

牛粪有机肥替代化肥对茶叶产量、品质及茶园土壤肥力的影响

郭龙¹, 李陈¹, 刘佩诗¹, 常琚枫¹, 周晓天¹, 张宁¹, 祝尊友², 翁亚伟², 马友华¹

(1. 农田生态保育与污染防控安徽省重点实验室, 安徽农业大学资源与环境学院,
合肥 230036; 2. 金寨县农业技术推广服务中心, 安徽 六安 237000)

摘要: 有机肥的施用是改善茶叶品质、提高茶叶产量的重要措施之一, 牛粪资源化利用有助于降低对农业生态环境的污染, 为探讨牛粪有机肥对茶叶产量和品质的影响, 通过连续 2 年(2019—2020 年)的田间定位试验, 研究了不同比例牛粪有机肥替代化肥对六安瓜片乌牛早茶叶内外品质、产量及茶园土壤肥力的影响, 筛选了适宜茶园的牛粪有机肥替代化肥比例。结果表明: 全部化肥处理乌牛早茶叶产量最高, 为 821.87 kg/hm², 其次是牛粪有机肥完全替代化肥处理, 为 817.13 kg/hm², 随着牛粪有机肥替代比例增加, 乌牛早茶叶的产量呈现上升趋势, 且施肥处理乌牛早茶叶产量增幅为 20.40%~44.01%; 牛粪有机肥替代 70% 氮肥及牛粪有机肥全部替代氮肥处理下乌牛早茶叶内在成分及感官品质总体得分均最佳; 牛粪有机肥替代化肥可以提高茶园土壤 pH, 随着牛粪有机肥替代比例升高, 土壤有机质、全氮含量均呈现上升趋势, 碱解氮、速效钾、有效磷含量均呈现先上升后下降趋势, 且在牛粪有机肥替代 70% 氮肥处理下达到最高; 牛粪有机肥替代化肥增加了茶园土壤脲酶、蔗糖酶、酸性磷酸酶及蛋白酶的活性, 且牛粪有机肥替代 70% 氮肥处理下其土壤酶的活性较高。综合牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶产量品质、生物学性状及土壤肥力的影响, 牛粪有机肥替代 70%~100% 氮肥是茶园系统较优的有机肥替代化肥模式。

关键词: 茶叶; 产量; 品质; 六安瓜片; 牛粪; 有机肥; 土壤肥力

中图分类号: S571.1; S963.91

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2021)06-0264-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2021.06.036

Effect of Replacing Chemical Fertilizer with Cow Manure Organic Fertilizer on Tea Yield, Quality, and Soil Fertility in Tea Garden

GUO Long¹, LI Chen¹, LIU Peishi¹, CHANG Junfeng¹, ZHOU Xiaotian¹,

ZHANG Ning¹, ZHU Zunyou², WENG Yawei², MA Youhua¹

(1. Key Laboratory of Farmland Ecological Conservation and Pollution Prevention and Control in Anhui Province, College of Resources and Environment, Anhui Agricultural University,

Hefei 230036; 2. Jinzhai County Agricultural Technology Extension Service Center, Lu'an, Anhui 237000)

Abstract: The application of organic fertilizer is one of the important measures to improve the quality of tea and increase the yield of tea. The utilization of cow manure resources can help to reduce the pollution of the agricultural ecological environment. In order to explore the impact of cow manure organic fertilizer on the yield and quality of tea, through two consecutive years of field trials (2019—2020), the effects of different ratios of cow manure organic fertilizer replacing chemical fertilizer on the internal and external quality and yield of Lu'an Guapian Wuniuzao tea and the soil fertility of tea gardens were studied, and the suitable ratio of cow manure organic fertilizer replacing chemical fertilizer for tea gardens was selected. The results showed that the yield of Wuniuzao tea was the highest in all chemical fertilizer treatments, at 821.87 kg/hm², followed by the treatment of organic fertilizer with cow manure completely replacing chemical fertilizers, at 817.13 kg/hm². With the increase in the replacement ratio of cow manure organic fertilizer, the yield of Wuniuzao tea showed an upward trend, and the incremental output of Wuniuzao tea was 20.40%~44.01% in the fertilization treatment; In treatments of the organic fertilizer of cow manure replaced 70% nitrogen fertilizer and the organic fertilizer of cow manure replaced all nitrogen fertilizers, the internal composition and sensory quality of Wuniuzao tea all scored the best; The replacement of chemical fertilizers with cow

