

茶园—土壤系统的某些生物地球化学特征

王效举 陈鸿昭

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文根据成土母质的不同,在三峡地区选择了6个茶园,对茶园—土壤系统中元素丰度特征、元素循环特点和元素收支状况进行了探讨。

茶树是热带和亚热带重要的经济作物,从北纬 49° 到南纬 33° 均有种植。目前世界茶园总面积为240万公顷,我国茶园总面积为102万公顷,居世界首位。为了提高茶叶产量和品质,人们在茶园施肥、管理等方面做了不少工作^[1,2],但对茶园系统生物地球化学问题研究较少^[3]。本文拟就对茶园——土壤系统的一些生物地球化学问题进行研究,为揭示茶园土壤形成、了解茶园土壤肥力演变,合理利用土壤资源,改进茶园管理等提供科学依据。

一、材料与方法

(一)样地选择及样品采集

在湖北省内的长江三峡地区选择地形相似,茶树品种相同,管理近似的 I—VI 号 6 个茶园。I 号茶园土壤为石灰岩母质发育的红色石灰土,样地面积为 5000m^2 ; II 号茶园土壤为砂页岩母质发育的黄红壤,样地面积为 3000m^2 ; III 号茶园土壤为花岗岩母质发育的黄红壤,样地面积为 4200m^2 ; IV 号茶园土壤为泥质砂岩母质发育的黄红壤,样地面积为 3000m^2 ; V 号茶园为白云岩母质发育的红色石灰土,样地面积为 4000m^2 ; VI 号茶园土壤为第四纪红色粘土母质发育的红壤,样地面积为 4000m^2 。并在每个茶园附近选择地形和成土母质均相同的荒地作为对照。分别在茶园和荒地表层(0—20cm)采集土样。在各茶园内采集 1 芽 2 叶茶叶样品和茶园凋落物样品,就地杀青、烘干,封装于塑料袋内^[4]。落叶分解试验是将一定重量的凋落叶装入 $0.5 \times 1\text{mm}$ 的细孔尼龙网袋内,置于茶园枯枝落叶层上自然分解,半年后取回。

(二)测定方法

土壤和植物样品的处理、土壤一般理化性状的分析皆采用常规方法^[5];土壤和植物中 Si、Fe、Al、Mn、Ca、Mg、Zn 的全量用等离子体测定^[6];有效态 Fe、Mn、Zn 用原子吸收光谱法^[7],活性 Al 用氟化钾提取,EDTA 容量法测定^[5]。

二、结果和讨论

(一)茶园土壤元素丰度特征

不同母质发育的荒地和茶园土壤中各元素含量(表 1, 表 2)表明,在同一生物气候条件

下,由于成土母质不同,土壤中元素丰度也各有特点。不同母质发育的土壤相互比较而言,石灰岩母质发育的土壤中,Al和Ca含量较高;砂页岩母质发育的土壤Si、P、Mn含量较高,而Al、Fe、Zn含量较低;花岗岩母质发育的土壤中K、Na含量很高,Fe、Mn、Zn含量很低;泥质砂岩母质发育的土壤含有较多的K和Mg,而P、Mn较低;白云岩母质发育的土壤中K、Mn较低;第四纪粘土母质发育的土壤中各元素含量均较丰富。

荒地开劈为茶园之后,其生物物质循环受到茶树生长和人为管理影响,土壤元素丰度也随之发生变化,主要表现在(1)有机质、N、P、Al、Mn在茶园土壤中含量增加;(2)K、Na、Zn在茶园土壤中含量降低;(3)活性态元素(缓效K、交换性Ca、Mg除外)在茶园土壤中含量增高。

表1 不同茶园土壤与荒地土壤(0—20cm)有机质和全量元素含量 (g/kg, Zn:μg/g)

