

江苏省类黄土丘陵地的土壤 类型及其分布规律*

徐柏忠 罗汝英

(南京林业大学, 210037)

李桂荣

(江苏省农林厅)

摘 要

调查分析了江苏省连云港、铜山、泗洪、南京、宜兴等5个丘陵地区类黄土发育的土壤。结果表明,以土壤剖面下层的粉/粘比及其非粘粒部分的 TiO_2 和 Fe_2O_3 含量等三项指标检验,省境内各地区类黄土母质的性质是逐渐变异的,很难截然划出下蜀组和戚阻组的界限。母质在性质上的这种变异特点,是类黄土所发育土壤呈现多样性的原因之一。

参照《中国土壤系统分类(首次方案)》的标准,省境内丘陵区类黄土所发育的土壤可归入2土纲6土类(硅铝土纲的褐土、棕壤、酸性棕壤和铁硅铝土纲的黄褐土、黄棕壤、棕红壤);以主分量分析为基础的数值分类也得出类似结果,只是少了1个土类(棕壤)。各土壤剖面点在二维平面上的排序图显示,按地理区域围起来的土壤剖面点包括不同的土类,因而土壤带的范围与土类实际分布范围并非重合,而是部分交叠。目前习用的、从南到北区划的黄红壤、黄棕壤、黄褐土、棕壤褐土等3个地带,不能精确表达这一复杂现象。省境内类黄土发育的土壤从南到北虽也表现出一定的地带分异趋势,但各土类实际上是呈犬牙交错式分布,表现出交叠地带性规律。

关键词 土壤分类,土壤分布,类黄土沉积物,江苏省

江苏省境内的低山丘陵地区,大都有类黄土沉积物构成的前山丘陵和河谷一级阶地,约占全省总面积的15—20%,在农林业生产上是很有潜力的土地资源,有待进一步开发利用。在区域地质志中,是把这些类黄土划分为徐淮地区的戚阻组(Q3q)和长江两岸的下蜀组(Q3x),并认为它们都是第四纪晚更新世的沉积物^[1]。对于类黄土母质发育的土壤,通常是按地理发生分类原则,把分布在苏北的归属棕壤和褐土带,分布在长江两岸和苏南的归属黄棕壤和黄褐土带^[2]。自30年代以来,已有一些土壤学者(J. 梭颇、周昌芸、程广禄、宋达泉、于天仁、И. П. 格拉西莫夫、马溶之、徐琪、刘良梧等),先后对下蜀组类黄土发育的土壤,就其起源、年龄、理化性质、分类和分布规律等,分别作过研究,但尚未对全省类黄土发育的土壤作过综合分析和比较。本文是在前人工作的基础上,作一次较为系统的调查研究,并运用数学分析方法作综合比较。

* 本课题由南京林业大学和江苏省土壤普查办公室资助,中国科学院南京土壤研究所地理室协助完成部分全量分析项目,张焕朝提供连云港土样,谨此致谢。

表 1 江苏省类黄土发育土壤 B 层理化性质
 Table 1 Physical and chemical properties of B horizon in soils derived from loess-like sediments in Jiangsu Province

