

生物有机肥替代化肥对茶叶生长、品质及土壤肥力的影响

常珺枫¹, 刘佩诗¹, 周晓天¹, 郭 龙¹, 李 陈¹, 祝尊友², 翁亚伟², 马友华^{1*}

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

摘 要: 有机肥的施用是调控茶叶产量和品质的重要措施之一, 有机肥替代化肥有助于茶叶高品质增产的同时调节土壤理化性质, 改善土壤环境。通过两年的田间试验, 研究不同比例生物有机肥(F)替代化肥对六安瓜片茶叶生长、内在化学品质和感官品质及茶园土壤肥力的影响。研究结果表明: 50%F 和 70%F 替代化肥处理茶叶的百芽重量和芽茶密度表现最佳, 可以促进茶叶增产, 感官评审结果相对较好。茶叶中游离氨基酸和水浸出物的含量随着生物有机肥施用量的增加呈现先升高后降低的趋势, 茶多酚含量和酚氨比呈先降低后升高的趋势, 咖啡碱呈现依次升高的趋势, 50%F 替代化肥处理茶叶内含物质提升最佳。土壤 pH、有机质、有效磷、速效钾含量随着生物有机肥施用量的增加依次增加。生物有机肥替代 50% 化肥处理提高百芽重量、芽茶密度和改善茶叶品质、土壤肥力效果最佳, 其次是 70% 替代化肥处理, 研究结果可为茶叶的提质增效提供依据。

关键词: 茶叶; 品质; 生物有机肥; 土壤养分; 六安瓜片

近年来, 通过有机肥替代不同比例的化肥, 在作物产量不降低甚至增加的前提下降低化肥的施用, 是我国深入开展化肥零增长行动, 加快推进绿色农业发展的重要措施^[1]。2017 年农业部发布了《开展果蔬茶有机肥替代化肥行动方案》, 旨在以有机肥替代化肥促进资源的持续循环利用, 缓解经济生产与生态环保之间的矛盾, 促进农业发展^[2]。通过有机肥和化肥的配合施用有缓释控释的效果, 可以改善土壤的理化性质, 增加土壤肥力, 缓解目前茶园环境污染问题, 同时能够有效提升茶叶产量与品质^[3-4]。目前研究比较多的有机肥料是有机肥(尤其是畜禽粪便)与生物有机肥, 他们在提升土壤肥力方面有各自的优势^[5]。生物有机肥能够有效地改良因化肥施用导致的土壤板结, 是一种新型、高效、安全的兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料, 生物有机肥改善作物根际微生物群, 提

高植物的抗病虫能力, 在茶园土壤改良中得到应用^[6-7]。周陈等^[8]研究了生物有机肥的施入能够改善土壤环境, 增加土壤微生物的数量, 对维持微生物的活性和生态稳定性都具有重要的作用, 同时也促使作物增产。施用有机肥可以有效地改善茶园土壤微生物多样性, 改变微生物群落结构, 从而支持更多的土壤生态系统功能^[9]; 李庆康等^[10]、李巨^[11]、俞燎远等^[12]、韦静峰等^[13]的研究表明, 生物有机肥在一定程度上能够减少土壤板结, 促进茶树根系发育, 为茶树提供较好的生长环境, 最终对茶叶起到增产提质增效的良好效果。六安瓜片是中国十大名茶之一, 其品种优良、口感纯正。六安瓜片产自中国著名茶乡安徽省六安市, 是六安市最重要的经济作物, 也是支撑六安市经济发展的重要资源^[14]。本试验研究不同比例生物有机肥的施用对茶树的芽茶密度、百芽质量、茶叶的内含物质和感官品质、茶园土壤理化性质的影响, 为明确生物有机肥替代化肥比例对六安瓜片产量、品质及茶园土壤肥力影响、促进茶农增产增收提供科学依据。

收稿日期: 2021-04-02; 录用日期: 2021-05-24

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

作者简介: 常珺枫(1998-), 硕士研究生, 从事有机养分与面源污染研究。E-mail: 1826159821@qq.com。

通讯作者: 马友华, E-mail: yhma2020@qq.com。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本研究区域位于安徽省六安市金寨县油坊店乡面冲村蒋湾组,地处大别山主脉北坡。该区域属于北亚热带湿润季风气候,特点是季风明显、四季分明、气候温和、雨量充沛。海拔 133.35 m,属于缓坡平地类型,土壤类型是黄棕壤土,扁石泥土种,土壤质地为重壤。土壤的基本理化性质为:pH 5.11、碱解氮 124.7 mg/kg、全氮 0.25 g/kg、速效钾 60 mg/kg、有机质 16.45 g/kg、有效磷 9.34 mg/kg。

