

苏南局部富硒土壤及其天然富硒茶叶初步研究

廖启林 华明 冯金顺 金洋 吴新民 颜朝阳 朱伯万

(江苏省地质调查研究院, 江苏南京 210018)

摘要: 硒(Se)是对人体健康有重要影响的微量元素,不同地区土壤中硒含量分布是不均匀的,依据局部富硒土壤线索开发天然富硒食品是农业地质环境研究的一个重要方向。江苏省1:25万区域土壤地球化学调查资料显示,尽管全省表层土壤总体相对贫硒,但在江苏南部溧阳—宜兴一带局部低山丘陵地区存在较大面积的富硒土壤,并据此线索在当地新发现了天然富硒茶叶。初步研究表明当地富硒土壤的形成与特定地质背景有关,生产天然富硒茶叶的土壤环境相对优越。

关键词: 硒;富硒土壤;天然富硒茶叶;苏南

中图分类号: P596 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2007)02-0347-07

大规模的多目标地球化学填图或区域生态地球化学调查在国内外已有广泛报道^[1-7]。江苏是中国第一个完成其全部陆域国土1:25万多目标地球化学填图的省区,笔者曾公开发表过该项研究成果的有关论文^[8-14]。硒(Se)为人体必需的有益微量元素,是生物体多种酶和蛋白质的重要组分,具有很强的生物活性,参与多种生化作用,具有提高人体免疫能力、抗衰老、预防癌变等多种功能。人体中缺硒或摄入过量硒都会产生严重疾病,前人已经从不同角度对硒在环境中的地球化学行为进行了一系列研究^[15-21]。万物土中生,食以土为本。土壤中的硒可通过食物链进入人体,最终成为影响人体健康的重要因素。中国多数地区土壤相对缺硒,江苏更是中国主要缺硒土壤分布区之一,全省表层土壤1:25万多目标地球化学填图(控制土壤面积约9.6万km²)资料显示,江苏大约有97%的表层土壤硒含量都低于0.4 mg/kg,50%以上地区表层土壤硒含量低于0.15 mg/kg,但也存在约3%的相对富硒土壤,其硒含量大于0.4 mg/kg,并存在局部天然富硒土壤。新发现的局部富硒土壤主要分布在江苏南部溧阳—宜兴一带低山丘陵地段,开发利用前景良好,已在当地富硒土壤中首次发现了天然富硒茶叶。下面将从4个方面对上述新发现的局部富硒土壤与天然富硒茶叶研究成果做一简介。

1 天然富硒茶叶产地概况

苏南低山丘陵区中新发现的天然富硒茶叶主要产在太湖以西的溧阳—宜兴一带南部低山丘陵地段,属天目山余

脉。当地气候温润,雨水充沛,地势缓和,交通发达,人口密度不如繁华城镇密集,生态环境总体优良,除产有茶叶外,还产出水稻、红薯、板栗、竹笋、油菜等作物。区内多为低山、丘陵、垄岗,小范围平原仅在山间有少量分布,茶叶产地土质主要为一套砂—粘质灰黄色中酸性土壤。本区属扬子准地台下扬子拗陷的一部分。区内地质构造较为复杂,发育了从晚奥陶世—古新世的一系列地层,但晚古生代地层相对偏多,出露基岩有以碳酸盐岩为主夹少量硅质层的灰岩、岩屑砂岩、含煤碎屑岩、粉砂质泥岩、火山岩夹层等,其中含煤碎屑岩与含煤系或泥炭质粉砂岩对当地富硒土壤的成因有直接影响。当地岩浆岩不甚发育,仅局部分布有极少量的燕山中期中酸性侵入岩。第四纪沉积物是成土母质的基础,当地第四纪沉积物主要可分为3个岩性组,从老到新依次为:

(1)中更新统的柏山组:下部为灰紫红色砂、砾层,中部为棕红色亚粘土,具“网纹构造”,上部为棕红、棕黄色亚粘土。分布范围小,见于张渚、湖滢盆地边缘及宜兴市东梅园一带。

(2)上更新统的下蜀组:下部为灰黄色含砂、砾粉砂质粘土,中部为黄褐色含铁锰结核的亚粘土,上部为灰黄、土黄色粉砂质粘土。分布于不同地段,构成了洪冲积扇、岗地、阶地等地貌。

