

有机肥与化肥配施对茶叶生长和土壤养分的影响*

李萍萍^{1,2} 林永锋^{1,3} 胡永光^{1,3}

(1. 江苏大学现代农业装备与技术教育部重点实验室, 镇江 212013; 2. 南京林业大学生物与环境学院, 南京 210037;
3. 江苏大学农业装备工程学院, 镇江 212013)

摘要: 设置醋糟有机肥和化肥不同配比的 5 个处理: 100% 有机肥、70% 有机肥 + 30% 化肥、50% 有机肥 + 50% 化肥、30% 有机肥 + 70% 化肥以及 100% 化肥, 并以不施肥为对照 (CK), 研究不同肥料配比对春茶生长、产量、品质及茶园土壤养分含量的影响。结果表明, 不同施肥处理都有促进春茶产量、品质和土壤养分含量的作用, 但处理之间差异较大。增产作用以 70% 有机肥 + 30% 化肥的处理最显著, 比对照平均增产 276.91%, 30% 有机肥 + 70% 化肥的处理次之, 50% 有机肥 + 50% 化肥的处理居中; 茶叶的新梢长、叶面积、芽密度、百芽质量等生长指标, 以及茶多酚、氨基酸、咖啡碱、水浸出物等品质指标都以 70% 有机肥 + 30% 化肥的处理为最高。茶园土壤中有有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量均随有机肥在肥料中所占比例的增加而增加, 即以 100% 有机肥的处理最高, 70% 有机肥 + 30% 化肥的处理次之, 但两者差异不显著。综合分析表明, 70% 有机肥 + 30% 化肥的配施是值得在茶园推广应用的优化方案。

关键词: 茶树 有机肥和化肥配施 产量 品质 土壤养分

中图分类号: S143.6; S147.21⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)02-0064-06

Effects of Compound Application of Organic and Chemical Fertilizers on Growth, Quality of Tea Plants and Soil Nutrient

Li Pingping^{1,2} Lin Yongfeng^{1,3} Hu Yongguang^{1,3}

(1. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China 2. College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China
3. School of Agricultural Equipment Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: To test the effects of compound application of organic and chemical fertilizers on tea plants, five treatments of compound fertilizer mixed with organic vinegar residue fertilizer and chemical fertilizer were set to study their influence on tea growth, yield and quality, and soil nutrient as well. The treatments were set as organic fertilizer of 100% (100% O), chemical fertilizer of 100% (100% C), 70% O + 30% C, 50% O + 50% C, 30% O + 70% C and no fertilizer as control (CK). The result showed that all the fertilization treatments contributed to tea yield and quality and soil nutrient contents, but the effects varied with different treatments. The treatment of 70% O + 30% C was the most significant in yield increase, which was 276.91%, the treatment of 30% O + 70% C was the second and the treatment of 50% O + 50% C was in the middle; the growth indexes such as the length of new shoot, leaf area, 100-bud weight and bud density, and the quality indexes such as tea polyphenols, amino acid, caffeine and water extract were also the highest when the treatment of 70% O + 30% C was applied. The more organic fertilizer was applied, the more alkali-hydro nitrogen, available phosphorus and available potassium were increased in the soil of tea fields, and the treatment of 100% O ranked the first place and

收稿日期: 2014-11-19 修回日期: 2014-12-18

* 农业部公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303012)和江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏政办发(2014)37号)

作者简介: 李萍萍, 教授, 博士生导师, 主要从事农业生物环境工程与农业生态研究, E-mail: ppli@njfu.edu.cn

通讯作者: 胡永光, 教授, 博士生导师, 主要从事茶果园生产装备与技术研究, E-mail: deerhu@163.com

the treatment of 70% O + 30% C took the second place, between which there was no significant difference. Comprehensive analysis showed that the treatment of 70% O + 30% C was optimal and worthy of application in tea fields.

