

# 调理剂对茶园土壤和茶叶产量及品质的影响<sup>①</sup>

万青, 胡振民, 李欢, 李荣林, 杨亦扬\*

(江苏省农业科学院休闲农业研究所/江苏省高效园艺作物遗传改良重点实验室, 南京 210014)

**摘要:** 通过田间试验, 研究不同调理剂与茶叶配方肥配施对茶园土壤性质和茶叶产量品质构成的影响。结果表明: 3种土壤调理剂均能不同程度地改善茶园土壤肥力及提升茶叶产量和品质, 对表层(0~20 cm)土壤的改良效果要明显好于亚表层(20~40 cm)土壤。其中, “亚科丰”土壤调理剂提高土壤pH的幅度较高, 其次是“田师傅”土壤调理剂和生物质炭处理。生物质炭在提高土壤肥力以及茶叶产量和品质方面综合表现较好, 酸性土壤茶园在施用生物质炭后, 可显著提高土壤有机质和氮磷钾元素含量, 同时也能提高茶叶百芽重和发芽密度以及鲜叶中游离氨基酸总量。

**关键词:** 土壤酸化; 调理剂; pH; 养分元素; 品质成分

中图分类号: S571.1; S156.2; S506.1 文献标识码: A

茶树是喜酸性土壤的作物, 但并非土壤越酸, 对茶树生长就越好, 只有适宜的土壤pH是其根系生存的基础, 土壤酸化将直接对茶树根系的吸收功能产生影响。林智等<sup>[1]</sup>研究表明, 当土壤pH为5.0~6.0时, 茶树的根系发达, 生长旺盛; 当pH<4.0时, 茶树根尖萎缩, 生长受抑制, 对氮、磷、钾的吸收量也急剧下降。导致茶园土壤酸化的原因主要有外部因素和内部机制两方面。外部原因主要包括酸沉降和铵态氮肥的施用<sup>[2-3]</sup>, 内部机制主要包括茶树自身物质循环和茶树根系代谢<sup>[4-6]</sup>。

茶园土壤酸化问题不是仅存在于个别省份和个别茶园, 较多报道均指出, 我国不同地区茶园土壤酸化现象日益严重, 土壤pH适宜茶树生长的茶园比例在不断减少<sup>[7-10]</sup>。2003—2005年对江苏省典型茶园调查显示: 调查的23个茶园土壤pH均低于茶树生长最适值pH 5.5<sup>[11]</sup>。对福建省107个典型茶园土壤pH进行测定, 结果发现, 土壤pH<4.50的茶园占86.9%, 其中pH<4.00的占28%<sup>[12]</sup>。相关研究表明, 随着土壤酸化程度的加剧, 会导致盐基离子的淋失<sup>[13]</sup>, 增强土壤中重金属的活性<sup>[14]</sup>, 以及活性铝的溶出<sup>[15]</sup>, 从而降低茶叶品质, 危害人类健康。由此可见, 茶园土壤酸化是一个不可忽视的土壤环境问题。

施用土壤调理剂是修复退化土壤的重要措施之

一。土壤调理剂能有效改善土壤酸度、提高土壤肥力、恢复酸性土壤的生产力, 对农业的持续发展和生态环境的保护均具有重要意义。目前, 常用的土壤调理剂为石灰, 但石灰在土壤中移动性较差, 长期或大量使用会引起土壤板结及元素失衡, 从而导致作物减产<sup>[16]</sup>。国内外土壤调理剂品种繁多, 主要包括矿物和工业废弃物<sup>[17-18]</sup>、有机物料<sup>[19]</sup>、微生物制剂<sup>[20]</sup>、高聚物<sup>[21]</sup>以及生物质炭<sup>[22]</sup>等, 不同调理剂的性质组成、作用机理和在不同类型土壤的施用效果也不同。因此, 本文选取3种土壤调理剂(“亚科丰”牌土壤调理剂、“田师傅”牌土壤调理剂和生物质炭), 研究其对酸性茶园土壤改良效果和对茶叶产量品质构成的影响, 以为酸性茶园土壤改良提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验茶园位于江苏省苏州市吴中区金庭镇堂里村, 地理位置120°14'50"E, 31°7'7"N, 海拔50 m, 茶树品种为当地碧螺春群体种。土壤基本性质如表1所示。