收稿日期: 2021-06-26

资助项目: 2017 农业部果蔬茶有机肥替代化肥试点项目(皖农土函 2017-651)

第一作者: 郭龙(1995—), 男, 湖北汉川人, 硕士研究生, 主要从事有机养分与面源污染研究。E-mail: 1561073236@qq.com

通信作者: 马友华(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事有机养分与面源污染研究。E-mail: yhma2020@qq.com

manure organic fertilizer could increase the pH of tea garden soil. With the increase of the replacement ratio of cow manure organic fertilizer, soil organic matter and total nitrogen content all showed an upward trend, and alkaline nitrogen, available potassium, and available phosphorus content all showed an increase first and then declining trend, and reached the highest under the treatment of cow manure organic fertilizer replacing 70% nitrogen fertilizer; Cow manure organic fertilizer replacing chemical fertilizer increased the activity of tea garden soil urease, invertase, acid phosphatase and protease, and the soil enzymes activities were the highest under treatment that cow manure organic fertilizer replaced 70% nitrogen fertilizer. Comprehensively considering the effects of replacing chemical fertilizers with cow manure organic fertilizers on the yield, quality, biological characteristics, and soil fertility of Wuniuzao tea, replacing 70%—100% nitrogen fertilizers with cow manure organic fertilizers is a better model for replacing chemical fertilizers with organic fertilizers in the tea garden system.

Keywords: tea; yield; quality; Luan melon slices; cow manure; organic fertilizer; soil fertility

茶叶在我国农业生产中具有重要的作用^[1],随着我国人民生活水平的不断提高,人们对茶叶的需求也越来越大。近几十年来,我国茶树种植面积不断扩大,导致肥料的投入越来越大,因此合理施肥不仅能调控茶树生长和促进茶叶产量、品质形成,而且还可提升土壤质量^[2]。

目前茶园普遍存在化肥单一施用和过量施用现象,这不仅使生产成本增加,还导致茶园土壤酸化板结、硝酸盐污染及养分的不均衡化等生态环境问题^[3]。大量研究^[4-5]表明,施用有机肥可以增加土壤微生物总量、提高土壤肥力以及改善土壤物理性状,进而提升茶叶品质,但有机肥养分低,肥效慢,难以满足作物旺盛生长时对养分需求,且有机肥长期单一施用也不利于土壤环境的改善。因此有机肥替代部分化肥能够提高肥料利用率,活化土壤养分、改变根际土壤酶活性,减轻土壤盐渍化和土传病害的发生,提高茶叶产量和改善茶叶品质,实现茶园的可持续发展^[6-9]。

随着我国奶牛规模化养殖水平不断提高,奶牛粪污的排放量和集中程度越来越高^[10],牛粪无害化、减量化与资源化利用,最大限度地减少环境污染,是牛粪处理的基本原则^[11],而牛粪本身也是一种很好的生物质资源,其质地细腻,含水量高,且存在的污染风险较低等优点^[12],因此采用牛粪有机肥替代化肥来减少牛粪集中排放对环境的污染非常有意义。本研究通过田间试验,研究牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶的内含物质、感官品质、茶树产量及茶园土壤肥力的影响,为明确牛粪有机肥替代化肥比例对六安瓜片品质、产量及茶园土壤肥力的影响,促进茶农增产增收提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2019—2020 年在安徽省六安市金寨县桃岭乡高湾村试验站(115°41′—115°46′E,31°32′—31°36′N)进

行,海拔 459 m,属于北亚热带湿润季风气候,气候温和、雨水充沛,土壤类型为黄棕壤,土壤(0—20 cm)基本理化性质为:pH 4.25,碱解氮含量 138.72 mg/kg,有机质含量 25.13 g/kg,全氮含量 1.15 g/kg,有效磷含量 30.55 mg/kg,速效钾含量 245 mg/kg。

