

不同海拔高度下庐山茶园土壤性质及茶叶生化指标的变化

丁园, 张宝林

(南昌航空大学环境与化学工程学院, 南昌 330063)

摘要: 为了解不同海拔区间庐山茶园的土壤环境质量现状及茶叶生化指标的差异, 分别以位于海拔 300 m、700 m、1 100 m 的北坡和 1 100 m 的南坡 4 个茶园为研究对象, 分析比较各茶园土壤的理化性质和茶样的叶绿素含量、酶活性、茶多酚及重金属含量变化。结果表明, 海拔高度为 300 m、700 m、1 100 m 的庐山茶园土壤 pH 依次降低, 但均能满足茶树正常生长的 pH 要求。庐山茶园土壤的有机质和 CEC 含量随着海拔高度的增加而增加, 差异显著。土壤速效磷和碱解氮含量整体偏低, 应考虑合理施肥进一步提高土壤肥力水平。茶叶重金属 Cu、Pb 和 Cd 含量均符合有机茶标准 (NY5196-2002), 不存在超标现象。茶叶的叶绿素含量、酶活性、茶多酚和 Se 含量等指标随着海拔高度的增加而增大, 与土壤养分指标表现出一致的变化规律, 说明海拔是决定茶叶生理和品质指标的主要因素。

关键词: 庐山云雾茶; 海拔高度; 养分; 重金属; 茶叶品质

中图分类号: S571.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2017)06-0959-04

Changes in tea biochemical indexes and soil physicochemical properties at different altitude ranges of Lushan Mountain

DING Yuan, ZHANG Baolin

(College of Environmental and Chemical Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063)

Abstract: In order to study changes in soil physicochemical properties and tea biochemical indexes at different altitudes of Lushan Mountain, we selected 4 tea gardens located in the north slope of the mountain at the altitude of 300, 700 or 1 100 m and the south slope of the mountain at the altitude of 1 100 m as test samples. The results showed that the soil pH decreased with an increase of altitude and the pH was still good for tea growth. The content of organic matter and CEC in the soil significantly increased with an increase of the altitude from 300 m to 1 100 m. In addition, the contents of alkali-hydrolysable nitrogen and available phosphorous in the soil were lower than the standard of the soil fertility. The contents of copper, lead and cadmium in tea were lower than the Standard of Organic Tea (NY5196-2002). The chlorophyll content, enzyme activity, contents of selenium and tea polyphenols increased with the increasing altitude, which is similar to the change of soil fertility; therefore, altitude is the main contribution to the physiological properties and quality of tea plants.

Key words: Lushan Mountain tea; altitude; nutrient; heavy metals; tea quality

2013 年中国茶园面积达 258 万 $\text{hm}^{2[1]}$, 广泛分布于全国 17 个省(市)区, 茶树 (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) 一直是中国重要的经济作物。土壤是茶树生长的养分库, 显著影响茶叶的生长和品质。胡明宇等^[1]的研究结果表明, 中国东南地区的著名茶叶如庐山云雾、鸠坑毛尖等都产于花岗岩、石英砂发育的砂壤上, 土壤质地与茶叶品质的关系十分

密切。不同质地的土壤颗粒组成不同, 导致土壤属性如胀缩性、吸湿性、透水性及养分含量不同。因此, 土壤理化性质的差异在很大程度上左右着茶园土壤肥力的高低和茶园生产潜力^[2-3]。

庐山云雾茶是中国有代表性的高山茶, 素以“味醇、色翠、香馨、汤清”而久负盛名, 长期以来是庐山, 甚至是江西的旅游名片。为了保持云雾茶的有

收稿日期: 2017-02-19

基金项目: 江西省科技支撑项目(农业领域)(20151BBF60003)和“江西省普通本科高校中青年教师发展计划访问学者专项”共同资助。

作者简介: 丁园, 副教授。E-mail: 1005803795@qq.com

机特色和品质,庐山云雾茶园土壤不施化肥和农药,其品质和生长主要受控于自然生境条件。本研究分析监测了位于 300 m、700 m、1 100 m 北坡和 1 100 m 南坡的 4 个茶园的土壤理化性质及茶叶的部分生理和品质指标,客观评价庐山茶的土壤对茶叶生长和品质的影响,以期保护庐山茶园土壤环境,提高茶叶品质奠定理论与实践基础。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

庐山自然保护区(29°26'N~29°41'N, 115°52'E~116°08'E),位于江西省北部,距九江市约 13 km,东临鄱阳湖,北濒长江,总面积 302 km²,主峰汉阳峰海拔 1 474 m。庐山保护区海拔高度 300、700 和 1 100 m 的土壤类型依次为红壤、山地黄壤和山地黄棕壤^[4-5]。自然保护区内山峦叠嶂,林木茂盛,气候湿润,生态条件优良,是天然的宜茶之地。