| 剖面 编号 Pro- file No. | 采样 地点 Loca- tion | 采样 深度 Depth (cm) | 粘粒 Clay (<1 μ m) | | | 细土 Fine earth (<1mm) | | | | | CEC, 粘粒 CEC, Clay | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|--|---|--|---|---|---|---|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| | | | SiO Al ₂ O ₃ (x ₁) | SiO Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (x ₂) | CEC [cmol(+)]/ kg (x ₃) | 盐基饱和度 Base saturation (%) (x ₄) | 游离 Fe ₂ O ₃ Free Fe ₂ O ₃ (%) (x ₅) | pH (H ₂ O) (x ₆) | CaCO ₃ (%) (x ₇) | 粘粒 Clay (<2 μ m) (%) | | CEC, [cmol(+)]/ kg |
| 1 | 连云港 | 70—85 | 3.29 | 2.62 | 53.3 | 62.3 | 1.55 | 5.04 | 0 | 45.5 | 20.2 | 0.444 |
| 2 | 连云港 | 65—80 | 3.28 | 2.59 | 54.7 | 77.5 | 1.78 | 5.00 | 0 | 51.5 | 20.6 | 0.400 |
| 3 | 铜山 | 85—95 | 3.15 | 2.54 | 43.2 | 97.8 | 2.46 | 6.41 | 0.64 | 46.5 | 23.2 | 0.499 |
| 4 | 铜山 | 65—75 | 3.50 | 2.65 | 45.5 | 98.5 | 1.76 | 7.69 | 0.84 | 50.5 | 34.0 | 0.673 |
| 5 | 铜山 | 50—60 | 3.41 | 2.67 | 40.3 | 100.0 | 1.23 | 7.49 | 0.55 | 40.5 | 23.4 | 0.578 |
| 6 | 铜山 | 80—90 | 3.37 | 2.64 | 45.1 | 91.6 | 2.88 | 7.65 | 0.78 | 31.0 | 23.9 | 0.771 |
| 7 | 泗洪 | 70—80 | 3.87 | 2.99 | 51.0 | 96.6 | 1.53 | 7.92 | 0.84 | 43.0 | 29.6 | 0.688 |
| 8 | 泗洪 | 50—60 | 3.54 | 2.83 | 49.0 | 92.4 | 1.79 | 7.91 | 1.16 | 54.5 | 37.0 | 0.679 |
| 9 | 泗洪 | 50—60 | 3.34 | 2.70 | 40.3 | 97.4 | 2.12 | 7.79 | 0.84 | 59.5 | 31.0 | 0.521 |
| 10 | 泗洪 | 60—70 | 3.29 | 2.64 | 42.7 | 84.6 | 2.05 | 7.94 | 0.79 | 52.0 | 33.2 | 0.638 |
| 11 | 南京 | 60—70 | 2.72 | 2.10 | 36.5 | 80.5 | 1.97 | 6.08 | 0 | 31.5 | 17.4 | 0.552 |
| 12 | 南京 | 100—110 | 3.56 | 2.63 | 35.5 | 82.7 | 2.14 | 7.62 | 0.74 | 34.0 | 20.8 | 0.612 |
| 13 | 南京 | 75—85 | 3.12 | 2.51 | 36.0 | 49.2 | 2.70 | 6.23 | 0 | 39.0 | 23.6 | 0.605 |
| 14 | 南京 | 80—90 | 3.16 | 2.48 | 39.8 | 69.4 | 1.56 | 7.47 | 0.55 | 36.0 | 24.2 | 0.672 |
| 15 | 宜兴 | 70—80 | 3.20 | 2.51 | 38.4 | 39.9 | 2.28 | 5.76 | 0 | 23.5 | 18.3 | 0.779 |
| 16 | 宜兴 | 75—85 | 2.63 | 2.13 | 25.9 | 55.0 | 2.01 | 6.84 | 0.08 | 26.5 | 11.1 | 0.419 |
| 17 | 宜兴 | 85—95 | 2.75 | 2.19 | 39.4 | 77.4 | 3.64 | 6.46 | 0 | 28.0 | 21.7 | 0.775 |
| 18 | 宜兴 | 60—70 | 3.36 | 2.49 | 36.0 | 32.6 | 3.15 | 5.80 | 0 | 37.0 | 19.3 | 0.522 |