### 1.2 试验设计

试验设置6种不同施肥模式, 分别为: 不施肥、配方肥、配方肥+“亚科丰”土壤调理剂、配方肥+

基金项目: 江苏省自然科学基金项目(BK20160590)、国家自然科学基金项目(31600558; 31800590)和江苏省农业科技自主创新项目(CX(16)1003)资助。

\* 通讯作者(yangyiyang\_yyy@126.com)

作者简介: 万青(1984—), 女, 河北邯郸人, 博士, 副研究员, 主要从事茶树栽培与茶园土壤管理研究。E-mail: wanqing@jaas.ac.cn

表 1 试验茶园土壤基本性质  
Table 1 Basic properties of soil of tested tea garden

土层深度 (cm)	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
0~20	4.26	24.71	1.32	48.52	107.38
20~40	4.31	15.56	0.84	38.06	88.54

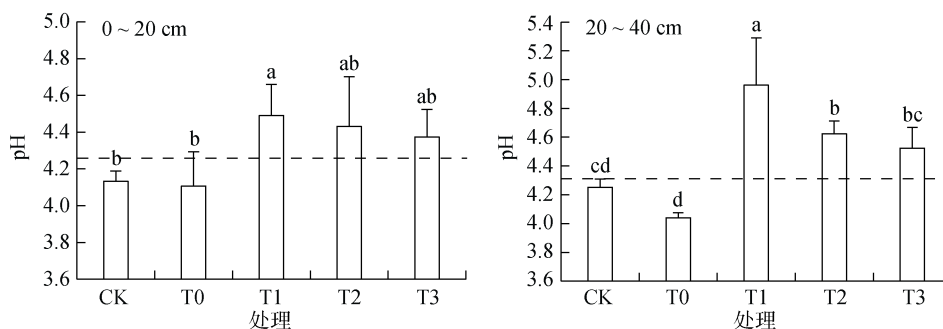
“田师傅”土壤调理剂、配方肥+生物质炭，各处理肥料施用量如表 2 所示。每个试验小区面积为 2 亩 (1 亩=667 m<sup>2</sup>)。各处理肥料于 2016 年 10 月一次性施入，不追肥。2017 年春，调查每个试验小区茶树发芽密度和百芽重，并采集新梢，每个小区内重复 4 次。茶叶样品微波杀青 2 min 后 60℃ 烘干至恒重，磨碎后备用。2017 年 10 月，采用多点混合法在每个试验小区采集 0~20 cm 和 20~40 cm 的土壤样品，每个小区内重复 3 次。样品采集后及时摊开风干，剔除杂物后研磨过 20 目和 100 目筛，备用待测。

供试茶叶配方肥购自湖北恩施壮农业科技有限公司，总养分 40 g/kg，N P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> K<sub>2</sub>O=18 8 12；“亚科丰”土壤调理剂购自山西世纪亚科丰肥业有限公司，其 K<sub>2</sub>O 40 g/kg，CaO 300 g/kg，MgO 160 g/kg，SiO<sub>2</sub> 120 g/kg，pH 11~12；“田师傅”土壤调理剂购自广东大众农业科技股份有限公司，其 CaO

250 g/kg，MgO 70 g/kg，pH 9~12；生物质炭购自南京勤丰秸秆科技有限公司，为玉米秸秆炭。

表 2 各试验处理肥料施用量(kg/hm<sup>2</sup>)  
Table 2 Fertilizer application amount of each treatment

处理	肥料处理	肥料用量
CK	不施肥	0
T0	配方肥	750
T1	配方肥+“亚科丰”	750+750
T2	配方肥+“田师傅”	750+1 500
T3	配方肥+生物质炭	750+7 500



(图虚线为处理前土壤 pH；图中不同小写字母表示各处理间差异在  $P < 0.05$  水平显著；下同)

图 1 不同施肥处理对茶园土壤 pH 变化的影响

Fig. 1 Soil pH values under different fertilization treatments

### 1.3 测定项目与方法

土壤 pH 采用水浸提电位法，土水比为 1:2.5，用 ORION 3 STAR(Thermo 公司，美国) pH 计测定；土壤全氮(TN)和全碳(TC)采用 Vario Max CN 碳氮分析仪(Elementar 公司，德国)测定；有机质(OM)依据  $OM = TC \times 1.724$  换算；有效磷、速效钾等养分采用 Mehlich 3 浸提剂浸提<sup>[23]</sup>，水土比 10:1 混合振荡，电感耦合等离子体光谱仪 ICP(TJA 公司，美国)测定。

