

茶 *Camellia sinensis* L. 对铝的吸收与累积研究^{*}

李海生¹, 张志权²

(1. 广东教育学院生物系, 广东 广州 510310;

2. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘要: 对广东省几个大型茶场中不同土壤背景值的8个茶园, 进行了土壤及茶树各部位的铝含量调查研究。地处我国南方的广东省茶园, 其土壤中铝的含量都较高, 全量在 $60\ 000 \sim 150\ 000\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 但有效态铝含量相对较低, 仅为 $30 \sim 400\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 而且与土壤中全铝量大小无关, 而与土壤酸碱度 (pH) 呈极显著的负相关, 相关系数 $r = -0.9732$ 。铝在茶树各部位含量大小依次为落叶 > 成熟叶 > 根 > 枝条 > 幼叶。茶树凋落叶铝含量最高, 平均达 $(11\ 271 \pm 332)\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 而用于加工成饮用茶的幼叶 (一芽两叶) 部分最低, 平均只有 $(639 \pm 232)\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 同时期的相应茶场的茶叶制成品中, 铝的含量亦接近这一水平, 为 $(978 \pm 232)\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。土壤中的有机质、酸碱度 (pH)、总钾和有效钾、全铝和有效铝都对茶树各部位铝的累积产生较大影响, 但只有土壤 pH 值对铝在茶树体内向幼叶部分的转移和累积影响达显著程度, 幼叶铝含量与土壤 pH 之间的相关系数 $r = 0.772$, 呈显著正相关 ($P < 0.05$)。

关键词: 茶 *Camellia sinensis* L.; 铝累积

中图分类号: Q945.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 01-0072-04

茶树喜生于酸性富铝化的土壤中, Cheney (1955) 曾对 20 世纪头 50 a 有关茶树中吸收与积累铝的研究工作进行了详细回顾时指出, 早在 30 年代来自各地的研究已发现茶树叶片中的铝的含量达 $5\ 000 \sim 16\ 000\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[1]。显然, 茶树远远高于一般的粮食和饲料作物中铝的平均含量 $200\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的水平^[2]。然而, 尽管茶是一种铝富集植物早已为人们所认识, 但由于铝并非是人体所必需的, 当时又没有证据说明铝对人体是有害的。直到后来越来越多的报导认为, 人体积累过多的铝后会加速对钙和磷的排泄而使体内代谢失调^[3]。继而更有报导称, 在老年痴呆症 (Alzheimer) 病人的脑部病变部分发现比正常人相应部位的铝含量高出几倍, 因而怀疑铝还可能与老年痴呆症有关^[4]。这样一来, 围绕着食品、饮料、铝制餐 (炊) 具及食品 (尤其是罐装食品) 的铝制包装等对人体摄入铝的影响, 顿时就成了各界极为关注的问题。这当中自然就包括人们日常饮用最多的茶。

除了植物的遗传性外, 通常植物对各种元素的吸收还受着诸多因素, 尤其是土壤因素的影响; 各种元素被吸入植物体内之后, 在各器官间的分布又

并非是均匀的; 而饮用的茶制品只是采摘茶树中的顶芽 (一芽两叶或一芽三叶等) 部分加工而非全株。所以, 仅仅认识到茶是一种富铝植物就去评估饮用茶对人体的影响是远远不够的。本研究试图通过不同土壤背景的茶园土壤及茶树进行调查研究, 了解茶树各部位对铝的富集规律及其影响因素, 从而为人们日常饮用茶对健康的影响进行正确的评估提供科学依据。

1 材料与方法

本试验通过对广东省 5 个大型茶场中, 在外观上具有不同的土壤状况的 8 个茶园, 采集土壤及相应茶树 (大叶种), 测定不同植地条件下金属铝的土壤背景值, pH 值, 有机质, 氮、磷、钾等元素和铝在茶树各部位 (尤其对用于制茶的“一芽两叶”作为一个独立的采样单位) 的含量, 以探讨铝在茶树体内不同器官的分布及其与土壤中有关因素间的相关性。

1.1 采样地点

A: 湛江徐闻县海鸥农场: A1 茶园和 A2 茶园

B: 乐昌茶场: B1 茶园和 B2 茶园

* 收稿日期: 2001-06-01;

基金项目: 香港大学研究基金会资助项目 (RGC/97-98/52)