1.2 样品的采集与前处理

2015 年 6 月,分别在海拔高度为 300 m、700 m、1 100 m 的庐山北坡和 1 100 m 的庐山南坡 4 个茶园采集土壤样品。每个样地均采用对角线取样法,采集表层土壤(0~20 cm)样品,混匀后以四分法保留 1 kg 左右带回实验室自然风干,拣出有机残体和其他杂质,研碎、过筛,装入土样袋中保存、待测。

2016 年 4 月采集对应茶园的一芽二叶于保温箱(加冰)立即带回实验室。其中一部分鲜样用于叶

绿素、酶活性等生理指标的测定;另一部分杀青后烘干,用于重金属、硒含量和茶多酚等指标的测定。

1.3 测定项目与测定方法

1.3.1 土壤基本理化性质 土壤 pH 采用 pH 计(水/土=2.5/1)测定;土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;速效磷采用 0.03 mol·L⁻¹ NH₄F—0.025 mol·L⁻¹ HCl 浸提钼锑抗比色法测定;土壤阳离子代换量 CEC 采用 1 mol·L⁻¹ 乙酸铵交换法测定,具体测定方法参照《土壤农化分析(3 版)》^[6];土壤 Cu、Zn、Pb 和 Cd 含量的测定:ICP-AES 测定,参见文献[5]。

1.3.2 茶叶部分生理和品质指标的测定 叶绿素含量:采用 95%乙醇提取,分光光度法测定^[7];叶片过氧化物酶 POD(peroxidase)的测定:愈创木酚法^[7];超氧化物歧化酶 SOD(superoxide dismutase):氮蓝四唑(NBT)法^[7];茶多酚总量采用福林酚法(GB8313-2008)^[8];茶叶 Cu、Zn、Pb 和 Cd 含量的测定:ICP-AES 测定,参见文献[5]。

1.4 数据分析

用新复极差法对分析数据进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同海拔高度下茶园土壤的理化性质分析

不同海拔高度下庐山茶园土壤的理化性质分析如表 1 所示。

表 1 供试土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of test soils

地理位置 Location	海拔/m Altitude	土壤类型 Soil type	pH	有机质/g·kg ⁻¹ Organic matter	碱解氮/mg·kg ⁻¹ Alkali-hydrolyzable nitrogen	速效磷/mg·kg ⁻¹ Available phosphorus	CEC /cmol·kg ⁻¹
南坡 South slope	1 100	黄棕壤	4.83±0.17 ^c	33.17±0.13 ^c	84.81±0.18 ^b	2.333±0.058 ^b	16.26±0.05 ^b
北坡 North slope	1 100	黄棕壤	5.02±0.09 ^b	32.52±1.80 ^b	49.47±0.02 ^a	1.672±0.087 ^a	15.62±0.04 ^b
		700 黄壤	5.07±0.02 ^{ab}	28.24±0.41 ^b	49.44±0.09 ^a	1.762±0.038 ^a	14.38±0.07 ^a
		300 红壤	5.13±0.12 ^a	18.31±0.35 ^a	51.84±0.35 ^a	1.143±0.020 ^a	13.75±0.04 ^a

注:图中同一系的不同小写字母为 $P<0.05$ 的显著水平。下同。

Note: Different letters indicate significant differences at $P<0.05$ level. The same below.

监测结果表明,供试茶园土壤呈酸性,pH 在 4.8~5.2 之间,均低于茶树生长的最适值 5.5,但仍能满足茶树生长的 pH 要求(4.0~6.5),即适合茶叶生长^[9]。

土壤有机质反映土壤肥力水平,是影响茶树生长的重要指标。资料调查结果表明,中国优质名茶产地土壤有机质含量都在 2% 以上^[1,10],供试土壤有机质质量分数在 1.8%~3.3% 之间,说明庐山茶场的

土壤有机质含量基本能满足茶叶生长的要求。

与土壤 pH 的变化趋势不同,土壤有机质和 CEC 含量随着海拔高度的增加而增加。在 1 100 m 处,含量达到最大值。海拔 1 100 m 时,南北坡的 CEC 含量未表现出显著差异,但土壤有机质含量南坡显著高于北坡。

氮、磷等营养物质对茶叶的品质有重要的作用。氮不仅是构成茶叶蛋白质、氨基酸等滋味物质的重

要组成部分, 还是咖啡碱的组成部分之一, 因此对新稍茶芽的生长和品质起决定作用。土壤磷含量增加有利于茶多酚和水浸出物的增加, 它与绿茶的滋味等级的相关系数达 0.787~0.867^[11], 因此有利于提高茶叶的品质。参考《茶叶产地环境技术条件 (NY/T853-2004)》^[12]和优质、高效、高产茶园土

