

# 环境氟迁移与茶叶氟富集的关系\*

高绪评 王 萍

王之让 潘孝永

(江苏省植物研究所, 南京 210014)  
中国科学院

(南京市农林局, 南京 210008)

**摘要** 选择3种类型茶场进行大气氟污染与茶叶氟富集的现场监测与研究, 对苏南茶区11个茶场的土壤总氟、水溶性氟和茶叶氟富集量进行了测定。结果表明: 茶叶氟富集量与来自砖瓦窑厂的大气氟污染浓度呈现高度的正相关, 与土壤含氟量不呈现相关; 茶树是高富集氟的植物, 富集能力远高于一般植物, 氟富集量可达每千克数十至数百毫克。茶叶的氟富集与氟污染应引起重视。

**关键词** 茶树; 氟富集; 氟污染

**Correlation of fluorine removement in environment with fluorine richness in *Camellia sinensis* leaves** Gao Xu-Ping, Wang Ping (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014), Wang Zhi-Rang and Pan Xiao-Yong (Nanjing Agriculture and Forestry Bureau, Nanjing 210008), *J. Plant Resour. & Environ.* 1997, 6(2): 43~47

Three types of tea plantations were selected for spot-monitoring and research on aerial fluorine pollution and fluorine richness in leaves of *Camellia sinensis*. Total and dissoluble fluorine in soil and the content of fluorine richness in leaves of *Camellia sinensis* from 11 tea plantations in south part of Jiangsu Province were analysed. Results showed that the content of fluorine richness in leaves of *Camellia sinensis* was highly positively correlated with atmospheric fluorine concentration produced by brickfields and not with fluorine content in soil. *Camellia sinensis* was proved to be a plant of high fluorine richness, with the fluorine content being up to dozens or hundreds mg per kg.

**Key words** *Camellia sinensis* O. Ktze.; fluorine richness; fluorine pollution

## 1. 引 言

我国是茶树的原产地,栽培区域分布在全国十多个省(区)的900多个县(市),现有茶园面积 $100 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上<sup>[1]</sup>。氟化物是我国农村主要大气污染物之一,对农业生产及农村生态环境的影响比较明显<sup>[2]</sup>。氟源主要是砖瓦、磷肥、金属冶炼、化工、水泥、陶器等工业生产,以砖瓦生产为主。砖瓦生产使泥土中难溶性氟化物(含量约300~800 mg/kg)大量释放进入大气,从而造成一些地区的大气氟污染<sup>[2,3]</sup>。许多茶园与砖瓦厂或其它排放氟化物的工厂毗邻或交叉分布,茶树不可避免地受到大气氟污染的影响。另外,土壤里的可溶性氟化物能被根系吸收,来自大气与土壤中的氟向茶树叶片迁移并富集<sup>[4,5]</sup>,造成茶叶的氟污染。茶叶氟富集量的高低,关系到茶叶的内在品质,也关系到饮茶卫生与人体健康<sup>[6]</sup>。为了解环境氟污染与氟迁

\* 江苏省科学技术委员会资助项目(S91058)