Key words: Tea plants Compound application of organic and chemical fertilizer Yield Quality Soil nutrients

引言

茶树是多年生作物,其产量和品质与土壤有机质、全氮、速效 N、P、K 等含量具有明显的相关性^[1]。近几十年来,我国茶叶产量及品质大幅度提高,其中施肥技术的更新起到了不可替代的作用。有机肥是有多种营养元素的全价肥料,茶园施用有机肥对改良土壤理化性质,平衡土壤养分,提高肥料利用率,促进茶树生长,从而提高茶叶的产量和品质均有重要作用^[2]。关于施肥与茶叶产量、品质及土壤肥力状况变化的研究也有较多报道^[3-7]。但这些研究大都只针对单独施用化肥、有机肥、化肥与有机肥配施或套种绿肥等对茶树或茶园土壤的影响,而对如何合理配施少有涉及。此外,为适应精确变量施肥操作,配施决策尤为重要^[8-10]。

本文通过田间定位试验,研究 6 种不同有机肥和化肥配施处理对茶叶产量、茶叶品质及茶园土壤肥力的影响,旨在得出合理施肥模式,为提高茶叶产量、促进茶叶营养物质的累积及提升茶园土壤肥力提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

试验于 2012 年 9 月—2013 年 11 月在江苏省镇江市丹阳吟春碧芽茶场进行。茶树品种为龙井 43,5 年生,种植行为南北向,行距 150 cm。土壤性状如下:土壤 pH 值 5.53,有机质含量 13.20 g/kg,碱解氮 130.24 mg/kg,速效磷 30.18 mg/kg,速效钾 240.19 mg/kg。

试验用有机肥为镇江恒欣肥料科技有限公司提供的醋糟有机肥,pH 值 5.8,EC 值 1.78 mS/cm,容重 0.25 g/cm³,全 N、全 P 和全 K 质量分数分别为 2.38%、0.31% 和 1.12%。化肥使用尿素(含 N 质量分数为 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 质量分数为 12%)和硫酸钾(含 K₂O 质量分数为 50%)。

施肥方式:全部有机肥、磷肥、钾肥及 70% 的氮肥于 2012 年 11 月底沿茶行滴水线开深 20 cm 左右,并结合灌溉的方式施用;次年 2 月初追施 30% 氮肥,作为春茶的催芽肥。其他管理措施一致。

1.2 试验设计

试验共设置 6 个处理,分别为:100% 有机肥、70% 有机肥 + 30% 化肥、50% 有机肥 + 50% 化肥、30% 有机肥 + 70% 化肥、100% 化肥,以及不施肥(CK)。每个处理小区面积 27 m²,3 次重复。100% 有机肥为 7 496.25 kg/hm²,100% 化肥为 1 046.62 kg/hm²(即尿素、过磷酸钙、硫酸钾分别为 348.73、543.47、154.42 kg/hm²)。每个处理的氮、磷、钾施用量相当,即除了对照外,每个处理氮、磷和钾施用量分别为 160.42、65.22、和 77.21 kg/hm²。各处理具体施用量如表 1 所示。

表 1 试验处理及施肥量

Tab.1 Treatments and fertilizer application rate

处理代号	施肥处理	有机肥/ (kg·hm ⁻²)	化肥/ (kg·hm ⁻²)
T1	100% 有机肥	7 496.25	0.00
T2	70% 有机肥 + 30% 化肥	5 247.38	313.99
T3	50% 有机肥 + 50% 化肥	3 748.13	523.31
T4	30% 有机肥 + 70% 化肥	2 248.88	732.63
T5	100% 化肥	0.00	1 046.62
CK	不施肥	0.00	0.00

1.3 项目测定

1.3.1 茶树生长及生理指标测定

(1)新梢长度:新梢基部至顶梢基部的长度。每个处理选取 25 个新梢,在采茶前每隔 3 d 观察一次,并分别记录。

(2)叶面积:每个处理选取 30 个生长状况良好的一芽二叶新梢,并以新梢基部往上数第 2 个真叶为测定对象,分别测量其长度和宽度,采用 0.7 系数法计算叶面积,即叶面积为叶长与叶宽乘积的 0.7 倍。

