

浙闽毛竹林土壤有效硅含量与地理分布*

胡炳堂 王舟莲 洪顺山

摘要 采用典型调查的方法,观察了浙江和福建主要毛竹产区林下土壤的172个剖面,采集各类土样633个进行有效硅含量的测试,结果表明:①有效硅含量因土壤母质、土壤类型以及所在地理位置(纬度、海拔等)的不同而各有差异。一般火成岩(本调查中花岗岩类和高海拔区凝灰岩除外)发育的土壤有效硅含量较低,沉积岩较高,变质岩尚无规律。各类土壤有效硅含量顺序为:山地黄壤>石灰性土>山地黄棕壤>山地红壤>黄红壤>酸性紫色土>低丘红壤。相同成土母质上发育的土壤,其有效硅含量呈现从南到北(纬度)、由低到高(海拔)递增甚至骤增趋势。②该区土壤有效硅含量平均为:A层45.13 mg/kg、B层76.56 mg/kg,且变异幅度极大。结合主产竹县有效硅聚类分析结果,绘制出两省毛竹林土壤有效硅低值含量分布图。

关键词 毛竹林、有效硅含量、母岩类型、土壤类型、地理分布

毛竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lehaie)是优良造纸竹种之一,但竹秆硅素对竹浆造纸工业中碱回收过程的影响很大^[1,2]。现有研究表明,土壤有效硅含量与毛竹叶的含硅量相关极显著^[3],与竹秆硅素的关系也极为密切^[1]。为了科学地选择低硅的纸浆用毛竹林基地,弄清土壤有效硅含量、分布,特别是开展其地理分布规律的研究,具有重要的实际意义。

对森林土壤某一养分的含量与分布规律研究,已有所见^[4,5]。以有效硅为例,对水稻土的研究已相当深入^[6]。但对毛竹林土壤的有关研究,尚少见报道。有鉴于此,笔者采用典型调查的方法^[3],对浙江、福建两省17个主产竹县面积共约41.5万hm²的毛竹林土壤进行了详细调查,并采样分析其有效硅含量。现将结果整理于后,以供参考。

1 调查地域及概况

1.1 自然条件

本次调查范围在25°04'~31°11'N的浙江和福建的毛竹林主要分布区。亚热带季风湿润气候,年均温12.2~19.1℃,年雨量约1500mm。地形大多为丘陵,土壤主要为红壤,部分高海拔地区存在有黄壤或山地黄棕壤。发育土壤的母岩非常复杂,包括了三大类岩石中的17种(参见表1)。

1.2 毛竹林生长情况

所调查的浙、闽17县(参见表5)毛竹林,约占浙闽毛竹林总面积(约102万hm²)的40.7%。其中浙江安吉、湖州、临安、富阳、龙游,福建建瓯、沙县7个县的毛竹林基本上为纯林,经营水平较高,一般竹林立竹数为每公顷2300~4000株,平均胸径7.5~9.8cm,其余10个

1993-11-01 收稿。

胡炳堂助理研究员,王舟莲,洪顺山(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400)。

* 中国林业科学研究院科技发展基金资助项目“毛竹林土壤有效硅的地理分布研究”的部分内容。吴明、谢锦忠工程师曾参加部分调查、测试工作,任华东工程师协助聚类分析电算,裴致达高级工程师给予样品测试指导和帮助,一并致谢。

县的毛竹林大多为混交竹林,有的甚至呈荒芜状态,竹林生产力较低,一般立竹数为每公顷 600~3 000 株,平均胸径 6.8~10.2 cm。在上述调查地域中,已有部分县(市)开始利用毛竹造纸或兴建竹浆纸厂。

2 调查研究方法

2.1 野外调查及采样方法

1991~1993 年,根据浙、闽毛竹林的分布现状,在 17 个产竹县内,随土壤、母岩的不同而对毛竹林进行分类随机的调查。确定调查样点时,以中坡为主,结合调查其它坡位。采用典型调查的方法,观察了 17 种母岩发育土壤上的毛竹林土壤剖面 172 个。土壤剖面的挖掘深度一般为 100 cm,部分土层较薄的仅至 C 层出现为止,有些剖面则超过 150 cm。采集腐殖质层(A 层)、淋溶淀积层(B 层)样品,部分有代表性的剖面,还采集(O)层、过渡层(AB)、半风化母质层(BC)的样品,以及采集剖面点周围 100~667 m² 的样地表土 0~20 cm 混合样品,总计采集土样 633 个。