(3)全新统:土黄色粉砂质粘土,底部含少量砾石。地貌上构成冲积山间平原。

以上每一套第四纪地层中,都有茶园分布。茶园大多分布在山前垄岗和低山中间的洼地,地势、土质、植物群落、收

收稿日期:2006-12-15;改回日期:2007-02-26

基金项目:国土资源部中国地质调查局与江苏省人民政府合作项目(20031230008)和江苏省科技厅项目(BS2006066)联合资助。

作者简介:廖启林,男,1964年生,博士,高级工程师,地球化学与矿床学专业;E-mail:liaoqilin64@jmail.com.cn。

益等都是制约茶叶产出的重要因素。

2 富硒土壤基本特征

按照每 1 km² 采集 1 个土壤样品、每 4 km² 测试分析 1 个组合土壤样品的网度,对全省表层土壤(0~20 cm 深度)的硒含量分布最新调查结果显示,在江苏南部太湖西侧的溧阳—宜兴南部低山丘陵一带是江苏境内局部富硒土壤最主要分布区(图 1),与南部相邻的浙江长兴一带富硒土壤连成一片,这一片相对富硒土壤也是目前长江三角洲地区新发现的最大一片富硒土壤产地,总控制面积超过 1 400 km²,其中江苏境内控制面积超过 700 km²,在大面积富硒土壤范围内还可以圈出一部分硒含量大于 0.6 mg/kg 的更富硒土壤。富硒土壤区地貌以低山丘陵、山间洼地为主,土壤酸碱度中偏酸性、大部分地段为弱酸性—酸性,以灰黄色粉砂质亚粘土为主,当地气候与海拔高度都比较适宜茶叶生产,目前在浙江境内的富硒土壤地段也有发现天然富硒茶叶的报道^[20]。

在苏南溧阳—宜兴南部低山区及其山前地带新发现的富硒土壤,其表层土壤中 Se 含量较高且持续稳定、Se 平均含量为 0.64 mg/kg、最高含量可达 16.8 mg/kg,硒含量连续大于 0.4 mg/kg 的富硒土壤分布面积最大一片超过 300 km²,硒含量大于 0.6 mg/kg 的更富硒土壤累计超过 100 km²,大部分富硒土壤地段的毒害重金属元素含量都相对偏低。总体来说,地势高的土壤其硒含量要略为偏高,与自然地貌关系比较密切,可以判断当地富硒土壤多半为残坡积成因,部分基岩风化对成土母质有制约关系。一些煤系地层或小煤矿地区

土壤相对富硒趋势更明显,可以清晰地判定这些地区土壤中硒出现相对富集主要是自然地质成因,相对富含硒的煤系地层、含泥炭质粉砂岩及其风化残留产物应该是当地富硒土壤的基本物质来源,特定的区域地质背景是控制当地土壤大面积相对富硒的关键因素。在当地大面积富硒的数百平方千米土壤内,又可进一步圈出面积大于 10 km² 的浓集中心 6 片以上,每个浓集中心土壤的平均硒含量都在 1 mg/kg 以上,其中在溧阳李家园附近就分布了一个浓集中心。本区新发现的局部富硒土壤,是江苏全省表层土壤中零星分布的不足 3% 的富硒土壤中唯一一片远离城市人口密集地段、连续分布面积最大、自然生态环境良好、与自然地质成因关系最清楚的地区,并已经发现天然富硒茶叶。

当地富硒土壤其他化学元素或指标分布情况:表层土壤(0~30 cm 深度)pH 值为 3.8~7.7,平均 5.2;有机碳含量为 0.4%~3.65%,平均 2.78%;Al₂O₃ 含量为 8.65%~18.4%,平均 11.95%;Fe₂O₃ 含量为 3.16%~6.91%,平均 4.72%;SiO₂ 含量为 61.8%~80.4%,平均 72.5%。以粉砂质亚粘土为主,表层土壤颜色以灰黄为主,部分地段土壤因有机质含量偏高,有点发黑。

对比不同部位土壤柱元素含量垂向变化特点(图 2),发现本区土壤中 Se、S、Sb 等元素含量由浅入深变化明显分为 2 类,一种是硒等微量元素主要富集在表层 30~40 cm 深度土壤范围内,其深部未受人类活动显著影响的土层中并不富硒,这部分地区富硒土壤深度一般不超过 40 cm(如图 2 中上方一个剖面所示),土壤中富硒可能与当地粉煤灰扩散有关;另一种是 Se 等微量元素不仅富集在表层土壤中,而且也相