(3)百芽质量:各处理区内分别随机采摘 100 个一芽一叶和一芽二叶,称量 3 次计算平均值。

(4)茶芽密度:各小区随机采取 10 个 0.1 m² 内的芽头,记录芽头个数。

(5)产量:各小区采摘一芽一叶,每次采摘后单独称量,最后各批次质量相加即为各小区的总产量。

(6)净光合速率:于 2013 年 7 月选晴朗天气,每小区随机选取 3 株茶树,选定新芽完全展开的第 3 片真叶;使用 Li-6400(LI-COR 公司)便携式光

合仪,从 07:00—18:00 测定茶叶净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)等参数;每隔 2 h 测一次,重复 3 次。光合仪参数设置为:采用红蓝光源,光强为 $1\ 000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, CO_2 浓度为 $340\ \mu\text{mol}/\text{mol}$,温度为 $20.0\ ^\circ\text{C}$,气流速率为 $500\ \mu\text{mol}/\text{s}$ 。

1.3.2 茶叶品质指标的测定

于 2013 年 3—9 月采茶期间采摘一芽一叶鲜叶,经 $100\ ^\circ\text{C}$ 蒸汽杀青固样, $80\ ^\circ\text{C}$ 干燥后磨细,并过孔径为 $1\ \text{mm}$ 的筛子,供化学分析使用。茶叶内含成分的测定项目包括茶多酚(参照 GB/T 8313—2008 酒石酸亚铁比色法测定^[11])、水浸出物(参照 GB/T 8305—2002 差重法测定^[11])、咖啡碱(参照 GB/T 8312—2002 紫外分光光度法)和游离氨基酸(参照 GB/T 8314—2002 茚三酮比色法^[12]),酚氨比为茶多酚含量与氨基酸含量的比值。

1.3.3 土壤理化指标的测定

于 2012 年 11 月—2013 年 9 月,采用五点取样法在各处理小区采集 $0\sim 20\ \text{cm}$ 深的土样,每次采样的前 3 d 天气晴好,通过四分法取样,风干后过筛保存。

土壤基本肥力状况采用以下分析方法^[13]。土壤有机质:重铬酸钾容量法测定;速效氮:碱解扩散法测定;速效磷: $0.05\ \text{mol}/\text{L}\ \text{NaHCO}_3$ 提取,钼蓝比色

法测定(LY/T 1233—1999);速效钾:采用 $1\ \text{mol}/\text{L}$ 乙酸铵浸提,火焰光度法测定(LY/T 1236—1999)。

对以上试验数据,采用 Excel 2007、SPSS 20.0 进行统计分析。

2 试验结果分析

2.1 不同施肥处理对茶叶光合作用的影响

绿色植物生产的干物质 90%~95% 来自于光合作用,植物的光合作用总是直接或间接地受到 N、P 和 K 等矿物质元素的影响^[14]。表 2 为不同施肥处理茶叶各项生理参数的对比。从净光合速率看,T2 最高,达到了 $9.43\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,高于单施化肥处理。方差分析表明,T2 与 T1、T3、T4 间有显著差异。气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)影响内外气体交换的速率和光合原料的浓度,从而影响光合作用和呼吸作用速率^[15]。与不施肥处理相比,各施肥处理均提高了茶叶的气孔导度,以 T2 和 T3 最高,分别约为对照的 3.0 和 2.6 倍。蒸腾作用是植物重要的生理活动,植株所吸收水分的 98%~99% 用于蒸腾作用^[16]。各处理蒸腾速率大小趋势与净光合速率一致,大小顺序为:T2 > T3 > T1 > T4 > T5 > CK。显然,有机肥和化肥配施处理的茶叶光合能力高于单施有机肥或化肥处理,其中以 70% 有机肥 + 30% 化肥的处理效果较好。

