دیگر تمایل به مصرف چای سالم و ارگانیک در بازارهای اروپایی ایجاد شده و این رویه در بازارهای ایران نیز در حال شکل‌گیری است. بنابراین، باید جنبه‌های مختلف این موضوع توسط پژوهشگران بررسی و نقاط ضعف و قوت آن هم در ارتباط با امور باغی و زراعی و هم با توجه به رویکرد جدید در بازار

مصرف چای، مشخص شود. بیش‌تر مطالعات کودی در مورد چای مربوط به استفاده از کودهای شیمیایی و تأثیر این کودها بر رشد و عملکرد چای است و پژوهش‌های انجام شده در مورد اثر کودهای آلی، بر ویژگی‌های خاک و ترکیب شیمیایی چای و کیفیت برگ سبز چای بسیار کم است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های خاک و کیفیت برگ سبز چای است تا شاید بتوان بخشی کود مورد نیاز برای تولید برگ سبز چای را با کودهای آلی جایگزین نمود و اثرات سوء زیست‌محیطی کود شیمیایی را کاهش داد و در راستای تولید چای ارگانیک گام برداشت.

مواد و روش‌ها

در پاییز سال ۱۳۹۱ بررسی‌های اولیه برای انتخاب یک باغ چای با مساحت بیش از ۱۰ هکتار و بافت خاک مناسب و بوته‌های یک‌دست، انجام شد. بعد از انجام مطالعات میدانی و نمونه‌برداری با مته خاکشناسی از چندین باغ و تعیین بافت و کربن آلی خاک‌ها، یک باغ چای با مساحت ۳۰ هکتار، واقع در حاشیه جاده فومن به ماکلوان، با بافت خاک لوم شنی، مجهز به سیستم آبیاری بارانی، در اراضی هموار با مدیریت واحد انتخاب شد. در ماه بهمن، در قسمتی از این باغ، تمام بوته‌های چای، هرس کف‌بر و بعد پلات‌ها با سطح ۲۰ مترمربع تفکیک شدند. بین پلات‌ها و تیمارها نیز دو ردیف چای‌کاری لحاظ شد. سپس از خاک هر پلات تا عمق حدود ۲۵ سانتی‌متر، پنج نمونه خاک ساده به روش ضربدری، تهیه و با هم مخلوط و یک نمونه خاک مرکب، ابتدا از هر پلات و در نهایت برای مجموع پلات‌ها تهیه شد. پس از آماده‌سازی نمونه خاک، ویژگی‌های آن شامل بافت (به روش هیدرومتری)، نیتروژن کل (به روش کج‌دال)، فسفر قابل‌جذب (به روش بری با دستگاه اسپکتروفتومتر)،

سوم با دست، از غنچه و جوانترین دو برگ جدا شد. سپس آماده‌سازی و آزمایش‌های تجزیه دو نوع نمونه گیاه شامل برگ سوم و نیز مجموع یک غنچه و دو برگ به تفکیک انجام شد (برای تعیین ترکیبات معدنی در چای از برگ سوم و ترکیبات آلی از یک غنچه و دو برگ استفاده می‌شود). پس از خشک کردن نمونه تهیه شده از برگ سوم در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و خرد کردن و ساییدن و عبور دادن از الک نیم میلی‌متری و خاکستر کردن در کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و حل کردن در اسید کلریدریک رقیق، عصاره آن تهیه شد. در عصاره تهیه شده، فسفر (به روش مورفی و ریلی) و پتاسیم (به‌وسیله نشر شعله‌ای با فلیم‌فوتومتر) تعیین شد. پودر به‌دست آمده از برگ سوم خشک شده در دمای ۸۰ درجه، برای تعیین نیتروژن نیز آماده‌سازی و به روش کجلدال مقدار نیتروژن آن اندازه‌گیری شد. هم‌چنین در برگ سبز چای (مجموع یک غنچه و دو برگ)، مقدار عصاره آبی، خاکستر کل، کافئین و پلی‌فنل کل بر اساس متدهای استاندارد ISO تعیین شد (۱۳، ۲۵). در پایان آنالیز داده‌های به‌دست آمده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

یافته‌های مقدماتی: اثرات ورمی‌کمپوست متأثر از ویژگی‌های این کود، خاک مزرعه و گیاه مورد مطالعه است. معمولاً افزودن ورمی‌کمپوست به خاک‌های با درصد رس یا شن بالا اثرات مثبت بارزتری دارد. در این پژوهش خاک با بافت مناسب (لوم شنی) انتخاب شد تا در صورت اثر مثبت ورمی‌کمپوست در چنین خاکی، با اطمینان بیشتری بتوان نتایج را به چایکاری‌های با بافت خاک نامطلوب تعمیم داد. بر اساس نتایج آزمایش‌های مقدماتی، خاک باغ چای

پتاسیم قابل‌جذب (به روش استات آمونیوم نرمال با دستگاه فلیم‌فوتومتر)، کربن آلی (به روش والکلی‌بلک)، EC (در عصاره گل اشباع) و pH (در گل اشباع) تعیین شد (۸). هم‌چنین ویژگی‌های ورمی‌کمپوست شامل pH و EC (در محلول ۱۰٪ جرم به حجم ماده خشک) و نیتروژن کل، فسفر کل و پتاسیم کل آن بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۳۳۲۰ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (ISIRI، ۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد (۱۳). مواد اولیه برای تولید ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این پژوهش، پسماندهای گیاهی و درصد ناچیزی هم پهن گاو بود. ورمی‌کمپوست مورد نیاز برای هر پلات، در سه سطح ۰، ۵ و ۲ درصد وزنی (۰، ۱۵ و ۶۰ تن در هکتار) در اسفندماه سال ۱۳۹۱، به پلات‌های کف‌بر شده اضافه و با فوکا زدن به‌خوبی با خاک سطحی پلات مربوطه مخلوط و پلات شاهد نیز به‌طور مشابه شخم‌زده شد. با هدف تولید چای ارگانیک، هیچ نوع کود شیمیایی شش ماه قبل و در طول پژوهش مصرف نشد. پس از طی دوره رشد رویشی شش ماهه و انجام به موقع کنترل مکانیکی علف‌های هرز و آبیاری بارانی، در هفته آخر شهریور ۱۳۹۲، مجدد نمونه‌برداری با اگر، از خاک سطحی پلات‌ها انجام و ویژگی‌های آن شامل، pH، EC، کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی (به روش استات آمونیوم)، نیتروژن کل، فسفر قابل‌جذب، پتاسیم قابل‌جذب، تنفس (۲)، جرم مخصوص ظاهری (روش استوانه فلزی)، جرم مخصوص حقیقی (روش پیکنومتر)، درصد تخلخل (با محاسبه) و رطوبت خاک (به روش وزنی) تعیین شد. هم‌چنین نمونه گیاه شامل یک غنچه (جوانه انتهایی) و سه برگ، با ماشین برگ‌چین، از هر پلات برداشت و با یخچال صحرائی، برای بررسی کیفیت برگ سبز چای به آزمایشگاه بیوشیمی مرکز تحقیقات چای کشور منتقل شد. بلافاصله در نمونه گیاه، برگ

مورد مطالعه قبل از افزودن ورمی کمپوست، اسیدی با هدایت الکتریکی بسیار پایین و کربن آلی متوسط است. این خاک از نظر فسفر قابل استفاده یا قابل جذب گیاه، غنی و از نظر پتاسیم قابل استفاده یا قابل جذب گیاه در حد پایین تر از متوسط است (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی های خاک و ورمی کمپوست قبل از افزودن کود آلی به خاک در پایان اسفندماه.