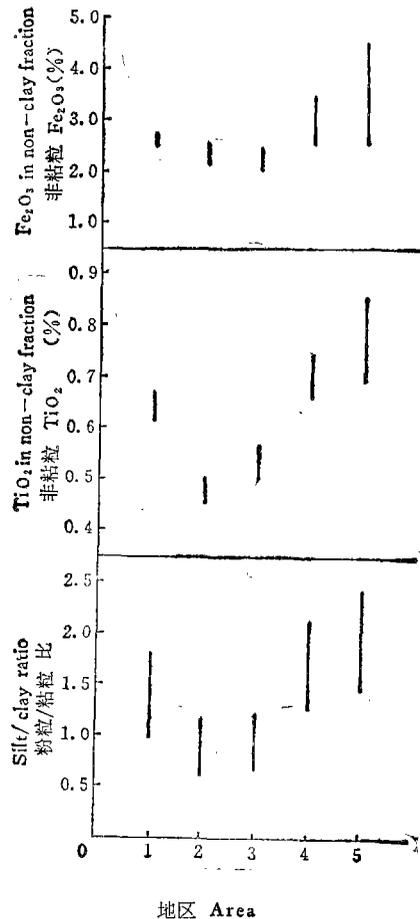
一、方法和数据资料

在江苏省境内从北到南分别在连云港市 ($34^{\circ}40'N$)、铜山县 ($34^{\circ}20'N$)、泗洪县 ($33^{\circ}30'N$)、南京市及句容县 ($32^{\circ}05'—32^{\circ}10'N$)、宜兴市 ($31^{\circ}20'N$)等 5 个丘陵地区,对类黄土发育的土壤各设置 6—8 个主要剖面,进行观察和采样,再根据野外记录和纸合标本的相互比较,在每一地区选出 4 个代表性剖面(连云港市因类黄土分布面积小,仅取 2 剖面),以其土样作分类指标的常规分析^[3,4],结果见表 1。数据分别用主分量分析方法处理,结合图解说明问题,并与直观分类结果进行比较,以检验其合理性^[5,6]。

二、类黄土母质类型及其变化规律

在区域地质志附图中,大体上是以安徽省天长县向东至江苏省海安县(约在 $32^{\circ}40'N$)一线为界,划分徐淮地区的威咀组与长江两岸和苏南的下蜀组类黄土沉积物^[4]。本文以各地区土壤剖面下层(取 50cm 以下,多数为 80cm 以下)土样的粉/粘比 ($0.05—0.002mm\%$ 对 $<0.002mm\%$ 的比值)、以及非粘粒部分 ($>0.002mm$) 的 $TiO_2\%$ 和 $Fe_2O_3\%$ 为指标,以检验这两组类黄土的差别。这是因为:土壤的粉/粘比与沉积物来源及沉积时期的气候条件有关,可作为判别不同母质类型的一种物理特征;而钛是以抗风化的钛铁矿 ($FeTiO_3$) 或金红石 (TiO_2) 存在于非粘粒部分,其百分含量受成土作用的影响极微,可以作为鉴定同类母质的一种化学特征;非粘粒部分的 Fe_2O_3 主要是存在于含铁原生矿物中,这类矿物本应比含钾原生矿物更易风化,但如果它们在省境南部的含量比北部更高,则说明这种状况更多地是受沉积物质来源的影响^[7]。

图 1 表明,上述三项指标在宜兴、南京、铜山三个地区的类黄土系列中有同样的变化趋势,而且各个地区之间上述指标的数值范围都有较大幅度的重叠现象;泗洪、连云港两个地区的类黄土之间则表现为另一种变化趋势和重叠类型。



1 铜山 (Tongshan) 2 连云港 (Lianyungang) 3 泗洪 (Si Hong) 4 南京 (Nanjing) 5 宜兴 (Yixing)

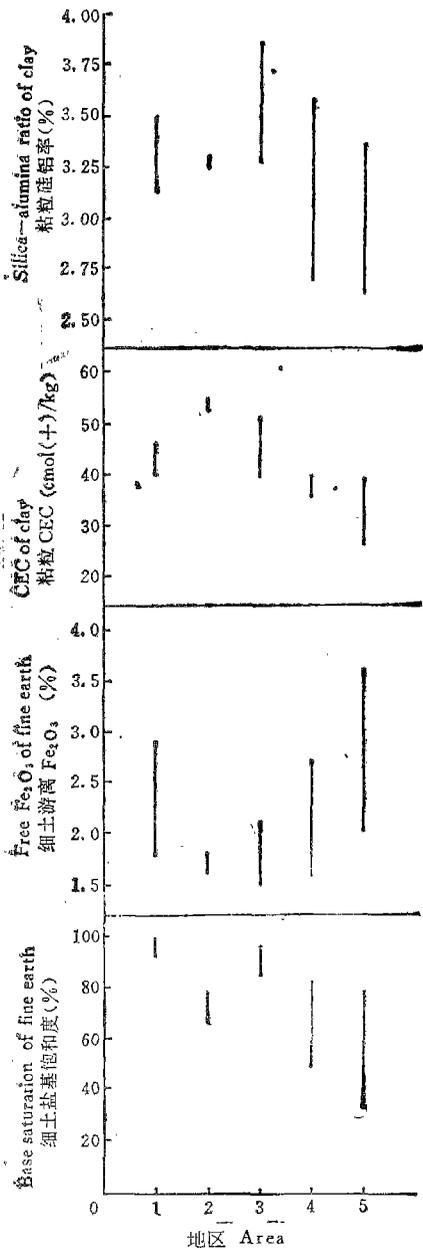
图 1 江苏省各地区类黄土性质的变异
Fig. 1 Variation in properties of loess-like sediments from various areas in Jiangsu Province