茶园号	土壤	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Zn	N	有机质
I	荒地	689.4	53.1	172.5	3.8	10.1	0.9	23.0	5.0	0.8	149.1	0.9	17.0
	茶园	652.8	75.7	181.3	1.5	10.1	1.0	20.7	1.0	1.0	135.6	1.5	27.9
II	荒地	740.4	44.2	99.5	2.1	12.2	1.1	21.8	2.1	1.1	87.6	1.0	16.6
	茶园	732.6	35.6	100.6	4.8	9.6	1.8	17.4	0.9	1.4	86.9	2.1	45.9
III	荒地	664.7	26.7	130.0	1.0	11.0	0.4	35.6	37.5	0.4	120.1	0.6	12.1
	茶园	661.4	32.6	139.5	2.8	25.9	1.4	19.4	16.5	1.1	110.6	1.3	24.0
IV	荒地	665.1	71.2	133.3	0.8	14.0	0.3	29.0	2.4	1.0	70.8	0.7	12.9
	茶园	655.1	71.0	145.3	0.7	14.2	0.8	26.7	1.0	1.1	65.2	1.1	15.9
V	荒地	680.5	71.8	120.8	2.9	13.5	0.8	19.9	2.6	0.7	131.1	0.6	13.3
	茶园	697.9	57.4	132.3	1.8	13.6	1.0	17.8	1.6	1.1	130.5	1.1	22.9
VI	茶园	672.8	57.1	143.3	2.1	8.6	1.1	16.0	6.3	1.1	84.2	0.3	21.2
平均	荒地	688.0	53.4	131.2	1.7	12.2	0.8	25.9	9.4	0.8	111.7	0.7	14.4
	茶园	671.8	65.3	140.3	2.3	13.7	1.2	19.7	4.3	1.2	105.8	1.3	26.3

表2 不同茶园土壤和荒地土壤(0—20cm)活性态元素含量

茶园号	土壤	水解N (μg/g)	速效P (μg/g)	缓效K (μg/g)	速效K (μg/g)	活性Al (g/kg)	活性Fe (g/kg)	活性Mn (g/kg)	有效Zn (μg/g)	交换Ca (μg/g)	交换Mg (μg/g)
I	荒地	112	5.88	419	89.6	4.0	4.2	0.4	2.38	529	188
	茶园	187	45.2	346	239	4.9	4.9	0.5	3.69	668	152
II	荒地	122	14.7	481	103	4.0	4.2	0.7	2.36	361	46.2
	茶园	235	34.2	323	139	5.8	5.9	1.0	4.53	1139	94.2
III	荒地	168	8.01	910	90.6	1.0	1.8	0.3	1.89	318	173
	茶园	179	29.3	824	124	3.2	4.9	0.3	3.13	1144	310
IV	荒地	90.4	7.12	224	133	3.0	3.9	0.1	3.65	180	98.4
	茶园	110	8.92	162	129	4.0	4.4	0.2	5.34	176	85.5
V	荒地	80.2	5.10	432	165	3.1	4.1	0.3	2.21	1144	334
	茶园	109	33.7	326	214	4.9	6.8	0.4	3.42	1052	181
VI	茶园	132	36.4	454	319	5.1	7.4	0.5	2.96	1574	377

(二)茶园—土壤系统生物地球化学循环的一些特点

1. 茶树对土壤元素的富集。与其他植物一样,茶树从土壤深层选择性地吸收分散的元素,将它们集中于地表和生物体内。根据元素的富集系数的大小,可将元素富集程度分为强烈、

强度、中度和弱度 4 级，它们的富集系数分别为>100、1—100、0.1—1 和<0.1。从不同茶园土壤的生物富集系数可看出(表 3)，茶树对元素的富集程度可分 4 类：P 的生物富集系数平均为107.1，属于强烈富集；K、Ca、Mg、Mn、Zn 属于强度富集；Al 属于中度富集；Fe 属于弱度富集。本区茶树对元素的富集顺序为 P>Ca>K>Mn>Mg>Zn>Al>Fe。