Table 1. Soil and vermicompost properties before adding organic manure to the soil at the end of March.

پتاسیم (mg/kg) K (mg/kg)	فسفر (mg/kg) P (mg/kg)	نیترژن (%) N _{total}	کربن آلی (%) Organic carbon	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	واکنش خاک pH	نوع نمونه Sample type
138	97	0.28	3.4	0.26	4.42	خاک soil
1085	178	1.6	31.33	4.07	7.94	ورمی کمپوست vermicompost

* در این جدول فسفر و پتاسیم در خاک مقدار قابل جذب و در ورمی کمپوست مقدار کل این دو عنصر است.

ورمی کمپوستی با پتاسیم بیش تر، انتخاب می شد. انتخاب کود ارگانیک مناسب برای بهبود ویژگی های خاک و کیفیت محصول بسیار مهم است و نتیجه به دست آمده از مصرف این کودها در خاک به مقدار زیادی به ویژگی های کود مصرفی وابسته است. بدیهی است ورمی کمپوست با کیفیت پایین نمی تواند نتیجه مطلوبی را در ارتباط با بهبود ویژگی های خاک و عملکرد در پی داشته باشد.

اثر ورمی کمپوست بر ویژگی های خاک باغ چای شش ماه بعد از افزودن آن به خاک سطحی: تغییراتی که در اثر مصرف ورمی کمپوست در خاک باغ چای مورد مطالعه شش ماه بعد از افزودن آن به خاک سطحی حاصل شد، به شرح زیر است. در طول مدت شش ماهه بهار و تابستان هیچ نوع اندازه گیری انجام نشد و تمام نتایج مربوط به پایان دوره شش ماهه است. به دلیل انجام هرس کف بر در باغ مورد مطالعه، برداشت برگ سبز چای نیز فقط در پایان شش ماه انجام شد.

واکنش (pH): افزودن ورمی کمپوست، واکنش خاک را به مقدار جزئی کاهش داد (جدول ۲). بیش ترین

ورمی کمپوست مصرفی از نظر رنگ، قهوه ای مایل به سیاه، بدون بوی نامطبوع، دارای نسبت کربن به نیترژن حدود ۲۰، از نظر واکنش (pH) و هدایت الکتریکی (EC) درجه یک، نیترژن بیش از یک درصد، ولی فسفر کل آن ناچیز و پتاسیم کل آن کم است. مقدار فسفر و پتاسیم در ورمی کمپوست مصرفی به ترتیب ۱۴۸ و ۱۰۸۵ میلی گرم در کیلوگرم (به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۱۳ درصد پتتا اکسید فسفر و اکسید پتاسیم) است که بسیار کم تر از مقدار کمینه این دو عنصر در ورمی کمپوست درجه یک است. بر اساس استاندارد تدوین شده برای ورمی کمپوست توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۹۹۹) در ورمی کمپوست درجه یک، مقدار کل هر کدام از این دو عنصر به فرم اکسید باید بیش از ۱ درصد باشد.

به عبارت دیگر ورمی کمپوست مورد استفاده در این پژوهش مقدار کافی از این دو عنصر را ندارد. با توجه به بالا بودن فسفر خاک مورد مطالعه، این انتخاب در مورد فسفر، منطقی است ولی در مورد پتاسیم، این استدلال چندان قوی نیست و بهتر بود

به خوبی انجام می‌شود، که منجر به تولید اسیدهای آلی و کاهش جزئی pH خاک شد. دلیل کاهش pH خاک بعد از اضافه کردن کودهای آلی به خاک، ناشی از افزایش فعالیت میکروبی خاک و در نتیجه تجزیه مواد آلی و تولید اسیدکربنیک و اسیدهای آلی در خاک است (۲۶).

کاهش به مقدار ۰/۲ واحد، در سطح ۲ درصد ورمی‌کمپوست رخ داد. این کاهش، معنی‌دار نیست و با توجه به قدرت بافیری خاک اهمیت ندارد. با توجه به این‌که در فصول بهار و تابستان هم درجه حرارت و هم رطوبت (به دلیل آبیاری بارانی)، در باغ چای مورد مطالعه مطلوب بود در نتیجه، تجزیه مواد آلی

جدول ۲- برخی ویژگی‌های خاک شش ماه بعد از افزودن ۰، ۰/۵ و ۲ درصد ورمی‌کمپوست به باغ چای.

Table 2. Some properties of soil, six months after addition of 0. 0.5 and 2 Percent of vermicompost to the soil in tea garden.

LSD	2%	0.5%	0%	ویژگی خاک / سطوح کود Vermi levels/Soil Propertyties
0.37	3.85	3.91	4.05	واکنش خاک pH
0.34	1.2	0.6	0.36	هدایت الکتریکی
1.14	4.11	4.2	3.9	کربن آلی (درصد) OC%
2.96	28.96	28.48	26.66	تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم) Cation exchange (cmol/kg)
0.06	0.34	0.33	0.31	نیترژن کل % Total nitrogen (%)
59.36	161	157	131	فسفر P (mg/kg)
135.46	191	189	165	پتاسیم K (mg/kg)
0.0037	1.2	0.9	0.08	تنفس خاک (گرم بر روز) Soil respiration (g/day)
0.56	1.03	1.13	1.31	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) Bulk density (g/cm ³)
0.37	2.48	2.59	2.77	چگالی حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب) particle density (g/cm ³)
61.5	58.46	56.37	52.70	تخلخل خاک (درصد) Soil porosity (%)
5.67	37.5	38.65	33.32	رطوبت جرمی (درصد) Gravimetric moisture (%)
48.55	38.62	43.67	43.64	رطوبت حجمی (درصد) Volumetric moisture (%)

ورمی کمپوست و کمترین مقدار نیز مربوط به پلات شاهد است (جدول ۲). هدایت الکتریکی خاک پلات شاهد در پایان تابستان (۰/۳۶) نسبت به پایان زمستان (۰/۲۶) اندکی افزایش داشت. به دلیل بارش‌های جوی و آبشویی یون‌ها و عناصر غذایی، در پایان فصل سرد نسبت به پایان فصل گرم، هدایت الکتریکی خاک اندکی کم‌تر است.