1.2 试验设计

生物有机肥替代不同比例的化肥处理如下:

处理一(CK):不施任何肥料;

处理二(CF):全部化肥,其中化肥氮磷钾量分别为 0.73、0.40、0.53 kg/hm²;

处理三(30%F):30%生物有机肥+70%化肥,生物有机肥用量为 8.26 kg/hm²;

处理四(50%F):50%生物有机肥+50%化肥,生物有机肥用量为 13.77 kg/hm²;

处理五(70%F):70%生物有机肥+30%化肥,其中生物有机肥用量为 19.28 kg/hm²;

处理六(100%F):100%生物有机肥,生物有机肥用量为 27.55 kg/hm²。

本试验于 2019 ~ 2020 年连续两年进行,试验小区面积为 20 m²,各处理随机排列,3 次重复。有机肥和磷肥、钾肥 2018 年 11 月中旬作基肥一次性施入,化肥中氮肥的 70%与基肥一起施入,30%氮肥于 2019 年 1 月中旬施入。试验小区茶园管理按当地优质栽培技术进行,两年的施肥量一致。

试验所用的茶树品种为小绿茶。生物有机肥总养分(N+P₂O₅+K₂O)大于等于 5%、有效活菌数大于等于 3 亿 /g、有机质大于等于 45%。所施的化肥种类有尿素、磷酸一铵、硫酸钾,当地市场购买。

1.3 观测指标与方法

1.3.1 茶叶生长指标的测定

百芽质量:各处理区内分别随机取 3 个点采摘 100 个一芽一叶或一芽二叶,称量计算平均值。

茶芽密度:各小区随机采摘 1 m² 内的芽头,记录芽头个数^[15]。

1.3.2 茶叶品质指标的测定

茶叶化学成分测定:在采茶期采摘一芽一叶鲜叶,经 100 ℃蒸汽杀青固样,80 ℃干燥后磨细,供

茶叶内含物的测定使用。

茶多酚:参照 GB/T 8313-2008 酒石酸亚铁比色法测定。

水浸出物:参照 GB/T 8305-2002 差重法测定。

咖啡碱:参照 GB/T 8312-2002 紫外分光光度法测定。

游离氨基酸:参照 GB/T 8314-2002 茚三酮比色法测定。

酚氨比:为茶多酚含量与氨基酸含量的比值。

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叶专家,按规范要求干样感官评审。

1.3.3 土壤理化指标测定

pH 使用 pH 仪直接测定^[16],有机质采用重铬酸钾容量法^[16]测定。全氮参照 GB 7173-87 半微量开式法测定。有效磷参照 LY/T 1233-1999 钼蓝比色法测定。速效钾参照 LY/T 1236-1999 乙酸铵浸提-火焰光度法测定。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 对数据进行归类,试验数据采用 SPSS 26.0 进行数理统计分析,计算每处理 3 个重复小区测定值的平均值及标准差,并对测定值进行多重比较(LSD 法)及显著性检验^[15]。

2 结果与分析

2.1 生物有机肥替代化肥施用对茶树生长的影响

茶树的发芽密度和百芽重量是构成茶叶产量的基本因素,不同施肥处理对茶园土壤环境和茶树生长产生了不同的影响,从而影响茶树的产量^[17]。生物有机肥不同替代比例对百芽量和芽茶密度的影响见表 1。由表 1 可知,与 2019 年相比,各施肥处理的百芽重量和百芽密度均略有降低(2020 年该试验地降雨比 2019 年多,采茶时间推迟是导致各因素比去年低的主要原因。6 种处理茶叶百芽重量的排列顺序为 50%F>70%F>CF>100%F=30%F>CK(2020 年),50%F>CF>70%F>100%F>30%F>CK(2019 年)。百芽重量的大体趋势为先升后降,50%F 处理百芽重量最大。芽茶密度表现为 70%F>50%F>100%F>CF>CK>30%F(2020 年),70%F>30%F>CF>50%F>100%F>CK(2019 年)。芽茶密度的大体趋势为先升后降,70%F 处理芽茶密度最高。由此表明,每年各施肥处理大体上比同年不施肥处理高,70%F 处理显著高于 CK 和 CF,50%F 与 CF 处理效果相当,其他生物有机肥处理略低于化肥处理。