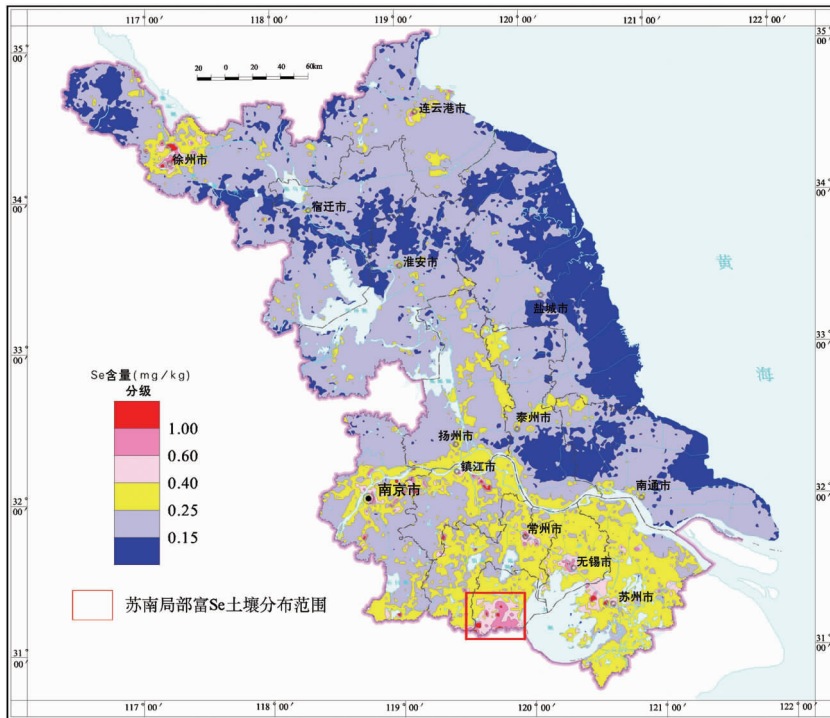


图 1 江苏省表层土壤硒含量分布现状

Fig.1 Distribution of selenium content in topsoils in Jiangsu

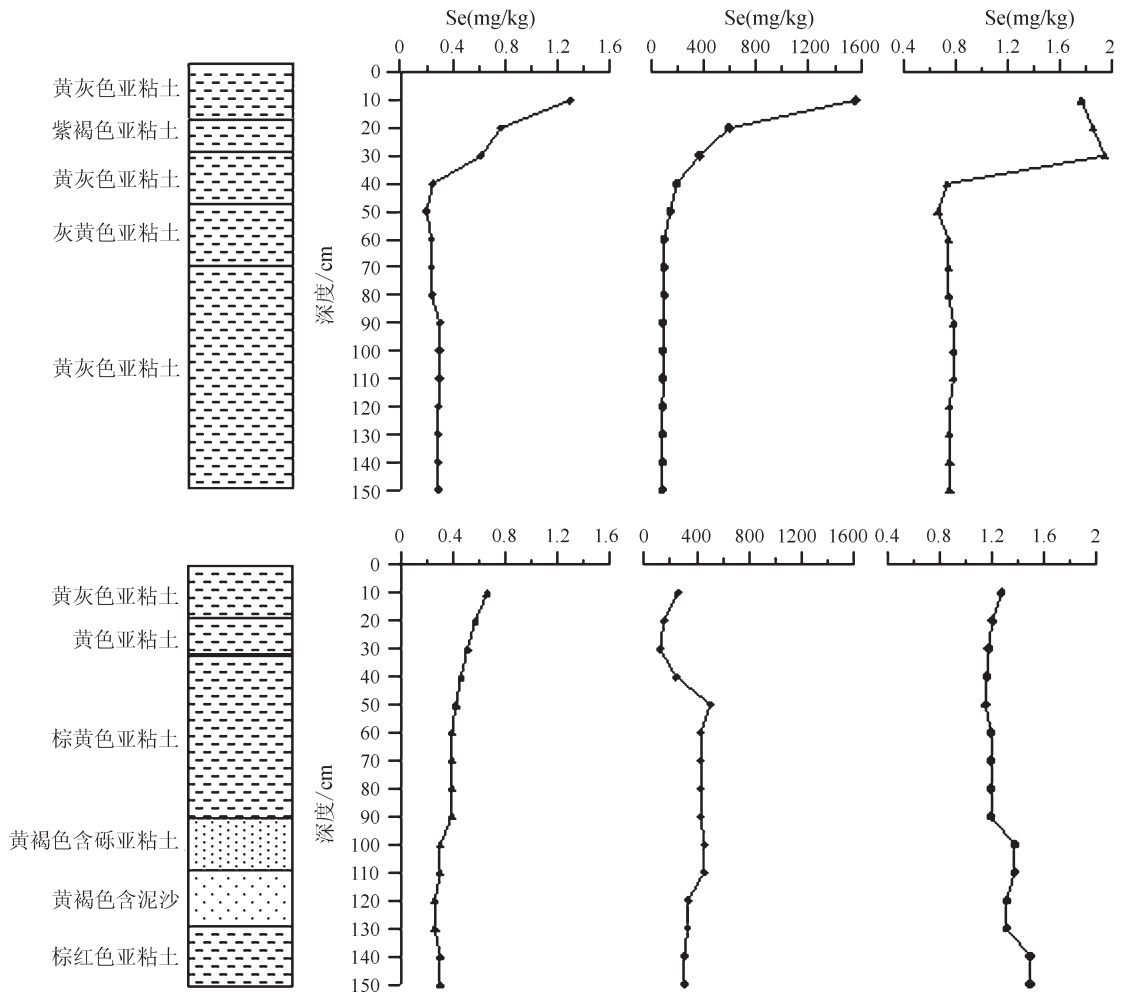


图 2 苏南溧阳—宜兴一带富硒土壤区典型土壤柱 Se、S 与 Sb 元素含量垂向变化
 Fig.2 Vertical changes of Se, S and Sb contents along the typical Se-rich soil columns in the Liyang-Yixing area, southern Jiangsu

对富集在 100 cm 深度以下的深层土壤中 (如图 2 中下方一个剖面所示), 微量元素从表层到深层不同深度范围土壤中含量接近, 反映出这类地段土壤中硒富集成因不完全是煤灰扩散结果, 其土壤富硒主要是自然地质成因, 推断可能存在部分相对富硒岩石。