作者简介: 李海生 (1971—), 男, 讲师, 在职博士研究生; 通讯联系人: 张志权; E-mail: lsszq@zsu.edu.cn

- C: 广州流溪河茶场茶园
- D: 普宁华侨农场茶园
- E: 英德英红茶场: E1 茶园和 E2 茶园

1.2 采样方法

每个茶园设 3 个采样点, 每个采样点选取茶树 1~2 株, 将幼叶 (一芽两叶)、成熟叶、枝条、根及凋落叶分别采样, 同时相应采集 0~20 cm 土壤样品。在其中的 3 个茶场, 即海鸥农场、乐昌茶场和英德英红茶场还同时采集到同期的茶叶制成品, 一并进行铝含量分析。

1.3 样品分析

植物样品: 将采集的植物样品先用自来水冲洗干净后于 70 °C 的烘箱中烘 48 h, 烘干后的样品粉碎, 用浓硝酸-高氯酸-浓硫酸进行消化。铝含量用原子吸收光谱法测定。

土壤样品: 将从野外带回的土壤放在实验室内风干, 然后用玛瑙研钵研磨过筛 (2 mm, 1 mm, 0.25 mm 筛), 用于不同项目的分析:

pH 值: 取过 1 mm 筛的土样 10 g, 加入 20 mL 蒸馏水中, 搅拌静置 30 min 后, 用 PHS-25 型 pH 计测定。

有机质测定: 重铬酸钾外加热法。

全氮: 凯氏定氮法; 有效氮: 蒸馏法测定。

全磷: 用硫酸-高氯酸消化经过 0.25 mm 筛的土样 0.500 g, 消化完全后稀释定容, 用 752 型紫外分光光度计在波长 800 nm 处测定; 有效磷取过 1 mm 筛土样, 用盐酸-氟化铵提取液浸提, 振荡 30 min, 用无磷干滤纸过滤, 滤液用磷钼蓝比色法在 752 型紫外分光光度计上于波长 660 nm 处测定。

全钾: 用氢氧化钠碱熔-火焰分光光度计法测定;

有效钾: 用 1 mol/L 醋酸铵浸提, 火焰光度计法。

总铝测定: 用 HNO₃-HClO₄ (体积比为 1:1) 混合酸消化样品, 用原子吸收光谱法测定; 有效铝用 1 mol/L KCl 浸提, 提取液用原子吸收光谱法测定。

1.4 数据数理

相关系数显著性用 F 检验, 在给定显著水平下 ($P<0.05$) r 值为显著相关, $P<0.01$ 的 r 值为极显著相关。多项比较用方差分析和 LSD 检验。

2 结果与分析

2.1 茶园土壤理化状况

对广东省境内 5 个茶场中 8 个采样点的土壤样

品, 进行了理化性质的测定, 结果如表 1 所示。从表 1 可以看出, 不同茶园总铝含量的差异不大, 最高为 146 668 mg·kg⁻¹, 最低为 66 811 mg·kg⁻¹。但是, 有效铝含量则有很大的变化, 从最低的 30.74 mg·kg⁻¹ 到最高的 414.56 mg·kg⁻¹, 最低者含量不到最高者含量的 1/10。另一方面, 土壤有效态铝只占全量的 0.03%~0.62% 之间, 其中 2/3 的采样点是低于 0.20% 的。在 8 个采样点中, 总铝含量以 A1 与 A2 采样点最高, 但是有效含量并非出现在这两个采样点, 而是依次为 B1、B2、C、D、E2、A2、A1 和 E1。显然, 有效态铝含量与总量间关系并不密切。如果以土壤酸碱度 (pH) 与有效态铝含量间作图, 如图 1 所示, 就可以清楚地看到, 土壤中有有效态铝含量与土壤的 pH 间相关系数 $r=-0.9732$, 达极显著相关。