收稿日期 1997-01-24

移同茶叶氟富集的关系<sup>[7]</sup>,于1992~1994年进行了本项目研究。

## 2. 材料与方 法

### 2.1 大气氟污染与茶叶氟富集 的现场监测

2.1.1 监测点的选择 对南京地区的茶场及其附近的氟源进行了广泛的调研与采样分析,选择其中空气较清洁、有一定氟污染和氟污染较严重的3种类型的茶场4个(代号为A,B,C,D),设置监测点6个,另在空气清洁无污染的南京中山植物园内设置大气对照点(CK)1个。7个现场监测点的基本情况如下:1号位于市郊农村的A茶场,附近无氟源,空气较清洁;2号位于南京东郊风景区的B茶场,生态环境良好,大气未受污染;3,4,5号均位于某县农村的C茶场,系大型茶场,监测点所在的茶园附近有20门轮窑一座,年产砖瓦约2000万块,燃煤1000t,烟囱高50m,每年3~11月生产砖瓦,此时正是茶树的生长期,3个监测点到烟囱的距离约200~500m,顺风时烟气可吹到监测点附近的茶园,对茶树有一定的影响;6号位于市郊工业区附近农村的D茶场,有一座20门轮窑与其紧邻,该厂年产砖瓦1800万块,燃煤900t,每年3月中旬至12月上旬为生产期,烟囱高50m,窑厂烟气对茶园影响较大,距茶场稍远处,有化肥厂、热电厂及若干乡镇企业,顺风时工厂废气也有影响,这里空气污染较重;以上6个监测点生长的茶树品种均为楮叶种。7号对照点绿树成荫,空气清洁。

2.1.2 大气氟浓度监测 用碱性滤纸法<sup>[8]</sup>。每个监测点放小型百叶箱一只,放置高度离地面3m以上,附近没有高大障碍物阻挡。箱内放置处理过的碱性滤纸3张,放置时间 $30\text{d}\pm 2\text{d}$ ,到期取下重新换纸。连续监测3次,每次一个月。现场监测时间为1993年3月下旬至6月下旬,大致为春茶(3月底至5月下旬)生产时期。

2.1.3 茶叶氟富集监测 在每个监测点上与大气氟浓度监测同步进行。每次换取百叶箱内滤纸时,在监测点附近茶树上采集芽叶(严格按一芽二叶标准采摘),经过系统处理后分析叶氟含量<sup>[9]</sup>。

### 2.2 土壤氟化物与茶叶氟富集 的监测

在苏南茶区11个茶场采集茶园土壤样品(采样深度地表以下20~30cm),同时在采样点附近采集茶树芽叶(均为一芽二叶),分别测定土壤总氟<sup>[9]</sup>、土壤水溶性氟<sup>[10]</sup>及茶树叶片氟富集量<sup>[9]</sup>。

## 3. 试 验 结 果

### 3.1 气氟浓度与叶氟含量的关系

大气氟污染与茶叶氟富集的现场监测结果见表1。可以看出两者呈明显正相关。

3.1.1 茶场大气氟浓度水平差异明显 在3~6月份的春茶生产期间,3种类型茶场大气氟浓度平均值为0.43,0.69与2.01  $\mu\text{g}/\text{dm}^2\cdot\text{d}$ ,其中D茶场和C茶场是A,B两场的4.7倍和1.6倍,是对照点的9.1倍和3.1倍。监测期间大气氟浓度最高值出现在D茶场,次高值出现在C茶场,最低值出现在A,B两茶场及对照点。造成茶场大气氟浓度水平明显差异的根本原因是砖瓦厂的氟污染。

表1 大气氟污染与茶叶氟富集的现场监测结果

Tab 1 Results of spot-monitoring of aerial fluorine pollution and the content of fluorine richness in leaves of *Camellia sinensis*

监测次数 Number of monitoring	监测时间 Time of monitoring	监测地点 Site of monitoring	监测点号 No. of monitoring spot	气氟浓度 concentration of fluorine in air ( $\mu\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{d}$ )	叶氟含量 Content of fluorine in leaves ( $\text{mg}/\text{kg}$ )
第一次 First	24/3~24/4	CK	7	0.21	-
		A	1	0.52	49.5
		B	2	0.20	42.5
		C	3	0.39	70.0
		C	4	0.54	103.0
		C	5	0.36	120.0
		D	6*	-	-
第二次 Second	24/4~25/5	CK	7	0.32	-
		A	1	0.53	55.0
		B	2	0.86	72.5
		C	3	0.89	85.0
		C	4	0.95	92.5
		C	5	1.63	95.0
		D	6	2.01	240.0
第三次 Third	25/5~26/6	CK	7	0.14	-
		A	1	0.21	57.5
		B	2	0.25	85.0
		C	3	0.46	82.5
		C	4	0.41	88.5
		C	5	0.56	125.0
		D	6*	-	-
平均 Average	24/3~26/6	CK	7	0.22	-
		A	1	0.42	54.0
		B	2	0.44	66.7
		C	3	0.58	79.2
		C	4	0.63	94.7
		C	5	0.85	113.3
		D	6	2.01	240.0

\* 6号监测点第一、第三次监测时百叶箱丢失,未取得数据 The thermometer screen at No. 6 spot was lost during monitoring, thus no data.