ورمی کمپوست با هدایت الکتریکی کم‌تر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر (در عصاره ۱۰ درصد جرم به حجم ماده خشک)، ورمی کمپوست درجه یک محسوب می‌شود (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۹۹۹). ورمی کمپوست مورد استفاده EC قابل قبول (برابر ۴/۰۷) دارد. ورمی کمپوست حاوی مقدار زیادی املاح محلول است که می‌تواند باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک شود (۳۵). افزایش EC خاک در اثر افزودن ورمی کمپوست و رسیدن به مقدار ۱/۲ ds/m، بعد از شش ماه فصل معتدل و گرم سال و قبل از شروع بارش‌های فصل پاییز به‌ویژه در استان گیلان، نامطلوب نیست. بدیهی است که با شروع فصل پاییز و آغاز بارندگی‌های موسمی، شستشوی نمک از خاک شروع و در پایان اسفند، مجدد کاهش و شاید به حالت اولیه برگردد.

آتیه و همکاران (۲۰۰۱) با انجام آزمایش‌های مشابه دریافتند که مصرف ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد وزنی ورمی کمپوست در بستر کشت گیاهان زینتی، موجب افزایش خطی هدایت الکتریکی می‌شود (۳). هدایت الکتریکی خاک تحت تأثیر مقدار کود آلی است و معمولاً با افزایش مقدار کود آلی مصرفی به خاک، افزایش می‌یابد (۳۳، ۳۴). پارتاساراتی و همکاران (۲۰۰۸) نیز اعلام کردند که در اثر افزودن ورمی کمپوست به خاک، هدایت الکتریکی خاک افزایش می‌یابد (۲۶).

پیش‌بینی این است که با توجه به قدرت بافری خاک در این باغ و نقش تامپون‌کننده مواد هوموسی در خاک بعد از مدتی واکنش این خاک به حالت اولیه برگردد. واکنش مطلوب خاک برای رشد حداکثر چای از ۴/۵ تا ۵/۵ است. واکنش خاک این باغ در پلات شاهد در پایان اسفند ۴/۴۲ (جدول ۱) و در پایان تابستان ۴/۰۵ به‌دست آمد (جدول ۲).

مقدار pH خاک ارتباط نزدیکی با تجزیه ماده آلی خاک دارد. معمولاً با افزایش تجزیه مواد آلی در خاک، کاهش pH خاک مورد انتظار است. با توجه به این‌که در فصول بهار و تابستان هم درجه حرارت و هم رطوبت (به‌دلیل آبیاری بارانی)، در باغ چای مورد با توجه به مقدار واکنش خاک در پلات شاهد در پایان اسفند و پایان تابستان، می‌توان گفت که خاک این باغ برای رشد حداکثر چای از نظر pH مقداری نامطلوب است و می‌توان با افزودن مقدار مناسب از دولومیت واکنش این خاک را افزایش داد تا برای رشد چای مطلوب‌تر شود (۱۰). دی‌اکسیدکربن آزاد شده بر اثر تنفس ریشه گیاهان و تنفس میکروبی خاک نیز می‌تواند از عوامل کنترل‌کننده pH خاک باشد (۱۱). مشابه نتایج این پژوهش، سریکانت و همکاران (۲۰۰۰) و شیرینفکر و همکاران نیز کاهش pH خاک را بعد از افزودن ورمی کمپوست به خاک گزارش کرده‌اند (۳۴، ۳۵).

هدایت الکتریکی (EC): به استناد نتایج به‌دست آمده، اثر تیمار کودی بر میزان EC خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). به‌عبارت دیگر، مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌دار هدایت الکتریکی خاک شد (به‌ترتیب از ۰/۳۶ در شاهد به ۰/۶ و ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر برای سطوح ۰/۵ و ۲/۰ درصد). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان EC خاک مربوط به تیمار ۲ درصد

ریشه گیاه بیش‌تر می‌شود. مکان تبدالی در مواد هوموسی بیش‌تر مربوط به گروه عاملی کربوکسیل (COOH) است (۱۲).

نیتروژن کل خاک: مقدار نیتروژن کل در خاک پلات‌های شاهد که در پایان اسفند ۰/۲۸ درصد وزنی بود (جدول ۱)، در پایان تابستان به ۰/۳۱ درصد وزنی رسید (جدول ۲). افزایش نیتروژن کل خاک در پایان تابستان نسبت به پایان زمستان، ضمن این‌که هیچ نوع کود شیمیایی نیتروژن‌دار هم مصرف نشده بود، منطقی است زیرا با افزایش درجه حرارت محیط، شرایط برای فعالیت میکروبی در خاک مساعدتر شده و در نتیجه نیتروژن آلی به نیتروژن معدنی تبدیل می‌شود.

هر دو سطح ۰/۵ و ۲ درصد ورمی‌کمپوست منجر به افزایش نیتروژن کل شد. این افزایش در تیمار ۲ درصد بیش‌تر بود و به ۰/۳۴ درصد رسید (۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). اگر جرم یک هکتار از این خاک با عمق ۲۰ سانتی‌متر ۳۰۰۰ تن فرض شود افزایش نیتروژن معدنی کل برابر ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست می‌آید که تقریباً معادل ۱۵ برابر برداشت نیتروژن از خاک توسط گیاه چای با ۱۳۰۰ کیلوگرم عملکرد برگ سبز خشک شده در یک دوره رشد است. مقدار برداشت نیتروژن معدنی با این عملکرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (۲۱). البته در باغ‌های چای مجهز به سیستم آبیاری بارانی از جمله باغ مورد مطالعه، که عملکرد بالاتر دارند، اغلب بیش‌تر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرف می‌شود. اگر تبدیل نیتروژن آلی به معدنی مطلوب باشد ورمی‌کمپوست مصرفی می‌تواند نیاز گیاه چای به نیتروژن را تامین کند.

بعد از اضافه کردن کمپوست لجن فاضلاب به خاک غلظت عناصر غذایی پرمصرف افزایش یافت (۶). در آزمایشی که به‌منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر

کربن آلی (O.C): کربن آلی در خاک پلات‌های شاهد در باغ مورد مطالعه در پایان اسفندماه ۳/۴ و در پایان تابستان به ۳/۹ درصد و در پلات‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست به حدود ۴/۲ درصد وزنی رسید. افزایش کربن آلی خاک در پلات شاهد در پایان فصل گرما در مقایسه با پایان فصل سرما، این‌گونه قابل‌توجه است که از یک سوی، تولید مواد آلی مانند رشد علف‌های هرز در پای بوته‌ها و ریزش لاشبرگ‌ها و افزایش آن‌ها به خاک سطحی، مواد آلی سطح خاک را افزایش می‌دهد از سوی دیگر در طول بهار و تابستان به‌دلیل افزایش فعالیت میکروبی در خاک، مواد آلی تجزیه و از وزن و حجم آن کاسته می‌شود و عناصر غذایی آن از جمله نیتروژن آزاد شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد.