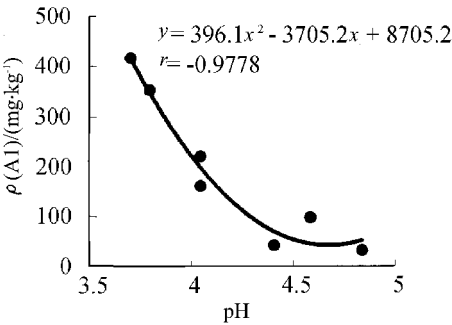


图 1 土壤酸碱度与有效态铝含量间的相关关系

Fig. 1 The relationship between extractable Al concentration and pH of soil

2.2 茶树各部位的含铝量

茶树幼叶、成熟叶、枝条、落叶、根及部分茶园的成品茶的铝含量测定结果如表 2 所示。

从表 2 中可见, 茶树各部位间的含铝量分布经方差分析存在着显著差异。而且, 不同采样点的茶树各部位铝含量高低次序是一致的: 落叶中含铝量最高, 平均为 (11 271±332) mg·kg⁻¹ (最高达 15 838±196 mg·kg⁻¹), 然后依次为成熟叶、根、枝条和幼叶, 幼叶的平均含铝量仅为 (639±232) mg·kg⁻¹, 分别约为成熟叶和凋落叶的 8.9% 和 5.6%。此外, 同期的茶叶制成品中铝含量与相应茶园中幼叶的铝含量相当, 差异不显著。

2.3 茶树各部位的铝含量与土壤各因子间的相关分析

对茶树各部位铝含量与土壤中各因子间进行相关分析的结果如表 3 所示。

从表 3 看出, 土壤中的有机质、酸碱度 (pH)、总钾和有效钾、总铝和有效铝都对茶树各部位对铝的累积产生较大的影响, 但只有土壤 pH 对铝在茶树体内向幼叶转移和累积的影响达显著的程度, 幼叶铝含量与土壤 pH 之间的相关系数 $r=0.772$ 。呈显著正相关 ($P<0.05$)。

表 1 不同采样点的土壤理化特性
Tab 1 Properties of soils in different sampling points

采样点	pH	ρ (有机质) ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	$\rho / (\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$				ρ (有效态) / ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)			
			N	P	K	Al	N	P	K	Al
A1	4.41	39.37 $\pm$ 8.04	1.70 $\pm$ 0.38	1.05 $\pm$ 0.15	3.28 $\pm$ 0.24	141527 $\pm$ 1242	187.7 $\pm$ 41.5	5.99 $\pm$ 0.18	128.4 $\pm$ 22.16	40.32 $\pm$ 0.01
A2	4.59	35.37 $\pm$ 2.06	1.41 $\pm$ 0.06	0.90 $\pm$ 0.04	3.28 $\pm$ 0.48	146668 $\pm$ 6109	157.9 $\pm$ 19.5	1.00 $\pm$ 0.09	26.82 $\pm$ 3.73	96.71 $\pm$ 3.92
B1	3.71	33.11 $\pm$ 7.50	1.68 $\pm$ 0.55	0.39 $\pm$ 0.04	16.04 $\pm$ 0.73	66811 $\pm$ 4661	176.0 $\pm$ 38.1	1.73 $\pm$ 0.98	36.29 $\pm$ 8.76	414.56 $\pm$ 3.37
B2	3.80	24.02 $\pm$ 5.52	1.17 $\pm$ 0.12	0.25 $\pm$ 0.01	19.71 $\pm$ 0.29	72462 $\pm$ 1306	132.2 $\pm$ 18.6	1.27 $\pm$ 0.87	34.63 $\pm$ 7.45	350.52 $\pm$ 1.66
C	4.05	12.79 $\pm$ 2.00	0.75 $\pm$ 0.07	0.24 $\pm$ 0.01	17.97 $\pm$ 0.02	109751 $\pm$ 1406	85.41 $\pm$ 7.10	0.53 $\pm$ 0.22	79.23 $\pm$ 10.88	218.7 $\pm$ 1.61
D	4.05	20.36 $\pm$ 1.35	1.12 $\pm$ 0.14	0.35 $\pm$ 0.01	5.39 $\pm$ 0.57	126730 $\pm$ 4303	135.4 $\pm$ 7.0	3.33 $\pm$ 0.74	24.68 $\pm$ 4.05	160.02 $\pm$ 0.61
E1	4.84	17.37 $\pm$ 2.04	1.24 $\pm$ 0.03	0.29 $\pm$ 0.02	22.39 $\pm$ 1.17	72055 $\pm$ 1333	116.0 $\pm$ 4.7	3.78 $\pm$ 2.18	56.07 $\pm$ 8.66	30.74 $\pm$ 0.69
E2	4.25	15.88 $\pm$ 3.66	0.87 $\pm$ 0.15	0.33 $\pm$ 0.01	13.64 $\pm$ 0.23	77413 $\pm$ 2549	106.4 $\pm$ 21.2	1.08 $\pm$ 0.38	60.74 $\pm$ 9.31	153.99 $\pm$ 0.92