为了证实上述推断, 在当地富硒土壤产地有意识采集了部分岩石样品进行分析化验, 发现当地晚古生代含煤系地层中的确存在一套相对富 Se 的岩石, 该类岩石中平均硒含量一般可以达到 1.5 mg/kg, 比一般岩石硒含量高 3 倍左右, 进一步证实了当地富硒土壤中硒来源的确有自然地质背景的因素, 为当地局部富硒土壤资源的利用提供了更有利的证据。另外从宏观上判断, 当地富硒土壤主要分布在山坡及半山相对低洼处, 推断其形成应以自然地质成因为主, 这类土壤分布要更集中、土壤中富硒的深度(富硒土壤厚度)更大。国内以前曾在秦岭一带发现土壤富硒与特殊地层有关^[19-20], 可以推测当地晚古生代煤系地层中有关岩石的风化剥蚀、就地

残积很可能是影响当地局部土壤富硒的一个重要因素。

另外, 从江苏全省深、表层土壤中不同成土母质的 Se 含量统计结果对比表明(表 1), 第四纪全新统湖积粘土双层土壤中 Se 平均含量都最高, 第四纪全新统冲积砂土、海积亚砂土之深、表层土壤的 Se 平均含量都明显偏低, 碎屑岩区双层土壤 Se 平均含量相对偏高, 而碎屑岩区土壤中 Se 平均含量相对偏高就与煤系地层的分布有一定联系, 也证实了含煤地层对江苏局部土壤相对富硒有影响。

前人研究经验表明, 土壤中富集的硒向植物迁移主要与其有效态 Se 含量关系更密切^[15-18]。对当地富硒土壤部分样品进行其 Se 含量(总硒)与其有效态 Se 含量(容易被植物吸收的硒)对比分析后, 发现当地富硒土壤中总硒与有效硒存在比较明显的正相关性(图 3), 初步可以断定富硒土壤中的总硒约有 20% 属于有效态硒、属于易于被植物吸收的范畴, 指示当地土壤中的硒有效态含量比例较高、能比较方便地满足植物吸收, 进一步证实了当地富硒土壤的利用前景更大、做

表1 江苏省不同成土母质土壤中硒元素含量(mg/kg)统计结果对比

Table 1 Statistical results of Se contents (mg/kg) in soils of different soil-forming parent materials in Jiangsu

| 统计单元 | 深层土壤(150~200 cm 深度) | | | | 表层土壤(0~20 cm 深度) | | | |
|-----------|---------------------|------------|------|------|------------------|------------|------|------|
| | N | 含量范围 | 平均值 | Cv | N | 含量范围 | 平均值 | Cv |
| 全省土壤 | 6118 | 0.014~1.55 | 0.08 | 0.29 | 24167 | 0.048~6.18 | 0.18 | 0.20 |
| 碳酸盐区土壤 | 70 | 0.057~0.4 | 0.10 | 0.26 | 297 | 0.11~2.45 | 0.24 | 0.19 |
| 碎屑岩区土壤 | 119 | 0.039~1.24 | 0.11 | 0.43 | 441 | 0.08~5.39 | 0.28 | 0.33 |
| Qp 冲积亚粘土 | 576 | 0.024~0.36 | 0.08 | 0.29 | 2297 | 0.11~1.88 | 0.20 | 0.12 |
| Qp 冲坡积亚粘土 | 114 | 0.038~0.2 | 0.08 | 0.23 | 470 | 0.093~0.87 | 0.19 | 0.11 |
| Qp 冲湖积亚粘土 | 137 | 0.014~0.34 | 0.10 | 0.22 | 544 | 0.17~3.2 | 0.27 | 0.12 |
| Qh 冲积亚粘土 | 335 | 0.017~0.4 | 0.09 | 0.21 | 1377 | 0.097~6.18 | 0.20 | 0.21 |
| Qh 冲积亚砂土 | 1011 | 0.018~0.55 | 0.07 | 0.12 | 4056 | 0.078~3.21 | 0.16 | 0.16 |
| Qh 冲积砂土 | 457 | 0.025~0.24 | 0.05 | 0.31 | 1825 | 0.084~0.55 | 0.15 | 0.14 |
| Qh 淤泥质粘土 | 68 | 0.035~0.23 | 0.12 | 0.38 | 296 | 0.12~0.39 | 0.20 | 0.13 |
| Qh 湖积粘土 | 102 | 0.058~0.47 | 0.16 | 0.29 | 387 | 0.14~0.47 | 0.31 | 0.10 |
| Qh 湖积亚粘土 | 629 | 0.044~0.34 | 0.11 | 0.31 | 2519 | 0.062~3.02 | 0.23 | 0.22 |
| Qh 冲湖积亚粘土 | 389 | 0.044~0.21 | 0.09 | 0.25 | 1534 | 0.07~0.66 | 0.19 | 0.10 |
| Qh 冲湖积亚砂土 | 175 | 0.025~0.25 | 0.09 | 0.29 | 719 | 0.11~0.77 | 0.18 | 0.18 |