3.1.2 气氟浓度与叶氟含量相关性显著 各监测点茶叶氟富集量与大气氟浓度的变化一致,气氟浓度较高的监测点,茶叶氟富集量也较高,说明大气氟浓度的高低影响茶叶的氟富集量。将表1资料进行线性回归分析,表明大气氟浓度(X)与茶叶氟富集量(Y)存在显著的相关性,其 $r=0.996$ , $P<0.01$ ,相关方程为: $Y=15.65+112.38X$ 。由此可见,茶叶氟富集量主要取决于大气氟浓度,当茶场大气氟浓度随着源强增大而升高时,茶叶氟富集量也相应增加。

3.1.3 茶树是高富集氟的植物 现场监测表明,茶树幼嫩的芽叶(一芽二叶)氟富集量在空气比较清洁的A,B两茶场就达到54.0及66.7 mg/kg,在有氟污染的C茶场达到79.2~113.3 mg/kg,在氟污染较重的D茶场竟高达240 mg/kg,说明茶树幼嫩叶片对氟的富集能力极强,同时也说明人们饮用的普通茶叶(以一芽二叶为主)易受氟污染。

为进一步了解茶树叶片氟富集的变化,我们在南京、苏州等地的9个茶场采集茶树同一枝条顶端的幼嫩芽叶(即一芽二叶)与该枝条下端的老叶,进行氟富集量的比较分析,结果见表2。表中数字说明,茶树老叶的氟富集量达到820~1575 mg/kg,大约是幼嫩芽叶的10~15倍,远高于一般植物正常叶片氟富集量(1~20 mg/kg)的水平。

表2 茶树不同叶片氟富集量比较

Tab 2 Comparing of fluorine richness content in leaves of *Camellia sinensis*

取样地点 Sampling site	茶场 Tea plantation	取样时间 Sampling time	叶片氟富集量 (mg/kg)	
			Fluorine richness content in leaves	
			芽叶 Bud and tender leaves	老叶 Old leaves
南京 Nanjing	LY	1993.4.25	42.5	1025
	QQ	1993.4.23	49.5	1113
	LS	1993.4.29	103.0	1250
	QW	1993.5.22	240.0	1513
	QW	1993.5.22	120.0	1575
苏州 Suzhou	WG	1993.5.19	95.0	955
无锡 Wuxi	WP	1993.1.11	70.0	875
	YC	1992.9.22	46.0	820
镇江 Zhenjiang	JX	1992.9.16	97.0	1350
	DG	1992.9.17	64.0	955

### 3.2 土壤氟与茶叶氟的相关性

苏南茶区11个茶场土壤氟与茶叶氟富集量测定结果见表3。可以看出它们之间不呈现相关关系。但土壤总氟(Y)与水溶性氟(X)呈正相关,其 $r=0.546$ ,  $P<0.1$ , 相关方程为: $Y=306.08+9.32X$ 。但苏南茶区11个茶场茶叶氟富集的平均值达到80.3 mg/kg,比表1空气较

表3 土壤总氟、水溶性氟与茶叶氟富集量

Tab 3 Total and dissoluble fluorine in soil and fluorine richness content in leaves of *Camellia sinensis*