کمینه کربن آلی در ورمی‌کمپوست درجه یک توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۲۰ درصد جرمی ماده خشک تعیین شده است (۱۴). در این پژوهش افزودن ورمی‌کمپوست موجب افزایش کربن آلی خاک تا ۴/۲ درصد شد. جلیک و همکاران (۲۰۰۴) نیز در مطالعه خود در مورد اثر ورمی‌کمپوست در خاک، افزایش مقدار کربن آلی خاک را گزارش کرده‌اند (۱۱).

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC): با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در هر دو سطح کود از ۲۶ به ۲۸ سانتی‌مول بر کیلوگرم افزایش یافت اگرچه این افزایش معنی‌دار نیست. رنیتو و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتیجه مشابهی را گزارش کرده‌اند (۱۸). به‌طورکلی یکی از اثرات بلندمدت مواد هوموسی در خاک افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است. مواد آلی هوموسی شده در سطح خود بار منفی دارند بنابراین هرچه مواد آلی خاک بیش‌تر باشد ظرفیت نگهداری کاتیون‌ها و تبادل آن‌ها با محلول خاک و

رابطه مثبتی بین فسفر کل و کربن آلی خاک وجود دارد (۳۸). رنیتو و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند که معنی دار نشدن فسفر در تیمارهای ورمی کمپوست می تواند به علت ترکیب شدن H_2PO_4 تولید شده با یون های دیگر موجود در خاک و تبدیل شدن به ترکیباتی با حلالیت کم تر و یا به شکل غیر قابل استفاده برای گیاه باشد (۲۸).

دلیل مهم دیگر، پایین بودن pH خاک در این باغ است. در pH پایین، سطح کلویدهای خاک بار مثبت یافته و $H_2PO_4^-$ با انرژی قوی تری توسط سطح ذرات باردار خاک جذب و نگهداری می شود. در پژوهشی که در مورد اثر استفاده از کود آلی بر مقدار فسفر خاک توسط ولیگاس (۲۰۰۴) در سری لانکا انجام شد، نتایج مشابه این پژوهش به دست آمد (۴۰). در حالی که کرمی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که استفاده از ماده آلی مقدار فسفر قابل دسترس گیاه را در خاک افزایش می دهد (۱۸). والن و چانگ (۲۰۰۲) معتقدند که استفاده از مواد آلی در خاک در بلندمدت باعث نگهداری فسفر با پیوندهای کم انرژی تر شده و می تواند قابلیت فراهمی فسفر خاک را افزایش دهد (۳۹).

مقدار پتاسیم در خاک مورد مطالعه در حد متوسط است (به ترتیب، ۱۳۸ و ۱۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم در پایان زمستان و تابستان). هر دو تیمار ورمی کمپوست میزان پتاسیم خاک را نسبت به شاهد اندکی افزایش داد و آن را به حدود ۱۹۰ میلی گرم بر کیلوگرم رساند. در ورمی کمپوست مصرفی اکسید پتاسیم ۰/۱۳ درصد است در حالی که در ورمی کمپوست درجه یک مقدار آن باید بیش از یک درصد باشد در خاک های نواحی مرطوب مقدار پتاسیم قابل جذب معمولاً کم تر از ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک است. شاید یکی از دلایل آن، آبخوایی پتاسیم و خروج آن از خاک سطحی باشد.

قابلیت دسترسی عناصر غذایی پرمصرف در شالیزار، انجام شد نشان داد که میزان نیتروژن معدنی در کرت های تیمار شده، بیش تر از کرت های شاهد بود که بیانگر معدنی شدن بیش تر مواد آلی ناشی از افزایش فعالیت میکروبی در اثر افزودن ورمی کمپوست در این کرت ها است (۱۷). وانگ و همکاران (۲۰۰۹) اعلام کردند که رابطه مثبتی بین فسفر کل و کربن آلی خاک وجود دارد (۳۸). همچنین بهرامی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه شاخص های کیفیت خاک مشاهده کردند که تغییرات نیتروژن الگوی مشابهی با تغییرات کربن آلی خاک دارد (۵).

فسفر و پتاسیم خاک: مقدار فسفر خاک های تیمار شده با ورمی کمپوست و شاهد اختلاف معنی داری ندارند و بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها، تیمارهای کودی اثر معنی داری بر میزان فسفر خاک نشان نداد، اگرچه مقدار فسفر خاک در هر دو تیمار ورمی کمپوست حدود ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک بیش تر از شاهد است (جدول ۲). به عنوان یک قاعده کلی، مقدار فسفر معدنی شده در خاک با افزایش مقدار فسفر آلی افزایش می یابد (۱۲). در خاک مورد مطالعه مقدار فسفر معدنی بالا است (به ترتیب، ۹۷ و ۱۳۱ میلی گرم بر کیلوگرم در پلات شاهد در پایان فصول زمستان و تابستان). معمولاً لایه مالچ مانند، در زیربوت های چای بالغ، منجر به تثبیت کم تر فسفر موجود در مواد آلی می شود (۴۱).

به نظر می رسد به دلیل پایین بودن مقدار فسفر در ورمی کمپوست مصرفی، افزودن آن به خاک تا سطح ۲ درصد تأثیر معنی دار بر فسفر معدنی خاک نداشت. شاید دلیل دیگر آن این باشد که نسبت کربن به فسفر، در ورمی کمپوست مصرفی بالاتر از ۳۰۰ است و شدت آلی شدن فسفر بیش تر از معدنی شدن آن است ($I > M$). وانگ و همکاران (۲۰۰۹) اعلام کردند که

آتی کمک خواهد کرد. با افزودن مواد آلی به خاک رشد میکروارگانیسم‌ها و میزان معدنی‌شدن مواد آلی زیادتر شده و تنفس خاک نیز بیش‌تر می‌شود (۳۱).

جرم مخصوص ظاهری، حقیقی و تخلخل خاک: با افزودن ورمی‌کمپوست جرم مخصوص ظاهری خاک حدود ۲۰ درصد و چگالی حقیقی ۱۰ درصد کاهش یافت که از نظر آماری هم معنی‌دار است. به عبارت دیگر حجم منافذ یا درصد تخلخل در اثر افزودن ورمی‌کمپوست به خاک حدود ۱۰ درصد افزایش یافت ولی بین سطوح ۰/۵ و ۲ درصد ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌دار نیست که نتایج آزمایش‌های تجاد و گونزالز (۲۰۰۸) نیز این مطلب را تأیید می‌کند (۳۷). ماتوس و آروندا (۲۰۰۳) نیز در مطالعات خود، افزایش تخلخل خاک در اثر مصرف ورمی‌کمپوست را گزارش کرده‌اند (۲۰). میرزایی و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک، باعث اسفنجی‌شدن ساختار خاک و افزایش درصد خلل و فرج و در نهایت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود (۲۳).