表 2 不同施肥处理对茶叶光合作用的影响

Tab. 2 Effects of different fertilizer treatments on tea photosynthesis

处理	净光合速率 P_n / ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	气孔导度 G_s / ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	胞间 CO_2 浓度 C_i / ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)	蒸腾速率 T_r / ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
T1	7.77 ± 0.88^b	0.15 ± 0.03^{bc}	223 ± 4^{bc}	5.84 ± 0.71^{bc}
T2	9.43 ± 1.77^a	0.20 ± 0.18^a	235 ± 3^a	8.77 ± 0.50^a
T3	8.12 ± 1.56^b	0.16 ± 0.01^{ab}	226 ± 3^b	6.67 ± 0.82^b
T4	5.00 ± 1.41^c	0.12 ± 0.02^{bc}	220 ± 3^{bc}	5.49 ± 0.13^c
T5	4.22 ± 1.77^{cd}	0.11 ± 0.01^{bc}	217 ± 1^c	3.84 ± 0.52^d
CK	3.14 ± 1.55^d	0.08 ± 0.02^c	215 ± 3^c	3.67 ± 0.32^d

注:同列方差分析比较,不同处理间不同字母表示差异显著, $p < 0.05$ 。下同。

2.2 不同施肥处理对茶叶生长指标的影响

表 3 是 6 个不同的有机肥和化肥配施处理对茶叶生长指标的影响。从表中可以看出,不同施肥处理的茶叶新梢生长量以 70% 有机肥 + 30% 化肥的处理最高,与 CK 相比,增幅达到 230.3%。所有施肥处理均增大了茶树叶面积,其增加幅度为 12.52%~136.18%,且随着有机肥在配施处理中所占比例的增加而增加;茎粗变化趋势与叶面积相同,以 100% 有机肥处理最高。茶树发芽密度指标同样表现为不同施肥处理均比 CK 提高,施肥后增加幅度为 23.48%~161.36%。其中 T2 芽密度最大,高

于单施有机肥处理(T1)和单施化肥处理(T5),而且与其他有机肥和化肥配施处理有显著差异。百芽质量方面,施肥处理中一芽一叶和一芽二叶增加幅度分别为 17.34%~180.56%、25.25%~75.56%,各处理的大小顺序为:T2 > T3 > T1 > T4 > T5 > CK。以上分析表明,有机肥与化肥配施更有利于茶叶的生长。

2.3 不同施肥处理对茶叶产量的影响

图 1 为不同施肥处理茶叶春季产量对比。从中可看出,不同施肥处理对茶叶产量有较明显的影响。与不施肥处理相比,所有施肥处理均增加了春茶产

量,增幅在 13.17% ~ 276.91%。各处理春茶产量随着有机肥所占比例的增加而增加,大小顺序为: T2 > T4 > T3 > T1 > T5 > CK。70% 有机肥 + 30% 化肥处理的产量最高,达到 665.07 kg/hm²;其次 T3 和 T4 产量也维持在一个较高的水平,分别比单

施化肥处理增产 149.13%、180.52%。方差分析表明,T1 ~ T4 均与对照有显著差异,T5 与对照无显著差异。上述分析表明,有机肥和化肥配施比单施有机肥或化肥处理的产量都要高,且达到显著差异。

表 3 不同施肥处理对茶叶生长指标的影响

Tab. 3 Effects of different fertilizer treatments on tea growth

处理	新梢长/cm	叶面积/cm ²	茎粗/cm	芽密度/(个·m ⁻²)	百芽质量/g	
					一芽一叶	一芽二叶
T1	13.33 ± 0.96 ^b	11.88 ± 1.51 ^a	2.53 ± 0.27 ^a	227 ± 20 ^c	19.36 ± 0.91 ^c	38.03 ± 1.34 ^b
T2	17.77 ± 1.06 ^a	11.23 ± 1.10 ^{ab}	2.46 ± 0.30 ^a	345 ± 17 ^a	29.29 ± 1.50 ^a	45.26 ± 1.21 ^a
T3	9.76 ± 0.75 ^c	9.84 ± 0.81 ^b	2.21 ± 0.13 ^{ab}	267 ± 26 ^b	24.91 ± 1.19 ^b	44.50 ± 1.41 ^a
T4	8.77 ± 0.96 ^c	7.29 ± 1.12 ^c	2.14 ± 0.06 ^{ab}	169 ± 19 ^d	17.78 ± 1.35 ^c	33.10 ± 0.72 ^c
T5	5.72 ± 0.60 ^d	5.66 ± 0.45 ^{cd}	1.98 ± 0.11 ^b	163 ± 24 ^d	12.25 ± 0.99 ^d	32.29 ± 0.87 ^c
CK	5.38 ± 1.10 ^d	5.03 ± 0.54 ^d	1.54 ± 0.19 ^c	132 ± 16 ^d	10.44 ± 0.70 ^d	25.78 ± 1.25 ^d

