

苏南和赣东北低山区的森林土壤*

罗汝英

(南京林业大学)

摘 要

在江苏省宁镇、宜溧和江西省东北部三个低山区,以20个代表性土壤剖面作典型变量分析,结果表明,在典范变量1、2构成的直角坐标平面上,按这三个低山区划分的4类土壤(基性岩发育的黄棕壤、普通黄棕壤、红黄壤、红壤),置信区间交叠,土壤个体之间的性质为连续变化、逐渐过渡。从中可见,各区内土壤个体都包括不同发育阶段的产物。

参照中国土壤系统分类方案(1987),可把这三个低山区的土壤划归4纲7类中的8个亚类,土壤类型在总体上仍表现出从北向南逐渐由硅铝土过渡到铁铝土,以及每一地区由初育土逐渐过渡到成熟土的总趋势,但各亚类界线与三个地区的地理分界线并不完全重合。

根据南京附近低山丘陵地区70个土壤剖面的数据,以及相应标准地上的林木生长状况,将上述各亚类再划分为共计10个土壤生态型。

江苏省南部和江西省东北部一带的低山区(北纬 32° — 29°),是我国暖温带与亚热带之间的过渡地带;但是在第四纪的早、中、晚更新世时期,气候曾经有过多次冷热交替^[1]。因此,土壤既受近代气候影响,又带有古气候的烙印,类型相当复杂。1978年的中国土壤分类暂行草案中,是按地理发生分类原则,将宁镇、宜溧、赣东北三个低山区,分别划归黄棕壤、黄红壤和红壤三个亚类。前者属于黄棕壤类,后二者属于红壤类^[2]。这种分类方法未能充分反映土壤类型的实际情况。本文是在几个林场所作土壤调查和土样分析的基础上,探讨森林土壤类型及其生产力问题,供山林土壤资源调查参考。

一、基本资料和分析数据

在大量调查工作的基础上,选择有代表性的地段,包括苏南宁镇山脉的紫金山中山陵园(剖面Z4, Z5, Z6, Z8, Z10, N1)、南京林业大学下蜀实验林场(X7, X10)和方山(F1, F2, F3, F4),宜溧山区的宜兴林场(Y3, Y6, Y8),以及赣东北山区的李宅林场(D2, D3, D5, D11)和枫树山林场(J4),作为分类重点研究范围。在外业中按照分布面积方面有代表性、以及能够反映发生上实际存在的系列性的原则,选出作为研究分类用的土壤样本(剖面),而并不计较它们是否属于有完整剖面构造的所谓典型剖面。共选出了20个剖面,分别应于不同的气候、地形和地质条件。确定理化分析项目时,适当参考国内外现有土壤分类方案的指标,以能显示高级分类单元间差别的项目为主^[3],但样品处理和析是沿用我国的常规分析方法^[3]。结果如表1所示。