茶树鲜叶全氮：称取 20.0 mg 研磨均匀的茶叶干样，采用 Vario Max CN 碳氮分析仪(德国 Elementar 公司)进行测定。全磷和全钾等其他矿质元素：称取 200.0 mg 研磨均匀的茶叶干样，经马弗炉干灰化后加入 6 mol/L HCl，用电感耦合等离子体光谱仪 ICP(美国 TJA 公司)进行测定。品质成分：称取 100.0 mg 研磨均匀的茶叶干样，加入 5.0 ml 水，100℃ 加热 5 min，吸取浸提液，茚三酮比色法测定游离氨基酸总量(GB/T 8314—2002)，酒石酸铁比色法(GB/T 8313—2008)测定茶多酚总量。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2016 和 SPSS 21.0 统计软件对测得的数据进行处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同调理剂对茶园土壤 pH 的影响

施用不同调理剂处理 1 a 后，茶园土壤 pH 的变化如图 1 所示，其中虚线表示施用前土壤初始 pH。结果表明，在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层中，3 种土壤调理剂均能不同程度提高土壤 pH。其中，在 0~20 cm 土层，“亚科丰”、“田师傅”和生物质炭分别提高土壤 pH 0.23、0.17 和 0.11 个单位，但三者之间差异不显著( $P > 0.05$ )；在 20~40 cm 土层，“亚科丰”、

“田师傅”和生物质炭分别提高土壤 pH 0.65、0.31 和 0.21 个单位,“亚科丰”与其他两种改良剂呈显著性差异( $P<0.05$ )。对照处理和配方肥处理的土壤 pH 较初始 pH 有所下降,两者之间差异不显著。

2.2 不同调理剂对茶园土壤全氮和有机质的影响

不同土壤调理剂处理茶园土壤全氮和有机质含量变化如图 2 所示。结果显示,茶叶配方肥处理以及不同土壤调理剂处理土壤全氮含量显著高于不施肥处理( $P<0.05$ ),其中,生物质炭处理全氮含量最高;所有处理 0~20 cm 土层全氮含量显著高于 20~40 cm 土层。不同施肥处理土壤有机质含量显著高于不施肥处理( $P<0.05$ ),其中,生物质炭处理的有机质含量最高,其次是茶叶配方肥处理,之后依次为“亚科

丰”和“田师傅”处理,但处理间差异不显著;所有处理 0~20 cm 土层有机质含量显著高于 20~40 cm 土层。

2.3 不同调理剂对茶园土壤有效养分含量的影响

不同调理剂处理土壤有效态磷、钾、钙和镁含量如表 3 所示。单独施用茶叶配方肥处理 0~20 cm 土层有效磷含量最高,显著高于其他处理( $P<0.05$ ),其次是生物质炭处理、“亚科丰”处理,“田师傅”处理有效磷含量相对较低;生物质炭处理 0~20 cm 土层速效钾含量最高,但与其他处理之间差异不显著;生物质炭处理 0~20 cm 土层有效钙含量最高,显著高于其他调理剂处理( $P<0.05$ );“田师傅”处理 0~20 cm 土层有效镁含量最高,但与其他处理之间差异不显著。

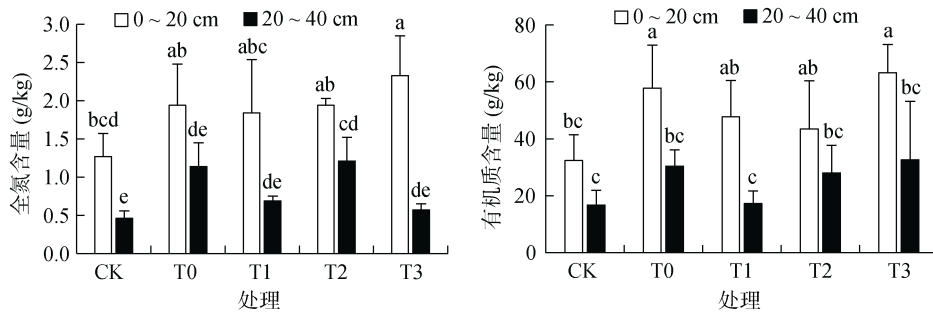


图 2 不同施肥处理对茶园土壤全氮和有机质含量的影响

Fig. 2 Soil total nitrogen and organic matter contents under different fertilization treatments

