

茶(*Camellia sinensis* L.)对铜的吸收与累积

李海生¹, 张志权², 席嘉宾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 5 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(*Camellia sinensis* L.) 树各部位的铜含量分析调查。地处我国南方的广东省茶园, 土壤中铜含量在 2.39~53.05 mg/kg 之间。有效态铜含量相对较低, 仅在 0.45~3.17 mg/kg 之间。茶树中各部位铜含量大小依次为枝条>幼叶>根>成熟叶。茶树枝条和幼叶铜含量较高, 平均分别达 14.5 和 14.3 mg/kg, 远高于成熟叶铜含量水平(9.7 mg/kg)。而同时期相应茶场的茶叶制成品铜含量则较幼叶(一芽两叶)铜的含量高。土壤中的总钾、有效磷和总铜等都对茶树各部位铜的累积产生较大影响, 但只有土壤有效磷含量对铜在茶树体内向枝条部分的转移和累积影响达显著程度, 枝条铜含量与土壤有效磷之间的相关系数 $r = -0.74$, 呈显著负相关($P < 0.05$)。

关键词: 茶; 铜; 吸收; 累积

中图分类号: S571.1; Q945.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2003)03-0036-04

The absorption and accumulation of copper in tea bush (*Camellia sinensis* L.) LI Hai-sheng¹, ZHANG Zhi-quan², XI Jia-bin² (1. Department of Biology, Guangdong Education Institute, Guangzhou 510310, China; 2. School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2003, 12(3): 36-39

Abstract: The contents of copper (Cu) in soils and different parts of tea bushes grown in tea plantations of Guangdong Province were investigated. The total concentrations of Cu in soils collected from 8 tea plantations ranged from 2.39 mg/kg to 53.05 mg/kg, while extractable Cu concentrations were lower comparatively (from 0.45 mg/kg to 3.17 mg/kg). The order of Cu contents in different parts of tea bush was branch > young leaf > root > mature leaf. The copper accumulated mainly in the branches and young leaves of tea bushes (average 14.5 and 14.3 mg/kg respectively), while Cu concentration in mature leaves was the lowest, only 9.7 mg/kg. The Cu concentrations were increased a lot in tea products than those in young leaves. The Cu locations and accumulations in different parts of tea bush were affected to some extent by lots of soil factors: total potassium, extractable phosphorus and total copper, etc. However, only the location and accumulation of copper in branches of tea bushes were significantly affected by extractable phosphorus of soil, the corresponding correlative coefficient $r = -0.74$ ($P < 0.05$).

Key words: *Camellia sinensis* L.; copper; absorption; accumulation

茶(*Camellia sinensis* L.) 树是世界三大饮料植物之一, 在我国和世界各地广为栽培。茶叶中富含重要的矿物质与微量元素。近年来, 医学界和营养学界普遍认为, 微量元素对于维持人体生理功能或诱发人体某些疾病有着非常重要的作用, 如镁与高血压、硒与克山病、钙与骨骼生长、锌与锌化、锰与生育都有紧密关系^[1]。铜是人体中必需的微量元素之一, 具有重要的生理功能和营养作用。铜参与造血过程, 主要是影响铁的吸收、运送和利用。缺铜将导致“低血铜症”, 使铁代谢过程出现一系列变化^[2]。如按医药上规定的人体对铜元素的每日摄入量 2~5 mg^[3] 和泡茶时茶叶浸出量(平均值为 18.1%^[4]) 以

及每天平均饮茶 10 g 计算, 结果表明饮茶可以提供人体铜需要量的 1%~10%。这说明饮茶可以作为铜元素的重要补给源。但过多摄入铜, 也会危害人体健康, 因铜可以在人体肝脏内大量积累, 产生名为“肝痘”的铜代谢疾病^[5]。联合国粮农组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)确定对体重 60 kg 的人, 每日最高容许摄入量为 30 mg^[6]。铜也被茶叶卫生标准列为重金属检测项目之一。1994年, 英国利物浦大

收稿日期: 2003-03-31

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, 河南沁阳人, 在职博士生, 讲师, 主要从事植物学、生态学及保护生物学研究工作。

学 Leep 教授对英国市场上出售的包括中国茶在内的 8 个国家和地区的茶叶含铜量进行分析,发现中国茶的含铜量最高,接近 80 mg/kg 的水平,为含量最低的来自肯尼亚的茶叶的 4 倍^[7],超过了我国自己制定的 60 mg/kg 的水平^[8]。如果这个结果所反映的是一个普遍现象,并被国际商业检测机构所承认的话,这将有可能对中国茶叶的未来市场带来冲击。本研究试图通过不同土壤背景的茶园土壤及茶树的调查研究,了解茶树各部位对铜的累积规律及其影响因素,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