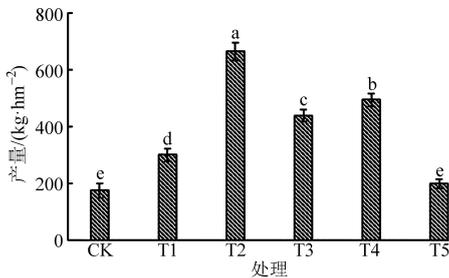


图 1 不同施肥处理对茶叶产量的影响

Fig. 1 Effects of different fertilizer treatments on yield of tea

2.4 不同施肥处理对茶叶品质的影响

研究表明茶叶中独有的茶多酚、游离氨基酸总量、咖啡碱、水浸出物等对春季茶叶品质起决定作用^[17]。表 4 为 6 个不同的有机肥和化肥配施处理对春茶品质指标的影响。与不施肥相比,其他几种不同施肥处理均可在一定程度上提高茶多酚含量,提高幅度为 2.51% ~ 16.31%,其中以 T2(70% 有机肥 + 30% 化肥)的含量最高。有机肥和化肥配施处理中,氨基酸含量随着有机肥所占比例的增加而增加,其中以 T2、T3(50% 有机肥 + 50% 化肥)的含量较高,分别为 4.12%、3.96%。各处理茶叶咖啡碱含量和水浸出物含量变化趋势与氨基酸相同。酚氨

比低的成茶滋味较浓醇、鲜爽、香气较高^[17]。与对照(不施肥)相比,其他几种不同施肥处理均可在一定程度上降低春季茶叶酚氨比,各处理酚氨比大小顺序为:T2 < T3 < T1 < T5 < T4 < CK。以上分析表明,与单施化肥相比,有机肥和化肥配施处理能明显提高茶叶内含成分含量,改善茶叶品质。

2.5 不同施肥处理对土壤养分含量的影响

表 5 为不同施肥处理对土壤养分含量的影响。土壤有机质(SOM)直接影响着土壤的保肥性、保水性、缓冲性和通气状况等^[18-19]。与不施肥处理相比,各施肥处理均不同程度提高了土壤有机质含量,增幅为 1.04% ~ 63.49%。各处理有机质随着有机肥所占比例的增加而增加,即单施有机肥处理最高,有机肥和化肥配施处理 T2、T3、T4 次之,且均显著高于单施化肥和对照处理。这与 Govi 等试验研究结论相同^[20]。方差分析显示,T1、T2 与其他处理有显著差异,T4 和 T5 与对照无显著差异。

土壤碱解氮在很大程度上体现了土壤供应氮素养分的状况。与不施肥处理相比,各施肥处理均不同程度提高了土壤碱解氮含量,增幅为 5.57% ~ 24.50%。随着有机肥在有机肥和化肥配施中所占比例的增加,土壤碱解氮逐渐增加,其大小顺序为:

表 4 不同施肥处理对春茶品质的影响

Tab. 4 Effects of different fertilizer treatments on spring tea quality

处理	茶多酚质量分数/%	氨基酸质量分数/%	咖啡碱质量分数/%	水浸出物质量分数/%	酚氨比
T1	22.92 ± 0.30 ^b	3.71 ± 0.06 ^{abc}	3.46 ± 0.05 ^b	46.20 ± 0.29 ^b	6.18 ± 0.15 ^{ab}
T2	24.10 ± 0.30 ^a	4.12 ± 0.03 ^a	3.71 ± 0.04 ^a	48.37 ± 0.56 ^a	5.85 ± 0.08 ^b
T3	22.96 ± 0.66 ^b	3.96 ± 0.08 ^{ab}	3.61 ± 0.06 ^a	46.86 ± 0.43 ^b	5.79 ± 0.24 ^{ab}
T4	22.16 ± 0.07 ^{bc}	3.53 ± 0.07 ^{bc}	3.31 ± 0.02 ^c	45.30 ± 0.31 ^c	6.28 ± 0.14 ^{ab}
T5	21.24 ± 0.90 ^{cd}	3.43 ± 0.11 ^c	3.26 ± 0.05 ^{cd}	43.88 ± 0.52 ^d	6.19 ± 0.15 ^{ab}
CK	20.72 ± 0.50 ^d	2.93 ± 0.54 ^d	3.19 ± 0.06 ^d	42.15 ± 0.361 ^e	7.27 ± 1.64 ^a

