

# 低硒茶园生产富硒茶的研究

胡雪峰\* 丁瑞兴

(南京农业大学资源与环境学院 南京 210095)

**摘 要** 研究了低硒茶园土壤施硒、叶面喷硒后茶株吸收和富集外源硒的特性,探讨低硒茶园生产富硒茶的途径。茶园土壤施硒后,茶叶含硒量增加缓慢,增幅小。大田推广时硒的施用剂量应为 $0.25\text{kg}/\text{hm}^2$ 。在早春以此量施用,当年春、夏、秋茶含硒量可提高至 $0.15-0.25\mu\text{g}/\text{g}$ 。茶园喷硒生产富硒茶应结合茶叶生产季节。头茶开采前一月喷硒 $100-150\mu\text{g}/\text{ml}$ ,可使当年头茶含硒量提高至 $0.3-0.7\mu\text{g}/\text{g}$ ;在春茶的整个生产季节最好不要喷硒;喷硒应集中有夏、秋茶,此时若气候适宜,可喷硒 $100\mu\text{g}/\text{ml}$ ,茶叶含硒量可达 $\mu\text{g}/\text{g}$ ,若气温高、雨量少,喷硒浓度宜为 $50\mu\text{g}/\text{ml}$ ,茶叶含硒量可达 $2-2.5\mu\text{g}/\text{g}$ 。

**关键词** 低硒茶园;外源硒;富硒茶

硒是人体内一种很重要的营养元素<sup>[1]</sup>。由于缺硒地区的广泛分布,补硒通常对人体有益<sup>[2]</sup>,因而富硒食品被誉为保健佳品而倍受青睐,对富硒食品的开发和研究方兴未艾。

方兴汉等<sup>[3]</sup>认为茶叶含硒量在 $0.2-1.5\mu\text{g}/\text{g}$ 为富硒茶。尽管对富硒茶的适宜含硒量还存在争议,但它对人体的营养和保健作用已得到公认。在我国只有陕西紫阳和湖北恩施两个高硒地区出富硒茶,其它地方的茶叶含硒量一般很低。若能在低硒地区生产富硒茶,则可提高茶叶的经济价值和营养价值,满足人们对富硒茶的需要,意义十分重大。本试验通过土壤施硒和叶面喷硒试验,研究茶株从土壤和叶面对外源硒的吸收、运转和富集等的规律,进而探讨低硒茶园生产富硒茶的可行性方法。

## 1 材料与方方法

本试验在江苏省金坛市茅麓茶场进行。该地区年平均气温 $15.3^\circ\text{C}$ ,年平均降水量 $1026\text{mm}$ ,多年及1994年各月平均气温及降水量见表1。

表1 金坛市平均气温及降水量

年 份	项 目	月 份												全 年
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
多年平均 (56-83年)	气温( $^\circ\text{C}$ )	2.2	3.7	8.4	14.6	19.8	24.1	28.1	27.8	22.8	16.9	10.9	4.7	15.3
	降水量(mm)	30	53	72	100	110	151	169	116	114	61	54	32	1062
1994年	气温( $^\circ\text{C}$ )	3.8	5.3	9.9	15.8	20.7	24.8	32.0	30.1	22.9	17.0	11.0	5.3	16.6
	降水量(mm)	31	50	73	94	100	167	54	24	96	46	48	29	812

试验区土壤是下蜀黄土母质上发育的黄棕壤, pH5.2左右,土壤硒的背景值 $0.123\mu\text{g}/\text{g}$ ,是低硒土壤。试验茶园茶树品种为“大毫”,已栽种10年,株高1.5米左右。茶叶硒背景值 $0.077\mu\text{g}/\text{g}$ 。