表 3 不同茶园土壤和茶叶灰分中各元素含量(g/kg,Zn:μg/g)及生物富集系数*

茶园号	项 目	K	Ca	Al	P	Fe	Mn	Mg	Zn
I	茶叶灰分	265.7	28.3	13.5	113.1	3.2	9.7	31.1	109.9
	土 壤	19.9	1.1	95.9	1.2	52.9	0.76	6.1	135.6
	富集系数	13.3	25.7	0.14	94.3	0.06	12.8	5.10	0.81
富集顺序 P>Ca>K>Mn>Mg>Zn>Al>Fe									
II	茶叶灰分	188.6	34.9	9.4	86.0	5.1	2.6	27.3	149.5
	土 壤	15.9	3.4	52.9	1.40	24.9	1.4	5.8	80.9
	富集系数	11.9	10.3	0.18	61.4	0.20	1.85	4.71	1.72
富集顺序 P>K>Ca>Mg>Mn<Zn>Fe>Al									
III	茶叶灰分	216.3	26.6	11.0	88.9	2.7	3.7	30.2	96.0
	土 壤	18.3	2.7	73.8	0.80	50.7	1.1	15.6	110.6
	富集系数	11.8	9.8	0.15	118.5	0.05	3.26	1.94	0.87
富集顺序 P>K>Ca>Mn>Mg>Zn>Al>Fe									
IV	茶叶灰分	245.5	28.1	2.0	65.2	1.9	7.7	34.8	77.4
	土 壤	25.4	0.5	76.9	0.44	49.6	0.62	8.6	65.2
	富集系数	9.67	56.2	0.03	148.2	0.04	12.4	4.05	1.19
富集顺序 P>Ca>Mn>K>Mg>Zn>Fe>Al									
V	茶叶灰分	203.5	38.1	19.1	68.7	6.7	10.6	27.5	102.0
	土 壤	14.8	1.2	70.0	0.48	40.1	0.77	8.2	130.5
	富集系数	13.7	31.8	0.27	143.1	0.17	13.8	3.35	0.78
富集顺序 P>Ca>Mn>K>Mg>Zn>Al>Fe									
VI	茶叶灰分	213.3	31.4	6.0	69.0	2.3	7.0	29.9	77.8
	土 壤	16.7	1.5	75.8	0.90	39.9	0.81	5.2	84.2
	富集系数	12.8	20.9	0.08	77.3	0.58	8.64	5.75	0.92
富集顺序 P>Ca>K>Mn>Mg>Zn>Al>Fe									
平均富集系数		12.2	25.8	0.15	107.1	0.096	8.80	4.98	0.88
平均富集顺序 P>Ca>K>Mn>Mg>Zn>Al>Fe									

* 生物富集系数 = 茶叶灰分元素含量/土壤元素含量

2. 茶树叶片的分解。茶树凋落叶经过半年的分解，干重损失率在28.7%—32.4%之间，平均为30.7%，远低于同一气候带阔叶杂木林和针叶杂木林凋落物的失重率^[9]，说明茶树叶片分解较慢，这可能与茶树叶片含有较多的单宁有关^[10]。从叶片分解半年后元素的迁移率(表 4)来看，茶树叶片分解过程中元素的迁移速度可分为 4 类：(1) K、Zn 迁移最快，半年分解迁移率分别为68.4%和57.6%；(2) P、Mg 迁移较快，但明显低于K和 Zn，半年迁移率分别为 49.0%和42.0%；(3) Ca、Al、Mn 释放缓慢，半年的迁移量不足30%，这可能与它们在细