注: Qp—更新统; Qh—全新统; N—参与统计样品数; Cv—元素含量变异系数。

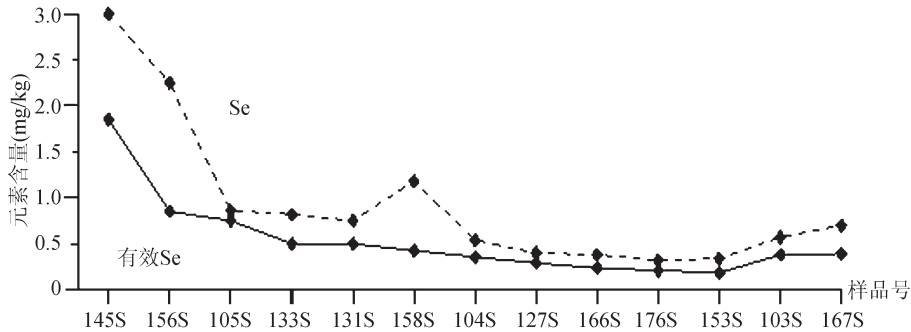


图3 苏南宜兴—溧阳富硒区表层土壤总硒与有效硒含量对比
(有效Se被扩大5倍)

Fig.3 Correlation of Se contents between the total selenium content and effective selenium content in topsoils in the Liyang-Yixing area, southern Jiangsu (the effective Se is enlarged five folds)

工作的前景更广阔、开发天然富硒茶叶的环境与自然条件也更加优越。

3 天然富硒茶叶的发现与初步研究

对当地富硒土壤中的茶叶进行多次有针对性随机抽样调查后,发现了其茶叶天然含硒量普遍偏高,属于真正的天然富硒茶叶(表2)。在富硒土壤范围内不同时间与不同地点采样都能确切证实这一点,天然富硒茶叶在本区存在是肯定的。

同时采集富硒土壤中的春茶与南京、苏州、扬州等地非富硒土壤中的春茶,对比这些茶叶的硒含量,发现宜兴地区(富硒土壤所在地)春茶的硒含量一般为0.15~0.39 mg/kg、平均可达0.24 mg/kg,是普通春茶硒含量的3~5倍(江苏其他茶叶产区中春茶的正常含硒量一般为0.05~0.13 mg/kg),其他地区春茶可能还有人工补硒的因素干扰,而本地春茶则纯

为从土壤中吸取硒养分,说明当地富硒土壤中的茶叶不仅是真正富硒茶叶,而且还是真正天然富硒的茶叶。不同时间段采样,所获茶叶的硒含量数据可能有细微差异,但总体可证明土壤富硒对当地茶叶天然富硒有显著影响。

为了解当地不同时间所采茶叶的富硒情况,专门在宜兴南部富硒土壤产地部分茶园中采集了少部分秋茶,从其部分秋茶样品的硒含量分析结果(表3)可看出当地秋茶中硒含量在0.1~0.65 mg/kg,其秋茶的平均含量为0.186 mg/kg,这批茶叶样品平均硒含量略低于当地春茶,但最高硒含量又显著高于当地春茶。在同一富硒土壤区所生长茶叶的硒含量应与茶叶吸取当地土壤养分的时间有关,春茶一般要隔一个比较长的冬季、其吸收土壤中硒养分的时间总体要长一些,所以春茶的硒含量总体要高于秋茶。但如果一部分秋茶是春天没采集的而直接保留到秋天,那么其吸收土壤养分的时间则更

表 2 苏南局部富硒土壤区与其他产地茶叶(春茶)硒含量对比(mg/kg)

Table 2 Selenium contents (mg/kg) of spring tea in Se-rich soils and other soils from southern Jiangsu