表 3 不同处理茶园土壤主要养分元素含量(mg/kg)

Table 3 Contents of soil main nutrients under different treatments

处理	土层(cm)	有效磷	速效钾	有效钙	有效镁
CK	0~20	45.61 ± 15.04 de	86.93 ± 32.54 ab	147.07 ± 6.33 ab	27.37 ± 12.88 ab
	20~40	36.94 ± 24.10 de	98.37 ± 43.73 ab	90.15 ± 31.74 cde	21.19 ± 9.64 abc
T0	0~20	392.00 ± 85.38 a	120.95 ± 34.12 ab	94.17 ± 2.56 cde	20.30 ± 1.35 abc
	20~40	165.28 ± 46.73 b	100.42 ± 32.91 ab	75.63 ± 0.89 de	19.51 ± 2.96 bc
T1	0~20	122.72 ± 55.93 bcd	82.30 ± 47.22 ab	109.23 ± 48.43 cd	26.96 ± 5.93 abc
	20~40	28.60 ± 10.94 e	62.20 ± 26.07 b	71.28 ± 12.65 de	26.32 ± 0.94 abc
T2	0~20	72.03 ± 33.73 cde	97.37 ± 14.96 ab	124.63 ± 20.00 bc	34.29 ± 10.18 a
	20~40	17.31 ± 9.81 e	74.45 ± 19.68 b	98.67 ± 8.33 cde	23.21 ± 1.88 abc
T3	0~20	137.00 ± 87.08 bc	145.92 ± 60.74 a	162.12 ± 8.66 a	26.60 ± 10.65 abc
	20~40	23.01 ± 12.77 e	96.90 ± 20.92 ab	64.18 ± 15.83 e	13.11 ± 0.41 c

注: 同列数据后不同小写字母表示差异达  $P<0.05$  显著水平, 下同。

2.4 不同调理剂对茶叶产量和品质构成因素的影响

不同土壤调理剂作为秋季基肥施入后, 翌年春, 茶芽萌发时调查不同处理的发芽密度和百芽重, 并采摘茶鲜叶测定品质成分(表 4)和主要元素含量(表 5)。结果显示, 生物质炭处理的茶鲜叶新梢发芽密度在所有处理中最高, 其次是“亚科丰”处理, 该两种处理显著高于其他处理和对照( $P<0.05$ ); 在百芽重方面, 生

物质炭处理同样是最高的, 但各处理之间差异不显著(表 4)。单独施用茶叶配方肥处理的茶多酚总量最高, 达 302.02 mg/g, “亚科丰”处理的茶多酚总量最低 244.75 mg/g; 在游离氨基酸总量方面, 生物质炭处理最高, 显著高于其他土壤调理剂处理( $P<0.05$ ); 所有处理的酚氨比均小于 8, 其中单独施用茶叶配方肥处理酚氨比最高, 生物质炭处理最低(表 4)。不同处理

的茶鲜叶全氮含量无显著差异；施肥处理的全磷含量显著高于对照不施肥处理，“亚科丰”处理的全磷含量最高；3 种土壤调理剂处理茶叶全钾含量显著高于对照

和单独施用茶叶配方肥处理，施肥处理的全钙含量显著高于对照不施肥处理，“亚科丰”处理的全钙含量最高；“田师傅”和生物质炭处理的茶叶全镁含量较高(表 5)。

表 4 不同处理的茶叶产量和品质构成  
Table 4 Yield and quality components of tea under different treatments

处理	发芽密度(个/0.1 m <sup>3</sup> )	百芽重(鲜重, g/100 个芽)	茶多酚总量(mg/g)	游离氨基酸总量(mg/g)	酚氮比
CK	63.00 ± 11.27 c	11.36 ± 0.15 b	296.02 ± 16.51 a	40.79 ± 1.55 ab	7.25 ± 0.16 ab
T0	77.00 ± 3.61 bc	16.79 ± 3.05 ab	302.02 ± 13.7 a	38.68 ± 1.63 b	7.83 ± 0.63 a
T1	87.67 ± 15.04 ab	15.42 ± 1.95 ab	244.75 ± 28.44 b	36.94 ± 1.4 b	6.61 ± 0.58 bc
T2	76.00 ± 5.29 bc	16.71 ± 0.41 ab	267.36 ± 26.76 ab	37.76 ± 2.79 b	7.09 ± 0.67 ab
T3	97.67 ± 7.37 a	17.63 ± 5.48 a	263.78 ± 29.39 ab	43.81 ± 3.87 a	6.02 ± 0.28 c