胞壁上聚积成难溶解物质有关^[11]；(4) Fe 较难释放，其半年的迁移率仅为13.7%。

表 4 茶树落叶分解半年的元素平均迁移率和归还系数

元 素	K	P	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Zn
迁移率(%)	68.4	49.0	27.2	42.0	25.9	13.7	24.4	57.6
迁移次序	K>Zn>P>Mg>Ca>Al>Mn>Fe							
归还系数	15.0	129	459	24.0	7.5	4.8	248	40.2
归还次序	Ca>Mn>P>Zn>Mg>K>Al>Fe							

注：(1) 迁移率 = $\frac{\text{叶片分解后某元素释放量}}{\text{分解前该元素在叶片中总含量}} \times 100\%$ 。

(2) 归还系数 = 茶树残落叶元素含量 / 土壤中该元素含量。

(3) 表中数据为 6 个茶园平均值。

3. 茶树凋落叶的归还。茶树凋落叶归还元素的多少可用归还系数(茶树残落叶元素含量/土壤中该元素含量)来判断^[8]，归还系数越大，茶树叶片对该元素归还越多。从 6 个茶园各元素的平均归还系数(表 4)可看出，茶树凋落叶归还土壤最多的元素为 Ca, Mn 和 P 次之，Zn, Mg、K 很少，Al 和 Fe 最少。本区土壤中 P、K、Zn 含量都不很高，而茶树落叶这些元素归还又很少，说明本区茶园土壤中 P、K、Zn 需要通过施肥不断补充。

(三)茶园土壤养分收支帐

1. 养分输入：茶园土壤中最重要养分输入是凋落物的归还。茶园的凋落物主要是落叶、枯枝较少。我们的调查表明，I—VI 号茶园每年每公顷凋落叶量分别为 3874 公斤、1800 公斤、2929 公斤、1121 公斤、2252 公斤和 3949 公斤。根据凋落叶中元素含量，即可计算出各茶园中凋落物每年输入的养分数量(表 5)。此外，还有大气尘埃、降水等输入少量养分。

2. 养分输出：茶园土壤养分的输出主要是茶树生长和茶叶采摘、淋失、径流、土壤侵蚀、反硝化 N 损失等。我们对茶树 1 芽 2 叶养分含量测定的结果表明，每采摘 100 公斤干茶需要从土壤中带走的养分平均为 K 1.37 公斤、Ca 0.18 公斤、Al 0.075 公斤、P 0.51 公斤、Fe 0.02 公斤、Mn 0.04 公斤、Mg 0.19 公斤、Zn 6.7 克。

3. 茶园土壤养分收支帐：茶园土壤养分收支平衡估算是一个较复杂的问题。我们从采茶的输出与落叶的分解归还(表 5)来考虑，也可以估算出养分盈亏的大体情况。从表 5 可以看出，各茶园土壤中 K 素的亏损最为严重，平均值为 9.37 公斤/公顷。在各类土壤中，尤以第四纪粘土母质发育的茶园土壤(VI 号茶园)最为严重，亏损额高达 29.08 公斤/公顷。如果再考虑到淋溶和根、茎、枝的固定，K 的亏损将更加严重。P 素也有所亏损，平均亏损 5.23 公斤/公顷。

盈余最多的元素为 Al 和 Ca，其平均盈余值分别为 11.53 和 9.62 公斤/公顷。但是，Ca 的淋失量很大，约为 Al 的 30 多倍^[12]，所以茶园土壤中 Al 离子的积累量实际上比 Ca 离子要大得多，这很可能是茶园土壤易于酸化的一个重要原因。

从上面的讨论可以看出，茶树对 K、P 的需要量很大，富集较强，而归还系数又很低，在茶园土壤收支帐中亏损严重。Al 在茶树凋落叶中含量很高，分解释放缓慢，在茶园土壤养分收支帐中盈余量最大，极易在土壤表层聚积，导致茶园土壤酸化，加速养分淋失，影响茶树生长。为保持土壤肥力，必须注意施用 K、P 肥，做到 N、P、K 配施。另外，还需注意有机肥的施用。有机肥不仅可以较全面地供给茶树生长所需要的大量和微量元素，而且可以调整土壤中