* 承蒙南京林业大学林学系部分师生先后参加外业工作,中国科学院南京土壤研究所分析室协助分析土样粘粒部分的硅、铁、铝含量,谨致谢忱。

表 1 主要土壤的理化性质

Table 1 The physical and chemical properties of main soils in the surveying area

剖面号 Profile No.	层次 Horizon	取样深度 Depth (cm)	全土 Whole solum					<1 μ m 土粒部分 Fraction					
			pH (H ₂ O)	pH (KCl)	盐基饱 和度 (%)	颗粒组成(%) Particle size distribution		阳离子 交换量 CEC (meq/ 100g)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ Fe ₂ O ₃
						<10 μ m	<1 μ m						
F1	Ah	0—12	7.15	6.10	92.15	51.0	19.5	43.21	41.08	10.82	24.12	2.89	10.09
	2Btb	12—15	7.00	6.04	50.75	51.0	22	37.41	43.53	10.81	26.94	2.74	10.70
	2Cb	25—45	7.15	6.30	59.27	—	—	—	—	—	—	—	—
F2	Ah	0—13	5.90	4.48	91.20	53.5	26	39.73	40.87	12.42	25.84	2.68	8.75
	2Btb1	20—30	5.42	4.45	—	61	31	—	—	—	—	—	—
	2Btb2	40—50	5.90	4.56	52.84	59.5	29.5	35.16	41.98	12.81	27.56	2.59	8.71
	2Btb3	80—90	6.08	4.64	59.48	58.5	27	39.98	44.13	13.49	25.74	2.91	8.69
F3	Ah	0—15	7.02	6.14	97.81	57	8	60.14	44.99	10.21	23.15	3.30	11.71
F4	Ah	0—14	6.70	5.96	99.09	56.5	20.5	54.94	42.83	9.52	23.71	3.07	11.96
	Bt	20—30	6.70	5.72	99.16	64.5	29	51.08	43.72	10.01	25.37	2.92	11.61
	C	50—60	7.10	6.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N1	AhB	0—10	6.80	5.35	99.43	38.5	19	56.36	43.54	12.61	22.61	3.27	9.18
	Bt	10—25	7.14	5.02	99.81	32	19	61.93	44.29	13.05	23.07	3.26	9.02
	BC	25—35	7.02	4.90	—	29	15	60.61	44.68	13.55	22.90	3.31	8.76
	C	50—60	7.02	5.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Z4	Ah1	0—10	6.16	4.98	79.02	37	14.5	28.84	44.63	9.46	27.41	2.76	12.54
	2AC	20—40	5.10	4.40	68.97	43.5	16.5	28.79	45.98	9.90	28.19	2.77	12.34
Z5	Ah	0—15	5.85	4.60	85.44	32.5	10	34.66	44.15	9.66	26.01	2.88	12.15
	AC	30—60	5.12	4.28	75.36	31.5	7.5	—	—	—	—	—	—
	2Btb	95—115	5.10	4.06	35.90	54	28.5	39.96	44.09	12.59	27.40	2.73	9.31
Z6	Ah	0—15	5.50	4.26	85.33	29.5	10.5	36.90	46.89	9.29	26.25	3.03	13.42
	AC	20—40	5.45	4.30	43.29	27	7	—	—	—	—	—	—
	2BtbC	75—95	5.45	4.22	38.36	47	29.5	44.17	43.70	13.34	27.28	2.72	8.71
	3C	150—170	6.02	3.60	89.79	62.5	24.5	—	—	—	—	—	—
Z8	Ah	0—15	5.35	4.25	42.68	47.5	23	39.80	43.66	11.36	27.19	2.73	10.21
	2Btb	15—28	5.56	4.22	43.13	49	35	38.64	43.59	11.72	27.40	2.70	9.89
Z10	Ah	0—3	6.10	4.90	97.29	16.5	7	41.82	—	—	—	—	—
	AC	3—15	5.82	4.18	78.88	18.5	8.5	39.33	46.25	8.46	27.61	2.84	14.53
X7	Ah	0—14	5.68	4.32	53.94	36.5	13	37.49	45.68	8.78	25.72	3.01	13.83
	AC	25—35	5.65	4.18	56.31	34	11.5	35.28	45.25	6.64	27.08	2.84	18.11
	C	55—65	6.20	4.05	67.70	18.5	1	—	—	—	—	—	—
X10	Ap	00—20	5.18	4.08	43.98	31.5	12	31.95	45.45	6.73	28.74	2.68	17.95
	AC	20—35	5.26	4.22	32.04	35	11	30.19	46.17	6.08	29.27	2.68	20.18
Y3	Ah	0—18	4.92	4.20	51.05	47.5	23	40.75	43.63	10.61	28.10	2.63	10.93
	2Bt	40—50	4.98	4.02	27.68	64	39	36.01	41.54	13.03	27.78	2.54	8.47
	2BC	90—100	4.90	4.05	20.47	61.5	28	32.28	44.54	10.53	28.67	2.64	11.24