表 1 生物有机肥替代化肥不同比例对茶叶百芽重量和芽茶密度的影响

处理	百芽重量 (g)		芽茶密度 (个)	
	2020 年	2019 年	2020 年	2019 年
CK	28.77 ± 3.62b	30.23 ± 5.12a	27.33 ± 2.71a	31.89 ± 1.90a
CF	31.87 ± 0.86ab	37.53 ± 6.48a	27.78 ± 3.44a	33.56 ± 0.84a
30%F	31.60 ± 0.87ab	34.83 ± 7.46a	26.56 ± 1.50a	34.22 ± 5.74a
50%F	32.37 ± 1.40a	38.13 ± 3.94a	28.33 ± 2.08a	33.22 ± 3.85a
70%F	31.93 ± 0.15ab	35.83 ± 9.34a	28.78 ± 2.71a	34.56 ± 4.22a
100%F	31.60 ± 1.47ab	35.57 ± 5.66a	28.22 ± 2.76a	32.56 ± 3.28a

注：表内同一列中小写字母相同表示处理间无显著差异，小写字母不同表示有显著差异（ $P<0.05$ ）。下同。

2.2 生物有机肥替代化肥施用对茶园茶叶品质的影响

2.2.1 生物有机肥替代化肥施用对茶叶内含成分的影响

生物有机肥不同替代比例对茶叶内含成分的影响见表 2 和表 3。由表 2 和表 3 可知，不同处理下茶叶水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱含量和酚氨比值影响存在显著差异。茶多酚是茶叶中多羟基酚类化合物的复合物，由 30 种以上的酚类物质组成，是决定茶叶色、香、味和功效的主要成分，在感官上为苦涩味^[18]。综合来看，茶多酚呈现先降低后升高的趋势，50%F 处理最为稳定，不同比例的生物有机肥处理下 100%F 处理茶多酚的含量最高。茶叶中的游离氨基酸具有焦糖香和类似味精的鲜爽味，游离氨基酸的含量与茶叶品质具有正相关性^[19]。在不同比例的生物有机肥替代化肥处理中，随着生物有机肥含量的增加，游离氨基酸的含量呈现先升高后下降的趋势，50%F 处理游离氨基酸含量最高，其次是 30%F 处理，50%F 和 30%F 处理均比 CF 和 CK 处理高。茶叶中的酚氨比一般用来衡

量茶叶的适制性，在茶叶的感官评审中，酚氨比表现为茶汤中滋味的苦涩与鲜爽比例特征，酚氨比含量越低鲜爽度越高^[20]。在不同比例的生物有机肥替代化肥处理中，随着生物有机肥含量的增加，酚氨比呈现先降低后升高的趋势，其中以 50%F 处理下酚氨比最低，其次是 30%F 和 70%F 处理。咖啡碱是一种苦味物质，能兴奋中枢神经，增强大脑皮质的兴奋过程，从而振奋精神、增进思维，提高效率^[21]。与 CK 相比，2019 年生物有机肥处理的咖啡碱含量有所降低，30%F 处理的咖啡碱含量比 CF 高。2020 年生物有机肥处理的咖啡碱含量均比 CK 和 CF 高，且呈现依次升高的趋势，各处理间显著性较高，综合来看，30%F 处理的咖啡碱含量较稳定，其含量比 CF 处理高。茶叶水浸出物是茶叶中可溶于水的各种物质的总称，是反映茶叶品质的综合性指标^[18]。综合两年数据，在不同生物有机肥替代化肥处理中，随着生物有机肥施用含量的增加水浸出物大体呈先升高后降低的趋势，其中以 50%F 处理的水浸出物含量最高，其次是 70%F 处理。

表 2 2020 年生物有机肥替代化肥不同比例对茶叶内含成分的影响 (%)