由此推论省境内各地区类黄土的性质是逐渐变异的，只能据其理化性质差异大体上分为两个类型，但很难截然划出其南北分界线。各地区类黄土母质的这种变异性，是全省各地的类黄土上土壤表现多样性的原因之一；更由于第四纪晚更新世古气候与全新世气候在各地区的分异、以及它们对土壤形成的双重影响，致使类黄土所发育的土壤表现为多种类型。

三、类黄土所发育土壤的系统分类

在前人的资料中，多数是按照地理发生学原则，把江苏省境内类黄土母质发育的土壤，按不同地带和地区截然分开为以下几个土类：连云港——棕壤，铜山、泗洪——褐土，南京——黄棕壤、黄褐土，宜兴——红壤类中的红黄壤亚类^[2]。本项研究表明，若将能够反映土类差别的一些数值指标如盐基饱和度、游离氧化铁含量、粘粒 (<1 μ m) 硅铝率和粘粒 (<1 μ m) 阳离子交换量等，分别作图按地区进行比较 (图 2)，可见各地区类黄土发育的土壤，在图中构成不同土壤性质的气候系列，显示从北到南、由暖温带到亚热带的变化趋势是大体上符合水平地带性规律，但每一指标的全群数据，在各地带(或地区)之间均有很大幅度的重叠，特别是南京与宜兴之间的交叠更多。这一现象说明，很难清楚地划出对应于气候带的土壤带界线。如果仅仅按照这种经典地带性原则来划分各地区的土类(即按照现代生物气候条件划出相应于生物气候带的土壤带界线)，其结果只能反映现代生物气候条件下的顶极土壤类型，却不能反映这些类黄土所发育土壤类型的实际组合模式，不利于查清土壤资源的真实情况。

实际上，江苏省境内各地的类黄土，



1 铜山 (Tongshan) 2 连云港 (Lianyungang)
3 泗洪 (Sihong) 4 南京 (Nanjing) 5 宜兴 (Yixing)

图 2 江苏省各地区类黄土发育土壤性质的变异
Fig. 2 Variation in properties of soils derived from loess-like sediments in various areas of Jiangsu Province

在漫长时间内一方面经受生物气候的作用, 另一方面它们在不断的沉积和风化过程中也表现出性状上的差异; 同时, 先后沉积的不同层次所经历的成土时间、强度和阶段也各不相同。因此, 所发育的土壤类型, 远比经典地带性规律所限定的要复杂得多。本文参照《中国土壤系统分类(首次方案)》的标准^[6], 先按 B 层细土游离 Fe_2O_3 含量区分为硅铝土纲 ($< 2.0\%$) 和铁硅铝土纲 ($> 2.0\%$)。属于硅铝土纲的剖面, 按石灰反应和 pH 区分为褐土(有石灰反应, $pH > 7$)、棕壤(无石灰反应, $pH 5.8-7$) 和酸性棕壤(无石灰反应, $pH < 5.5$) 等 3 个土类。属于铁硅铝土纲的剖面, 其中细土 CEC_7 /粘粒 ($< 2\mu m$) > 0.400 , 并且粘粒硅铝率 > 2.40 者, 按其有无石灰反应区分为黄褐土(有石灰反应)和黄棕壤(无石灰反应); 另外, 虽然细土 CEC_7 /粘粒 > 0.400 , 但粘粒硅铝率 < 2.40 者, 则归入棕红壤类, 如表 2 所示。从中可见, 同一土壤带内由类黄土发育的土壤, 可有不同土类; 而不同土壤带内却可出现同一土类。这一情况, 与本省低山丘陵区其它母质所发育土壤类型的多样性及其复合规律基本相似^[8]。