续表 1

剖面号 Profile No.	层次 Horizon	取样深度 Depth (cm)	全土 Whole solum					<1 μ m 土粒部分 Fraction					
			pH (H ₂ O)	pH (KCl)	盐基饱和度 (%)	颗粒组成(%) Particulatesize distribution		阳离子 交换量 CEC (meq/100g)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ Fe ₂ O ₃
						<10 μ m	<1 μ m						
Y6	Ah	0—15	5.18	4.40	63.30	39	29	27.25	43.73	10.66	28.84	2.57	10.90
	2Bt	60—70	5.38	4.20	28.33	61	29	27.01	42.46	11.21	28.34	2.54	10.07
	2BC	90—105	5.48	4.16	33.54	46.5	11	26.29	42.47	11.63	28.40	2.54	9.71
Y8	Ah	0—20	5.12	4.10	46.73	54	14	35.50	44.11	8.94	27.57	2.71	13.11
D2	Ah	0—15	5.58	4.20	41.84	68	22	28.62	40.80	10.86	26.37	2.63	9.98
	Bu1	20—40	5.90	4.32	32.33	67	27	—	—	—	—	—	—
	Bu2	70—80	5.48	4.24	41.73	68	26	23.38	40.73	11.03	26.75	2.58	9.81
D3	Ah	0—5	5.60	4.26	47.84	68	25	—	—	—	—	—	—
	2Bt	5—15	5.38	4.24	34.28	69	37	22.13	38.91	13.40	26.43	2.50	7.72
	2BtC	15—45	6.32	4.30	26.90	70	3	22.73	38.70	12.83	26.25	2.50	8.02
D5	Ah	0—10	5.28	4.38	45.12	68	30	23.83	37.62	14.35	27.84	2.29	6.97
	ABt	10—25	5.24	4.33	32.91	78	42	—	—	—	—	—	—
	Bt	60—70	5.25	4.38	18.66	78	43	20.29	38.11	14.95	28.83	2.24	6.78
D11	ABu	0—20	5.20	4.20	17.39	63	27	30.16	42.58	10.75	25.89	2.79	10.53
	2Bu	35—45	5.20	4.26	30.46	69	27	—	—	—	—	—	—
	3BuC	65—75	5.14	4.20	23.66	73	27	27.28	41.27	12.18	25.61	2.74	9.01
J4	Ah	0—10	5.28	4.32	24.03	83	46	20.70	36.62	15.73	29.43	2.11	6.19
	Bt	40—55	4.90	4.00	7.40	78.5	40	20.86	37.37	15.10	29.35	2.16	6.58
	C	80—100	5.24	4.15	14.93	71	21	—	—	—	—	—	—

注 1: 分析方法: 土样过 1 毫米筛。颗粒分析用比重计法; pH 用玻璃电极法, 水土比 2.5:1, 对 F1, F3, F4 用 0.01 mol CaCl₂ 代替 1 mol KCl 提取; CEC 用 1 mol NH₄OAc 交换法; 盐基总量用 1 mol NH₄OAc 交换中和滴定法; 硅、铁、铝用碱熔法。详见参考文献 [3]。

注 2: 土壤层次符号根据 FAO(1977): Guidelines for Soil Profile Description.

从表 1 的数据看来, 若仍按宁镇、宜溧、赣东北三个地区划分三个亚类, 则每个亚类内的各个土体, 不但剖面构造有显著差异, 而且各项高级单元分类指标的区域内变异系数也大(表 2)。这说明该地区按地理发生原则划分的土类和亚类, 仍有相当大的内部变异, 尚须进一步改进。

二、土壤个体的排序

从表 1 所列 20 个土壤个体的分析数据中选出 8 项指标(包括表层和表下层的盐基饱和度和, 以及此两层中 <1 μ m 土粒的阳离子交换量、硅铝率和硅铁率), 按照从

$$|W^{-1} \cdot B - \lambda I| = 0$$

求解特征根和特征向量的数学模型, 进行典范变量分析^[5,7]。结果表明, 在把宁镇区土壤分为两组(基性岩与非基性岩发育的各为一组), 宜溧区、赣东北区土壤各为一组的情况下, 在典范变量 1、2 构成的直角坐标平面图上, 各组的置信区间(即以每组均值为形心、