\* 现在中国科学院南京土壤所工作。

试验分土壤施硒试验和叶面喷硒试验两组。土壤施硒试验只在茶园进行,而叶面喷硒试验除了茶园试验还附加了盆栽试验。

### 1.1 土壤施硒试验设计

1994年3月30日在茶园布置试验。试验小区面积 $90\text{m}^2(30\times 30\text{m}^2)$ ,设置4个施硒处理( $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ),硒源用 $\text{NaSeO}_3$ ,施硒量分别为0、0.25、0.50、1.00 $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。施用把一定量的硒与饼肥充分混匀,条施于行间预先犁好的15cm左右的浅沟中,用土覆盖。每个处理重复3次。试验区土样和茶样品的采集时间参见表2、表3。土样以区为单位分表土层(0-20cm)、亚表层土(20-40cm)采集;茶样采集也以小区为单位,样品都为一芽两三叶。

### 1.2 叶面喷硒试验设计

#### 1.2.1 盆栽试验

为了研究茶株叶片对外源硒的吸收和运转规律设计此试验。1994年3月,取试验茶园土盆栽茶苗(茶苗品种与试验区相同)。当茶苗长至20cm左右时作叶面喷硒试验。试验采用以微量注射器吸0.1ml 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 硒液均匀涂于叶片的方法。按照被涂叶片不同位置分三个处理:(1)涂第七片叶;(2)涂第三片叶;(3)摘除茶苗顶芽(一芽两叶),涂原第三叶。所涂叶片大小相似,苗高一致。5株为一个处理,重复3次。涂硒后隔9日采样。处理(1)(2)采涂硒处理叶和顶芽,处理(3)采涂硒处理叶片与下位芽。

#### 1.2.2 茶园试验

(1)小试验:主要为了观察喷硒对茶树生长的影响。1992年5月2日在茶园试验区挑选大小长势一致的茶树行,以 $2\times 3\text{m}^2$ 为一小区,喷不同浓度的硒液(0、25、50、100、150、250、500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ),每小区200ml,作一处理。每处理重复3次。5月12日观察受喷茶生长状况,用计数框( $30\times 30\text{cm}^2$ )计算茶芽数,并采摘茶芽,称鲜重。

(2)大试验:小区面积,组合方式及规模与土壤施硒试验相同。按喷硒浓度分5个处理: $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$ 对应硒的浓度分别为25、50、100、150、250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 。硒液用量为每小区3L,各处理相应用硒量分别为:8.3、16.7、33.3、50.0、83.3 $\text{g}/\text{hm}^2$ 。喷液及采样时间参见表6。要说明的是:5月17日喷液时,春茶刚结束,茶树生长点为一芽一叶状态,至5月26日采样时,茶树顶端上窜20cm左右。6月6日喷液后连续阴雨,茶园内作业困难,故采样间隔期延长。7月3日喷液后至8月初,因持续的高温干旱,茶树新梢生长基本停止。1995年3月16日喷液时茶芽尚未萌动,茶树叶片都为越冬老叶。

### 1.3 分析测定方法

#### 1.3.1 样品制备

土样在室内风干,过100目筛,待测;茶样采集后在60℃左右的烘箱烘干,磨细;涂硒处理叶在烘干前用去离子水反复冲洗。

1.3.2 土样和茶样硒的测定见文献[4]。

## 2 结果和讨论

### 2.1 土壤施硒生产富硒茶研究

#### 2.1.1 施硒后茶园土壤硒状况

试验茶园土壤表层和亚表层含硒量较低,约为0.13 $\mu\text{g}/\text{g}$ ,属低硒土壤。土壤施硒后一个

月,表土层的含硒量有显著提高(表2),各处理间差异显著( $n=4, F=6.16^*$ );但亚表层硒的增加不明显,各处理间无显著差异( $n=4, F=0.90$ )。这是因为亚硒酸根进入土壤后,在酸性条件下会受到氧化物和粘土矿物的强烈固定<sup>[5]</sup>。施硒后3个月,表土层硒含量明显降低(表2)。表层硒量的降低除了硒素的淋失,迁移及被植物吸收外,还可能是由于受微生物的作用,转化成有机态硒而挥发损失<sup>[6]</sup>。亚表层含硒量有明显增加(表2),但各处理间差异未达显著水平( $n=4, F=3.78$ )。这进一步说明,茶园土壤施硒后,由于受土壤强烈的固定作用,活性低,向下迁移量少。这将影响硒肥肥效的发挥。