表 2 江苏省类黄土发育土壤的系统分类和数值分类
Table 2 Taxonomic and numerical classifications of soils derived from loess-like sediments in Jiangsu Province

| 土 纲 Soil order | 土 类 Soil great group | 系 统 分 类 Taxonomic classification | | 数 值 分 类 Numerical classification | |
|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|
| | | 地 点 Location | 剖面编号 Profile No. | 地 点 Location | 剖面编号 Profile No. |
| 硅 铝 土 | 褐 土 | 铜 山 | 4,5 | 泗 洪 | 7,8 |
| | | 泗 洪 | 7,8 | | |
| | | 南 京 | 14 | | |
| | 棕壤 | 南 京 | 11 | | |
| | 酸性棕壤 | 连云港 | 1,2 | 连云港 | 1,2 |
| 铁 硅 铝 土 | 黄 褐 土 | 铜 山 | 3,6 | 铜 山 | 3,6,4,5 |
| | | 泗 洪 | 9,10 | 泗 洪 | 9,10 |
| | | 南 京 | 12 | 南 京 | 12,14 |
| | 黄 棕 壤 | 南 京 | 13 | 南 京 | 13,11 |
| | | 宜 兴 | 15,18 | 宜 兴 | 15,18 |
| 棕 红 壤 | 宜 兴 | 16,17 | 宜 兴 | 16,17 | |

四、类黄土所发育土壤的数值分类和分布规律

为了解各土壤剖面之间的亲疏关系、演变趋势及其分布规律, 对表 1 所列数据作主分量分析^[9], 结果见表 3。从中可见, 第 1, 2 主分量的累计贡献率已达 76.8%, 因而可作为形成平面座标散点图的基础。根据表 1, 3 数据算出的各剖面主分量 1, 2 的座标值作出各剖面点的排序图(图 3), 可见各剖面点有一定的分散性, 表示土壤个体之间在性状上的逐渐变化; 但图中不同土类的座标点仍表现一定的团聚范围, 反映出不同土类之间在本质上的差别。

表 3 土壤分类数据的主分量分析结果

Table 3 Results of principal component analysis with soil data for classification

| 主分量 Component | 特征根 Latent root | 累计贡献率 (%) Account of variance | 权 系 数 Vectors of variates | | | | | | |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|--|---|--------------------------------|---|---|--|---------------------------------------|
| | | | 粘粒硅铝率 Silica-alumina ratio of clay x_1 | 粘粒硅铁铝率 Silicase-squioxide ratio of clay x_2 | 粘粒 CEC CEC of clay x_3 | 细土盐基饱和度 Base saturation of fine earth x_4 | 细土游离 Fe_2O_3 Free Fe_2O_3 of fine earth x_5 | 细土 pH(H_2O) pH of fine earth x_6 | 细土 $CaCO_3$ of fine earth x_7 |
| 1 | 3.978 | 56.82 | 0.426 | 0.447 | 0.296 | 0.377 | -0.265 | 0.345 | 0.449 |
| 2 | 1.403 | 76.86 | 0.248 | 0.257 | 0.574 | -0.244 | -0.188 | -0.583 | -0.328 |