表5 不同施肥处理对土壤养分含量的影响

Tab.5 Effects of different fertilizer treatments on soil nutrient contents

处理	有机质质量比/(g·kg ⁻¹)	碱解氮质量比/(mg·kg ⁻¹)	速效磷质量比/(mg·kg ⁻¹)	速效钾质量比/(mg·kg ⁻¹)
T1	15.76 ± 0.31 ^a	135.68 ± 0.90 ^a	32.73 ± 0.47 ^a	249.22 ± 1.27 ^a
T2	15.65 ± 0.40 ^a	133.17 ± 1.01 ^b	32.32 ± 1.01 ^a	248.87 ± 0.67 ^a
T3	12.44 ± 0.27 ^b	129.45 ± 0.81 ^c	32.08 ± 1.15 ^a	245.02 ± 0.57 ^b
T4	10.24 ± 0.34 ^c	127.55 ± 1.04 ^d	28.09 ± 0.91 ^b	231.93 ± 0.81 ^c
T5	9.74 ± 0.11 ^c	115.05 ± 0.71 ^c	27.44 ± 0.57 ^b	220.63 ± 2.27 ^d
CK	9.64 ± 0.07 ^c	108.98 ± 1.52 ^f	21.33 ± 2.09 ^c	217.73 ± 0.48 ^d

T1 > T2 > T3 > T4 > T5 > CK, 即单施有机肥处理的土壤碱解氮含量最高, 比单施化肥处理提高18.93%。有机肥和化肥配施处理 T2、T3、T4 次之, 而且显著高于单施化肥处理。

土壤速效磷可以反映当前土壤可供磷的能力, 速效钾是判断土壤钾元素丰缺度的重要指标。与不施肥处理相比, 施肥处理均显著提高了土壤速效磷含量和速效钾含量, 增幅分别为 28.65% ~ 53.45%、1.33% ~ 14.46%, 随着有机肥在配施处理中所占比例的增加, 二者含量逐渐升高, 以单施有机肥处理最高。可见, 增施有机肥和化肥配施处理可以明显增加土壤养分含量, 其中以 100% 有机肥和 70% 有机肥 + 30% 化肥的 2 个处理提高幅度较大。

3 讨论

仅通过有机肥本身养分的缓慢释放难以完全满足茶叶不同生长时期的需求, 若结合适当比例的有机肥和化肥, 则既有利于发挥有机肥养分齐全、肥效持久的优势, 又能发挥出化肥肥效快、养分集中的优点, 从而达到提高茶叶产量的目的。Loveland 等研究指出, 增加有机肥可以增强土壤中微生物的活性, 从而增加作物产量^[21]。本研究发现, 与单施化肥和单施有机肥相比, 有机肥与化肥配施会获得更好的茶叶生长状况和更高的茶叶产量, 其中 70% 有机肥 + 30% 化肥的处理各项生长指标都表现较好, 春茶平均产量最高, 而且该处理茶叶的品质最优。究其原因可能是有机肥和化肥配施在茶叶生长前期土壤能供应适量的养分, 在后期土壤又能持续稳定地提供足量有机肥释放的矿质氮等养分, 使茶叶在不同季节一直处于良好的养分供应状态, 有效促进了茶叶的生长发育, 提高茶叶产量。另外有机肥含有的丰富有机质在茶树根部形成腐殖质, 提高了土壤微生物的活性, 起到改良土壤的效果, 从而有效促进茶叶产量的提高以及内含成分的积累, 改善茶叶品质^[22]。Witt 等和 Goyal 等认为作物的产量与土壤中有效营养元素的数量有紧密联系^[23-24]。另外也有研究表明有机肥和化肥配施可以提高肥料的利用