壤营养诊断指标, 将茶园的土壤肥力分为 3 个等级: I 级为优良, II 级为尚可, III 级为较差。

由表 1 可知, 随着海拔高度的增加, 供试土壤的碱解氮和速效磷含量呈增加趋势, 且海拔 1 100 m 的南坡土壤的含量显著高于其他供试土壤, 但仍均处于我国茶园土壤养分 III 级水平。

表 2 供试茶叶的生理和品质指标分析

Table 2 Physiology and quality index of test tea samples

地理位置 Location	海拔/m Altitude	叶绿素/mg·L ⁻¹ Chlorophyll	SOD 酶活性/U·g ⁻¹ ·min ⁻¹ SOD activity	POD 酶活性/U·g ⁻¹ ·min ⁻¹ POD activity	茶多酚/% Tea polyphenol
南坡 South slope	1 100	1.113±0.047 ^b	33.90±0.85 ^b	16.00±0.75 ^c	22.32±0.71 ^c
北坡 North slope	1 100	1.104±0.071 ^b	33.05±0.74 ^b	15.08±0.44 ^b	21.48±0.45 ^c
	700	0.939±0.012 ^a	25.64±0.72 ^a	13.08±0.63 ^a	18.78±0.16 ^b
	300	0.974±0.059 ^a	26.21±0.45 ^a	13.33±0.72 ^a	16.94±0.52 ^a

2.2 不同海拔高度下茶叶生理指标分析

依据实验设计和分析方法要求, 分别测定不同海拔高度的茶叶叶绿素、SOD 酶、POD 酶活性和茶多酚含量如表 2 所示。

由表 2 知, 随着海拔高度的增加, 茶叶的叶绿素、SOD 酶和 POD 酶活性均呈上升趋势, 在 1 100 m 高海拔时各项指标均达到了最大值, 且与低海拔地区差异显著。说明高海拔地区茶叶的生长更加活跃, 这可能与高海拔地区的光照、气温、降水等气候条件有关。气候条件的差异会影响植物光合作用的能力, Li 等^[13]的研究也表明, 茶叶光合作用的强度与茶叶总叶绿素含量呈显著的负相关关系。

茶多酚是茶叶鲜叶中多酚类物质的总称, 是形成茶叶色香味的主要成分之一, 更是茶叶保健功能的主要成分^[13]。由表 2 知, 随海拔高度的增加茶叶中茶多酚的含量显著增加, 与茶叶的生理指标以及

土壤有机质、CEC 含量以及氮磷等理化性质的变化规律一致。由此可见, 海拔是影响庐山茶生理生化指标变化的主要原因之一。

2.3 不同海拔高度下茶园土壤-茶叶体内重金属及硒含量分析

对照《有机茶 (NY5196-2002)》^[14]标准, 4 个茶园的茶叶 Cu、Zn、Pb 和 Cd 含量均符合有机茶标准, 不存在超标现象, 而且茶饮品中水溶态重金属含量极低, 因此对人体健康风险不大^[15]。这与熊春红等^[16]分析江西茶新叶重金属含量的结果是一致的, 即江西茶新叶重金属状况整体较好, 部分茶园 Cu、Cr 和 Pb 进入警戒水平。也说明庐山茶园的茶叶品质优于江西省其他地区的茶叶品质。对比文献报道^[3], 庐山茶园的茶叶重金属含量也低于云南普洱、西湖龙井和贵州部分茶园茶叶中相应重金属含量。

表 3 供试茶园土壤-茶叶的重金属及 Se 含量分析

Table 3 The contents of heavy metals and Se in test soils and tea samples

项目 Item	地理位置 Location	海拔/m Altitude	Cu/mg·kg ⁻¹	Zn/mg·kg ⁻¹	Pb/mg·kg ⁻¹	Cd/mg·kg ⁻¹	Se/mg·kg ⁻¹
茶叶 Tea	南坡	1 100	16.13±0.44 ^a	33.66±0.45 ^c	0.99±0.01 ^a	0.09±0.01 ^a	0.14±0.01 ^c
		1 100	18.05±0.10 ^b	31.47±0.42 ^b	1.10±0.01 ^a	0.10±0.01 ^a	0.12±0.01 ^b
	北坡	700	18.57±0.76 ^b	25.98±0.26 ^a	0.98±0.01 ^a	0.09±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a
		300	17.89±0.13 ^b	24.96±0.75 ^a	1.16±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a
		有机茶限量值	30	—	2	1	—
土壤 Soil	南坡	1 100	19.73±0.63 ^a	86.79±0.59 ^d	36.82±1.41 ^b	0.29±0.01 ^b	0.40±0.03 ^b
		1 100	22.38±0.56 ^b	80.63±1.56 ^c	42.11±1.66 ^c	0.28±0.01 ^b	0.36±0.03 ^a
	北坡	700	31.03±1.25 ^c	66.19±0.93 ^a	31.03±0.71 ^a	0.35±0.01 ^c	0.35±0.01 ^a
		300	39.63±1.10 ^d	71.31±1.13 ^b	50.31±1.04 ^d	0.24±0.01 ^a	0.34±0.02 ^a