表 2 不同茶园茶树各部位的铝含量¹⁾
Tab 2 Al contents of different parts of tea bushes in different tea plantations mg $\cdot$ kg $^{-1}$

茶树部位	A1	A2	B1	B2	C	D	E1	E2	平均
幼叶	460 $\pm$ 90.6	1038 $\pm$ 73	546 $\pm$ 14	365 $\pm$ 30	595 $\pm$ 352	550 $\pm$ 26	942 $\pm$ 76	618 $\pm$ 109	639 $\pm$ 232 ^a
成熟叶	2466 $\pm$ 184	4511 $\pm$ 38	4780 $\pm$ 260	4062 $\pm$ 323	4023 $\pm$ 135	3130 $\pm$ 60	5608 $\pm$ 60	4729 $\pm$ 972	4164 $\pm$ 992 ^b
枝条	505 $\pm$ 76	724 $\pm$ 43	449 $\pm$ 33	495 $\pm$ 67	794 $\pm$ 449	945 $\pm$ 248	1284 $\pm$ 33	654 $\pm$ 170	731 $\pm$ 280 ^a
落叶	8437 $\pm$ 499	15838 $\pm$ 196	11609 $\pm$ 218	7397 $\pm$ 442	9208 $\pm$ 325	16553 $\pm$ 355	10502 $\pm$ 967	10623 $\pm$ 31	11271 $\pm$ 332 ^a
根	1814 $\pm$ 173	1090 $\pm$ 84	2321 $\pm$ 114	4500 $\pm$ 479	2353 $\pm$ 198	4995 $\pm$ 360	1678 $\pm$ 113	2882 $\pm$ 92	2704 $\pm$ 1375 ^b
成品茶	1038 $\pm$ 98		924 $\pm$ 56		924 $\pm$ 75				

1) 平均值项目中数字后不同字母表示经 LSD 检验在 $P<0.05$ 水平上有显著差异

表 3 茶树各部位的铝含量与土壤各因子的相关分析¹⁾

Tab 3 The correlations between Al concentrations in different partitions of tea bushes and soil factors

部位	有机质	pH	总氮	总磷	总钾	有效氮	有效磷	有效钾	总铝	有效铝
幼叶	-0.0056	0.772 [*]	0.0067	0.2044	-0.0776	-0.1117	-0.1261	-0.2693	0.2026	-0.5373
成熟叶	-0.3672	0.241	-0.1923	-0.4776	0.6623	-0.3823	-0.4868	-0.4598	-0.663	0.1247
枝条	-0.5471	0.6466	-0.3570	-0.3055	0.2426	-0.5002	0.1636	-0.1632	-0.0189	-0.5272
落叶	0.1109	0.1734	0.0636	0.1659	-0.559	0.1443	-0.0885	-0.592	0.4475	-0.1917
根	-0.3609	-0.613	-0.3461	-0.5307	0.0882	-0.2132	-0.0872	-0.3801	-0.2067	0.4218

1) 表示显著相关 $P<0.05$; $n=8$;

3 讨论

茶树确实是一种富铝植物。但是, 由于铝在茶树体内的分布主要集中在老的凋落叶中, 而在用作加工饮用茶叶的幼叶部分 (一芽两叶) 的含量仅为 600 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ 左右, 约为老的凋落叶的 5.6%。因而, 由幼叶加工成的茶制成品中的铝含量也是很低的。而且, 这个含量只是总量, 在饮用泡茶时能被浸出的铝量就更少了。本研究小组在另一项相关的研究中, 在国内市场上购买了来自我国四大产茶区