表 5 不同处理的茶叶中主要养分元素含量(g/kg)  
Table 5 Contents of main nutrient elements in tea leaves under different treatments

处理	全氮	全磷	全钾	全钙	全镁
CK	57.79 ± 2.49 a	5.73 ± 0.13 b	17.31 ± 0.06 b	2.78 ± 0.17 c	1.64 ± 0.04 b
T0	59.45 ± 2.54 a	5.95 ± 0.08 a	18.05 ± 0.69 b	3.23 ± 0.11 ab	1.71 ± 0.09 ab
T1	60.15 ± 0.62 a	6.01 ± 0.06 a	21.95 ± 1.09 a	3.48 ± 0.13 a	1.77 ± 0.04 ab
T2	60.60 ± 1.74 a	5.93 ± 0.12 ab	21.35 ± 0.61 a	3.14 ± 0.2b	1.86 ± 0.13 a
T3	58.40 ± 1.88 a	5.84 ± 0.12 ab	21.62 ± 0.85 a	3.26 ± 0.19 ab	1.8 ± 0.03 a

### 3 讨论

种植茶树会加速土壤的酸化，随着植茶年限的增加，土壤酸化程度会愈加严重<sup>[24-26]</sup>。茶树偏爱酸性环境，适合其生长的土壤 pH 范围在 4.5 ~ 6.0<sup>[27]</sup>，其中 pH 4.5 ~ 5.5 最适宜种植茶树，但土壤 pH 过低则会影响茶树的正常生长<sup>[28]</sup>。试验区茶园土壤酸度偏低，pH < 4.5，其中表层土(0 ~ 20 cm)pH 为 4.26，亚表层土(20 ~ 40 cm)pH 为 4.31(表 1)，这可能是由于长期不合理的施肥结构造成。因此，本研究选取 3 种土壤调理剂与茶叶配方肥施改良土壤酸度，并检验土壤改良剂对茶园土壤基本性质和茶叶产量品质构成的影响。结果显示，3 种不同改良剂可以不同程度地提高土壤 pH，因为这 3 种物质均呈碱性，具有较高的 pH；其中，“亚科丰”处理的表现较好，提高土壤 pH 的幅度较高(图 1)。有研究发现，“亚科丰”土壤调理剂能显著提高酸性水稻土壤 pH，这与本研究结果一致<sup>[29]</sup>。

茶叶的产量和品质与土壤养分有着密切联系。土壤有机质是土壤微生物和茶树多种营养的物质基础，不仅能增强土壤保水保肥能力，对酸碱有较强的缓冲能力，还可以促进根系对矿质营养的吸收<sup>[30]</sup>。研究结果显示(图 2)，不同土壤调理剂处理后的土壤有机质含量显著高于不施肥处理( $P < 0.05$ )，其中，生物质

炭处理土壤有机质含量最高。生物质炭用作土壤改良剂，不仅可以改善土壤的物理性质、增强土壤的保水能力、促进土壤微生物种群的发展以及养分的循环，并且可以增加土壤有机碳的含量，从而促进植物的生长<sup>[31-33]</sup>。氮、磷、钾是茶树生长所必需的 3 种元素，氮是蛋白质的主要成分，同时也是原生质的重要组成部分；磷对茶树根系分枝、根系吸收能力及幼苗生长有较好的促进作用；而钾是多种酶的活化剂，不仅能促进光合作用和呼吸作用，还能提高茶树抗逆性<sup>[34]</sup>。本研究显示生物质炭处理的茶园表层土壤全氮(图 2)和速效钾含量最高，有效磷含量在 3 种土壤调理剂处理中最高(表 3)。茶树多数生长在温暖多雨气候条件的亚热带地区，该地区土壤氮素容易淋失，然而添加生物质炭可以增加土壤对氮素的保持能力，提高氮素速效性<sup>[22,35-37]</sup>。生物质炭本身含有磷，这些磷可以被植物利用，施用生物质炭可以直接增加土壤磷素水平，提高作物的产量<sup>[38]</sup>。此外，生物质炭表面带负电荷，具有较高的阳离子交换量，可以提高土壤对养分离子钙、钾、镁和铵等的吸持能力，提高土壤的肥力<sup>[39-40]</sup>。施用土壤调理剂后，茶叶中磷、钾、钙和镁含量显著高于不施肥处理(表 5)，说明土壤调理剂的加入会促进茶树对磷钾等大量元素的吸收。