表2 茶园施硒后土壤含硒量的变化 ( $\mu\text{g/g}$ )

日期	深度(cm)	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
1994年1月2日	0-20	0.134	0.134	0.134	0.134
(施硒前)	20-40	0.123	0.123	0.123	0.123
4月30日	0-20	0.133	0.400	0.575	1.224
(施硒后1个月)	20-40	0.114	0.240	0.234	0.314
7月1日	0-20	0.156	0.331	0.659	0.791
(施硒后3个月)	20-40	0.141	0.236	0.269	0.429

### 2.1.2 施硒后茶叶含硒量的动态变化

对茶园施硒试验区茶叶含硒量进行了连续4个月的追踪分析(表4),从中可得出施硒区茶叶增硒的总趋势。在本试验,土壤施硒后茶叶含硒量变化大致经历三个阶段:(1)5月初至6月,各处理茶叶含硒量差异不显著( $n=4, F=4.69, F=3.23$ ),硒含量低,变幅小;(2)6月至7月初各处理茶叶含硒量迅速增加,至7月初达最高点;(3)7月至8月,茶叶硒的含量又略有下降。茶叶硒含量的这些变化正好与施硒后土壤硒的动态,茶株生长状况和气候条件等因素相吻合。在第(1)阶段,施入土壤的硒大部分还滞留于表土层,因此此阶段茶株对硒的吸收利用率低。另外此阶段水热条件适宜,茶株生长迅速,对所吸硒产生“稀释效应”也是茶叶含硒量低的一个原因。第(2)阶段茶叶硒含量增加明显是由于少部分硒向亚表迁移,使硒接近茶株根系,因而增加了它被吸收利用的机会。第(3)阶段,茶叶硒含量下降是因为长期高温干旱,使茶株根的活力和生理代谢下降的原因。若无1994年夏季异常干旱的自然条件,估计在8,9月份各处理茶叶的含硒量至少可保持在7月初的水平,并持续至秋茶结束。总的来看,茶园施硒后,茶叶含硒量增加缓慢,增幅小。如施硒后头两个月,各处理茶叶含硒量均在 $0.3\mu\text{g/g}$ 以内;施硒量最高的A<sub>3</sub>处理茶叶硒的含量最高也不超过 $0.45\mu\text{g/g}$ 。因此茶园施硒对茶叶增硒效果不够理想。

表3 土壤施硒后不同时期茶叶含硒量 ( $\mu\text{g/g}$ )

采样日期	离施硒天数	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
1994年5月1日	31	0.077	0.099	0.158	0.224
5月17日	47	0.077	0.135	0.147	0.173
6月5日	66	0.070	0.136	0.158	0.260
7月1日	93	0.099	0.284	0.313	0.435
8月7日	129	0.114	0.231	0.258	0.329

### 2.1.3 小结

茶园施硒后,茶叶含硒量增加缓慢,增幅小,但肥效的持续时间长。施硒后两个月,茶叶硒的含量开始增加,至第四个月,各处理茶叶含硒量达到富硒茶的标准(以 $0.2\mu\text{g/g}$ 作为富硒茶含硒的下限)。试验又表明,施用硒的高、中、低剂量虽各相差两倍,但茶叶含硒量差异不大。

考虑到环境和经济效益,选用低剂量 0.25kg/hm<sup>2</sup>(A<sub>1</sub>)为宜。早春季节施用此量,当年春、夏、秋茶的含硒量可提高至 0.15-0.25μg/g,基本接近或达到富硒茶的指标。

### 2.2 叶面喷硒生产富硒茶研究

#### 2.2.1 茶株对叶面硒的吸收和运转

盆栽试验结果表明,茶株能吸收涂于叶片上的硒,并向体内其它部位运转。表 4 是涂硒 9 日后不同处理叶和芽硒的含量。不同位置的叶片吸收并滞留于叶片内的硒量较为相近,