2.2 土壤样品测试及数据处理方法

土壤样品的有效硅含量测试,采用醋酸缓冲液(pH4.0, HOAc-NaOAc)浸提,硅钼兰比色法测定^[2]。数据处理方法:主要采用受人为干扰较少的自然林分调查点中坡剖面的土壤测试数据,以每个剖面的 A 层、B 层及该剖面点样地表土的有效硅含量等指标综合,从浙闽各县、母岩类型、土壤类型等不同角度组合作聚类分析(相关系数法)。根据查阅各县林业区划资料及土壤志确定面积,从而绘出有效硅低值含量分布图。

3 结果分析

3.1 不同母岩发育土壤的有效硅含量

母岩这一重要的成土因素,对其所形成土壤的化学性质影响很大^[5,7]。调查区域中分布有三大类岩石中的 17 种母岩,经过分析,其发育土壤的有效硅含量状况见表 1。聚类分析结果(图 1)亦反映出除花岗岩类和凝灰岩外,其它几种火成岩属于同一类别($r=0.93$),而沉积岩内各母岩间的区别较大,变质岩则区别更大一些。在一般情况下,除花岗岩类外,火成岩发育的土壤有效硅含量均较低(本调查中,凝灰岩大多分布于高海拔地带),沉积岩的则大多较高,变质岩类则由于其来源和变质作用类型的复杂^[5,7]性,导致其土壤有效硅含量表现出无规律性。

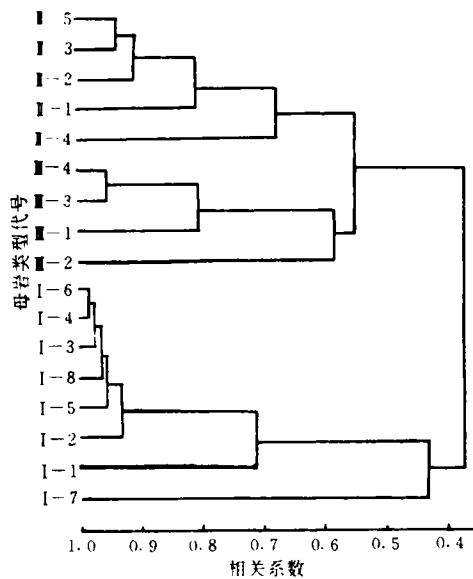


图 1 不同母岩发育的土壤有效硅聚类分析 (母岩代号见表 1)

表1 不同母岩发育的土壤有效硅含量($\bar{X} \pm S_x$) (单位:Si mg/kg)

岩类	母岩	n	A层	B层	表土 0~20
火成岩 (I)	1. 花岗岩	28	48.20±11.00	92.99±27.83	42.53±8.34
	2. 粗晶花岗岩	5	51.07±17.52	73.89±29.14	40.46±9.21
	3. 流纹岩	14	33.68±12.13	54.90±17.98	23.25±3.37
	4. 长英岩	11	24.03±5.26	42.95±10.75	24.77±4.78
	5. 闪长岩	5	29.69±4.16	46.42±12.30	27.50±5.24
	6. 玄武岩	3	21.23±2.25	27.56±3.58	15.99±2.92
	7. 凝灰岩	5	77.17±22.45	103.94±16.91	86.08±35.63
	8. 火山碎屑岩	1	37.58	53.50	32.51
沉积岩 (II)	1. 砂岩	6	42.28±13.16	60.59±19.89	44.97±10.04
	2. 泥质页岩	18	33.72±8.37	71.68±20.74	31.22±5.48
	3. 细砂页岩	3	42.14±12.06	70.75±5.14	36.10±3.11
	4. 石灰岩	5	93.55±35.70	179.05±67.46	84.77±28.56
	5. 紫色砂砾岩	3	29.38±4.82	51.14±10.82	22.34±3.37
变质岩 (III)	1. 板岩	1	37.61	60.50	35.64
	2. 片麻岩	4	44.18±10.80	77.60±16.53	30.52±5.60
	3. 云母片岩	2	35.39±9.54	38.42±3.68	28.23±2.28
	4. 大理岩	1	28.18	30.12	26.81