春季茶芽萌发时调查不同处理的发芽密度和百芽重，这两个指标在一定程度上能反映茶叶产量，而

生物质炭处理在这个两个指标上表现均最优(表 4),说明土壤中添加生物质炭可以促进茶树新梢萌发,并能提高茶叶产量。这与前人的研究结果一致,土壤中适量施入生物质炭可促进水稻、玉米以及甜椒生长,提高产量<sup>[41-43]</sup>。

本研究中关于茶叶品质成分主要测定了游离氨基酸和茶多酚。游离氨基酸是一种含氮有机物,其组成、含量及其降解产物和转化产物将直接决定茶汤滋味和茶叶品质,同时对茶叶香气有很好的促进作用<sup>[44]</sup>。游离氨基酸在茶树中的含量范围为 1.1%~6.5%<sup>[45]</sup>,其含量越高,茶汤越鲜爽,香气高长,品质更优良。本研究结果显示(表 4),生物质炭处理的游离氨基酸总量最高,显著高于其他土壤调理剂处理( $P<0.05$ )。茶多酚是一类存在于茶树中的多元酚混合物,是茶汤涩味的主体,但也是茶叶保健功能的首要成分<sup>[46-47]</sup>,其含量一般占总干物质的 18.00%~36.00%。有研究表明,茶多酚含量在 20.00% 以内,茶汤滋味与其含量呈显著正相关,含量在 20.00%~24.00% 的范围内仍维持茶汤浓度、醇度和鲜爽度的和谐统一,但茶多酚含量进一步增加后,茶汤苦涩味开始形成并逐渐加重,使得正相关性发生逆转<sup>[48-49]</sup>。本研究结果显示(表 4),单独施用茶叶配方肥处理的茶多酚总量最高,达到 302.02 mg/g,“亚科丰”处理的茶多酚总量最低 244.75 mg/g,但是无论哪个处理,茶多酚含量整体偏高,可能与栽培品种有关。酚氨比是评价茶叶适制性的指标之一,制作绿茶要求酚氨比 $<8.00$ ,制作红茶要求酚氨比 $>15.00$ ,制作乌龙茶则居于二者之间( $8.00<酚氨比<15.00$ )<sup>[50]</sup>。酚氨比还是表征茶叶品质的重要指标,能较好地反映茶汤滋味品质。本研究中,所有处理的酚氨比均小于 8,说明使用其中单独施用茶叶配方肥处理酚氨比最高,生物质炭处理的酚氨比最低。从酚氨比的角度,无论哪个处理都是适制绿茶的,这也符合该地区主产绿茶的特征。