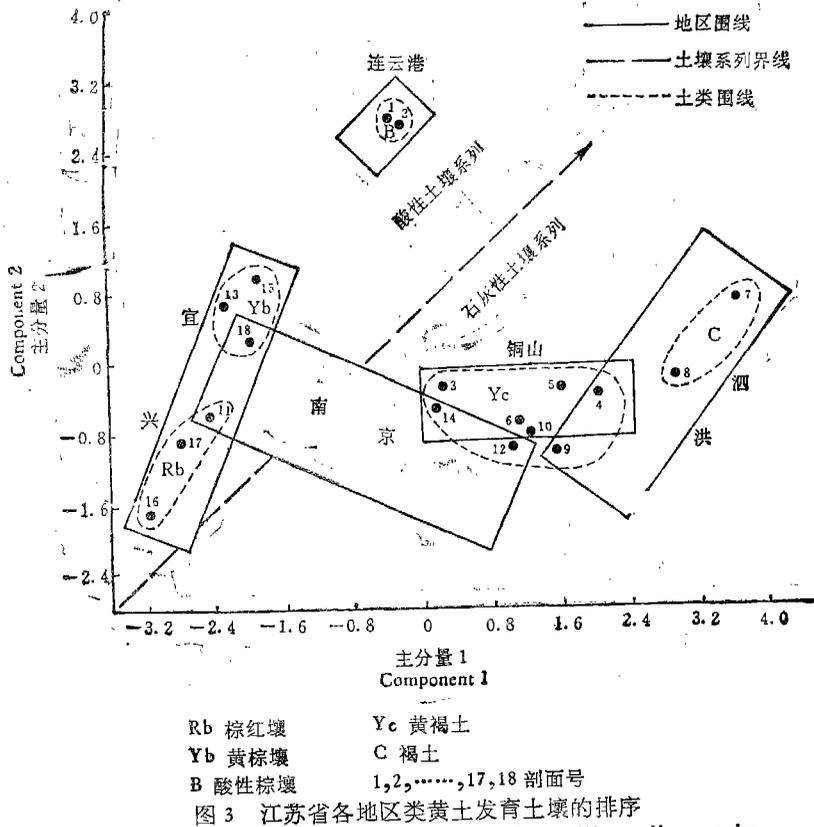


图 3 江苏省各地区类黄土发育土壤的排序
Fig. 3 Ordination of soils derived from loess-like sediments in various areas of Jiangsu Province

将图 3 中各剖面点按其团聚关系围成 5 组(见图中虚线圈), 并参照系统分类结果分别确定其土类名称, 如表 2 右侧栏目所示, 从中可见, 数值分类结果与系统分类基本一致, 只是 4, 5, 11, 14 号等 4 个剖面在分类上的位置有差别。考其原因, 是由于系统分类时首先是以细土的游离 $Fe_2O_3\%$ 区分土纲, 因而尽管上述 4 个剖面多数性状接近于铁硅铝土, 但因为细土游离 $Fe_2O_3 < 2\%$, 故在系统分类中归入硅铝土纲; 而基于主分量分析的数值

分类中,是多项指标对分类综合起作用,细土游离 Fe_2O_3 的权系数并不突出。尽管这两种分类的结果略有差别,但总的来说,上文提出的关于类黄土所发育土壤类型多样性的论点及其分类结果,经过数理统计检验,证明是可以成立的。

既然一个土类的分布超越了相应土壤带的范围,那末江苏省境内类黄土所发育各土类的分布是否仍有一定的规律?晚近罗汝英等曾根据江苏省和江西省低山区土壤分布情况,提出了森林土壤多重交叠地带性的概念^[9],本文通过对排序图(图3)的分析,也得出同样的推论。图3显示按地理区划分别围起来(图中实线围起的长方形)的剖面点,可分属于不同土类,因而土壤带的范围与相应土类的实际分布范围便发生部分交叠,各土类在地理分布平面图上是作犬牙交错式的分布;在排序图(图3)上,也显示一个土类的分布范围与另一个土类的范围可以部分地重叠,好似倒下的多米诺骨牌一样。这种现象,可能是由于类黄土沉积的时间跨越从第四纪晚更新世到全新世的漫长时期(南京燕子矶下蜀组类黄土在20—21m深处样品的热发光年龄为 20.2 ± 1.7 万年)^[10],类黄土各层性状不一,均有可能因侵蚀出露形成土壤剖面,而所发育的土壤也可处于不同的风化和成土阶段。在土壤形成的漫长过程中,省境内各地区气候条件也有过多次较明显的变动^[1],不同时期气候带谱的各条分界线位置也很不一致。在特定期期中出露时间已很长的类黄土层,可能发育为当时生物气候条件下的顶极土壤,而出露时间短者则否,这样就更增加了特定期一个土壤带内土壤类型的多样性。所以,江苏省内由类黄土发育的土壤,在现代的棕红壤带(宜兴)中可以同时存在棕红壤和黄棕壤;现代的黄棕壤带(南京)可以同时存在棕红壤、黄棕壤和黄褐土;现代的棕壤、褐土带(泗洪、铜山、连云港)可以同时存在黄褐土、褐土和酸性棕壤。类黄土所发育土壤分布规律的复杂性,与低山区其它母岩母质所发育土壤类型的交叠地带性相似^[9]。