处理	茶多酚	咖啡碱	水浸出物	游离氨基酸	酚氨比
CK	20.52 ± 1.19bc	2.33 ± 0.03d	45.31 ± 0.43ab	1.88 ± 0.23c	11.08 ± 1.86a
CF	19.19 ± 2.51bc	2.64 ± 0.20d	42.55 ± 1.33b	2.35 ± 0.05b	8.16 ± 1.00b
30%F	21.55 ± 1.87ab	2.74 ± 0.26cd	45.71 ± 1.95ab	2.71 ± 0.33a	8.07 ± 1.40b
50%F	18.30 ± 1.94bc	3.15 ± 0.36c	46.31 ± 0.92ab	2.78 ± 0.06a	6.60 ± 0.69b
70%F	17.87 ± 0.93c	4.35 ± 0.05b	45.22 ± 2.89ab	2.22 ± 0.10b	8.05 ± 0.08b
100%F	23.17 ± 2.29a	4.85 ± 0.30a	48.38 ± 3.64a	2.16 ± 0.14bc	10.71 ± 0.37a

表 3 2019 年生物有机肥替代化肥不同比例对茶叶内含成分的影响 (%)

处理	茶多酚	咖啡碱	水浸出物	游离氨基酸	酚氨比
CK	20.83 ± 5.11a	2.89 ± 0.22a	46.34 ± 2.46a	1.86 ± 0.19ab	11.32 ± 3.37ab
CF	21.08 ± 6.22a	2.64 ± 0.14ab	48.40 ± 2.15a	2.01 ± 0.57ab	10.71 ± 2.73ab
30%F	16.99 ± 1.16a	2.72 ± 0.10ab	37.09 ± 4.84b	2.26 ± 0.35ab	7.66 ± 1.41b
50%F	17.04 ± 1.46a	2.58 ± 0.21ab	44.04 ± 2.84a	2.42 ± 0.11a	7.07 ± 0.70b
70%F	15.41 ± 1.30a	2.44 ± 0.25b	43.29 ± 2.32a	2.06 ± 0.66ab	8.18 ± 3.38ab
100%F	19.76 ± 4.57a	2.45 ± 0.09b	38.59 ± 3.45a	1.57 ± 0.12b	12.50 ± 1.93a

2.2.2 生物有机肥替代化肥施用对茶叶感官品质的影响

茶叶品质是茶叶中众多化合物尤其是能溶于茶汤的物质对人体感官刺激的综合效应。茶叶感官品质由汤色、外形、香气、滋味四大要素构成^[22]。2019 ~ 2020 年生物有机肥不同替代比例对茶叶感官品质的影响见表 4。由表 4 可知, 2019 年 CK 处理感官品质较 CF、30%F 和 50%F 处理略高, 70%F 和 100%F 处理比 CK 处理高。不同施肥处理

中 70%F 和 100%F 处理得分最高; 汤色无明显差异, 其中 30%F 处理得分最高; 70%F 和 100%F 处理茶叶的香气比 CK 处理高, 其他处理均低于 CK 处理; 100%F 处理茶叶滋味得分最高, 其次是 CK、CF、70%F 处理; 在 30%F 和 70%F 处理下茶叶叶底得分最高。因 2020 年降雨原因采茶时间有所推迟, 2020 年茶叶感官品质整体偏低, 但其特征趋势与 2019 年相似。

表 4 2019 ~ 2020 年生物有机肥替代化肥不同比例对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
CK	77/87	77/86	75/86	74/86	72/89	75.10/86.55
CF	76/86	77/87	74/85	77/86	73/88	75.60/85.88
30%F	78/86	77/88	74/85	74/85	72/91	75.10/86.15
50%F	79/83	78/86	76/84	78/84	72/86	77.15/84.15
70%F	80/87	78/86	76/87	79/86	72/91	77.70/87.00
100%F	78/87	80/86	75/89	82/87	72/90	78.05/87.70

注: / 前后分别是 2020 年和 2019 年数据。

2.3 生物有机肥替代化肥施用对茶园土壤养分的影响

有机肥料施用为土壤提供了有机碳源增加微生物活性, 促进土壤有机碳和养分的转化, 提高土壤养分含量^[23]。生物有机肥不同替代比例对茶园土壤基本性状的影响见表 5、6。从表 5 可以看出, 与 CK 相比, 施用生物有机肥可以有效提高土壤全氮、速效钾、有机质、有效磷含量, 土壤 pH 基本稳定。随着生物有机肥施用含量的增加, 2020 年 pH 及有机质、速效钾、有效磷含量大体呈