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; 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(大叶种)1~2 株。分别采集幼叶(一芽两叶)、成熟叶(当年生)、枝条和根,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(均为一级绿茶),一并进行铜含量分析。采样时间为 1996 年 5 月。

1.3 样品分析

1.3.1 植物样品分析 将采集的植物样品先用自来水冲洗干净后置于 70℃ 烘箱中恒温烘干 48 h,烘干后的样品粉碎,用浓硝酸-高氯酸-浓硫酸消化。铜含量用原子吸收光谱法测定。

1.3.2 土壤样品分析 将从野外带回的土壤放于室内风干,然后用玛瑙研钵研磨过筛(2 mm, 1 mm, 0.25 mm 筛),用于不同项目的测定分析:

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

有机质: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,火焰光度计法测定。

总铜:用 HNO₃-HClO₄ (V:V=1:1)混合酸消化后,用原子吸收光谱法测定;有效铜:用二乙三胺五乙酸(DTPA)提取后,用原子吸收光谱法测定。

1.4 数据处理

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 8 个茶园土壤样品的理化性质进行了分析测定,结果见表 1。

由表 1 可看出,不同茶园土壤总铜含量差异较大。最高为海鸥茶场,2 个茶园(A1 与 A2)总铜含量分别为 53.05 和 50.47 mg/kg;普宁华侨农场茶园(D)和广州流溪河茶场茶园(C)总铜含量最低,分别为 2.39 和 5.21 mg/kg,最低含量仅为最高含量的 4.5%。土壤有效铜含量各样地之间差异也较大,以英德英红茶场 E2 茶园为最高,达 3.17 mg/kg;广州流溪河茶场茶园(C)的最低,仅为 0.45 mg/kg。从表 1 中还可以看出,土壤中全铜含量与有效铜含量并不呈显著相关。

2.2 茶树各部位的铜含量

茶树幼叶、成熟叶、枝条和根及部分茶园的成品茶铜含量测定结果如表 2 所示。

表 2 数据表明,不同样地茶树的含铜量不同,但差异不显著,其中乐昌茶场 B1 茶园的含铜量明显比其他茶园高,这可能与该茶园施用含铜农药(如波尔多液)有关。经方差分析,同一茶园的茶树各部位的含铜量有显著差异 ($P < 0.05$)。从平均值来看,茶树各部位铜含量的排列顺序为枝条 > 幼叶 > 根 > 成熟叶。此外,成品茶铜的含量比相应茶园中幼叶的铜含量高。

2.3 茶树各部位的铜含量与土壤各因子间的相关分析

茶树对土壤中铜的吸收受土壤中诸多因素的限制,为了探讨茶树各部位铜含量与各土壤因子的相关性,以便采取相应的农业管理措施,更好地控制茶叶中的铜含量,为此进行了相关分析,结果见表3。

从表3中可以看出,土壤中的总钾、有效磷和总铜含量等因子都对茶树各部位铜的累积产生较大影响,但只有土壤有效磷含量对铜在茶树体内向枝条转移和累积的影响达显著程度,枝条铜含量与土壤有效磷含量之间的相关系数 $r = -0.74$,呈显著负相关。

表1 广东省不同茶园的土壤理化性质

Table 1 The properties of soils in different sampling sites of tea plantations in Guangdong Province

茶园 ¹⁾ Tea plantations ¹⁾	pH	有机质含量 Content of organic matter (g/kg)	全量 Total concentrations				有效量 Extractable concentrations (mg/kg)			
			N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Cu (mg/kg)	N	P	K	Cu
A1	4.41	39.37 ± 8.04	1.70 ± 0.38	1.05 ± 0.15	3.28 ± 0.24	53.05 ± 0.28	187.7 ± 41.48	5.99 ± 0.18	128.4 ± 22.16	2.06 ± 0.11
A2	4.59	35.37 ± 2.06	1.41 ± 0.06	0.90 ± 0.04	3.28 ± 0.48	50.47 ± 0.97	157.9 ± 19.50	1.00 ± 0.09	26.82 ± 3.73	1.42 ± 0.03
B1	3.71	33.11 ± 7.50	1.68 ± 0.55	0.39 ± 0.04	16.04 ± 0.73	13.66 ± 0.87	176.0 ± 38.08	1.73 ± 0.98	36.29 ± 8.76	1.99 ± 0.05
B2	3.80	24.02 ± 5.52	1.17 ± 0.12	0.25 ± 0.01	19.71 ± 0.29	9.55 ± 0.65	132.2 ± 18.56	1.27 ± 0.87	34.63 ± 7.45	2.08 ± 0.00
C	4.05	12.79 ± 2.00	0.75 ± 0.07	0.24 ± 0.002	17.97 ± 0.02	5.21 ± 0.55	85.41 ± 7.10	0.53 ± 0.22	79.23 ± 10.88	0.45 ± 0.01
D	4.05	20.36 ± 1.35	1.12 ± 0.14	0.35 ± 0.003	5.39 ± 0.57	2.39 ± 0.26	135.4 ± 6.99	3.33 ± 0.74	24.68 ± 4.05	0.76 ± 0.03
E1	4.84	17.37 ± 2.04	1.24 ± 0.03	0.29 ± 0.02	22.39 ± 1.17	17.45 ± 0.45	116.0 ± 4.66	3.78 ± 2.18	56.07 ± 8.66	1.86 ± 0.05
E2	4.25	15.88 ± 3.66	0.87 ± 0.15	0.33 ± 0.005	13.64 ± 0.23	18.13 ± 0.61	106.4 ± 21.23	1.08 ± 0.38	60.74 ± 9.31	3.17 ± 0.17