1.2 试验方案

试验共设置 6 个处理:处理 1(CK),不施肥(空白);处理 2(CF),全部化肥,化肥氮磷钾量分别为 165,90,120 kg/hm²;处理 3(30%F),有机肥替代氮肥 30%,牛粪有机肥 1 966.80 kg/hm²;处理 4(50%F),有机肥替代氮肥 50%,牛粪有机肥 3 277.95 kg/hm²;处理 5(70%F),有机肥替代氮肥 70%,牛粪有机肥 4 589.10 kg/hm²;处理 6(100%F),有机肥完全替代氮肥,牛粪有机肥 6 555.91 kg/hm²。

3 次重复,随机排列,每小区 20 m²,茶园环长条状,试验以等氮量施用为基础,兼顾磷钾养分平衡。茶树品种为“乌牛早”,5~10 年树龄的茶树;肥料为尿素、磷酸一铵、硫酸钾,牛粪有机肥氮磷钾养分含量分别为 1.79%,1.85%和 2.08%,重金属含量为镉 0.52 mg/kg,砷 0.88 mg/kg,汞 0.111 mg/kg,铜 117 mg/kg,铅 12.3 mg/kg,铬 18 mg/kg,锌 185 mg/kg,符合我国农业农村部行业标准《有机肥料》(NY 525—2012)^[13],茶园有生草覆盖,虫害控制好,11 月(春茶前)施用牛粪有机肥、70%的氮肥、磷肥及钾肥,翌年 2 月追施 30%的氮肥,施肥部位为茶树根际到树冠边缘 2/3 处,一般采用条施的施肥方式,其他按优质茶园栽培管理措施实施。

1.3 研究方法

1.3.1 测试方法 土壤 pH 采用水浸提(m_水:m_土为 2.5:1)复合电极法,碱解氮采用碱解扩散法,全氮采用半微量凯氏定氮法,速效钾采用乙酸铵浸提—火焰光度计法,有机质采用重铬酸钾氧化容量法—外加热

法,有效磷采用碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法^[14]。土壤脲酶采用苯酚钠—次氯酸钠比色法,蔗糖酶采用 3,5—二硝基水杨酸比色法,酸性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法,蛋白酶采用茚三酮比色法(加勒斯江法)^[15]。茶叶茶多酚采用酒石酸亚铁比色法(GB/T 8313—2008)测定^[16],水浸出物采用差重法(GB/T 8305—2002)测定^[17],咖啡碱采用紫外分光光度法(GB/T 8312—2002)测定^[18],游离氨基酸总量采用茚三酮比色法(GB/T 8314—2002)测定^[19],百芽质量采用随机 3 个点采摘 100 个一芽一叶或一芽二叶取平均值,芽茶密度采用随机读取 1 m²调查框内茶树芽头数量,茶行宽度采用钢尺测量,炒茶后记录茶叶香气品质等感官性状委托安徽农业大学茶与食品学院专家,按茶类工艺加工,干样感官审评,按外形(25%)、汤色(10%)、香气(25%)、滋味(30%)、叶底(10%)计算综合品质得分。

1.3.2 数据处理方法 先通过 Excel 对数据进行归

类,再采用 SPSS 软件对数据进行统计分析,处理间平均数的比较采用最小显著差数法(LSD),差异显著水平为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶树生长及生理指标的影响

由表 1 可知,CF 处理茶叶产量最高,为 821.87 kg/hm²,牛粪有机肥替代化肥降低茶叶的产量,但随着牛粪有机肥替代比例升高,茶叶的产量呈现上升趋势,且 CF 处理与 100%F 处理之间茶叶产量差异不显著($P<0.05$),施肥处理茶叶产量相比 CK 处理增幅为 20.40%~44.01%,CF 处理与 30%F、50%F、70%F 处理之间茶叶百芽质量和芽茶密度差异不显著,且 70%F 及 100%F 处理下茶叶百芽质量和芽茶密度较好。综合 2 年试验数据分析,CF(常规)处理和 100%F(有机肥完全替代氮肥)处理下,茶叶产量较高,且百芽质量及芽茶密度等生理指标较好。