表 2 土壤分类指标的地区内变异系数

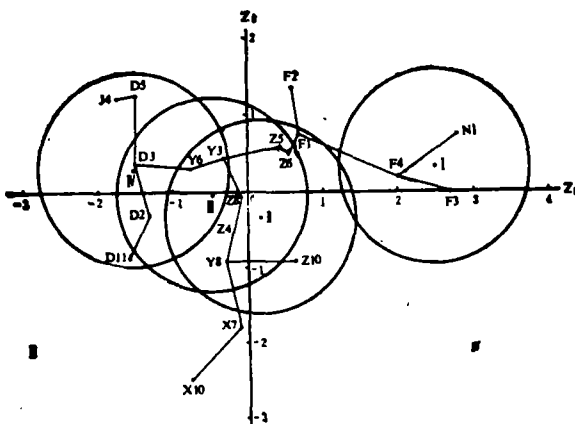
Table 2 Coefficient of variation within area from variable for soil classification

地区 Area	项目 Item	表层盐基饱和度 Base saturation of surface soil	表下层盐基饱和度 Base saturation of sub-surface soil	表层粘粒阳离子交换量 CEC of clay in surface soil	表下层粘粒阳离子交换量 CEC of clay in sub-surface soil	表层粘粒硅铝率 Silica-alumina ratio of clay in surface soil	表下层粘粒硅铝率 Silica-alumina ratio of clay in sub-surface soil	表层粘粒硅铁率 Silica-ferra ratio of clay in surface soil	表下层粘粒硅铁率 Silica-ferra ratio of clay in sub-surface soil
南京 ($n=12$)	$\bar{X}$	79.08	62.83	41.91	41.56	2.93	2.85	12.19	12.05
	σ	20.78	25.50	9.99	10.52	0.21	0.23	2.57	3.77
	CV	26.28	40.59	23.84	25.31	7.17	8.07	21.08	31.29
宜兴 ($n=3$)	$\bar{X}$	53.68	34.25	34.50	32.84	2.64	2.60	11.65	10.55
	σ	8.60	10.82	6.81	5.06	0.07	0.10	1.27	2.36
	CV	16.02	31.59	19.74	15.41	2.65	3.85	10.90	22.37
赣东北 ($n=5$)	$\bar{X}$	32.53	23.67	25.09	22.91	2.46	2.44	8.28	8.04
	σ	11.72	12.51	4.12	2.76	0.27	0.24	1.89	1.40
	CV	36.03	52.85	16.42	12.05	10.98	9.84	22.83	17.41
总计	$\bar{X}$	63.63	48.75	36.59	35.59	2.77	2.71	11.13	10.82
	σ	26.60	27.31	10.94	11.60	0.29	0.28	2.76	3.50
	CV	41.80	56.02	29.90	32.59	10.47	10.33	24.80	32.35

注: 此表根据表 3 数据算出。 n 为剖面数, $\bar{x}$ 为地区均值 $\bar{x}$ 为总平均值, σ 为自由度等于 $n-1$ 时的标准差, CV 为变异系数, $CV = \sigma / \bar{x} \times 100$ 。

X^2 为半径的圆)交叠,说明这种分类并不精确(图 1)。在此平面图上,各土壤个体的点若

按其最短马氏距离联系起来,便成为极小生成树。由此图可见,在使用 8 项指标的条件下,土壤个体之间在性质上是连续变化、逐渐过渡的,很难根据一定界限截然分开为不同土类或亚类。但是,排序显示:在平面图的右方(第 I 象限)和下方(第 III 象限),是宁镇区和宜溧区的非红土性土壤,与红土性土壤和红壤有较大的距离(数学距离,下同),应是近代土壤;而广泛分布在这两区山麓和阶地上,由红土发育的土壤,却分布在平面图的原点周围,表明是苏南近代土壤与赣东北红壤之间的过渡类型;此外,无论是宁镇、宜溧抑或赣东北区,土壤个体都包



图中 Z_1, Z_2 为典范变量 1, 2; $I, \dots, TV$ 为各土类形心坐标; $N1, \dots, J4$ 为土壤剖面编号;四角上的 $I, \dots, IV$ 为象限号。

图 1 各类土壤的置信区间及各土壤个体的极小生成树

Fig. 1 Confidence circles of soil great groups and minimum spanning tree from soil individuals