现依次升高的趋势。全氮呈先升高后降低的趋势, 70%F 处理最高。从表 6 可以看出, 与 CK 相比, 除 70%F 处理外其他生物有机肥处理均提高了土壤 pH; 30%F、50%F、70%F 处理均提高了速效钾的含量; 30%F 和 50%F 处理均提高了土壤中有效磷和全氮的含量。施用生物有机肥整体上可以提高土壤肥力, 但 2019 年整体规律性不大。因连续施用生物有机肥的叠加效应, 2020 年茶园土壤基本理化性质呈规律性变化。

表 5 2020 年生物有机肥替代化肥不同比例对茶园土壤养分的影响

处理	pH	有机质 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	全氮 (g/kg)
CK	4.64 ± 0.05c	17.92 ± 1.46b	95 ± 5d	14.92 ± 1.26d	1.86 ± 0.04c
CF	4.41 ± 0.06d	22.48 ± 1.44a	200 ± 5a	32.00 ± 1.63a	2.06 ± 0.10b
30%F	4.61 ± 0.04c	18.97 ± 1.11b	168 ± 8c	20.53 ± 0.82c	1.97 ± 0.06bc
50%F	4.70 ± 0.06bc	19.78 ± 1.45b	173 ± 8c	21.90 ± 0.33c	2.08 ± 0.03ab
70%F	4.75 ± 0.05b	18.08 ± 1.57b	175 ± 9bc	23.91 ± 0.51b	2.19 ± 0.01a
100%F	4.87 ± 0.06a	23.92 ± 1.53a	187 ± 8b	24.54 ± 1.48b	2.05 ± 0.10b

表 6 2019 年生物有机肥替代化肥不同比例对茶园土壤养分的影响

处理	pH	有机质 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	全氮 (g/kg)
CK	4.81 ± 0.04a	31.36 ± 5.27a	120 ± 17a	19.89 ± 1.74bc	1.63 ± 0.96a
CF	4.83 ± 0.07a	12.89 ± 0.58bc	123 ± 21a	19.92 ± 0.79bc	1.68 ± 0.44a
30%F	5.00 ± 0.11a	9.61 ± 0.29c	130 ± 10a	22.20 ± 0.81b	2.22 ± 0.11a
50%F	4.83 ± 0.29a	19.43 ± 8.12b	123 ± 6a	30.22 ± 1.44a	2.13 ± 0.56a
70%F	4.73 ± 0.48a	17.54 ± 0.65bc	133 ± 15a	13.95 ± 1.41d	1.58 ± 0.93a
100%F	4.87 ± 0.13a	15.62 ± 3.05bc	107 ± 12a	19.18 ± 1.55c	1.56 ± 0.25a

3 讨论

本试验研究结果表明, 50%F 和 70%F 处理能够有效地提高茶叶的产量和品质及土壤肥力。施用有机肥是快速改善土壤肥力和微生物群落结构的最有效措施^[24]。有机肥与化肥配施的方式能够有效地稳定茶园土壤, 为土壤提供养分, 同时提高了茶叶的品质和产量^[25-26]。有机肥的施用可以减缓肥力释放, 从而延长肥效时间, 减少肥力流失^[27-28]。本研究中生物有机肥替代化肥总体上能够有效地提高茶叶的芽茶密度和百芽重量, 促进茶叶增产, 同时提高土壤肥力。吴杰^[29]、韦静峰等^[13]、徐福乐等^[30]的研究表明, 生物有机肥能够改善土壤环境、提高肥料利用率、促进茶树生长。朱旭君等^[31]研究发现, 在茶园中施氮能显著提高春茶的产量和品质, 有机肥含量为 50% 以上时效果更好, 以 75% 最佳。本研究中生物有机肥也符合有机肥使茶叶增产提质的效果, 同时可以提高土壤养分含量, 以 50% 生物有机肥替代化肥为最佳, 其次是 70% 生物有机肥替代化肥。生物有机肥作为有机肥的一种, 对茶叶同样具有增产提质的作用, 可获得较好的经济效益, 也可作为一种优质肥料在金寨县茶园推广应用^[32]。