#### 4 结论

本研究 3 种土壤调理剂均能不同程度地改善茶园土壤肥力及提升茶叶产量和品质,对表层土壤的改良效果要明显好于亚表层土壤。其中,在提高酸性茶园土壤 pH 方面,“亚科丰”土壤调理剂改良效果较好,提升土壤 pH 幅度较高;生物质炭在增加土壤有机质及氮磷钾含量,以及提高茶叶产量和品质方面综合表现较好。本研究呈现的 1 a 短期试验结果,还需通过长期定位试验观测土壤调理剂的改良效果,同时改良机理也有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 林智, 吴洵, 俞永明. 土壤 pH 对茶树生长及矿质元素吸收的影响[J]. 茶叶科学, 1990, 10(20): 27-32
- [2] Ruan J Y, Zhang F S, Wong M H. Effect of nitrogen and phosphorus sources on the growth, nutrient uptake and rhizosphere soil property of *Camellia sinensis*L[J]. Plant and Soil, 2000, 223: 63-71
- [3] Ruan J Y, Ma L F, Shi Y Z, et al. Effect of litter incorporation and nitrogen fertilization on the contents of extractable aluminum in the rhizosphere soil of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze)[J]. Plant and Soil, 2004, 263: 283-296
- [4] 吴洵. 茶园土壤酸化及防治[J]. 茶叶通讯, 1990, 74(4): 21-23
- [5] 廖万有. 我国茶园土壤的酸化及防治[J]. 农业环境保护, 1998, 17(4): 178-180
- [6] 郭琳. 茶园土壤的酸化与防治[J]. 茶叶科学技术, 2008(2): 16-17
- [7] 唐剑锋, 胡孔峰, 尹健, 等. 信阳市茶园土壤有机质和速效氮磷钾的分布[J]. 河南农业科学, 2007(5): 81-84
- [8] 刘林敏, 宁建美, 李贵松, 等. 松阳县农田茶园土壤养分调查分析[J]. 中国茶叶, 2009(5): 30-31
- [9] 黄运湘, 曾希柏, 张杨珠, 等. 湖南省丘岗茶园土壤的酸化特征及其对土壤肥力的影响[J]. 土壤通报, 2010, 41(3): 633-635
- [10] 乔春连, 布仁巴音. 合成氮肥对中国茶园土壤养分供应和活性氮流失的影响[J]. 土壤学报, 2018, 55(1): 174-181
- [11] 罗敏, 宗良纲, 陆丽君, 等. 江苏省典型茶园土壤酸化及其对策分析[J]. 江苏农业科学, 2006, 56(2): 139-142
- [12] 杨冬雪, 钟珍梅, 陈剑侠, 等. 福建省茶园土壤养分状况评价[J]. 海峡科学, 2010(6): 129-131
- [13] 易杰祥, 吕亮雪, 刘国道. 土壤酸化和酸性土壤改良研究[J]. 华南热带农业大学学报, 2006, 12(1): 23-27
- [14] 宗良纲, 周俊, 罗敏, 等. 模拟酸雨对茶园土壤中铅的溶出及形态转化的影响[J]. 安全与环境报, 2005, 36(5): 695-699
- [15] 徐仁扣, 季国亮. pH 对酸性土壤中铝的溶出和铝离子形态分布的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(2): 162-171
- [16] 王宁, 李九玉, 徐仁扣. 土壤酸化及酸性土壤的改良和管理[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(23): 48-51
- [17] 黄化刚, 班国军, 陈垚, 等. 多孔改良剂对毕节烟区土壤性状及烤烟产质量的影响[J]. 土壤学报, 2017, 54(6): 1427-1437
- [18] 李九玉, 王宁, 徐仁扣. 工业副产品对红壤酸度改良的研究[J]. 土壤, 2009, 41(6): 932-939
- [19] 王辉, 王宁, 徐仁扣, 等. 茶叶叶和刺槐叶对茶园土壤酸度的改良效果[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(8): 1597-1601
- [20] Weissenhorn I, Leyval C, Berthelin J. Cd-tolerant arbuscularmycorrhizal (AM) fungi from heavy-metal polluted soils[J]. Plant and Soil, 1993, 157(2): 247-256
- [21] 龙明杰, 曾繁森. 高聚物土壤改良剂的研究进展[J]. 2000, 31(5): 199-202, 223