括不同发育阶段的产物。宁镇区的基性岩与非基性岩发育的土壤,分别从右端和下端开

始,向宜溧区土壤靠近,并由此继续向赣东北区山麓地带的第四纪红土性土壤过渡;在赣东北区低山坡地上的近代土壤分布在第 III 象限,从下方向上,与在第 II 象限的第四纪红土性土壤发生联系。

由此看来,将多项指标缩维后在平面坐标图上构成极小生成树,仍不失为一种有用的数值方法。

三、土壤的系统分类

除了用上述数值方法进行土壤个体排序外,也试用了直观的系统分类方法,即以诊断层和诊断特性作为分类的主要依据,以表 1 的数据为基础,参照 1987 年中国科学院南京土壤研究所拟订的中国土壤系统分类方案^[4],将研究地区的森林土壤划归 4 纲 7 类 8 亚类,分述如下。

石质土类 属初育土纲中的石质初育土亚纲,指地表以下 10 厘米内即出现石质接触面,或剖面 50 厘米内 ≥ 2 毫米粗骨物质在 70% 以上的土壤。表下层盐基饱和度 $> 50\%$ 的为饱和石质土亚类,代表剖面是南京市紫金山南坡次生杂木林下,由长石砂岩发育的薄层 A-D 型灰棕色土壤(剖面号 Z10),以及马尾松林下由石英砂岩碎块堆积层发育的 A-C 型黄棕色中层石质土壤(Z4);表下层盐基饱和度 $< 50\%$ 的为不饱和石质土亚类,代表剖面是南京紫金山南坡马尾松林下,由石英砂岩碎块堆积层发育的上部黄棕色和下部橙红色的土壤(Z5)。

棕壤类 属硅铝土纲的湿润硅铝土亚纲,只有发育在基性岩上的富盐基棕壤亚类,是参照联邦德国土壤分类系统中的 basenreiche Braunerde 划分的^[6]。残积土壤总厚度超过 10 厘米,但一般不超过 50 厘米,剖面构造为 A-D、A-C 或 A-B-C 型,色暗,表下层为硅铝层,盐基饱和度在 85% 以上, $< 1 \mu\text{m}$ 土粒的阳离子交换量和硅铝率分别为 $> 50 \text{ meq}/100 \text{ g}$ 和 > 2.9 。发育良好的剖面具有粘化层。这亚类分布在宁镇山脉周围,代表剖面是江宁县方山坡地杂草灌丛下由玄武岩发育的中层棕黑色土壤(F4),以及南京林业大学树木园低丘马尾松杉木混交林下,由辉长岩发育的中层暗棕色残积土壤(N1)。

黄棕壤类 属铁硅铝土纲的湿润铁硅铝土亚纲,只含典型黄棕壤亚类。残积土壤总厚度超过 10 厘米,但一般不超过 50 厘米,剖面发育不完全,多为 A-D 或 A-C 型,呈黄棕、灰棕至紫灰色(安山岩发育的),无淀积粘化层。表下层为铁硅铝层,盐基饱和度 45—60%, $< 1 \mu\text{m}$ 土粒的阳离子交换量和硅铝率分别为 35—40 meq/100 g 和 2.7—2.9。代表剖面包括句容县雾岐山前低丘茶丛下安山岩残积物发育的 A-C 型中层土壤(X7),以及宜兴县铜官山坡地上部马尾松林下,由砂岩残积-坡积物发育的 A-D 型中层土壤(Y8)。这是苏南低山区在近代生物气候条件下发育的代表性土壤,但其涵义要比 1978 年中国土壤分类暂行草案中的黄棕壤狭窄得多^[2]。

棕红壤类 也属铁硅铝土纲中的湿润铁硅铝土亚纲,只含粘淀棕红壤亚类。土壤总厚度可超过 1 米,剖面表现出明显的异源性:上部多为覆盖层,乃是来自较高地形部位的运积物,其形态性质与上述石质土或黄棕壤相同;下部为以红色为主的埋藏层,仍属于铁硅铝层,粘粒含量相对较高,盐基饱和度和除基性母岩发育者为 50—60% 外,多数仅为