另外, 生物有机肥的施用时间以及基肥和追肥的施用比例均会对茶叶产量品质和茶园经济效益以及茶园土壤肥力产生影响, 这些问题也有待进一步研究。

4 结论

(1) 茶园施用生物有机肥与不施肥的 CK 处理相比, 在 50%F 和 70%F 处理下茶树的芽茶密度和百芽重量均有所提高, 且效果最佳, 与化肥施用相近。

(2) 茶园生物有机肥施用中 50%F 处理对茶叶内含物质的影响效果最佳。随着生物有机肥替代化肥不同比例的增加, 游离氨基酸和水浸出物含量呈先升高后降低的趋势, 且以 50%F 处理最高; 咖啡碱含量随着生物有机肥施入量的增加依次增加; 茶多酚含量和酚氨比随着生物有机肥施入量的增加呈先降低后升高的趋势。综合得出, 70%F 处理茶多酚含量最低, 50%F 处理茶多酚含量有所提升但提升效果较小, 50%F 处理酚氨比最低, 70%F 和 100%F 处理下感官品质最佳。

(3) 本试验结果表明, 随着生物有机肥施用量的增加, 土壤 pH、有机质、速效钾、有效磷整体呈依次升高的趋势, 土壤全氮呈先升高后降低的趋势, 以 70%F 处理土壤全氮含量最高。

(4) 50%F 处理提高茶树的生长指标从而提高茶叶的产量; 其内含物质是最优的, 茶叶的感官品质没有下降, 同时土壤中各营养元素的含量均有所提高, 其次是 70%F 处理。

参考文献:

- [1] 杜春燕. 有机肥替代化肥对果实产量、品质及土壤肥力的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [2] 李艳梅, 徐茂, 邹国元, 等. 基于养分平衡的顺义区蔬菜产业有机肥替代化肥潜力估算 [J]. 中国土壤与肥料, 2021 (1): 319-326.
- [3] 胡雪获, 耿元波, 梁涛. 缓控释肥在茶园中应用的研究进展 [J]. 中国土壤与肥料, 2018 (1): 1-8.
- [4] 祝金虹. 有机肥替代化肥模式对茶叶产量及品质的影响 [J]. 中国农技推广, 2020, 36 (12): 60-62.
- [5] 黄兴成, 石孝均, 李渝, 等. 基础地力对黄壤区粮油高产、稳产和可持续生产的影响 [J]. 中国农业科学, 2017, 50 (8): 1476-1485.
- [6] 唐劲驰, 张池, 赵超艺, 等. 有机生物培肥体系在华南茶园土壤中的应用 [J]. 茶叶科学, 2008, 28 (3): 201-206.
- [7] 宋莉, 廖万有, 王烨军, 等. 套种绿肥对茶园土壤理化性状的影响 [J]. 土壤, 2016, 48 (4): 675-679.
- [8] 周陈, 李许滨, 徐德彬, 等. 生物有机肥对土壤微生物及冬小麦产量效应研究 [J]. 耕作与栽培, 2008 (1): 12-14.
- [9] Sg A, Qh A, Yc A, et al. Application of organic fertilizer improves microbial community diversity and alters microbial network structure in tea (*Camellia sinensis*) plantation soils [J]. Soil and Tillage Research, 2019, 195: 104356.
- [10] 李庆康, 张永春, 杨其飞, 等. 生物有机肥肥效机理及应用前景展望 [J]. 中国生态农业学报, 2003, 11 (2): 78-80.
- [11] 李巨. EM 有机肥茶园应用效果研究 [J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2008, 18 (1): 113-115.
- [12] 俞燎远, 丁磊, 苏洪生. 茶树专用生物活性有机肥优化施肥技术研究 [J]. 茶叶, 1999, 25 (3): 144-146.
- [13] 韦静峰, 文兆明. “满园春”生物系列肥在有机茶园上的应用效果 [J]. 中国农学通报, 2007, 23 (8): 250-250.
- [14] 葛晨冉, 王亮, 徐向龙. 六安瓜片产业营销现状及对策研究 [J]. 蚌埠学院学报, 2020, 9 (3): 41-44.
- [15] 陈默涵, 何腾兵, 舒英格. 不同生物有机肥对春茶生长影响及其土壤改良效果分析 [J]. 山地农业生物学报, 2018, 37 (2): 70-73, 94.
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法 [J]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [17] 刘术新, 丁枫华, 刘巧玲. 不同肥源有机肥对茶叶产量、品质及安全性的影响 [J]. 河南农业科学, 2016, 45 (12): 45-48.
- [18] 王建华, 马军伟, 俞巧钢, 等. 有机肥部分替代化肥对茶叶产量与品质的影响 [J]. 浙江农业科学, 2020, 61 (4): 689-691.
- [19] 杨亚军. 茶树育种品质早期化学鉴定——II. 鲜叶的主要生化组分与绿茶品质的关系 [J]. 茶叶科学, 1991 (2): 127-131.
- [20] 沈星荣. 有机肥料对茶树生长、茶叶品质及经济效益的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [21] 殷根华, 刘永红. 不同有机肥对茶叶产量和品质的效应研究 [J]. 农业科技通讯, 2013 (7): 93-95.
- [22] 罗文. 不同施肥结构对红壤丘陵茶园生态和茶树生物学效应的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.
- [23] 张敬业, 张文菊, 徐明岗, 等. 长期施肥下红壤有机碳及其颗粒组分对不同施肥模式的响应 [J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (4): 869-876.
- [24] Han J, Dong Y, Zhang M. Chemical fertilizer reduction with organic fertilizer effectively improve soil fertility and microbial community from newly cultivated land in the Loess Plateau of China [J]. Applied Soil Ecology, 2021, 165 (2): 103966.
- [25] 王金林, 闻禄, 陈平, 等. 长期不同施肥对茶园土壤 pH、茶叶产量可持续性和品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2021, 37 (8): 84-88.
- [26] 刘声传, 林开勤, 周弟鑫, 等. 茶园控释复合肥肥效与施用技术研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (4): 164-171.
- [27] 宇万太, 姜子绍, 马强, 等. 施用有机肥对土壤肥力的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15 (5): 1057-1064.
- [28] 胡诚, 曹志平, 罗艳蕊, 等. 长期施用生物有机肥对土壤肥力及微生物生物量碳的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15 (3): 48-51.
- [29] 吴杰. 九隆升微生物菌剂在茶树上的应用效果初报 [J]. 福建农业科技, 2002 (3): 19-20.
- [30] 徐福乐, 李丹楠. 茶树施用生物有机肥及专用肥效应研究 [J]. 江西农业学报, 2006, 18 (5): 39-41, 45.
- [31] 朱旭君, 王玉花, 张瑜, 等. 施肥结构对茶园土壤氮素营养及茶叶产量品质的影响 [J]. 茶叶科学, 2015, 35 (3): 248-254.
- [32] 任红楼, 肖斌, 余有本. 生物有机肥对春茶的肥效研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2009, 37 (9): 105-109.