- [22] 袁金华, 徐仁扣. 生物质炭对酸性土壤改良作用的研究进展[J]. 土壤, 2012, 44(4): 541–547
- [23] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 574
- [24] Abe S S, Hashi I, Masunaga T, et al. Soil profile alteration in a brown forest soil under high-input tea cultivation[J]. Plant Production Science, 2006, 9: 457–461
- [25] Oh K, Kato T, Li Z P, et al. Environmental problems from tea cultivation in Japan and a control measure using calcium cyanamide[J]. Pedosphere, 2006, 16: 770–777
- [26] Wang H, Xu R K, Wang N, et al. Soil acidification of Alfisols as influenced by tea plantation in eastern China[J]. Pedosphere, 2010, 20: 799–806
- [27] Hamid F S, Ahmad T, Khan B M, et al. Effect of soil pH in rooting and growth of tea cuttings (*Camellia sinensis* L.) at nursery level[J]. Pakistan Journal of Botany, 2006, 38: 293–300
- [28] Fung K F, Carr H P, Zhang J, Wong M H. Growth and nutrient uptake of tea under different aluminium concentrations[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88: 1582–1591
- [29] 谷雨, 蒋平, 李志明, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果[J]. 湖南农业科学, 2015(3): 61–64
- [30] 张小琴, 陈娟, 高秀兵, 等. 贵州重点茶区茶园土壤 pH 值和主要养分分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(1): 286–291
- [31] 严陶韬, 丁子菊, 朱倩, 等. 生物质炭对黄棕壤理化性质及龙脑樟幼苗生长的影响[J]. 土壤, 2018, 50(4): 681–686
- [32] Steinbeiss S, Gleixner G, Antonietti M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41(6): 1301–1310
- [33] Gaskin J W, Speir R A, Harris K, et al. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield[J]. Agronomy Journal, 2010, 102(2): 623–633
- [34] 童启庆. 茶树栽培学[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 213–216
- [35] 吴嘉楠, 闫海涛, 彭桂新, 等. 生物质炭与氮肥配施对土壤氮素变化和烤烟氮素利用的影响[J]. 土壤, 2018, 50(2): 256–263
- [36] Giardina C P, Sanford R L, Dockersmith I C, et al. The effects of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation[J]. Plant and Soil, 2000, 220(1/2): 247–260
- [37] Renck A, Lehmann J. Rapid water flow and transport of inorganic and organic nitrogen in a highly aggregated tropical soil[J]. Soil Science, 2004, 169(5): 330–341
- [38] Chan KY, van Zwieten L, Meszaros I, et al. Using poultry litter biochars as soil amendments[J]. Australian Journal of Soil Research, 2008, 46(5): 437–444
- [39] Steiner C, Teixeira W G, Lehmann J, et al. Long-term effects of manure, charcoal, and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central Amazonian upland soil[J]. Plant and Soil, 2007, 291(1/2): 275–290
- [40] Inyang M, Gao B, Pullammanappallil P, et al. Biochar from anaerobically digested sugarcane bagasse[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(22): 8868–8872
- [41] Zhang A F, Cui L Q, Pan G X, et al. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2010, 139: 469–475
- [42] Major J, Rondon M, Molina D, et al. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol [J]. Plant and Soil, 2010, 333(1/2): 117–128
- [43] Graber E R, Harel Y M, Koltun M, et al. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media[J]. Plant and Soil, 2010, 337(1/2): 481–496
- [44] 袁林颖, 李中林, 钟应富, 等. 氨基酸总量及组份与云岭永川秀芽茶品质级别的关系研究[J]. 西南农业学报, 2011, 24(2): 829–831
- [45] Chen L, Zhou Z. Variations of main quality components of tea genetic resources [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] preserved in the china national germplasm tea repository[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2005, 60(1): 31–35
- [46] Adrian J P, Bolwell G P. Phenols in the plant and in man: the potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(7): 985–1012
- [47] 李志光, 谢文刚, 张铭, 等. 茶多酚与细菌、DNA 相互作用的研究[J]. 茶叶科学, 2002, 22(1): 62–65
- [48] Wang H F, Helliwell K. Epimerisation of catechins in green tea infusions[J]. Food Chemistry, 2000, 70(3): 337–344
- [49] 张伦, 张祖陆, 王学, 等. 日照茶叶生产基地绿茶品质评价分析[J]. 山东国土资源, 2011, 27(12): 17–21
- [50] 陈岱卉, 叶乃兴, 邹长如. 茶树品种的适制性与茶叶品质[J]. 福建茶叶, 2008(1): 2–5

## Effects of Soil Conditioners on Soil Properties and Yield and Quality Components of Tea in Tea Garden

WAN Qing, HU Zhenmin, LI Huan, LI Ronglin, YANG Yiyang\*

*(Institute of Leisure Agriculture, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Jiangsu Key Laboratory for Horticultural Crop Genetic Improvement, Nanjing 210014, China)*

**Abstract:** Field experiments were conducted to study the effects of different soil conditioners and tea formula fertilizers on soil properties and yield and quality components in acidic tea garden. The results showed that all the three soil conditioners could improve soil fertility and yield and quality of tea in different degrees, and the improvement effect of surface soil (0–20 cm) was better than that of subsurface soil (20–40 cm). Among the three soil conditioners, Ya-Kefeng soil conditioner increased soil pH by the highest extent, followed by Tian-Shifu soil conditioner and biochar treatment. Biochar treatment appeared a better comprehensive performance in improving soil fertility and tea yield and quality. The application of biochar in tea garden could significantly increase the contents of soil organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium, and also increase the 100-bud weight and germination density of tea, as well as the total amount of free amino acids in leaves.

**Key words:** Soil acidification; Soil conditioner; pH; Nutrient elements; Quality components