35—45%。红层中 $<1\ \mu\text{m}$ 土粒的阳离子交换量和硅铝率分别为 35—45 meq/100 g 和 2.6—2.8。代表剖面是南京紫金山南麓马尾松杂木混交林下由砂岩页岩古风化壳发育的红色土壤 (Z6), 以及江宁县方山平顶上刺槐疏林下由玄武岩古风化壳发育的红色土壤 (F2)。与赣东北山区山麓和阶地的第四纪红土相比, 这类棕红壤的盐基饱和度和粘粒硅铝率都高得多。这可能是由于第四纪更新世期间, 南京地区的古湿热气候稍逊于江西; 或者是因为南京地区的古红土在近代北亚热带气候条件下, 发生了一定程度的复硅作用。表 1 中的数据表明, 在同等硅铝率条件下, 棕红壤的粘粒阳离子交换量明显地高于赣东北的第四纪红土。考虑到硅铝率低而阳离子交换量高是水铝英石的特点^[6], 因此, 这些棕红壤中可能含有较多的水铝英石。

准红壤类 也属于铁硅铝土纲的湿润铁硅铝土亚纲, 只含典型准红壤亚类。剖面形态与棕红壤相似, 红层仍为铁硅铝层; 但盐基饱和度仅为 25—30%, $<1\ \mu\text{m}$ 土粒的阳离子交换量和硅铝率分别为 25—36 meq/100g 和 2.5—2.6。代表剖面是宜兴林场蒿山工区低山麓(或阶地)马尾松或松栎混交林下, 发育在运积或砂岩残积古红土上的厚层土壤 (Y3, Y6)。

准黄壤类 属于铁硅铝土纲中的常湿润铁硅铝土亚纲, 只含典型准黄壤亚类。化学性质与准红壤相近, 表下层亦为铁硅铝层, 盐基饱和度 23—42%, $<1\ \mu\text{m}$ 土粒阳离子交换量和硅铝率分别为 23—30 meq/100g 和 2.5—2.8。前二者的数值接近准红壤, 而硅铝率略高, 近似于红棕壤, 但是这类土壤剖面均无红色土层, 形态上与准红壤或棕红壤不同。残积剖面总厚度一般小于 50 厘米, 但运积剖面厚度可超过 1 米。代表剖面是江苏句容县雾岐山前低丘老茶园中凝灰岩残积物发育的中层棕黄色土壤 (X10) 以及江西德兴县李宅林场低山坡地杉木林下, 由千枚岩坡积-残积物发育的厚层棕黄色土壤 (D11, D2)。这类土壤过去也曾划归红壤或黄壤^[2], 但实际上与此二者的性状仍有较大差距。

红壤类 属铁铝土纲的湿润铁铝土亚纲, 只含典型红壤亚类。土壤总厚度为中等至极厚不等, 质地粘重, 剖面表现明显的红化特征。表下层为铁铝层, 盐基饱和度 $<30\%$, $<1\ \mu\text{m}$ 土粒的阳离子交换量和硅铝率分别为 20—25 meq/100g 和 2.1—2.5。代表剖面为江西德兴县李宅林场低山麓杉木林下, 由千枚岩残积物发育的厚层桔红色粘质土壤 (D3, D5) 以及景德镇市枫树山林场杉木、马尾松混交林下, 由千枚岩残积物发育的棕红色中层粘质土壤 (J4)。

这个系统分类与按三个地理区划分三个亚类的方案相比 (参见表 2), 尽管由于组数增多, 每组内自由度变小, 但分类指标的亚类内变异系数仍大幅降低 (表 3), 说明它比地理发生分类方案较为合理。在这个系统分类方案中, 上述土壤类型, 在总体上仍表现从北向南逐渐由硅铝土过渡到铁铝土, 以及在每一山区从上到下由初育土逐渐过渡到成熟土的总趋势。例如, 在宁镇区和宜溧区山坡上的土壤主要是石质土或黄棕壤, 而赣东北山区坡地上则主要为准黄壤; 分布在山麓和阶地具有红层的土壤, 在宁镇区为棕红壤, 宜溧区为准红壤, 而赣东北区为红壤类。但是, 在宁镇区—宜溧区—赣东北区的地理序列上, 上述各土类的分界线并不十分清楚。例如, 黄棕壤同时出现在宁镇和宜溧区的坡地; 准黄壤虽然主要是分布在赣东北的坡地, 但是它也能出现在宁镇区的一些山前丘陵; 过去被认为是黄棕壤地带的宁镇区, 基性岩发育的土壤, 却只达到富盐基棕壤阶段。