表 1 2019—2020 年牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶树生长及生理指标的影响

处理	百芽质量/g		芽茶密度/个		产量/(kg·hm ⁻²)
	2019 年	2020 年	2019 年	2020 年	2020 年
CK	34.20±3.95a	33.43±1.21a	38.90±8.53a	57.78±3.47b	570.69±1.91e
CF	32.90±3.25a	34.13±1.07a	40.00±10.61a	63.78±3.87ab	821.87±9.15a
30%F	32.17±2.64a	34.97±1.81a	37.33±6.72a	62.56±1.54ab	687.10±4.97d
50%F	30.97±2.45a	35.37±2.77a	32.90±4.62a	63.67±2.91ab	704.90±8.60c
70%F	30.10±4.95a	34.73±1.65a	34.03±2.89a	64.78±2.53a	728.68±6.02b
100%F	32.37±3.97a	28.17±2.21b	39.43±5.34a	65.33±2.40a	817.13±3.52a

注:表中数据为平均数±标准差;不同小写字母表示各处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

2.2 牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶品质的影响

2.2.1 牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶内在成分的影响 由表 2 和表 3 可知,CF 处理茶叶茶多酚含量较高,牛粪有机肥替代化肥降低茶叶茶多酚含量,且随着牛粪有机肥替代比例升高,茶多酚含量整体呈现下降趋势,且 100%F 处理下茶叶茶多酚含量最佳,CF 处理与 30%F、50%F 处理之间茶叶茶多酚含量差异不显著;茶叶中游离氨基酸含量随着牛粪有机肥替代比例增加,呈现先上升后下降的趋势,其中 50%F、70%F 及 100%F 处理下茶叶中游离氨基酸

含量较高,且 50%F、70%F 及 100%F 处理之间游离氨基酸含量差异不显著;茶叶中咖啡碱含量随着牛粪有机肥替代比例升高,呈现上升趋势,30%F 处理下咖啡碱的含量较低,效果最佳;茶叶水浸出物含量随着牛粪有机肥替代比例升高,变化规律不明显,且施肥处理之间茶叶水浸出物含量差异不显著;牛粪有机肥替代化肥明显降低了酚氨比,且牛粪有机肥替代比例>30%时,酚氨比降低更明显。综合分析连续 2 年牛粪有机肥替代化肥对茶叶内在成分的影响,70%F 和 100%F 处理下茶叶内在成分较佳。

表 2 2019 年牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶内在成分的影响

处理	茶多酚/%	游离氨基酸/%	咖啡碱/%	水浸出物/%	酚氨比
CK	18.26±0.86a	3.04±0.62ab	4.92±1.14a	45.61±4.06a	6.14±1.09ab
CF	19.84±0.53a	2.60±0.53b	3.20±0.58a	51.32±2.06a	7.86±0.75a
30%F	18.12±0.83a	2.61±0.63b	3.47±0.58a	49.73±1.87a	7.27±1.44ab
50%F	19.22±2.59a	3.97±0.27a	3.91±0.92a	49.78±2.67a	4.83±0.34b
70%F	19.05±2.32a	3.14±0.59ab	4.37±0.73a	47.58±2.10a	6.16±0.80ab
100%F	20.36±2.04a	4.12±0.80a	4.28±1.14a	49.20±5.67a	5.10±1.33ab

2.2.2 牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶感官品质的影响 由表 4 可知,连续 2 年各处理之间茶叶外形

得分比较接近,2 年分值分别为 88~89 分和 84~86 分;施肥处理茶叶汤色、叶底得分均低于 CK 处理;

70%F 处理和 100%F 处理茶叶香气得分较高,2 年分值分别为 87~90 分和 84~91 分;70%F 处理下茶叶滋味分值较稳定,2 年分值分别为 77~85 分和 87~93 分。综合连续 2 年试验数据分析,茶叶总体得分随着有机肥的替代比例增加呈现上升趋势,分