表 4 涂硒后处理叶和芽部含硒量(Se, μg/叶)

涂硒叶片位置	处理叶	顶芽(一芽两叶)	下位芽(一芽两叶)
第七叶	5.08	0.18	—
第三叶	5.35	0.32	—
摘顶第三叶	8.61	—	0.43

每叶约为 5-10μg,占总硒量(Se)50μg 叶的 10-20%。试验进一步表明,被叶片吸收的硒部分能通过苗体的输导组织向芽部运转。其中第三叶作涂硒处理的茶苗顶芽含硒量>第七叶作处理的顶芽含硒量,说明硒向芽部的运转与芽和处理叶的距离有关;摘顶芽后,涂硒处理叶以下的芽部也含有较高的硒,说明叶片吸硒后也能向下面的芽部运转。根据茶株吸硒的这些特性,茶园喷硒时机可安排在芽和新叶片尚未伸展时,间隔数日采茶,这样就可避免药液直接污染茶叶的问题,而且茶叶中的硒是经过生物的吸收和运转作用的有机态硒,饮用较为安全。

#### 2.2.2 叶面喷硒对茶株生长的影响

茶园小试验的目的是为了研究喷硒是否影响茶株生长,从而确定一个茶园喷硒浓度的大致范围,使吸硒对茶株生长的负效应降到最低限度。试验结果表明(表 5):喷硒浓度 25、50μg/ml,对茶芽的鲜重、芽萌发数、芽的形态影响不明显;喷硒浓度分别达 100、150μg/ml 时对以上三项指标开始产生负效应;喷硒浓度达 250、500μg/ml 时,茶芽鲜重分别减少 46.4% 和 37.2%,萌发数分别减少 10.7% 和 12.1%,茶枝伸展受抑制,且有明显的灼烧现象。这说明较高浓度的硒液对茶株有毒害作用。为了减少茶园喷硒对茶株生长和茶叶产量的负效应,喷硒浓度一般应在 150μg/ml 以内,并根据气温高低和蒸发量大小再作适当调整;鉴于茶芽和嫩叶部位最易受害,喷硒时机最好在每次刚采茶后,时间一般应安排在早晨和傍晚或阴天,这些时间蒸发量低,喷在茶株上的硒液浓缩慢,滞留时间长,既可提高硒吸收率,又可减轻硒毒害作用。

表 5 喷不同浓度硒后茶株芽部生长状况

芽部考察项目	喷硒浓度(μg/ml)						
	0	25	50	100	150	250	500
茶芽鲜重(g/10个芽)	2.61	2.63	2.62	2.52	2.25	1.40	1.64
茶芽萌发(个/m <sup>2</sup> )	859.8	853.3	849.1	831.3	793.0	768.2	755.4
茶芽形态	正常	正常	正常	芽稍短微受灼	芽短受灼	芽短受灼	芽短受灼

#### 2.2.3 茶园叶面喷硒的增硒效应

为了确定大田喷硒的适宜浓度,必须进一步了解喷硒与茶叶含硒量之间的关系。表 6 表明,茶园喷硒后第一次采得的茶叶(5月26日,7月2日,7月14日,4月16日茶样)含硒量与喷硒浓度成显著正相关。这说明喷硒对茶叶的增硒效果明显。但茶叶含硒量与喷硒浓度没有呈一一对应的关系,这是因为茶叶含硒量还受其它因素影响:(1)采茶时间:茶园喷硒后,间隔一两周第一次采得的茶叶含硒量较高,但间隔期过长,或是第二次采茶,茶叶含硒迅速降低(如6月5日样和7月2日样),几乎接近背景值。这表明叶面喷硒持续性差,富硒茶的生产最好是喷一次采一次。要说明的是8月7日样虽也是喷后第二次采得的茶样,但含硒量依然很高。