表 3 土壤分类指标的亚类内变异系数

Table 3 Coefficient of variation within subgroup from variable for soil classification

亚类 Subgroup	项目 Item	表层盐基饱和度 Base saturation of surface soil	表下层盐基饱和度 Base saturation of subsurface soil	表层粘粒阳离子交换量 CEC of clay in surface soil	表下层粘粒阳离子交换量 CEC of clay in subsurface soil	表层粘粒硅铝率 Silica-alumina ratio of clay in surface soil	表下层粘粒硅铝率 Silica-alumina ratio of clay in subsurface soil	表层粘粒硅铁率 Silica-ferro ratio of clay in surface soil	表下层粘粒硅铁率 Silica-ferro ratio of clay in subsurface soil
饱和石质土 ($n=2$)	$\bar{x}$	78.95	73.93	34.09	34.06	2.80	2.81	13.54	13.44
	σ	0.10	7.01	7.42	7.45	0.06	0.05	1.41	1.55
	CV	0.13	9.48	21.77	21.87	2.14	1.78	10.41	11.53
富盐基棕壤 ($n=3$)	$\bar{x}$	98.78	98.93	57.15	57.28	3.21	3.18	10.95	10.69
	σ	0.85	1.02	2.69	5.37	0.13	0.22	1.54	1.68
	CV	0.86	1.03	4.71	9.83	4.05	6.92	14.06	15.72
典型黄棕壤 ($n=2$)	$\bar{x}$	50.34	51.52	36.50	35.39	2.86	2.78	13.47	15.61
	σ	5.10	6.77	1.41	0.16	0.21	0.09	0.51	3.54
	CV	10.13	13.14	3.86	0.45	7.34	3.24	3.79	22.68
粘淀棕红壤 ($n=5$)	$\bar{x}$	79.36	44.20	38.77	38.67	2.84	2.70	10.92	9.46
	σ	20.75	7.44	3.22	3.20	0.14	0.06	1.85	0.85
	CV	26.15	15.83	8.31	8.28	4.93	2.22	16.94	8.99
典型准红壤 ($n=2$)	$\bar{x}$	57.16	28.01	34.00	31.51	2.60	2.54	10.92	9.27
	σ	8.69	0.46	9.55	6.36	0.04	0	0.02	1.13
	CV	15.20	1.64	28.09	20.18	1.54	0	0.18	12.19
典型准黄壤 ($n=3$)	$\bar{x}$	34.40	32.48	30.24	26.95	2.70	2.67	12.82	13.00
	σ	14.77	9.04	1.67	3.42	0.08	0.08	4.45	6.23
	CV	42.94	27.83	5.52	12.69	2.96	3.00	34.71	47.92
典型红壤 ($n=3$)	$\bar{x}$	34.38	17.65	22.22	21.29	2.30	2.30	6.96	7.13
	σ	10.55	9.79	1.57	1.28	0.20	0.18	0.77	0.78
	CV	30.58	55.47	7.07	6.01	8.70	7.83	10.06	10.94

注: 符号及计算方法同表 5, 各亚类剖面号参看表 6; 不饱和石质土因为只有一个剖面, 不必计算 CV。

此外, 研究地区范围内还有石灰岩、紫色砂页岩和下蜀组母质发育的土壤, 此次未作系统分类上的研究, 但也与上列森林土壤亚类一起, 作了下述土壤生态型方面的探讨。

四、土壤生态型及其生产力

从林业利用上考虑, 山区土壤还需根据生态条件或生产力续分。标准地的林分与土壤调查资料的回归分析结果表明, 有效土层总厚度、质地和含石量, 是研究地区内影响林木生长的重要指标。例如, 对麻栎树高的偏相关系数分别为: 土壤厚度 0.59, 质地 0.48, 含石量 0.47, 均达到 $p < 0.01$ 显著水平。另一方面, 土壤的酸碱反应, 也是影响树种分布的一个重要生态因子, 例如, 在研究地区的中性到碱性土壤上, 黑松的生长状况就优于马尾松, 更不用说优于茶树一类典型喜酸植物了。这里我们以南京附近地区的 70 个土壤剖面