值分别为 83.45~87.05 分和 86.75~90.3 分,其中 70%F 处理和 100%F 处理下茶叶总体得分最高,因 2019 年降雨原因采茶时间较为推迟,因此 2019 年茶叶感官品质整体比 2020 年低,但其特征趋势与 2020 年相似。

表 3 2020 年牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶内在成分的影响

处理	茶多酚/%	游离氨 基酸/%	咖啡碱/%	水浸 出物/%	酚氨比
CK	23.44±2.43c	2.29±0.07b	4.27±0.04a	39.61±1.25b	10.26±1.05b
CF	39.43±2.79a	2.50±0.15b	4.23±0.14a	41.04±0.92ab	15.80±0.17a
30%F	38.07±3.01a	3.75±0.24a	3.75±0.16b	39.87±1.26b	10.22±1.45b
50%F	36.26±3.89ab	4.16±0.63a	3.76±0.12b	42.19±0.80ab	8.81±1.20bc
70%F	31.74±3.48b	4.30±0.48a	3.80±0.10b	41.14±3.77ab	7.46±1.37c
100%F	21.41±1.39c	4.16±0.27a	3.84±0.16b	44.07±0.87a	5.17±0.56d

表 4 2019—2020 年牛粪有机肥替代化肥对乌牛早茶叶感官品质的影响

处理	外形(25%)	汤色(10%)	香气(25%)	滋味(30%)	叶底(10%)	总分
	2019/2020 年	2019/2020 年	2019/2020 年	2019/2020 年	2019/2020 年	2019/2020 年
CK	88/84	92/96	87/91	78/93	78/90	84.15/90.25
CF	88/85	87/94	87/90	79/92	77/89	83.85/89.65
30%F	88/86	89/94	87/90	77/92	77/90	83.45/90.00
50%F	88/85	90/94	87/84	79/87	77/90	84.15/86.75
70%F	89/85	91/96	87/91	82/92	77/91	85.40/90.30
100%F	89/85	91/92	90/88	85/91	77/89	87.05/88.65

2.3 牛粪有机肥替代化肥对茶园土壤肥力的影响

从表 5 和表 6 可以看出,连续 2 年 CF 处理茶园土壤 pH 均最低,随着牛粪有机肥的替代比例增加茶园土壤 pH 呈现上升趋势,说明施用化肥较易引起土壤酸化;连续 2 年茶园土壤有机质和全氮含量随着牛粪有机肥替代比例增高而增高,施肥处理与 CK 处理相比全氮增幅分别为 0.13%~0.68% 和 0.06%~0.20%,有机质增幅分别为 0.17%~0.46% 和 0.09%~0.34%,且 50%F 与 100%F 处理之间茶园土壤有机质和全氮含量差异不显著($P<0.05$);CF 处理土壤

碱解氮含量最高,牛粪有机肥替代化肥处理之后碱解氮含量有所下降,但随着牛粪有机肥替代比例升高,碱解氮含量呈现先上升后下降的趋势,其中 70%F 处理下含量最高,且 50%F 处理和 70%F 处理之间碱解氮含量差异不显著;土壤速效钾、有效磷含量变化趋势与碱解氮一致,且 50%F 和 100%F 处理之间土壤速效钾、有效磷含量差异不显著。综合 2019—2020 年数据分析,牛粪有机肥替代化肥有助于提高土壤肥力,且在 70%F 和 100%F 处理下土壤的整体肥力效果最佳。

表 5 2019 年牛粪有机肥替代化肥对茶园土壤肥力的影响

处理	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)
CK	4.66±0.21ab	27.39±1.42c	1.22±0.23d	152.05±20.59abc	213±6a	38.33±0.80a
CF	4.50±0.29b	31.99±2.92bc	1.38±0.10cd	192.50±34.26a	220±10a	30.53±0.91c
30%F	4.52±0.02ab	36.23±3.74ab	1.69±0.21bc	101.12±20.16c	220±35a	38.66±2.17a
50%F	4.79±0.35ab	37.84±3.49a	1.80±0.22ab	134.07±33.47bc	230±10a	32.50±0.71bc
70%F	5.00±0.34ab	38.44±1.24a	1.95±0.10ab	159.29±24.94ab	227±15a	38.07±1.06a
100%F	5.05±0.12a	39.90±0.63a	2.05±0.01a	136.57±12.74bc	250±32a	34.28±0.66b