3.2 各主要类型土壤有效硅含量

受成土母质(岩)和成土条件的影
响^[4,5,7],所形成的浙闽毛竹林不同土壤类型
主要地决定着土壤有效硅的含量。根据中国
森林土壤系统分类暂行草案,调查区的毛竹
林土壤类型共有7种,以中坡剖面统计的有
效硅状况见表2。通过聚类分析(图2),可
将其区分为特点迥异的A(山地黄壤)、B(其
余土类)两类($r=0.78$);B又可分为B₁(石
灰性土)和B₂类($r=0.89$);而B₂类再
可分为(山地)黄棕(红)壤和红壤(紫色
土)类($r=0.93$)。结合表4的直观表述进
行综合分析可见,土壤有效硅的含量顺序
为:山地黄壤>石灰性土>山地黄棕壤>
山地红壤>黄红壤>酸性紫色土>低丘
红壤。

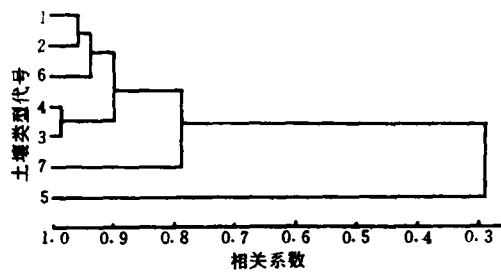


图2 毛竹林主要土壤有效硅聚类分析
(土壤类型代号见表2)

表2 各类型土壤的有效硅含量($\bar{x} \pm S_x$) (单位:Si mg/kg)

土壤类型	n	A层	B层	表土 0~20 cm
1. 低丘红壤	79	31.23±6.74	52.65±12.18	25.89±7.53
2. 山地红壤	8	58.28±26.49	84.15±45.44	48.36±20.40
3. 黄红壤	6	48.25±8.30	87.96±21.06	45.93±9.15
4. 山地黄棕壤	3	59.52±15.26	114.12±42.13	57.38±13.38
5. 山地黄壤	2	242.96±23.00	369.32±157.65	339.41±8.23
6. 酸性紫色土	5	30.96±1.99	54.18±9.59	27.60±5.62
7. 石灰性土	5	93.55±35.70	179.05±67.46	84.77±28.56

3.3 土壤有效硅地理分布规律

3.3.1 纬度地带性 纬度的不同,导致了气候的差异,从而对母岩风化、土壤发生发育、剖面淋溶的程度产生不同的影响,对地带性土壤而言,则形成了不同的土壤类型(海拔等垂直地带性因素亦有此作用)^[5,7]。本调查区域包含了整个中亚热带和部分北亚热带。为排除干扰起见,选择在同一经度条件(119° E 附近)和中坡坡位情况下,采用低海拔(约低于 500~600 m)的调查测试数据,对具有相同(或相似)母岩(或土壤)类型进行各自土壤有效硅含量与北纬的简单相关分析,其正相关关系(表 3,参见表 4、5)表明,浙闽毛竹林土壤有效硅在一定程度上具有纬向地带性变异趋势,一般中亚热带的比北亚热带的要低,基本呈现从南到北递增的趋势。

表 3 土壤有效硅与北纬的简单相关

土壤 ^①	母岩 ^①	n	r _{A-N} ^②	r _{B-N} ^②	r _{T-N} ^②
红壤	流纹岩	13	0.690*	0.621*	0.404
红壤	花岗岩	11	0.406	0.577*	0.712**
红壤	砂页岩	15	0.593*	0.526*	0.455*
石灰性土	石灰岩	6	0.641	0.710*	0.722*

注:①将性质类似的母岩、土壤合并;②分别表示 A 层、B 层、表土(topsoil)有效硅含量与北纬度数(N)的相关系数。#、*、**分别为 $\alpha=0.10;0.05;0.01$ 显著水平。