| 序号 | 耕系土样品号 | 茶叶样品号 | 土壤类型 | 样品产地 | 土壤 Se 含量 | 茶叶 Se 含量 |
|----|----------|----------|--------|------|----------|----------|
| 1 | PJYX201S | PJYX201P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 12.1 | 0.27 |
| 2 | PJYX202S | PJYX202P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 1.22 | 0.34 |
| 3 | PJYX203S | PJYX203P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 1.81 | 0.31 |
| 4 | PJYX204S | PJYX204P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.84 | 0.39 |
| 5 | PJYX205S | PJYX205P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.50 | 0.18 |
| 6 | PJYX207S | PJYX207P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 2.70 | 0.22 |
| 7 | PJYX211S | PJYX211P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.48 | 0.20 |
| 8 | PJYX212S | PJYX212P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.49 | 0.25 |
| 9 | PJYX213S | PJYX213P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.61 | 0.22 |
| 10 | PJYX214S | PJYX214P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.60 | 0.28 |
| 11 | PJYX216S | PJYX216P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.63 | 0.25 |
| 12 | PJYX217S | PJYX217P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.59 | 0.27 |
| 13 | PJYX219S | PJYX219P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.55 | 0.36 |
| 14 | PJYX222S | PJYX222P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.52 | 0.25 |
| 15 | PJYX223S | PJYX223P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.63 | 0.27 |
| 16 | PJYX228S | PJYX228P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.66 | 0.35 |
| 17 | PJYX229S | PJYX229P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.66 | 0.26 |
| 18 | PJYX235S | PJYX235P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.61 | 0.29 |
| 19 | PJYX238S | PJYX238P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.50 | 0.17 |
| 20 | PJYX239S | PJYX239P | 粉砂质亚粘土 | 宜溧地区 | 0.59 | 0.18 |
| 21 | PJNJ001S | PJNJ001P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.24 | 0.11 |
| 22 | PJNJ002S | PJNJ002P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.26 | 0.11 |
| 23 | PJNJ004S | PJNJ004P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.22 | 0.085 |
| 24 | PJNJ005S | PJNJ005P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.19 | 0.095 |
| 25 | PJNJ006S | PJNJ006P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.24 | 0.11 |
| 26 | PJNJ009S | PJNJ009P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.30 | 0.093 |
| 27 | PJNJ010S | PJNJ010P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.24 | 0.067 |
| 28 | PJNJ011S | PJNJ011P | 粉砂质亚粘土 | 南京地区 | 0.20 | 0.11 |
| 29 | PJSZ002S | PJSZ002P | 粉砂质亚粘土 | 苏州地区 | 0.46 | 0.1 |
| 30 | PJSZ003S | PJSZ003P | 粉砂质亚粘土 | 苏州地区 | 0.32 | 0.069 |
| 31 | PJSZ005S | PJSZ005P | 粉砂质亚粘土 | 苏州地区 | 0.27 | 0.078 |
| 32 | PJYZ001S | PJYZ001P | 粉砂质亚粘土 | 扬州地区 | 0.18 | 0.11 |
| 33 | PJYZ002S | PJYZ002P | 粉砂质亚粘土 | 扬州地区 | 0.17 | 0.1 |
| 34 | PJYZ005S | PJYZ005P | 粉砂质亚粘土 | 扬州地区 | 0.22 | 0.11 |

注:表中茶叶硒含量全部为标准化晾干茶叶分析结果;国内目前还没有通用的富硒茶叶硒含量标准,一般认为茶叶中硒含量大于 0.15 mg/kg,就可以称得上是富硒茶叶。

表 3 苏南富硒土壤产地部分茶园秋茶硒含量(mg/kg)

Table 3 Selenium contents (mg/kg) of some autumn tea samples in Se-rich soils in southern Jiangsu

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 样品号 | 116P | 118P | 122P | 123P | 145P | 158P | 150P | 166P | 176P | 169P | 156P | 178P | 167P | 154P |
| 硒含量 | 0.16 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.65 | 0.16 | 0.25 | 0.14 | 0.14 | 0.19 | 0.19 | 0.14 | 0.12 | 0.10 |

注:表中 14 件秋茶样品的平均硒含量为 0.186 mg/kg,全部为标准化晾干后茶叶分析数据。

长,所以可能出现少量秋茶样品的硒含量明显高于春茶。上述特富硒秋茶样是如何产生的,还需要做进一步调查研究,但存在少部分秋茶硒含量高于其春茶是可以肯定的。

在富硒土壤产地不论春茶、还是秋茶,都发现了茶叶明显相对富硒的样品,说明富硒土壤对当地茶叶的品质的确存在显著影响,天然富硒茶叶在苏南局部富硒土壤区客观存在

是事实。

4 结论

(1)苏南低山丘陵溧阳—宜兴南部一带新发现的大片富硒土壤,是江苏最有开发利用价值的宝贵土地资源,这里的土壤富硒主要形成于自然地质成因,与地貌等自然景观有比

较密切的联系,当地局部煤系地层或岩石比较发育,为土壤天然富硒提供了物源保证。初步在富硒土壤产地部分茶园采样分析后证实,当地的确存在天然富硒茶叶,这种天然富硒茶叶不需要任何人工补硒措施,只要选择在富硒土壤范围内能够生长茶叶的地方种植同样茶叶,其所产茶叶都明显相对富硒。

(2)本区天然富硒土壤的土质特别适宜茶叶生产,从土壤的机械组成、常量元素含量与比例、影响茶叶品质的重金属元素含量、土壤酸碱度、土壤肥力、植物群落与地貌地势、气候等综合因素考察,都可以发现当地开发生产天然富硒茶叶的前景比较广阔。

(3)苏南富硒土壤产地部分样品分析资料统计结果显示,其土壤中总硒含量与有效态硒含量存在一定程度正相关性,但如何进一步研究天然富硒茶叶生产与开发过程中所涉及的一系列农业地质环境问题,像茶叶中硒的存在形式、富硒土壤与富硒茶叶的准确对应关系、现有富硒土壤的准确分布范围及其真实利用价值、富硒土壤的可持续利用、富硒土壤产地有无生产其他天然富硒产品的可能、同一片土壤什么时间段采集茶叶其富硒效果最好,以及当地土壤在聚集了丰富的硒资源的同时,还伴生有其他一些什么表生地球化学行为等等,都还需要做深入探讨。