رطوبت جرمی و حجمی خاک: طبق نتایج آنالیز خاک، شش ماه بعد از افزودن ورمی‌کمپوست به خاک باغ‌چای، رطوبت جرمی (رطوبت خاک سطحی باغ در پایان تابستان) در هر دو سطح ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد حدود ۱۵ درصد بیش‌تر است ولی بین دو سطح ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌دار نیست. روچانا و همکاران (۲۰۰۶) بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمایش خود، گزارش کردند که مصرف ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی در خاک با تغییر اندازه خلل و فرج خاک و افزایش منافذ ریز و متوسط، ظرفیت نگهداری آب در خاک را افزایش می‌دهد (۲۹). در نتیجه می‌توان گفت که ورمی‌کمپوست با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، باعث افزایش ظرفیت

شیرین‌فکر و همکاران (۲۰۰۷) اعلام کردند که میزان پتاسیم خاک تحت‌تأثیر مقدار کود آلی افزوده شده به خاک قرار می‌گیرد به‌طوری‌که با افزایش مقدار کود آلی، پتاسیم خاک هم افزایش می‌یابد (۳۳). پتاسیم برای تحریک رشد بوته‌های جوان چای و تولید اندام قوی ضروری است (۴۱). کرم‌های خاکی با فرو بردن ذرات ریز خاک، پتاسیم معدنی را آزاد و آن را به فرم قابل‌جذب تبدیل می‌کنند (۱). طی فرایند تولید ورمی‌کمپوست عناصر ضروری گیاه مانند پتاسیم موجود در پسماندهای آلی، به نوع قابل‌دسترس برای گیاه تبدیل می‌شود. کرمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان داشتند که افزودن ماده آلی به خاک مقدار پتاسیم قابل‌دسترس خاک را افزایش می‌دهد (۱۸).

تنفس خاک: در این پژوهش، افزودن هر دو سطح ۰/۵ و ۲ درصد جرمی ورمی‌کمپوست به خاک باغ‌چای، تنفس خاک را به‌طور معنی‌دار (حدود ۱۰ برابر) افزایش و مقدار آن از ۰/۰۸ به‌ترتیب به ۰/۰۹ و ۱/۲ گرم در روز رسید که بر اساس نتایج اسپنبرگ و استینر (۱۹۹۷)، دلیل آن افزایش جمعیت میکروبی بعد از افزودن ورمی‌کمپوست به خاک است (۳۱). کودهای آلی ضمن افزودن هم‌زمان کربن، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی، نیاز جامعه میکروبی خاک را برطرف می‌کنند و در نتیجه تنفس میکروبی در خاک‌هایی که کود آلی دریافت کرده‌اند افزایش می‌یابد.

آزادشدن مداوم و ملایم عناصر غذایی از مواد آلی باعث حفظ طولانی‌مدت جمعیت میکروبی خاک می‌شود. افزایش معنی‌دار تنفس در اثر تیمار شدن خاک با ورمی‌کمپوست در این پژوهش دلیلی قوی بر بهبود کیفیت خاک از منظر میکروبیولوژی خاک است. این ویژگی بهبودیافته، به آزادشدن تدریجی عناصر غذایی از ورمی‌کمپوست باقی‌مانده در خاک در سال‌های

نتیجه آن کوتاه‌شدن دوره رویش، زردی عمومی برگ‌ها و خزان گیاه چای است (۲۲).

به‌نظر می‌رسد در سطح ۲ درصد ورمی‌کمپوست، آن بخش از نیتروژن آلی معدنی شده که توسط ریشه جذب و به برگ سوم گیاه منتقل شده است تا حد زیادی بتواند رشد حداکثری گیاه چای را ایجاد کند و یا لافل نیاز به مصرف کود شیمیایی نیتروژن‌دار را به مقدار زیادی کاهش دهد. نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر تشکیل‌دهنده کلروفیل، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، هورمون‌ها و ویتامین‌ها در برگ است. با توجه به این‌که در گیاه چای، محصول اصلی این گیاه برگ‌های تازه و جوان است و نه گل یا میوه آن، به همین دلیل جذب نیتروژن به مقدار کافی، در عملکرد و تولید اقتصادی برگ سبز چای اهمیت فوق‌العاده دارد.

فسفر و پتاسیم: بین تیمار شاهد و ۰/۵ سهولت بیش‌تری به‌دست می‌آورد. بنا به اظهارات بونهور (۱۹۹۰) مقدار فسفر در برگ سبز چای در وضعیت نرمال باید ۰/۹-۰/۴ درصد ماده خشک باشد. بر اساس نتایج درج شده در جدول ۳، فسفر برگ سوم در تمامی تیمارها از حد نرمال بیش‌تر است. به‌نظر می‌رسد با توجه به بالا بودن مقدار فسفر معدنی قابل‌دسترس در خاک باغ چای مورد مطالعه، فسفری که از منبع کود آلی مصرف شده، در دسترس گیاه قرار می‌گیرد در پایان شش ماه اهمیت چندانی در تامین فسفر مورد نیاز گیاه ندارد و گیاه رشدیافته در پلات شاهد، بدون دریافت کود آلی، فسفر کافی در برگ سوم دارد. البته اظهارنظر قطعی در این مورد و تفکیک قائل شدن بین این دو نوع فسفر، مستلزم مطالعات بیش‌تری است. بین سطوح ورمی‌کمپوست از نظر آماری تفاوتی مشاهده نشد ولی سطح ۲ درصد ورمی‌کمپوست موجب افزایش فسفر در برگ سوم چای شد (جدول ۳).

نگهداشت آب در خاک و به دنبال آن افزایش رطوبت جرمی شد. افزودن ۲ درصد ورمی‌کمپوست به خاک، به‌دلیل کاهش چگالی ظاهری، رطوبت حجمی را ۱۲ درصد کاهش داد (جدول ۲).