2.4 牛粪有机肥替代化肥对茶园土壤酶活性的影响

由表 7 和表 8 可知,施肥处理土壤脲酶、蔗糖酶、酸性磷酸酶及蛋白酶的活性均高于 CK 处理,说明施肥能够在一定程度上提高土壤酶的活性。

连续 2 年试验,脲酶的活性随着牛粪有机肥的替

代比例升高,呈现上升趋势,且 50%F 和 70%F 处理之间土壤脲酶活性差异不显著;土壤蔗糖酶活性随着牛粪有机肥替代比例增加,呈现先上升后下降的趋势,70%F 处理下土壤蔗糖酶活性最高;70%F 处理和 100%F 处理下土壤酸性磷酸酶的活性较好,

且 70％F 和 100％F 处理之间酸性磷酸酶活性差异不显著。土壤蛋白酶活性随着牛粪有机肥替代比例增加,呈现先升高后降低趋势,70％F 处理下蛋白酶活性最高。

综上所述,结合 2019—2020 年牛粪有机肥替代化肥对茶园土壤酶活性影响数据,70％F 处理下茶园土壤脲酶、蔗糖酶、酸性磷酸酶及蛋白酶的活性最高,且牛粪有机肥替代化肥增加其土壤酶的活性。

表 6 2020 年牛粪有机肥替代化肥对茶园土壤肥力的影响

处理	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)
CK	4.61±0.07a	31.77±2.13d	1.56±0.10b	142.35±3.23d	220±10d	34.34±0.85d
CF	4.36±0.05c	34.78±1.48c	1.65±0.12ab	182.55±2.10a	305±5bc	43.73±1.97ab
30％F	4.40±0.02c	35.42±0.36c	1.68±0.19ab	154.23±3.40c	290±10c	40.34±0.95c
50％F	4.45±0.03bc	39.14±1.16b	1.75±0.12ab	164.27±2.99b	322±10ab	42.57±0.73bc
70％F	4.56±0.09ab	40.43±0.96ab	1.80±0.05a	167.27±3.01b	333±6a	46.36±1.64a
100％F	4.58±0.09ab	42.42±1.36a	1.87±0.05a	157.67±2.86c	330±10a	41.68±1.30bc

表 7 2019 年牛粪有机肥替代化肥对茶园土壤酶活性的影响

处理	脲酶/ (mg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)	蔗糖酶/ (mg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)	酸性磷酸酶/ (mg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)	蛋白酶/ (μg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)
CK	0.05±0.01d	10.19±0.64c	1.40±0.03c	1.65±0.06b
CF	0.07±0.01cd	10.62±0.89c	1.55±0.11abc	2.17±0.31ab
30％F	0.07±0.01c	12.67±0.37c	1.55±0.15abc	2.25±0.24ab
50％F	0.12±0.01b	11.66±0.95c	1.47±0.05bc	2.52±0.53a
70％F	0.13±0.01b	16.20±1.35a	1.57±0.02ab	2.91±0.64a
100％F	0.17±0.01a	15.37±2.98ab	1.68±0.04a	2.38±0.07ab

表 8 2020 年牛粪有机肥替代化肥对茶园土壤酶活性的影响

处理	脲酶/ (mg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)	蔗糖酶/ (mg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)	酸性磷酸酶/ (mg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)	蛋白酶/ (μg·g ⁻¹ ·24 h ⁻¹)
CK	0.06±0.01d	11.46±0.44c	1.43±0.03d	2.02±0.08d
CF	0.08±0.01cd	12.98±0.12b	1.60±0.04c	2.20±0.15cd
30％F	0.09±0.01c	11.70±0.47c	1.65±0.03bc	2.40±0.09bc
50％F	0.15±0.01b	12.87±0.22b	1.66±0.02bc	2.49±0.10b
70％F	0.17±0.02ab	15.60±0.34a	1.73±0.07ab	2.77±0.92a
100％F	0.18±0.01a	13.31±0.23b	1.75±0.01a	2.36±0.10bc