取样地点 Sampling site	茶场 Tea plantation	土壤氟含量 F content in soil (mg/kg)		茶叶氟富集量 Fluorine richness content in leaves (mg/kg)
		总氟 Total F	水溶性氟 Dissoluble F	
南京 Nanjing	LY	378	7.9	52.0
	QW	489	16.3	75.0
	QQ	517	16.6	49.5
	LS	378	10.5	70.0
苏州 Suzhou	WG	412	10.1	95.0
无锡 Wuxi	YC	296	11.3	75.0
	YS	392	5.6	46.0
	WP	374	11.5	70.0
镇江 Zhenjiang	DG	375	6.0	64.0
	JW	323	6.9	190.0
	JX	451	6.5	97.0
平均值 ( $\bar{X}$ )		398.6	9.9	80.3
标准差 (SD)		65.9	3.9	40.0
全距 (Range of variation)		296~517	5.6~16.6	49.5~190.0

清洁的 A, B 两茶场平均值 60.4 mg/kg 高出 20 mg/kg 左右, 这可能与苏南茶区大气氟污染有关。

#### 4. 小结与讨论

砖瓦窑等氟源排放的氟能造成茶场大气氟污染, 大气氟向茶树叶片迁移并在茶叶里富集, 富集量的多少与茶场大气氟浓度呈现显著的正相关。说明大气氟污染能使茶叶氟富集量显著增加, 其增量大小主要取决于大气氟浓度。苏南茶区 11 个茶场茶叶氟富集量与土壤总氟及水溶性氟不呈现相关, 但平均氟富集量比清洁区高, 这可能与茶区的大气氟污染有关。一般说来, 在没有大气氟污染的情况下, 植物叶片富集的氟应该来自土壤, 但当大气受到氟污染后, 气氟对茶叶氟富集的影响可能成了主导因素, 而土壤氟的影响则相对弱化了。

茶树是高富集氟的植物, 富集能力极强, 幼嫩芽叶(一芽二叶)的氟富集量就达到 42.5~240 mg/kg, 老叶则高达 820~1575 mg/kg, 远高于一般植物正常叶片 1~20 mg/kg 的水平, 也大大超过我国食品(包括粮食、蔬菜、水果、肉蛋鱼类)卫生标准规定氟允许含量 $\leq 1\sim 2$  mg/kg 的水平。茶叶中富集了过多的氟, 会明显增加饮茶时的摄氟量和人体每日摄氟总量, 这对饮茶人群(特别在氟污染地区或摄氟量高的地区)的健康有什么影响, 有待研究。

受砖瓦窑等氟源影响明显的茶场, 存在着大气氟污染、茶叶氟富集与氟污染等问题。茶叶是我国人民的传统饮料, 茶叶的氟富集与氟污染应引起足够的重视与研究。

#### 参 考 文 献

- 1 浙江农业大学编. 茶树栽培学. 北京: 农业出版社, 1978. 1~31.
- 2 钱大复, 李正方, 汪嘉熙等. 氟化物与桑蚕生态系统的研究. 环境科学, 1984, 5(1): 7~11.
- 3 刘浩梁. 杭嘉湖蚕区大气氟污染对春茧生产的影响及防治对策. 环境污染与防治, 1988, 10(3): 39~40.
- 4 高绪评, 徐和宝, 陈树元等. 氟监测植物的筛选与监测指标的研究. 植物资源与环境, 1992, 1(3): 28~34.
- 5 Mansfield T A. Effects of air pollutants on plants. Cambridge: Cambridge University Press. 1976, 17~30.
- 6 平 儿. 饮茶过量会中毒. 扬子晚报, 1994-12-02(6) (摘自香港《文汇报》).
- 7 高绪评, 李正方, 徐和宝等. 城市空气  $SO_2$  污染与植物叶片含硫量之间相关性的研究. 见: 南京中山植物园研究论文集编辑组. 南京中山植物园研究论文集(1982), 南京: 江苏科技出版社, 1983. 63~69.
- 8 吴方正, 刘 超, 汤良玉. 关于杭嘉湖蚕桑区大气氟基准和监测方法的研究. 中国环境科学, 1984, 4(4): 94~99.
- 9 城乡建设环境保护部环境保护局编写组. 环境监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1986, 316, 359.
- 10 崔道林. 电极法测定土壤中水溶性氟及平衡时间的初探. 环境与健康, 1988, 5(6): 21~22.

(责任编辑: 惠 红)