اثر ورمی‌کمپوست بر کیفیت برگ سبز شش ماه بعد از افزودن ورمی‌کمپوست به خاک باغ چای:

بر اساس استانداردهای داخلی و بین‌المللی، برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاه چای، اولین برگ توسعه یافته از نوک شاخسار (معمولاً برگ سوم) و برای تعیین ترکیبات آلی مؤثر بر عطر و طعم چای مجموع غنچه و جوان‌ترین دو برگ (یک غنچه و دو برگ) واقع در نوک شاخسار به‌عنوان نمونه گیاه برداشت و آنالیز می‌شود. از نظر تجاری نیز مجموع غنچه و جوان‌ترین دو برگ، تحت عنوان برگ سبز چای در کارخانجات چایساز برای تولید چای سیاه استفاده می‌شود. بر این اساس، آنالیز نمونه گیاه چای در دو نوع اندام هوایی ذکر شده به‌طور مجزا، انجام و نتایج به‌دست آمده در زیر ارائه شده است.

عناصر غذایی پر مصرف اولیه در برگ سوم

نیتروژن: بین دو سطح صفر و ۰/۵ درصد ورمی‌کمپوست از نظر مقدار نیتروژن در برگ سوم تفاوتی مشاهده نشد. افزایش مقدار نیتروژن کل در سطح ۲ درصد ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد کاملاً مشهود است (جدول ۳). مقدار نیتروژن در تمامی سطوح ورمی‌کمپوست در سومین برگ، کمی پایین‌تر از حد نرمال است. اگرچه در سطح ۲ درصد به حد نرمال نزدیک‌تر است. بر اساس استانداردهای بین‌المللی، نیتروژن کل در برگ سوم چای اگر ۵ درصد وزن خشک باشد نرمال تلقی می‌شود (۴۱). هنگامی که مقدار نیتروژن موجود در برگ‌ها کم‌تر از ۳ درصد ماده خشک باشد، علائم کمبود نیتروژن در برگ‌ها ظاهر می‌شود. این کمبود رشد همه‌جانبه گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد که

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر افزودن ورمی کمپوست به خاک بر مقدار پارامترهای کیفی (% ماده خشک) برگ سبز چای.

Table 3. Mean comparison of vermicompost levels addition effect to the soil of tea garden on qualitative parameters (% dry matter) in tea leaves.

عصاره آبی Aqu. Extract (%)	خاکستر کل Total ash (%)	تانن Tannin (%)	کافئین Caffeine (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	نیترژن N (%)	ورمی کمپوست (درصد) Vermicompost (%)
37.5	6.60	12.71	2.52	2.37	1.95	4.46	0
35.5	6.40	12.65	2.84	2.53	2.02	4.47	0.5
34.1	6.15	11.89	2.86	2.55	2.2	4.69	2
2.9	0.62	0.96	0.6	0.127	0.084	0.28	LSD

افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی مانند پتاسیم در خاک می‌شود. بنابراین احتمال می‌رود که بخشی از پتاسیم آزاد شده از کود آلی مصرفی در خاک نگهداری شده و وارد اندام هوایی گیاه نشده باشد. نتایج پژوهش‌های رادهاکریزان و مهندران (۲۰۱۰) این موضوع را تأیید می‌کند. این ویژگی کود آلی بیانگر اثرات بلندمدت این نوع از کودها بر حاصلخیزی خاک اراضی زراعی و باغی مانند چایکاری‌ها است (۲۷).

ترکیبات آلی در یک غنچه و دو برگ (برگ سبز چای)

کافئین: کافئین برگ سبز چای با افزودن ورمی کمپوست به خاک به‌طور معنی‌دار افزایش و مقدار آن از ۲/۵ درصد در شاهد به ۲/۸ درصد در هر دو تیمار کودی رسید (جدول ۳). گزارش شده است که افزودن مواد آلی به خاک اراضی چایکاری، موجب افزایش کافئین موجود در برگ سبز چای می‌شود (۳۲). مقدار کافئین می‌تواند در غنچه و برگ اول حدود ۰.۴٪، در برگ دوم ۰.۳٪ و در ساقه به ۰.۱۵٪ ماده خشک چای برسد (۳۲). مقدار کافئین در طول سال ثابت بوده و فقط در اندام‌های مختلف گیاه، در شدت‌های متفاوت نور خورشید تغییر می‌کند (۴). آلکالوئید کافئین، موجب تند چای می‌شود و از

معمولاً لایه مالچ مانند، در زیربوت‌های چای بالغ، منجر به تثبیت کم‌تر فسفر موجود در مواد آلی می‌شود (۴۱). تامین فسفر گیاهان از طریق پدیده پخشیدگی فسفر صورت می‌گیرد. به همین دلیل، هرچه غلظت فسفر در محلول خاک بیش‌تر باشد گیاه فسفر مورد نیاز خود را از منبع معدنی تامین می‌کند. با توجه به بالا بودن مقدار فسفر معدنی قابل‌دسترس در خاک باغ مورد مطالعه، فسفری که از منبع آلی مصرف شده در دسترس گیاه قرار می‌گیرد در پایان شش ماه اهمیت چندانی در تامین فسفر مورد نیاز گیاه ندارد و گیاه رشدیافته در پلات شاهد، بدون دریافت کود آلی، فسفر کافی در برگ سوم دارد.

افزودن ۰/۵ و ۲ درصد ورمی کمپوست اثر مثبت بر پتاسیم برگ داشت و مقدار پتاسیم گیاه در هر دو سطح کود، افزایش معنی‌داری را نشان داد ولی بین مقادیر ۰/۵ و ۲ درصد ورمی کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مقدار پتاسیم برگ در تمام تیمارها در حد زیر نرمال است (جدول ۳). پتاسیم بعد از ازت مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز چای است و در حد مطلوب حدود ۳ درصد ماده خشک چای را تشکیل می‌دهد. مقدار بحرانی پتاسیم در برگ‌ها حدود ۰/۷ درصد است (۷). افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر افزودن مواد آلی باعث

مهم‌ترین عوامل ارزیابی کیفی چای است. نیتروژن یکی از اجزای تشکیل‌دهنده کافئین است بنابراین مصرف کودهای آلی نیتروژن‌دار، به‌طور مستقیم در افزایش مقدار این ماده مؤثر است. آذین یکی از مهم‌ترین پیش‌سازهای کافئین است. این ماده در ساختار خود پنج اتم نیتروژن دارد که نشان‌دهنده اهمیت نیتروژن در سنتز آن است (۴۱).

تانن (پلی‌فنل‌ها): مقدار پلی‌فنل‌ها یکی دیگر از ویژگی‌های کیفی چای است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک باغ چای، مقدار پلی‌فنل در برگ سبز چای کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که افزایش مواد آلی نیتروژن‌دار به خاک چای‌کاری‌ها، سبب افزایش سنتز ترکیبات ازته مانند اسیدهای آمینه در برگ چای می‌شود. نتیجه این عمل، بهبود سرعت رشد و افزایش بایومس گیاه است (۱۹). در چنین شرایطی فرصت برای سنتز ترکیبات فرعی هیدرات کربن فراهم نمی‌باشد. ترکیبات پلی‌فنلی چای جزء ترکیبات سنتزی فرعی هستند، این ترکیبات در مقایسه با افزایش تولید هیدرات کربن در برگ سبز چای، افزایش کم‌تری دارند در نتیجه مقدار آن در واحد وزن خشک، کاهش می‌یابد (۳۶).