3 讨论

就茶叶品质而言,茶多酚含量与氨基酸总量的比值称为酚氨比,酚氨比越低,越有利于提高名优绿茶的品质^[20]。本研究表明,牛粪有机肥替代化肥可以明显降低酚氨比,50％~100％牛粪有机肥替代化肥乌牛早茶叶品质较优,而有研究^[21]表明,20％~50％有机肥替代化肥茶叶品质效果最佳,过高有机肥替代比例会降低茶叶品质,这可能与牛粪含水率较低且养分释放较慢有关^[22],因此更高比例牛粪有机肥替代化肥能够减缓养分的流失,为茶树生长的整个生育时期提供所需的养分。

本研究表明,连续 2 年纯化肥施用(CF)与空白处理(CK)相比茶园土壤 pH 分别降低 0.14,0.11 单位,牛粪有机肥替代化肥明显能够提高土壤 pH,说明适当的有机肥替代比例可以有效阻控茶园土壤酸

化^[23];本研究中,连续 2 年配施牛粪有机肥茶园土壤肥力整体大幅提升,提升幅度随着牛粪有机肥施用比例的增加呈现上升趋势,说明配施牛粪有机肥是改善土壤理化性质,提升土壤肥力的有效措施^[24-25]。此外,本研究中牛粪有机肥替代化肥相比单施化肥更有助于提高土壤酶活性,土壤酶活性作为表征土壤生物活性的重要指标,受不同施肥措施、作物种类、耕种模式、土壤水热条件等影响^[26],说明施肥可能改变土壤微生物区系的构成、生物量和代谢过程,进而提高土壤酶活性,配施牛粪有机肥可能有助于进一步提高土壤有机质含量,一方面,土壤有机质能提供酶合成所需的底物;另一方面,土壤酶也可以和黏粒、有机质形成复合物,增强其稳定性^[27]。另外牛粪有机肥的施用也可能促进微生物的代谢与繁育,提高土壤酶活性,这可能是由于有机肥的 C/N 一般高于土壤中微

生物活性适宜的比例范围,补充适宜量的氮肥后,能更好地满足微生物活动所需养分,使更多的酶伴随着旺盛的根系活动和土壤动物、微生物的生命活动而进入土壤,从而提高酶活性^[27],而宋以玲等^[7]、李其胜等^[28]研究表明,化肥配施有机肥降低土壤脲酶活性,这可能是由于脲酶活性受施肥方式、土壤质地、不同作物、有机肥种类及不同的水分管理措施等多方面因素影响。

4 结 论

(1)全部化肥处理与牛粪有机肥完全替代氮肥处理茶叶产量均较高,且施肥处理茶叶产量增幅为 20.40%~44.01%。

(2)牛粪有机肥替代 70%氮肥及牛粪有机肥全部替代氮肥处理下茶叶内在成分及感官品质总体得分均较高。

(3)牛粪有机肥替代化肥可以提高土壤 pH,改善土壤肥力,随着牛粪有机肥替代比例增加,土壤有机质、全氮含量均呈现上升趋势,碱解氮、速效钾、有效磷含量均呈现先上升后下降趋势,且在牛粪有机肥替代 70%氮肥处理下达到最高;同时牛粪有机肥替代化肥增加土壤酶活性,且在牛粪有机肥替代 70%氮肥处理下茶园土壤酶活性最高。

(4)结合生产实际,70%~100%牛粪有机肥替代化肥在改善土壤理化性质,提高土壤肥力,增加土壤酶活性方面效果较好,同时也可以提高茶叶的产量和品质,增加其经济效益。

参考文献:

[1] 李道和.中国茶叶产业发展的经济学分析[D].北京:北京林业大学,2008.