中的红茶、绿茶、乌龙和普洱四大类的 24 个牌子的茶叶, 以 100 mL 蒸馏水 (100 $^{\circ}$ C) 与 1 g 茶叶的比例浸泡, 待完全凉后, 测定茶汤中的铝浓度只是介于 2.1~2.5 mg $\cdot$ L $^{-1}$ 之间^[5]。如果从日常饮用水源中的铝含量与之比较, 可能更为清楚: 有研究测定, 用一个铝锅烧开水 (自来水), 在沸点时, 水中的铝含量为 0.5~4.3 mg $\cdot$ L $^{-1}$, 如果连续烧开 15 min, 则水中的铝含量达 6.3~11 mg $\cdot$ L $^{-1}$ ^[9]。相比之下, 茶汤中浸出的铝量之低便可想而知。每个成年人每天正常摄入铝的许可量约为 20~40 mg^[7]

这样看来, 如果每天饮用 1 L 的茶汤 (约消耗茶叶 10 g), 摄入的铝量仅为正常许可量的 1/10。因此, 对饮用茶而积累过多铝的担心是毫无必要的。茶不仅是一种在中国具有悠久历史的饮料, 而且已成为风靡世界的三大无酒精饮料 (茶、咖啡和可可) 之一, 如今已有 50 多个国家种植茶。国内外大量研究证据说明, 饮用茶具有健齿防龋、增强免疫机能、杀菌抗病毒、防治动脉粥样硬化、降脂降压、降血糖、抗癌抗突变等多方面的作用^[8, 9], 是一种名符其实的健康饮料, 尤其是中国绿茶。

参考文献:

- [1] CHENERY E M. A preliminary study of aluminium and the tea bush[J] . Plant & Soil, 1955(6): 174—200.
- [2] ALINA K P and Henryk P. Trace Elements in soils and plants [M] . Boca Raton, Florida: CRC Press, 1984: 134—136.
- [3] ALFER A C. Aluminium//MERIZ W. Trace elements in human and animal nutrition[M] . 5th edition. New York: Academic Press Inc, 1986.
- [4] MCLACHLAN D R C. Aluminum and the risk for Alzheimer's disease[J] . Environmentrics, 1995, 6: 233—275.
- [5] WONG M H, ZHANG Z Q, WONG J W C. et al. Trace metal contents (Al, Cu and Zn) of tea; tea and soil from two tea plantations, and tea products from different provinces of China [J] . Environmental Geochemistry and Health, 1998, 20: 87—94.
- [6] LUUKKONEN—LILJA H, PIEPPONEN S. Leaching of aluminium from aluminium sishes and packages[J] . Food Additives and Contaminants, 1992, 19: 213—223.
- [7] SCHENK R U, BJORKSTEN L Y, YEAGER L. Aluminium in the environment //LEWIS T E. Environmental chemistry and toxicology of aluminium[M] . Proceedings of the 194th Annual Meeting of the American Chemical Society. New Orleans, Chelsea MI: Lewis Publications, 1989.
- [8] 陈忠懋. 茶对人体的生理调节机能[J] . 茶叶文摘, 1994, 8(1): 1—8.
- [9] 陈忠懋. 茶对人体的生理调节机能[J] . 茶叶文摘, 1994, 8(2): 1—9.

Studies of the Absorption and Accumulation of Aluminium in Tea Bush (*Camellia sinensis* L.)

LI Hai sheng¹, ZHANG Zhi quan²

(1. Department of Biology, Guangdong Education Institute, Guangzhou 510310, China;

2. School of Life Sciences, Sun Yat sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The contents of aluminium (Al) in soils and different partitions of tea bushes grown in tea plantations of Guangdong Province were investigated. The total Al contents in soils collected from 8 tea plantations were high and ranged from 60 000 to 150 000 mg °kg⁻¹ while extractable concentrations were lower comparatively, from 30 to 400 mg °kg⁻¹. The extractable Al concentrations in tea soils correlated significantly with the pH of soil. The aluminium accumulated mainly in the fallen leaves and mature leaves of tea bushes, and averaged (11 271 ± 332) mg °kg⁻¹ and (4 164 ± 232) mg °kg⁻¹ respectively, while Al concentration in young leaves was the lowest, only (639 ± 232) mg °kg⁻¹. The Al locations and accumulations in different partitions of tea bush were affected to some extent by lots of soil factors: organic matter, pH, total and extractable potassium, total and extractable aluminium. However, the location and accumulation of aluminium in the young leaves of tea bushes were only significantly affected by pH of soil, the corresponding correlative coefficient $r=0.772$ ($P<0.05$).

Key words: *camellia sinensis*; aluminium; accumulation