خاکستر کل: خاکستر کل در واقع جرم مواد معدنی است که با محاسبه کاهش وزن برگ سبز چای در حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست می‌آید. مواد معدنی یا خاکستر کل برگ سبز چای بین ۴/۵ تا ۵/۵ درصد متغیر است. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک، میزان خاکستر کل از ۶/۶ درصد ماده خشک در برگ سبز چای به‌ترتیب به ۶/۴۰ و ۶/۱۵ در تیمار ۰/۵ و ۲ درصد ورمی‌کمپوست تنزل یافت. بنابراین با افزایش ورمی‌کمپوست میزان عناصر غذایی که در واقع همان مواد معدنی برگ سبز چای است کاهش می‌یابد که خود منجر به کاهش

میزان خاکستر کل می‌شود. گاهی افزایش مواد معدنی در نوشیدنی‌ها، ایجاد بیماری می‌کند به همین دلیل هرچه مقدار خاکستر کل موجود در چای بیش‌تر شود به‌دلیل افزایش مواد معدنی، کیفیت چای از نظر رنگ و طعم کاهش می‌یابد (۳۰). هدف از نوشیدن چای دست‌یابی به مواد آلی چای است نه مواد معدنی (۲۲). **عصاره آبی:** مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که تیمار شاهد دارای بیش‌ترین میزان عصاره آبی است و اختلاف معنی‌داری با هردو تیمار کودی دارد. کم‌ترین عصاره آبی مربوط به تیمار ۲ درصد است و اختلاف بین تیمار ۲ و ۰/۵ درصد ورمی‌کمپوست معنی‌دار نیست. طبق نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، میزان عصاره آبی که همان مواد محلول در آب جوش (مواد قندی و یکسری املاح) است با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک از ۳۷/۵ درصد در شاهد به‌ترتیب به ۳۵/۵ و ۳۴/۱ درصد در تیمار ۰/۵ و ۲ درصد ورمی‌کمپوست رسید. معمولاً در برگ‌چینی‌های بهار و تابستان عصاره آبی کاهش می‌یابد ولی در برگ‌چینی پاییزه مجدد این پارامتر افزایش می‌یابد. اگر میزان عصاره آبی از ۳۲ درصد ماده خشک، کم‌تر باشد اثر نامطلوب بر کیفیت نوشابه چای خواهد داشت (۳۲). در این پژوهش مقدار عصاره آبی برگ در تمام تیمارها بیش‌تر از ۳۲ درصد به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که EC، CEC، O.C، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، تخلخل، تنفس و رطوبت وزنی خاک، با افزودن ۲ درصد وزنی ورمی‌کمپوست به خاک باغ چای، افزایش ولی pH، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک کاهش یافت. بر اساس نتایج تجزیه برگ، عناصر غذایی پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و نیز کافئین با افزودن ورمی‌کمپوست به خاک افزایش ولی میزان خاکستر کل، پلی‌فنل و عصاره آبی

مناسب برای بهبود ویژگی‌های خاک و تامین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز بوته چای و بهبود کیفیت برگ سبز در باغ‌های چای مصرف شود و نیاز به مصرف کود شیمیایی را کاهش دهد.

در برگ گیاه کاهش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک مورد مطالعه، تأثیر مثبت بر اغلب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته و باعث بهبود کیفیت برگ سبز چای می‌شود بنابراین می‌تواند به عنوان کود آلی

منابع

1. Alikhani, H., and Savaghebi, Gh. 2006. Vermicompost for sustainable agricultural production. Jehade-daneshgahi press, Tehran, Iran.
2. Anderson, J.P.E. 1982. Methods of soil analysis. 2nd ed. Part II. American Society of Agronomy U.S.A. Soil Respiration. Pp: 831-872.
3. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Sulber, S., and Metzger, J. 2001. Pig manure vermicompost as component of a horticultural bedding plant medium: Effect on physiochemical properties and plant growth. *Bioresources Technology*. 78: 1. 11-20.
4. Azizizade, K. 2005. Estimate the quality of black tea with the use of the chemical compounds and sensory test. Masters thesis. Islamic Azad University of Tehran.
5. Bahrami, A., Emadodin, I., Ranjbar Atashi, M., and Rudolf Bork, H. 2010. Land use change and soil degradation: a case study, north of Iran. *Agric. Biol. J. North Amer.* 1: 4. 600-605.
6. Bevacqua, R.F., and Mellano, V.J. 1993. Sewage sludge composts cumulative effects on crop growth and soil properties. *Compost science*. 1: 3. 34-39.
7. Bonheure, D. 1990. Tea. Mac Milan education. LTD. Pp: 52-64.
8. Carter, M.R., and Gregorich, E.G. 2006. Soil sampling and methods of analysis. Second edition. Canadian Society of Soil Science.
9. Ebrahimi, R., and Refahi, H. 2001. Investigation of nutrient loss due to soil surface erosion in sloppy lands under tea cultivation in east of Guilan province. *J. Pajohesh and Sazandegi*. No: 54.
10. Ebrahimi, R., and Safaripoor, M. 2013. Magnesium fertilizers are necessary for tea cultivation. Thirteenth Congress of Soil Science, Ahwaz. Iran.
11. Gelik, I., Ortas, I., and Kilik, S. 2004. Effect of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*. 78: 59-67.
12. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 2007. An introduction to nutrient management. *Soil Fertility and Fertilizers*, Pp: 244-289.
13. ISO 14502-1. 2005. Determination of substances characteristic of green and black tea. Part I.
14. Institute of Standards and Industrial Research in Iran (ISIRI). 1999. Vermicompost-Physical and chemical specifications. 1st Edition. Tehran, Iran.
15. Imani, S., and Ebrahimi, R. 2013. Effect of vermicompost on chemical and physical properties of soil and tea leaves quality. Thirteenth Congress of Soil Science, Ahwaz. Iran.
16. Jeybal, H., and Kupposwamy, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *Europ. J. Agron.* 15: 153-170.
17. Kale, R.D., Malesh, B.C., Bano, K., and Bagyaraj, D.J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. *Soil Biological and Biochemical*. 24: 12. 317-320.
18. Karami, A., Homaei, M., Afzalinia, S., Ruhipour, H., and Basirat, S. 2012. Organic resource management: Impacts on soil aggregate stability and other soil amendment-chemical properties. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Pp: 22-28.
19. Khladbryn, B., and Aslamzadh, I. 2001. Mineral Nutrition of higher plants, Vol. I (Translation). Shiraz, Shiraz University.