(4)利用 1:25 万区域土壤地球化学调查资料找到局部富硒土壤、开发出天然富硒茶叶,这仅仅是利用区域生态地球化学调查成果解决农业生产实际问题的一个比较成功的尝试,包括利用其他有益微量元素在土壤中分布不均匀的线索,开发出相应的有营养价值的特色农产品,都值得在今后农业地质环境研究中去有针对性攻关,江苏省农业地质环境研究还大有可为。

致谢:直接参加该项研究工作的还有翁志华、范迪富、毕葵森、张祥云、黄顺生、陈宝、葛云、潘永敏、仇慎平等同志,具体工作中得到了江苏省地质调查研究院领导及江苏省国土资源厅有关领导的大力关照与悉心指导,样品分析测试由江苏省地质调查研究院测试分析研究所完成,在此一并诚致谢忱!

参考文献 (References):

- [1] Appleton J D, Ridgway J. Regional geochemical mapping in developing countries and its application to environmental studies[J]. Applied Geochemistry, 1993,(2):103-110.
- [2] Koval P V, Burenkov E K, Golovin A A. Introduction to the program "Multipurpose geochemical mapping of Russia"[J]. Journal of Geochemical Exploration,1995,55:115-123.
- [3] Burenkov E K, Golovin A A, Morozova I A, et al. Multi-purpose geochemical mapping (1:1 000 000) as a basis for the integrated assessment of natural resources and ecological problems [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1999, 66: 159-172.
- [4] 杨忠芳, 陈岳龙, 汪明启, 等. 地球化学填图的国际研究现状及建议[J]. 地球科学进展, 2002, 17(6):826-832.

- Yang Zhongfang, Chen Yuelong, Wang Mingqi, et al. The status of international geochemical mapping and suggestions to Chinese mapping [J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17 (6):826-832(in Chinese with English abstract).
- [5] 赵琦. 成都市多目标地球化学调查和双层采样的效果 [J]. 中国地质, 2002, 29(2) :186-191.
Zhao Qi. Multitarget geochemical survey and results of double-layer sampling in Chengdu City[J]. Geology in China, 2002, 29(2): 186-191(in Chinese with English abstract).
 - [6] 成杭新, 杨忠芳, 赵传东, 等. 区域生态地球化学预警: 问题与讨论[J]. 地学前缘, 2004, 11(2):607-615.
Cheng Hangxin, Yang Zhongfang, Zhao Chuandong, et al. Early warning on regional ecological geochemistry: problems and discussions [J]. Earth Sciences Frontiers, 2004,11(2):607-615.
 - [7] 奚小环. 多目标地球化学调查与生态地球化学—第四纪研究与应用的新方向[J]. 第四纪研究, 2005, 25(3):269-274.
Xi Xiaohuan. Multi-purpose regional geochemical survey and ecogeochemistry: new direction of Quaternary research and application [J]. Quaternary Sciences, 2005,25 (3):269-274 (in Chinese with English abstract).
 - [8] 廖启林, 吴新民, 翁志华, 等. 南京地区多目标地球化学调查基本成果及其相关问题初探[J]. 中国地质, 2004, 31(1):70-77.
Liao Qilin, Wu Xinmin, Weng Zhihua, et al. Basic results of multi-target geochemical survey of the Nanjing area and its relevant problems[J]. Geology in China, 2004, 31(1):70-77(in Chinese with English abstract).
 - [9] 廖启林, 吴新民, 金洋. 南京—镇江地区多目标地球化学调查初步成果[J]. 物探与化探, 2004, 28(3):257-260.
Liao Qilin, Wu Xinmin, Jin Yang. Preliminary achievements of multi-objective geochemical survey in Nanjing-Zhenjiang area[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2004, 28 (3):257-260(in Chinese with English abstract).
 - [10] 廖启林, 金洋, 吴新民, 等. 南京地区土壤元素的人为活动环境富集系数研究[J]. 中国地质, 2005, 32(1):141-147.
Liao Qilin, Jin Yang, Wu Xinmin, et al. The artificial environmental concentration coefficient of elements from topsoil in Nanjing areas [J]. Geology in China, 2005, 32 (1):141-147 (in Chinese with English abstract).
 - [11] 廖启林, 翁志华, 吴新民, 等. 覆盖区多目标地球化学填图数据的应用前景浅析[J]. 地质通报, 2005, 24(6):772-777.
Liao Qilin, Weng Zhihua, Wu Xinmin, et al. Prospects of applications of multi-target geochemical survey data in covered areas—Example from relevant results of ecological geochemical survey of land in Jiangsu, China [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 32(1):141-147 (in Chinese with English abstract).
 - [12] 廖启林, 黄顺生, 范迪富, 等. 微量元素在湖积物、土壤的垂向分布与稻谷中的分配[J]. 第四纪研究, 2005, 25(3):331-339.
Liao Qilin, Huang Shunsheng, Fan Difufu, et al. Vertical distribution in lake sediments and soils and partition within paddy for relevant trace elements: preliminary testing part results from eco-