这是一个特例,主要是由于7,8月份持续的高温,干旱,新发枝少,喷在叶上的硒受雨水淋失少的原因。(2)气候条件:气温过高或过低会影响茶株的生理活性,减少对硒的吸收;气候条件还会通过控制茶株生长来影响茶叶含硒量。如5月26日与7月14日采得的茶样,两者都是喷后第一次采得的,分别间隔9天和11天,但后者的含硒量却明显高于前者。这是由于前者气候适宜,茶株生长快,对所吸硒产生了“稀释效应”;后者气温高,茶株生长慢,硒相对“富集”。因此在不同生长季节,应根据具体情况适当调整喷硒浓度。

表6 叶面喷硒对茶叶含硒量的影响 ( $\mu\text{g/g}$ )

喷硒时间	采样时间	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>
1994年 5月17日	5月26日 (隔9天)	0.517	0.817	1.40	1.769	2.046
	6月5日 (隔19天)	0.139	0.153	0.167	0.146	0.142
6月6日	7月2日 (隔26日)	0.129	0.224	0.277	0.385	0.493
7月3日	7月14日 (隔11天)	0.495	2.165	4.048	5.774	6.860
	8月7日 (隔35天)	0.331	1.682	3.345	4.361	5.321
1995年 3月15日	4月16日 (隔30天)	0.160	0.237	0.350	0.611	0.920

#### 2.2.4 小结

(1)在春茶的整个生产季节最好不要喷硒液。因为春茶采茶几乎天天进行,不成批次,喷硒后若间隔几日必耽误采茶;若立即采茶,则硒液还未被吸收,采得茶叶易被药液污染。(2)春茶开采前一个月可以喷液。此时新芽尚未冒出,茶株叶片大多是前一年的老叶,受硒毒害程度低,同时对硒的吸收率也低,因而喷硒浓度可定为 $100-150\mu\text{g/ml}$ ,则当年头茶硒含量可达 $0.3-0.7\mu\text{g/g}$ ,达到富硒茶的标准。(3)喷硒主要应放在夏,秋茶上。夏秋茶产量高,品质低,制成富硒茶后可提高茶叶的档次;夏秋茶是分期成批采的,这刚好与喷液后的时间间隔相合拍。喷硒时机应定在每次采茶后,这样的喷液措施既可减轻硒对茶株嫩叶的毒害作用,又可尽量避免硒液残留在茶叶上,保证饮用茶的卫生与安全。喷硒浓度应根据气候条件和茶株生长状况适当调节。在高温( $>30^\circ\text{C}$ )干旱季节,蒸发量大,茶株生长慢,喷硒浓度以 $50\mu\text{g/ml}$ 为宜,结合生产实际,10-20天后采茶,茶叶含硒量可达 $2\mu\text{g/g}$ ;气温( $25^\circ\text{C}$ 左右)和雨水适宜,茶株生长快,可喷硒 $100\mu\text{g/ml}$ ,7-10天后采茶,茶叶含硒量可达 $2-2.5\mu\text{g/g}$ 。以上两项含硒指标均超过了富硒茶的上限,因而在制作商品时最好与普通茶叶适当混和。

#### 参 考 文 献

- 1 Underwood E J, Trace element in human and animal nutrition. Academic Press, New York, San Francisco, London, 1977. p38.
- 2 夏弈明. 硒与人体健康关系研究进展. 见: 刘培棣主编. 硒资源及其综合开发利用. 中国科学出版社, 1993
- 3 方兴汉. 茶树硒素研究. 见: 刘培棣主编. 硒资源及其综合开发利用. 中国科学出版社, 1993
- 4 周溶等. 以3,5-二溴邻苯二胺为显色剂用分光光度法测定土壤中微量硒. 南京农业大学学报, 1995, 18(1): 88-93
- 5 赵美芝. 土壤和粘土矿物对亚硒酸盐的吸收和解吸. 土壤学报, 1991, 18(2): 139-145
- 6 Doran J M. Alexander. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1976, 40(5): 687-690