20. Matos, G.D., and Arrunda, M.A.Z. 2003. Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. *Proc. Biochem.* 39: 81-88.
21. Mengel, K., and Kirkby, E.A. 2001. Principles of plant nutrition. Dordrecht, Netherlands: Kluwer academic publisher.
22. Mirniya, Kh., and Ebrahimi, R. 2003. Tea (translation). Mazandaran University Press.
23. Mirzaei, R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi, A. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Iran. J. Crop. Res.* 7: 1. 257-267.
24. Ndegwa, P.M., and Thompson, S.A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology.* 76: 107-112.
25. Nelson, C., and Dallug, J. 2000. Determination of tea catechins. *Inter. J. Chromatograph.* 881: 411-424.
26. Parthasarathi, K., Balamurugan, M., and Ranganathan, L.S. 2008. Influence of vermicompost on the physicochemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop black gram. *Iran. J. Environ. Health Sci. Eng.* 5: 1. 51-58.
27. Radhakrishnan, B., and Mahendran, P. 2010. Studies on the effect of vermicompost and vermivash on growth and development of tea (*Camellia Sinensis*). *J. Plant Crop.* 38: 1. 27-31.
28. Renato, Y., Ferrira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fraction and soil fertility. Influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Bioresource Technology.* 60: 3. 59-63.
29. Rochana, T., Sawaneg, R., Patma, V.R., and Bunyong, T. 2006. Effect of organic and clay mineral amendment on physical properties of degraded sandy soil for sugarcane production. *Res. Article.* 8: 1. 44-48
30. Salari, R. 2010. Comparison of physicochemical properties of three kinds of imported tea, available in Mashhad in the year of 2009. *Sci. Res. J. Food Sci. Technol.* Second Year, Second Number.
31. Schomberg, H., and Steiner, J.L. 1997. Estimating crop residue decomposition coefficients using substrate induced respiration. *Soil Biol. Biochem.* 29: 1089-1097.
32. Sedaghatpur, S., and Shokrgozar, S.A.T. 2001. Chemical composition of tea. Technical Bulletin No. 15. Publications office of tea research center. 36p.
33. Shirinfekr, A. 2007. Effect of type and amount of organic fertilizer on soil physical and chemical properties of green leaf in tea. Final report. Tea Research Center of Iran, LAHIJAN. No. 81005.
34. Shirinfekr, A., Chokamy Fatemi, A., Alinia, A., Faghripour, B., and Keshavarz, Z. 2007. Affect the kind and amount of organic manure on soil physical and chemical properties and tea green leaf yield. Proceedings of the Tenth Congress of Soil Science, Iran, Tehran. 4-6 September.
35. Srikanth, K., Srinivasamurthy, C.A., and Siddamarappa, V.R. 2000. Direct and residual effect of enriched compost, vermicompost and fertilizers on properties of an Alfisol. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 48: 3. 496-499.
36. Swanson, B.G. 2003. Tannins and Polyphenols. *Encyclopedia of food science and nutrient.* Pp: 5729-5762.
37. Tejad, M., and Gonzalez, J.L. 2008. Influence of two organic amendments on soil physical properties. *Geoderma.* 145: 325-334.
38. Wang, Y., Zhang, X., and Huang, C. 2009. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land uses in a small watershed on the loess plateau, China. *Geoderma.* 150: 141-149.
39. Whalen, J.K., and Chang, C. 2002. Phosphorus sorption capacities of calcareous soils receiving cattle manure applications for 25 years. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33: 1011-1026.
40. Willigas, U. 2004. Status of organic agriculture in Srilanka with special emphasis on tea production systems. Faculty of plant productions. University of Giessen.
41. Willson, K.C. 1999. Coffee, Cocoa and Tea. CABI. Publishing. Landon, UK.



Short time effects of vermicompost on soil properties and quality of tea green leaf in tea cultivated lands

***R. Ebrahimi Gaskarei**

Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Guilan

Received: 11/14/2014; Accepted: 04/24/2016

Abstract

Background and Objectives: There is no scientific report, as an output of field study, related to short or longterm effects of vermicompost on soil properties and quality of tea green leaves with the aim of replacement of chemical fertilizers with organic manures and production of organic tea, but in trade level this activity has been started in small scale in Guilan province. In order to study the short time effects of 3 levels of vermicompost on soil properties and quality of tea green leaf with the aim of possibility of organic tea production, this research has been conducted in one tea garden with 30 hectares area, located in the side of Foman–Maklavan road, in Guilan province, in a completely randomized design with 3 treatments and replications.

Materials and Methods: First of all, prune floor has been done in the part of this garden and plots were separated with 20 square meter area. Then soil samples were taken from surface and combined and primary experiments have been done, in the end of winter, 2013. Then, vermicompost, with suitable size (<4 mm), were provided and its important characteristics were determined and then according to statistical design, it was added to soil surface of each plot in three levels (0, 0.5 and 2%) and mixed with soil thoroughly by surface plow. During spring and summer, weed growth has been controlled and sprinkle irrigation has been done. In the end of summer, soil samples were collected by Auger again and tea green leaf includes a bud plus two youngest leaves and also third leaf, picked up by machine and samples were shifted to the tea research center laboratory. Immediately in plant sample, third leaf was separated from bud plus two youngest leaves, by hand. Then soil and plant samples preparation and soil test and plant samples analysis include third leaf and bud plus two youngest leaves has been done, separately.

Results: Results indicated an increase in electrical conductivity, cation exchange capacity, organic carbon, respiration, porosity and moisture content in soil by adding vermicompost in both levels. The amount of nitrogen, phosphorus and potassium in soil samples increased in treated plots by vermicompost as compared to treatment without vermicompost, significantly, but there was no difference between treatments of 0.5 and 2 percent. Organic manure application in both levels (0.5 and 2%) decreased bulk and particle density in soil. In treatment with 0.5% vermicompost, potassium content and in treatment with 2% vermicompost, K, N and P content also improved in third leaves. In bud plus two youngest leaves, caffeine content increased but polyphenols, total ash and water extract, decreased.

Conclusion: According to the results of this research, it could be concluded that within six months after application of vermicompost in the soil of tea garden, it improved soil properties and quality of tea green leaf especially in 2% level and it could provide major part of macronutrients for tea plant growth. These results, in short time, could be earned, if first class of vermicompost used, secondly, organic manure mixed with soil thoroughly in application time, in this situation, it is possible to produce organic tea green leaf, without application of chemical fertilizers. According to the availability of organic waste in Guilan, scientifically and practically, production of organic tea green leaf is possible, in north of Iran.

Keywords: Polyphenol, Organic tea, Caffeine, Macron, Organic manure

* Corresponding Authors; Email: rezaebrahimi@guilan.ac.ir