率^[25]。

Diacono 等研究表明, 定期加入有机残留物, 主要是通过提高团聚体稳定性和降低土壤容重, 从而增加了土壤的物理肥力^[26]。本试验中, 与单施化肥处理相比, 有机肥与化肥配施显著改善了茶叶的光合作用, 其中 70% 有机肥 + 30% 化肥处理的效果较好。这可能因为增施有机肥或者合适比例的有机肥和化肥配施可以提高土壤水分含量, 降低容重, 改善了表层土壤结构, 从而有效缓解高温干旱下茶树光合作用的水分胁迫。

李鹏等研究表明, 增施有机肥能较好地改善土壤的 C/N, 有利于土壤中微生物的生长, 而微生物又会通过自身的固氮作用将氮储存在土壤中^[27]。另外, 有机肥的施用直接增加了土壤有机物的含量, 而且有机肥和化肥配施又可以通过提高秸秆还田量进一步增加土壤有机物量^[28]。本试验也得出类似的研究结果, 5 种不同施肥处理中, 70% 有机肥 + 30% 化肥处理对提高茶园土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量的效果相对最好, 而不施肥处理的茶园土壤肥力相对最低。

4 结论

(1) 与不施肥处理相比, 有机肥与化肥配施的茶叶生长状况更好, 产量更高, 其中 70% 有机肥 + 30% 化肥处理产量最高。

(2) 在茶叶品质方面, 与单施化肥处理相比, 有机肥与化肥配施提高了茶叶水浸出物、茶多酚、氨基酸和咖啡碱的含量, 并降低酚氨比, 从而改善了茶叶品质, 其中 70% 有机肥 + 30% 化肥处理茶叶内含成分累积量最高。

(3) 与单施化肥处理相比, 有机肥和化肥配施可以有效提高土壤养分含量, 其中 100% 有机肥和 70% 有机肥 + 30% 化肥 2 个处理效果较明显。

(4) 综上所述, 70% 有机肥和 30% 化肥配施不仅可有效促进茶叶良好生长, 增加茶叶产量及改善茶叶品质, 而且还能增加土壤养分含量, 是茶叶种植中较适宜的有机肥和化肥配施组合, 值得进一步推广应用。