- geochemical survey in Jiangsu [J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(3):331-339(in Chinese with English abstract).
- [13] 廖启林, 范迪富, 金洋, 等. 江苏农田土壤生态环境调查与评价 [J]. *江苏地质*, 2006, 30(1): 32-40.
Liao Qilin, Fan Difu, Jin Yang, et al. On investigation and appraisal of ecological environment of farmland soil in Jiangsu [J]. *Jiangsu Geology*, 2006, 30(1):32-40(in Chinese with English abstract).
- [14] 廖启林, 金洋, 黄顺生, 等. 江苏省耕作层土壤磷素分布特征初步研究[J]. *中国地质*, 2006, 33(6):215-221.
Liao Qilin, Jin Yang, Huang Shunsheng, et al. Distribution characteristics of phosphorus in topsoil of Jiangsu [J]. *Geology in China*, 2006,33(6):215-221(in Chinese with English abstract).
- [15] 郑达贤, 李日邦, 谭见安. 土壤-植物系统硒传输的研究[J]. *地球科学*, 1986, 6(1):22-33.
Zheng Daxian, Li Ribang, Tan Jianan. Study on transport of selenium in soil-plant system [J]. *Earth Sciences*, 1986, 6(1):22-33 (in Chinese with English abstract).
- [16] 谭见安. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
Tan Jianan. The Atlas of Endemic Diseases and Environment of the People's Republic of China [M]. Beijing: Science Press, 1989(in Chinese).
- [17] 瞿建国, 徐伯兴, 龚书椿. 上海不同地区土壤中硒的形态分布及其有效性研究[J]. *土壤学报*, 1998, 35(3):398-403.
Qu Jianguo, Xu Boxing, Gong Shuchun. Study on speciation distribution and availability of Selenium in different soils of Shanghai [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 1998, 35(3):398-403.
- [18] 张艳玲, 潘根兴, 李正文, 等. 土壤-植物系统中硒的迁移转化及低硒地区食物链中硒的调节[J]. *土壤与环境*, 2002, 11(4):388-391.
Zhang Yanling, Pan Genxing, Li Zhengwen, et al. Translation of selenium in the system of soil-plant and its regulation in food-chain [J]. *Soil and Environmental Sciences*, 2002, 11(4):388-391(in Chinese with English abstract).
- [19] 雒昆利, 潘云唐, 王五一. 南秦岭早古生代地层含硒量及硒的分布规律[J]. *地质论评*, 2001, 47(2):211-217.
Luo Kunli, Pan Yuntang, Wang Wuyi. Selenium content and distribution pattern in the Palaeozoic strata in the Southern Qinling Mountains [J]. *Geological Review*, 2001, 47 (2):211-217 (in Chinese with English abstract).
- [20] 李永华, 王五一, 雒昆利, 等. 大巴山区土壤中的硒和氟[J]. *土壤学报*, 2004, 41(1):61-67.
Li Yonghua, Wang Wuyi, Luo Kunli, et al. Distribution of selenium and fluorine in soils of Daba Mountains [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41(1):61-67(in Chinese with English abstract).
- [21] 王世纪, 吴晓勇, 刘军保. 浙北地区土壤硒元素特征及其生态环境效应评价[J]. *中国地质*, 2004, 31(增刊):118-125.
Wang Shiji, Wu Xiaoyong, Liu Junbao. Characteristics of elemental selenium in soils and evaluation of eco-environmental effects in northern Zhejiang [J]. *Geology in China*, 2004,31(Supp.):118-125 (in Chinese with English abstract).

Natural Se-rich tea in local Se-rich soils in southern Jiangsu

LIAO Qi-lin, HUA Ming, FENG Jin-shun, JIN Yang, WU Xin-min,
YAN Chao-yang, ZHU Bai-wan

(*Jiangsu Institute of Geological Survey, Nanjing 210018, Jiangsu, China*)

Abstract: Selenium is an important trace element that has important influence on human health and its natural distribution is very uneven in topsoils in different areas in most cases. Recently, the development of natural Se-rich food according to the clues to local Se-rich soils is an important direction for the study of the agro-geological environment. Multi-target 1:250000 regional soil geochemical survey in the Jiangsu Province shows that there exist relatively extensive Se-rich topsoils in some low mountains and hills in the Liyang-Yixing area, southern Jiangsu though selenium in topsoils is not rich in most areas of Jiangsu. According to the clue natural Se-rich tea has been discovered in the Liyang-Yixing low mountain-hill area. Preliminary study indicates that the formation of local Se-rich topsoils is related to some particular geological setting and that the soil environment producing natural Se-rich tea is relatively advantageous.

Key words: selenium; selenium-rich soil; natural Se-rich tea; southern Jiangsu

About the first author: LIAO Qi-lin, male, born in 1964, Ph.D and senior engineer, mainly engages in the study of geochemistry and mineral deposit geology; E-mail: liaoqilin64@jmail.com.cn.