Effects of bioorganic fertilizer substitution on tea growth and quality and soil fertility

CHANG Jun-feng¹, LIU Pei-shi¹, ZHOU Xiao-tian¹, GUO Long¹, LI Chen¹, ZHU Zun-you², WENG Ya-wei², MA You-hua^{1*} (1. Key Laboratory of Farmland Ecological Conservation and Pollution Control of Anhui Province, College of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei Anhui 230036; 2. Jinzhai Agricultural Technology Extension Service Center, Lu'an Anhui 237000)

Abstract: The application of organic fertilizer is one of the important measures to control the yield and quality of tea. The substitution of organic fertilizer for chemical fertilizer helps to increase the yield of tea with high quality, improving the soil physical and chemical properties and soil environment. The effects of different proportions of bioorganic fertilizer (F) substitution on lu'an Guapian tea growth, intrinsic chemical quality, sensory quality and soil fertility were studied through 2-year continuous field experiments. The results showed that 50%F and 70%F had the best performance in the weight of 100 buds and the density of bud tea, which could increase the yield of tea, and sensory evaluation was also relatively good. The contents of free amino acids and water extracts in tea showed a trend of rising first and then reducing with the increase of the application amount of bio-organic fertilizer. While tea polyphenols and phenol-ammonia ratio showed the opposite trend, which decreased first and then increased. The caffeine showed a trend of increasing successively. The best improvement of tea content was 50%F substituting for chemical fertilizer. The soil pH and contents of organic matter, available phosphorus, available potassium increased with the increase of the application amount of bio organic fertilizer. Bio organic fertilizer substituting for 50% chemical fertilizer improved the weight of 100 buds, the density of bud tea, the quality of tea leaves and soil fertility, the next dispose is 70% substituting for chemical fertilizer. The results can provide a reference for improving the quality and efficiency of tea.

Key words: tea; quality; bio organic fertilizer; soil nutrients; Lu'an melon slice