Ca、Mg、K 的比例, 增强土壤缓冲能力, 防止茶园土壤酸化。与我国优质高产茶园相比, 本区茶园土壤有机质含量较低, 可通过施用饼肥、厩肥或种植绿肥等方式进行补充, 以保持土壤肥力和保证茶树良好生长。

表 5 茶 园 土 壤 养 分 收 支 帐 (公斤/公顷)

茶园号	项 目	K	Ca	Al	P	Fe	Mn	Mg	Zn
I	采茶输出	30.20	3.21	1.53	11.63	0.36	1.10	3.53	0.12
	凋落叶输入	21.86	17.00	17.34	4.35	5.63	6.92	7.52	0.19
	盈亏	-8.34	+13.79	+15.81	-7.28	+5.27	+5.82	+3.99	+0.07
II	采茶输出	13.74	2.65	0.68	6.24	0.37	0.19	1.99	0.11
	凋落叶输入	8.48	9.34	9.47	2.38	2.16	1.87	3.32	0.13
	盈亏	-5.26	+6.69	+8.79	-3.86	+1.79	+1.68	+1.83	+0.02
III	采茶输出	25.39	3.12	1.29	10.43	0.31	0.43	3.54	0.11
	凋落叶输入	21.06	15.93	13.06	4.63	3.81	6.39	7.29	0.18
	盈亏	-4.33	+12.81	+11.77	-5.80	+3.50	+5.96	+3.75	+0.07
IV	采茶输出	12.92	1.48	0.11	3.43	0.098	0.41	1.83	0.041
	凋落物输入	8.71	5.71	5.69	1.14	2.13	2.27	2.40	0.049
	盈亏	-4.21	+4.23	+5.58	-2.29	+2.03	+1.86	+0.57	+0.01
V	采茶输出	20.97	3.93	1.97	7.08	0.69	1.09	2.84	0.11
	凋落物输入	15.98	11.42	11.42	2.50	4.08	4.57	4.90	0.10
	盈亏	-4.99	+7.49	+9.45	-4.58	+3.39	+3.48	+1.26	+0.01
VI	采茶输出	44.17	6.51	1.24	14.41	0.49	1.46	6.18	0.16
	凋落物输入	15.09	19.23	18.99	6.83	5.57	7.58	8.02	0.34
	盈亏	-29.08	+12.72	+17.75	-7.58	+5.08	+6.12	+1.84	+0.18
	平均盈亏	-9.37	+9.62	+11.53	-5.23	+3.51	+4.15	+2.21	+0.06

参 考 文 献

- [1] Ram, C. S. V., Fertilizer News, 25 (9) 74—79, 1980.
- [2] Othieno, C. O., Tea, 1 (2) 11—20, 1980.
- [3] Haynes, R. J. and Goh, K. M., Plant and Soil, 56: 445—457, 1980.
- [4] 程启坤等, 茶叶优质原理与技术, 上海科学出版社, 1985.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所, 土壤理化分析, 上海科学技术出版社, 1983.
- [6] 郑春荣、沈任水, 土壤全量快速分析——碳酸锂—硼酸、石墨粉坩锅熔样法, 土壤, 1:34—35, 1985.
- [7] 劳家桢, 土壤农化分析手册, 农业出版社, 1988.
- [8] 彼列尔曼, A. И. (龚子同等译), 后生地球化学, 科学出版社, 1975.
- [9] 李昌华, 杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡因素差异的初步研究, 土壤学报, 2:255—261, 1981.
- [10] Peterson, D. L. and G. rolfe, Forest science, 4: 667—681, 1982.
- [11] Memon, A. R. et al, Communication in soil science and plant nutrition, 12 (5) 441—452, 1981.
- [12] 宋木兰、刘友兆, 茶园土壤酸化及其防治, 中国土地退化防治研究, 中国科学技术出版社, 1990.