Cu、Zn 是植物生长的必需元素, 实验结果表明茶叶中的总含 Cu 并不随土壤 Cu 含量升高而增加,

而是维持在一个相对稳定的含量值。海拔 1 100 m 处茶叶 Zn 含量显著高于 700 m 和 300 m 处茶叶 Zn

含量, 考虑到 Zn 可以作为预测绿茶等级的重要鉴定指标之一^[17], 也说明海拔是决定茶叶品质的主要原因。

由表 3 知, 海拔 1 100 m 处土壤 Se 含量较高, 特别是南坡土壤 Se 含量已达到富 Se ($>0.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 水平^[18], 茶叶 Se 含量随着土壤 Se 含量的增加而增加。Se 不是茶树的必需元素, 但 Se 能够提高茶叶中咖啡碱、茶多酚含量, 这与表 2 中茶多酚含量的变化规律也是一致的。

3 结论

海拔高度 300 m、700 m 和 1 100 m 的条件下, 庐山茶园土壤的有机质、碱解氮和速效磷和 CEC 含量依次增加。庐山茶园土壤的 pH 能满足茶树生长的要求, 但土壤速效养分含量较低, 合理施肥可进一步提高土壤肥力水平。

供试茶叶重金属 Cu、Zn、Pb 和 Cd 含量均符合有机茶标准, 不存在超标现象。茶叶的叶绿素含量、酶活性、Zn、Se 和茶多酚含量均随着海拔高度的增加而增加, 说明海拔是决定茶叶生理和品质指标的主要因素。

参考文献:

- [1] 胡明宇, 林昌虎, 何腾兵, 等. 茶园土壤性状与茶叶品质关系研究现状[J]. 贵州科学, 2009, 27(3): 92-96.
- [2] 唐颢, 唐劲驰, 操君喜, 等. 凤凰单丛茶品质的海拔区间差异分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(34): 143-151.
- [3] 王婷婷, 金心怡. 生态条件对茶叶品质的影响探析[J]. 茶叶科学技术, 2014(3): 6-12.
- [4] 王景明, 卢志红, 吴建富, 等. 庐山土壤类型的特点与分布规律[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(6): 1284-1290.
- [5] 丁园, 余小芬, 赵帼平, 等. 庐山不同海拔森林土壤中重金属含量分析[J]. 环境科学与技术, 2013, 36(6): 191-194.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [7] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [8] 中华全国供销合作总社. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] 罗敏, 宗良纲, 陆丽君, 等. 江苏典型茶园土壤酸化及其对策分析[J]. 江苏农业科学, 2006(2): 139-142.
- [10] LI L H, FU Q L, ACHAL V, et al. A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi, China[J]. Environ Monit Assess, 2015, 187(5): 228-240.
- [11] 刘美雅, 伊晓云, 石元值, 等. 茶园土壤性状及茶树营养元素吸收、转运机制研究进展[J]. 茶叶科学, 2015, 35(2): 110-120.
- [12] 中华人民共和国农业部. 茶叶产地环境技术条件: NY/T853-2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [13] LI Z X, YANG W J, AHAMMED G J, et al. Developmental changes in carbon and nitrogen metabolism affect tea quality in different leaf position[J]. Plant Physiol Bioch, 2016, 106: 327-335.
- [14] 中华人民共和国农业部. 有机茶: NY5196-2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [15] NKANSAH M A, OPOKU F, ACKUMEY A A. Risk assessment of mineral and heavy metal content of selected tea products from the Ghanaian market[J]. Environ Monit Assess, 2016, 188(6): 332.
- [16] 熊春红, 李 昌, 谢明勇. 江西茶鲜叶重金属状况评价探讨[J]. 分析与检测, 2009, 37(9): 203-204.
- [17] 黄啟亮, 龚永新, 蔡烈伟. 茶叶中锌含量研究进展[J]. 茶叶科学技术, 2006 (4): 12-14.
- [18] 沈慧芳, 杨波, 方克明, 等. 江西浮梁茶园土壤硒与茶叶硒富集能力的研究[J]. 上海农业学报, 2005, 31(1): 59-62.