3.3.2 垂直地带性 对部分特征山体不同海拔高度的毛竹林,采集土壤样品测试的结果(表 4),反映出随着海拔增加,其有效硅含量呈明显的升高或骤增趋势。

表 4 不同海拔高度的毛竹林土壤剖面有效硅状况 (单位:Si mg/kg)

地点	地理位置	母岩	海拔(m)	土壤类型	有效硅	
					A 层	B 层
临安 天目山	北亚热带 30°20' N	花岗岩	80	低丘红壤	22.12	56.27
			175	低丘红壤	27.07	55.29
			300	红壤	38.18	67.18
			430	黄红壤	62.24	106.23
			600	山地黄红壤	61.44	154.50
			1150	山地黄壤	259.22	480.79
庆元 百山祖	中亚热带 北缘 27°50' N	凝灰岩	480	黄红壤	43.40	70.44
			765	山地黄棕壤	65.84	100.26
			1200	山地黄壤	226.21	257.84
永安 龙岭	中亚热带 南缘 26°05' N	板岩	530	红壤	25.53	44.04
			680	红壤	37.61	60.50
			750	山地红壤	40.83	48.94

3.4 浙闽毛竹林土壤有效硅的含量及分布

3.4.1 总体状况 由于受上述分析的母岩、土壤类型、地带性规律以及其它因素(局部地形、坡位等)^[2,5,7]等方面的综合影响,导致了浙闽毛竹林土壤有效硅状况的差异。通过对调查区域采集土样的测试,其有效硅含量总平均状况为,A 层:45.13 mg/kg(13.72~282.21 mg/kg),B 层:76.56 mg/kg(20.84~480.79 mg/kg),可见变异幅度极大。表 5 是以县为单位计算的山坡中部剖面土壤有效硅含量平均状况,比较可见浙江各县的土壤有效硅含量要比福建的约高 30%~60%。

表5 各主产县毛竹林土壤有效硅状况 (单位: Si mg/kg)

地点	(° 'N)	A 层	B 层	表土(0~20 cm)	
浙	1. 湖州	30 50	62.92(4)	78.52(4)	76.09(4)
	2. 安吉	30 25	47.42(36)	81.79(36)	30.20(25)
	3. 临安	30 10	24.79(13)	55.74(13)	
	4. 富阳	30 03	40.21(4)	48.44(4)	50.66(3)
江 (I)	5. 建德	29 20	25.98(2)	25.65(2)	25.32(2)
	6. 嵊县	29 45	21.23(1)	27.56(1)	15.99(1)
	7. 龙游	28 50	54.50(3)	68.20(3)	41.48(3)
	8. 遂昌	28 30	31.72(4)	47.36(4)	32.96(4)
	9. 丽水	28 23	37.52(2)	47.62(2)	41.64(2)
	10. 龙泉	28 00	25.06(3)	31.77(3)	26.00(3)
	11. 庆元	27 25	46.46(5)	66.60(5)	42.61(5)
平 均		41.40(77)	67.19(77)	36.70(52)	
福 建 (II)	1. 建瓯	27 05	46.70(5)	71.60(5)	34.52(5)
	2. 邵武	27 15	25.23(11)	38.57(11)	21.17(11)
	3. 连江	26 20	27.68(1)	31.43(1)	22.54(6)
	4. 沙县	26 35	20.98(4)	37.63(4)	24.71(4)
	5. 永安	26 00	33.35(4)	47.42(4)	31.16(4)
	6. 长汀	25 30	40.16(2)	70.80(2)	20.53(36)
平 均		30.98(27)	47.98(27)	22.78(66)	

注:括号内为样本数。

3.4.2 浙闽各主产县土壤有效硅聚类分析 将浙闽各主产竹县的土壤有效硅组合后,进行聚类分析。从聚类树状图来看,聚类效果较好。图3表明了,在 $r=0.95$ 水平上,福建和部分浙江点属于同一类;在 $r=0.90$ 水平时,除了浙北的湖州、安吉、临安和浙南高山区庆元之外,其余都属于同一类别。聚类分析的结果可以为确定毛竹林土壤有效硅低值含量分布区域提供可行性依据。