参 考 文 献

- 1 刘静,孙海伟,刘杰. 山东茶园土壤与茶叶矿质元素的分析[J]. 植物资源与环境学,2003,12(3):40-43.
Liu Jing,Sun Haiwei,Liu Jie. Analysis of mineral elements in soil of tea plantation and tea in Shandong Province [J]. Journal of Plant Resources and Environment,2003,12(3):40-43. (in Chinese)
- 2 屈海波,何青元. 有机茶园施肥技术探讨[J]. 茶叶科学技术,2002(4):12-14.
- 3 李昱,王飞,李清华,等. 麸酸型有机复混肥对铁观音茶叶产量与品质的影响[J]. 福建农业学报,2007,22(4):461-464.
- 4 Venkatesan S, Ganapathy M N K. Impact of nitrogen and potassium fertilizer application on quality of CTC teas [J]. Food Chemistry,2004,84(3):325-328.
- 5 单武雄,罗文,肖润林,等. 连续 5 年施菜籽饼肥和稻草覆盖对茶园土壤生态系统的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(3):472-476.
Shan Wuxiong,Luo Wen,Xiao Runlin,et al. Effect of 5-year rapeseed cake fertilization and straw mulching on tea plantation soil ecosystem [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2010,18(3):472-476. (in Chinese)
- 6 Siddiqui Y, Islam T M, Naidu Y, et al. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) urban [J]. Scientia Horticulturae, 2011,130(1):289-295.
- 7 Shui S N, Chang K S. Contributions of technical progress to the tea economy—a quantitative assessment [C] // International Tea Workshop: Advances in Tea Sciences and Technologies and the World Tea Economy, Beijing, 1996.
- 8 刘成良,苑进,刘建政,等. 基于 ARM 和 DSP 的双变量施肥控制系统设计与试验[J]. 农业机械学报,2010,41(增刊):233-238.
Liu Chengliang,Yuan Jin,Liu Jianzheng,et al. ARM and DSP-based bivariable fertilizing control system design and implementation [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(Supp.):233-238. (in Chinese)
- 9 马晓蕾,范广博,李永玉,等. 精准施肥决策模型与数据库系统[J]. 农业机械学报,2011,42(5):193-197.
Ma Xiaolei,Fan Guangbo,Li Yongyu,et al. Establishment of precision fertilization decision-making model and database system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(5):193-197. (in Chinese)
- 10 苑严伟,李树君,方宪法,等. 氮磷钾配比施肥决策支持系统[J]. 农业机械学报,2013,44(8):240-244,223.
Yuan Yanwei,Li Shujun,Fang Xianfa,et al. Decision support system of N,P,K ratio fertilization [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2013,44(8):240-244,223. (in Chinese)
- 11 中国标准出版社总编室. 中国国家标准汇编[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- 12 中国标准出版社总编室. 中国国家标准汇编[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- 13 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- 14 Hirasawa T,Hsiao T C. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field [J]. Field Crops Research,1999,62(1):53-62.
- 15 许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科学技术出版社,2002.
- 16 曹琦,王树忠,高丽红,等. 交替隔沟灌溉对温室黄瓜生长及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(1):47-53.
- 17 黄继粉. 论茶叶品质的构成及品质评定[J]. 茶业通报,2000,22(2):19-21.
- 18 王清奎,汪思龙,冯宗炜,等. 土壤活性有机质及其与土壤质量的关系[J]. 生态学报,2005,25(3):513-519.
Wang Qingkui, Wang Silong, Feng Zongwei, et al. Active soil organic matter and its relationship with soil quality [J]. Acta Ecologica Sinica,2005,25(3):513-519. (in Chinese)
- 19 Williams A, Shan X B, Veneman P. Effect of cultivation on soil organic matter and aggregate stability [J]. Pedosphere, 2005, 15(2):255-262.
- 20 Govi M, Francioso O, Ciavatta C. Influence of long term residue and fertilizer applications on soil humic substances: a study by electro focusing [J]. Soil Science,1992,154(2):8-13.
- 21 Loveland P, Webb J. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review [J]. Soil & Tillage Research, 2003,70(2):1-18.
- 22 师进霖,纳玲洁,宋云华,等. 土壤肥力因子与茶叶品质的关系[J]. 中国农学通报,2005,21(4):97-100.
- 23 Witt C, Cassman K G, Ottow J C G, et al. Soil microbial biomass and nitrogen supply in an irrigated lowland rice soil as affected by crop rotation and residue management [J]. Biology and Fertility of Soils,1998,28(1):71-80.
- 24 Goyal S, Chander K, Mundra M C, et al. Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions [J]. Biology and Fertility of Soils,1999,29(4):196-200.
- 25 郁洁,蒋益,徐春森,等. 不同有机物及其堆肥与化肥配施对小麦生长及氮素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(6):1293-1302.
Yu Jie,Jiang Yi,Xu Chunmiao,et al. Effects of combined application of inorganic fertilizer with straw and pig slurry and their compost on wheat growth and nitrogen uptake [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2012,18(6):1293-1302. (in Chinese)
- 26 Diacono M, Montemurro F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review [J]. Agronomy for Sustainable Development,2010,30(2):401-422.
- 27 李鹏. 有机无机肥料配施对菠菜产量和品质及土壤养分含量的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2009.
Li Peng. Effects of combined application of organic and inorganic fertilizers on yield and quality of spinach and soil nutrient content [D]. Beijing:Chinese Academy of Agricultural Sciences,2009. (in Chinese)
- 28 李新爱,童成立,蒋平,等. 长期不同施肥对稻田土壤有机质和全氮的影响[J]. 土壤,2006,38(3):298-303.
Li Xin'ai,Tong Chengli,Jiang Ping,et al. Effects of long-term fertilization on soil organic matter and total nitrogen in paddy soil [J]. Soil,2006,38(3):298-303. (in Chinese)