¹⁾ A1, A2: 湛江徐闻县海鸥农场不同茶园 Different tea plantations of Haiou farm, Xuwen County, Zhanjiang; B1, B2: 乐昌茶场不同茶园 Different tea plantations in Lechang; C: 广州流溪河茶场茶园 Tea plantation in Liuxihe, Guangzhou; D: 普宁华侨农场茶园 Tea plantation of Overseas Chinese Farm, Pu'ning; E1, E2: 英德英红茶场不同茶园 Different tea plantations of Yinghong, Yingde.

表2 广东省不同茶场茶树各部位铜的含量

Table 2 The Cu contents of different parts of tea bushes in different tea plantations of Guangdong Province

(mg/kg)

部位 Parts of tea bushes	不同样地茶树铜含量 ¹⁾ Cu content of tea bushes in different tea plantations ¹⁾								平均值 ²⁾ Average ²⁾
	A1	A2	B1	B2	C	D	E1	E2	
幼叶 Young leaves	13.5 ± 0.6	16.2 ± 1.3	18.2 ± 2.3	12.4 ± 1.5	16.9 ± 0.6	10.1 ± 0.8	14.7 ± 1.3	12.3 ± 1.2	14.3 ± 2.7 ^a
成熟叶 Mature leaves	7.7 ± 0.9	10.8 ± 1.8	15.3 ± 1.6	8.1 ± 0.5	8.9 ± 0.3	8.7 ± 0.1	8.6 ± 1.0	9.5 ± 2.9	9.7 ± 2.5 ^b
枝条 Branches	8.8 ± 0.8	15.8 ± 0.2	18.8 ± 0.3	16.6 ± 1.5	17.3 ± 0.7	9.9 ± 0.4	15.4 ± 1.0	13.5 ± 3.2	14.5 ± 3.5 ^a
根 Roots	12.3 ± 0.6	10.2 ± 0.4	20.8 ± 0.6	7.5 ± 1.1	15.1 ± 5.1	8.8 ± 4.0	9.4 ± 2.4	6.4 ± 2.2	11.3 ± 4.7 ^{ab}
成品茶 Tea products	19.2 ± 0.9		27.8 ± 1.2		23.4 ± 1.0				

¹⁾ A1, A2: 湛江徐闻县海欧农场不同茶园 Different tea plantations of Haiou farm, Xuwen County, Zhanjiang; B1, B2: 乐昌茶场不同茶园 Different tea plantations in Lechang; C: 广州流溪河茶场茶园 Tea plantation in Liuxihe, Guangzhou; D: 普宁华侨农场茶园 Tea plantation of Overseas Chinese Farm, Pu'ning; E1, E2: 英德英红茶场不同茶园 Different tea plantations of Yinghong, Yingde. ²⁾ 不同字母表示经 LSD 检验在 $P < 0.05$ 水平上有显著差异 Different letters indicate significant difference at $P < 0.05$ according to LSD test.

表3 广东省不同茶场茶树各部位铜含量与各土壤因子的相关系数¹⁾

Table 3 The correlation coefficient between Cu content in different parts of tea bushes and soil factors of different tea plantations in Guangdong Province¹⁾

部位 Parts of tea bushes	相关系数 Correlation coefficient									
	有机质 Organic matter	pH	总氮 Total N	总磷 Total P	总钾 Total K	有效氮 Extractable N	有效磷 Extractable P	有效钾 Extractable K	总铜 Total Cu	有效铜 Extractable Cu
幼叶 Young leaves	0.235 9	-0.024 5	0.271 0	0.095 7	0.244 6	0.128 8	-0.325 3	0.049 6	0.174 0	-0.160 0
成熟叶 Mature leaves	0.318 2	-0.381 9	0.411 2	-0.046 8	0.062 3	0.365 7	-0.353 4	-0.404 3	-0.055 7	0.099 9
枝条 Branches	-0.187 2	-0.295 6	-0.129 5	-0.469 2	0.664 4	-0.264 2	-0.740 0*	-0.435 3	-0.326 5	-0.041 5
根 Roots	0.330 5	-0.391 8	0.438 5	0.061 8	0.083 9	0.359 3	-0.040 0	0.123 2	-0.029 6	-0.284 6

¹⁾ *: 显著相关 Significant correlation ($P < 0.05, n = 8$).