3.4.3 浙闽毛竹林土壤有效硅低值含量分布图的绘制 确定毛竹林土壤有效硅低值含量的目的,即是通过土壤调查诊断,达到对影响竹林特别是竹材硅素的重要因子——土壤有效硅实现全局性了解。本研究绘制的毛竹林土壤有效硅低值含量分布图,具有如下两个方面的意义:对造纸所需低硅竹材而言,则可以为纸浆竹林基地的选择范围(换言之,竹浆纸厂原料产地的选择)提供基础材料;另一方面,为使竹林丰产,对进行竹林四要素(N、P、K、Si)施肥的地区也可达到初步的划分,从而避免了实际工作中的盲目性。

3.4.3.1 低值含量的确定 根据小范围的初步研究,土壤有效硅与竹叶硅素含量呈极显著正相关^[1,3],在一定的土壤有效硅含量范围(有效硅(SiO_2)低于 $6\sim 8\text{ mg}/100\text{ g}$ 土换算成法定计量单位和硅素(Si)表示形式后为 $28.05\sim 37.39\text{ mg}/\text{kg}$ 土)内,土壤有效硅与毛竹眉围呈极显著或显著的曲线相关^[3],参考有关资料^[4,5,6]可见,确定毛竹林土壤有效硅的低值含量是可行的,也是必需的。由于土壤有效硅含量与毛竹产量等因子的关系需要继续验证,同时为了制图及计算简便,因此将毛竹林土壤有效硅的低值含量暂定为 $\text{Si } 30\text{ mg}/\text{kg}$ 。

3.4.3.2 低值含量分布图的绘制 据上述分析,在查阅浙、闽各县有关毛竹林分布(林业区划资料)和母岩、土壤类型(土壤志)等资料的基础上,绘制了毛竹林土壤有效硅(表 $0\sim 20\text{ cm}$)含量低于 $30\text{ mg}/\text{kg}$ 的面积分布图(图4)。其低值图斑约占浙闽毛竹林总面积的65%。低值区域

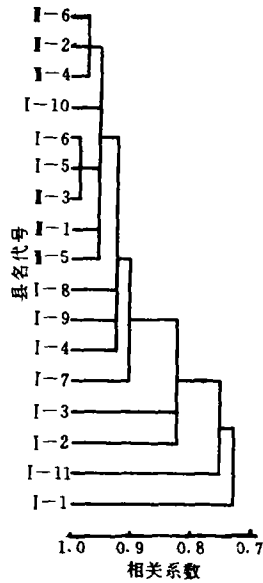


图3 各主产县土壤有效硅聚类分析 (县名代号见表5)

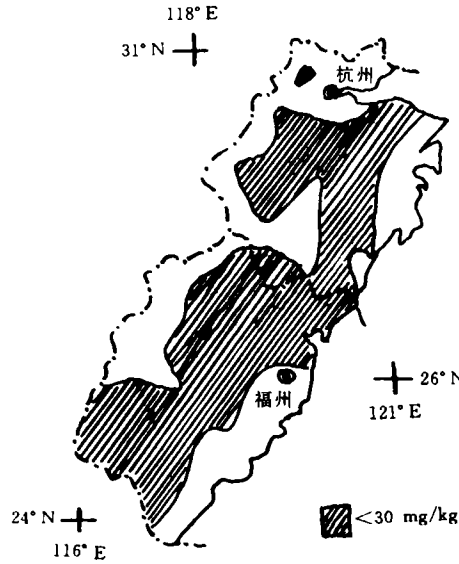


图4 浙闽毛竹林土壤有效硅低值含量分布示意图

主要分布于浙中丘陵、浙南和福建大部(部分海拔较高的地区除外),浙北只有极少数地区(低丘红壤区)属于土壤有效硅的低值区域。

由于受母岩和土壤类型的影响,浙、闽毛竹林土壤有效硅的低值含量分布区域,一般为火成岩分布区(花岗岩类、高海拔的凝灰岩类属疑问区域)。土壤类型则大多是低丘红壤、酸性紫色土和部分山地红壤、黄红壤等。

4 结论和讨论

通过对浙、闽主要毛竹产区(17县)的土壤有效硅含量分析,基本上可以得出如下结论:

(1) 一般而言,福建的毛竹林土壤有效硅含量要比浙江的低。其低值分布区域见图4。

(2) 由于母岩和土壤类型在地理分布上无规律性变化^[5,7],浙、闽毛竹林土壤有效硅的变化较大。一般来说,除花岗岩类和高海拔区凝灰岩类外,其它火成岩发育土壤的有效硅含量均较低,而沉积岩的则较高,变质岩尚无规律。在各土壤类型中,有效硅的含量顺序为:山地黄壤>石灰性土>山地黄棕壤>山地红壤>黄红壤>酸性紫色土>低丘红壤。其原因可能是与岩石的元素组成、晶格结构及其风化程度有关,进而影响土壤的形成类型及发生、发育程度等方面^[5,7]。

(3) 浙、闽毛竹林土壤有效硅含量具有一定的地理分布规律,相同母岩发育的同类土壤,其纬向地带性分布为从南到北呈递增趋势,其垂直地带性分布为,随海拔由低到高,土壤有效硅呈递增或骤增趋势。其原因可能是随着纬度和海拔高度的变化,气温、降雨量等因子随之改变,进而影响了母岩风化的程度,以及土壤发生、发育(土壤侵蚀、淋溶等状况)的过程所致^[4,5,7]。其经度地带性规律由于浙闽两省变化不大,加上采样布点的局限性,因此尚难以进行分析,有

待于继续研究。

(4)根据调查分析结果,初步绘制了浙、闽毛竹林土壤有效硅含量的低值分布区域图。限于部分地区设点太少(宁波、绍兴、福州、漳州等),甚至有缺失(温州),有必要更进一步完善。鉴于这部分地区的毛竹林与本调查的浙闽主产大县相比,不占主导地位,结合各地毛竹制浆造纸利用的现状和发展趋势分析,该图仍能起到一定的参考作用。

参 考 文 献

- 1 胡炳堂.毛竹叶和其它器官硅素分布的研究.见:张万儒,刘寿坡主编.森林与土壤——第五次全国森林土壤学术讨论会论文选编.北京:中国科学技术出版社,1992.294~299.
- 2 臧惠林.植物硅素含量的生态学研究.植物生态学和地植物学丛刊,1980,(2):115~121.
- 3 胡炳堂,洪顺山.毛竹土壤有效硅的初步研究.亚热带林业科技,1987,15(2):136~140.
- 4 谢振翅,马朝红,胡定金,等.湖北省土壤微量元素含量分布研究.土壤学报,1990,27(4):411~419.
- 5 龚子同.华中亚热带土壤.长沙:湖南科学技术出版社,1983.
- 6 臧惠林,张效朴,何电源.我国南方水稻土供硅能力的研究.土壤学报,1982.
- 7 Strahle A N,Strahle A H. Modern physical geography .New York:John Wiley and Sons,1978.

Geographic Distribution and Content of Available Silicon in Soils under *Ph. pubescens* Stands in Zhejiang and Fujian Province

Hu Bingtang Wang Zhoulian Hong Shunshan

Abstract Conducting the method of typical investigation to collect 172 profiles of the soil in the main *Ph. pubescens* stands in Zhejiang and Fujian Province,633 samples of soil have been tested to analyse the available Si content. As a result,1. Contents of available Si in different soils vary because different kinds of rock,types of soil,geography (different of latitudes,or altitudes etc.). The soil available Si content is quite low in general igneous rock except for granite and tuff of higher elevation in this investigations,and is comparatively high in sedimentary rock. But in metamorphic rocks it appears in random. The order of the available Si content in each kind of soil in order is;mountain yellow earth > calcareous soil > mountain yellow-brown earth > mountain red earth \geq yellow-red earth > acid purple soil \geq low hill red earth. It indicated that the distribution of the soil available Si has a rising latitudinal zonality law of from the south to the north and a rising vertical zonality law of the altitudes from the bottom to the top. 2. Average of soil available Si content in that area are: 45.13 mg/kg (A horizon),76.56 mg/kg (B horizon),and its degree of variation was the largest. A distribution map of low available Si content regions in that area has been made based on the cluster analysis.

Key words stands of *Phyllostachys pubescens*, available silicon content, kind of rock; type of soil, geographic distribution

Hu Bingtang, Assistant Professor, Wang Zhoulian, Hong Shunshan (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400).