[2] 刘扬,孙丽莉,廖红.养分管理对安溪茶园土壤肥力及茶叶品质的影响[J].土壤学报,2020,57(4):917-927.

[3] 金桂梅,李昱航,郑向群,等.不同土壤管理与施肥模式对茶园土壤环境及茶叶产量的影响[J].土壤通报,2020,51(1):152-158.

[4] 刘佩诗,黄瑜,甘曼琴,等.茶园土壤有机肥施用效应和施肥技术[J].中国土壤与肥料,2021(2):306-311.

[5] 宁川川,王建武,蔡昆争.有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J].生态环境学报,2016,25(1):175-181.

[6] 王子腾,耿元波,梁涛,等.减施化肥和配施有机肥对茶园土壤养分及茶叶产量和品质的影响[J].生态环境学报,2018,27(12):2243-2251.

[7] 宋以玲,于建,陈士更,等.化肥减量配施生物有机肥对油菜生长及土壤微生物和酶活性影响[J].水土保持学报,2018,32(1):352-360.

[8] 李萍萍,林永锋,胡永光.有机肥与化肥配施对茶叶生长和土壤养分的影响[J].农业机械学报,2015,46(2):64-69.

[9] 王兴龙,朱敏,杨帆,等.配施有机肥减氮对川中丘区土壤微生物量与酶活性的影响[J].水土保持学报,2017,31(3):271-276.

[10] 姚璿.牛粪垫料资源化利用及加工工艺研究[J].中国乳业,2020(8):29-32.

[11] 刘建华.牛粪污染的无害化处理和资源化利用[J].农产品加工,2019(11):77-79.

[12] 盛斌.牛粪的处理与资源化利用[J].安徽农学通报,2019,25(11):132-134.

[13] 中华人民共和国农业部.NY 525—2012 有机肥料[S].北京:中国农业出版社,2012.

[14] 鲍士旦.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.

[15] 关松荫.土壤酶及其研究方法[M].北京:农业出版社,1986.

[16] 中华全国供销合作总社.GB/T 8313—2008 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].北京:中国标准出版社,2008.

[17] 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院,国家茶叶质量监督检验中心.GB/T 8305—2002 水浸出物测定[S].北京:中国标准出版社,2002.

[18] 中华全国供销合作总社.GB/T 8312—2002 咖啡碱测定[S].北京:中国标准出版社,2002.

[19] 中华全国供销合作总社.GB/T 8314—2002 游离氨基酸总量测定[S].北京:中国标准出版社,2002.

[20] 吴瑞梅,艾施荣,吴彦红,等.基于近红外光谱的绿茶滋味品质估测模型[J].核农学报,2013,27(10):1495-1500.

[21] 王子腾,耿元波,梁涛,等.减施化肥和配施有机肥对茶园土壤养分及茶叶产量和品质的影响[J].生态环境学报,2018,27(12):2243-2251.

[22] 盛斌.牛粪的处理与资源化利用[J].安徽农学通报,2019,25(11):132-134.

[23] 毛妍婷,刘宏斌,陈安强,等.长期施用有机肥对减缓菜田耕层土壤酸化的影响[J].生态环境学报,2020,29(9):1784-1791.

[24] 张涛,刘勇鹏,朱广权,等.定位化肥牛粪配施对设施蔬菜产量和土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2021(1):161-168.

[25] 冯焕德,党志国,倪斌,等.羊粪发酵肥替代化肥对芒果园土壤性状、叶片营养及果实品质的影响[J].中国土壤与肥料,2019(6):190-195.

[26] 殷陶刚,李玉泽.土壤酶活性影响因素及测定方法的研究进展[J].矿产勘查,2019,10(6):1523-1528.

[27] 曲成闯,陈效民,韩召强,等.施用生物有机肥对黄瓜不同生育期土壤肥力特征及酶活性的影响[J].水土保持学报,2017,31(6):279-284.

[28] 李其胜,赵贺,汪志鹏,等.有机肥替代部分化肥对稻麦轮作土壤养分利用和酶活性的影响[J].土壤通报,2020,51(4):912-919.