参 考 文 献

1. 江苏省地质矿产局,1984: 江苏省及上海市区域地质志(附1:50万地质图)。地质出版社。
2. 江苏省土壤普查办公室,1969: 江苏省土壤志。江苏人民出版社。
3. 中国科学院南京土壤研究所,1978: 土壤理化分析。上海科学技术出版社。
4. 李西开等,1984: 土壤农业化学常规分析方法。科学出版社。
5. 方开泰,1989: 实用多元统计分析。华东师范大学出版社。
6. 中国科学院南京土壤研究所土壤分类基金课题组,1991: 中国土壤系统分类(首次方案)。科学出版社。
7. 贝尔, F.E. 主编(袁可能等译),1959: 土壤化学, 4—22页,科学出版社。
8. 罗汝英,1990: 苏南和赣东北低山区的森林土壤。土壤学报,第27卷1期,63—72页。
9. 罗汝英、李桂荣等,1989: 湿润暖温带—亚热带过渡区森林土壤的多重交叠地带性。南京林业大学学报,第13卷2期,1—8页。
10. 刘良梧等,1988: 下蜀黄土形成年代探讨。土壤,第20卷3期,162—163页。

CATEGORY AND DISTRIBUTION OF SOILS FROM LOESS-LIKE SEDIMENTS IN HILL AREAS OF JIANGSU PROVINCE

Xu Baizhong Luo Ruying

(*Nanjing Forestry University 210014*)

Li Guirong

(*Agriculture & Forestry Department of Jiangsu Province*)

Summary

Soils derived from the loess-like sediments in 5 hill areas of Jiangsu Province were studied. The examination results of the contents of TiO_2 and Fe_2O_3 in non-clay fraction and the silt/clay ratio of subsoil samples showed that the properties of loess-like parent materials within Jiangsu Province varied gradually with location, and the boundary between Xiashu group and Qizui group of loess-like sediments was hard to ascertain. Such variation was one of the reasons that diversified soils from the loess-like sediments.

In the hill areas of Jiangsu Province, referring to Chinese Soil Taxonomic Classification (1st scheme), soils derived from loess-like sediments could be allocated into 6 soil great groups under 2 soil orders, i.e., cinnamon soil, brown earth, acidic brown earth of Siallisols and yellow-cinnamon soil, yellow-brown soil and brown-red soil of Ferossiallisols. Soil numerical classification based on the principal component analysis reached a similar conclusion except that brown earth was absent. The ordination of various soils on the coordinate plane of component 1 against component 2 showed that soil plots within the circle of a geographical area included various soil great groups. Therefore, the actual distribution range of a soil great group did not coincide with the limits of the corresponding soil zone but partly overlapped each other. The commonly used zonal spectrum including 3 soil zones, i.e., from south to north there were yellow-red soil zone, yellow-brown soil and yellow-cinnamon soil zone, and brown earth and cinnamon soil zone respectively, could not express this complex situation exactly. Within the boundaries of this province from south to north though a differentiating tendency of various soils derived from loess-like sediments emerged, the distribution of various soil great groups was actually in a jagged, interlocking pattern which showed an overlapping rule of soil zonality.

Key words Soil classification, Soil distribution, Loess-like sediments, Jiangsu Province