3 小 结

1) 广东5大茶场茶园土壤全铜含量为2.39~53.05 mg/kg;各茶园铜含量差异显著;各茶园有效态铜含量相对较低,在0.45~3.17 mg/kg之间;同时土壤中有有效态铜含量与土壤中的总铜含量相关性不显著。

2) 茶树各部位含铜量高低次序在各个样地的茶树中并不十分一致。从平均值看,依次为枝条>幼叶>根>成熟叶,成熟叶铜含量最低,为9.7 mg/kg,远低于幼叶含铜量。这是由于铜是植物生长必需元素,在体内都较优先地向生长旺盛的部位移动。

3) 从茶树中铜含量与土壤各因子间的相关分析可看出,除了枝条中铜的含量与土壤有效磷的含量呈负相关(相关系数 $r = -0.74$)外,其他各部位铜含量与土壤中各因子之间均无明显的相关性。造成茶树枝条中铜含量与土壤中有有效磷含量呈负相关的原因可能与铜和磷的拮抗有关^[9]。

4) 铜既是人体需要的微量元素,也是重金属,不足或过量都有害健康。茶叶中的铜属于有机铜,较易为人体所吸收,因此适量的饮茶能部分满足人体

对包括铜在内的微量元素的需要,利于增进人们健康。

参考文献:

- [1] 郭文彬. 茶汤中锰形态分析[J]. 中国茶叶, 1992, 14(5): 20-21.
- [2] 刘训健, 沈亚如, 丁雷, 等. 施用铜肥对茶叶含铜量的影响[J]. 茶叶, 1996, 22(1): 24-26.
- [3] 陈宗懋. 茶·微量元素·人体健康[J]. 茶叶文摘, 1990, 4(1): 1-10.
- [4] 韩文炎, 吴淘, 姚国坤. 茶叶主要矿质元素含量及其相关性研究[A]. 刘另更. 矿质微量元素与食物链[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 124-129.
- [5] 孔维屏. 土壤中铜的形态及转化的研究概况[J]. 土壤学进展, 1987, 15(6): 13-20.
- [6] 许嘉琳, 杨居荣. 陆地生态系统中的重金属[M]. 北京: 中国环境出版社, 1995. 342.
- [7] Leep N W, Dickinson N M. Fungicide-derived copper in tropical plantation crops[A]. Ross S M. Toxic metals in soil-plant systems[M]. London: John Wiley & Sons Lid, 1994. 367-393.
- [8] 沈培和, 刘栩. 有关我国茶叶标准的问题[J]. 中国茶叶, 1994, 16(5): 6-7.
- [9] Tylor G. Heavy metal pollution, phosphatase activity and mineralization of organic phosphorus in forest soil[J]. Soil Biol Biochem, 1976, 8: 327.

欢迎订阅 2004 年《现代中药研究与实践》杂志

《现代中药研究与实践》是国家科技部、国家新闻出版署批准的专门宣传和报道国家食品药品监督管理局 2003 年 6 月 1 日颁布的《中药材生产质量管理规范(GAP)》及其生产标准操作规程(SOP)的科技期刊,国内统一刊号:CN34-1267/R。本刊为国家批准的允许刊登处方药广告的专业媒体。是由原《基层中药杂志》与《GAP 研究与实践》合并而成。主编由中国药材 GAP 研究促进会会长、GAP 首席专家、中国药科大学教授周荣汉先生担任。主办单位为安徽中医药高等专科学校、中国自然资源学会天然药物资源专业委员会。

本刊主要设有:政策与法规、GAP 基地建设、中药材生产与质量、药理与药化、药剂与工艺、资源与鉴定、生产标准操作规程、GAP 知识讲座、学术交流、信息传递等栏目。适

宜各地制药企业、药材经营企业、中药材种植养殖企业、中医药研究院(所)、各类医药院(校)、药监局、药检所、医院等单位及个人订阅。

本刊为双月刊,国内外公开发行,国际标准大 16 开本,64 页,逢双月下旬出版。每期订价 8.00 元,全年 48.00 元。全国各地邮局(所)均可订阅,发行代号:26-85。国外订阅:中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱),发行代号 Q6347。漏订者也可邮局汇款直接在杂志社订阅。地址:安徽省芜湖市荆山西路 16 号,《现代中药研究与实践》杂志社。E-mail: jczy@km169.net; 电话:0553-4836136; 邮政编码:241000。