表 4 土壤生态型分类指标编码

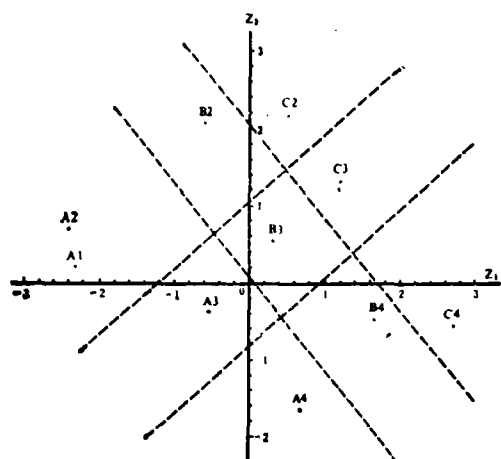
Table 4 Coding of variables for classifying soil ecotype

指标代号 Variable no.	x_1	x_2	x_3	x_4			
等 级	总 厚 度 $\left\{ \begin{array}{l} 0-45 \text{ cm} \quad 1 \\ 16-30 \text{ cm} \quad 2 \\ 31-50 \text{ cm} \quad 3 \\ 51-80 \text{ cm} \quad 4 \\ >80 \text{ cm} \quad 5 \end{array} \right.$	全剖面为石质	1	无上覆层	1	无 pH 4.0—4.9	1
		砂壤至轻壤质	2	石盖层	3	石灰反应	2
		中壤质	3	壤质覆盖层	5	pH 6.0—6.9	3
		重壤质	4			pH ≥ 7.0	4
		夹石(<50%)粘土	4				
	粘 盘 $\left\{ \begin{array}{l} \text{上位} (<30 \text{ cm}) \quad 2 \\ \text{中位} (30-60 \text{ cm}) \quad 3 \\ \text{下位} (>60 \text{ cm}) \quad 5 \end{array} \right.$	粘土	5			有石灰反应	5

注: 1. 覆盖层 (x_3) 指酸性土壤剖面中的酸性堆积表层, 厚度约 30 至 50 厘米。

2. 因各代码的全距都是 1—5, 所以代码数据不再标准化。

为对象(包括南京市东郊、江宁县、句容县、江浦县及六合县等地), 根据有效土层厚度 (x_1 ,



图中 Z_1 , Z_2 为典范变量 1, 2, $A_1, \dots, C_4$ 为土壤生态型代号, 含义参看表 9。

图 2 各土壤生态型的排序

Fig. 2 Ordination of soil ecotypes

指土壤总厚度或粘盘上限出现深度), 质地和含石状况 (x_2), 覆盖层状况 (x_3), 以及土壤酸碱反应和石灰反应状况 (x_4) 等 4 个土壤属性 (表 4), 以及相应标准地上的林木生长状况, 将上述各土壤亚类续分为共计 10 个土壤生态型对应于一定的土壤生产力水平 (以特定树种一定年龄平均树高表示) (表 5)。使用这 10 个土壤生态型中各土壤个体 4 个土壤属性的相应数据进行典范变量分析^[5,7], 以验证分类的合理性并确定各生态型之间的关系。处理数据时使用的数学模型见上文第二节, 运算结果表示为图 2。

图 2 是 10 个土壤生态型的形心点 (由型内个体各指标均值算出的坐标值) 排序

图, 各生态型的形心点大体上按斜交于坐标轴的方向, 作有规则的排列, 说明这样划分的土壤生态型基本上是合理的。在这个典范变量分析中, x_2 (自由度=36) 为 275.8, 远远超过自由度为 40, $p=0.01$ 水平时的 x_2 值 63.7, 所以从总体来说, 这个分类是清楚的; 但是由于划出的生态型数目多, 所以各生态型之间的置信区间有很大重叠, 说明其间有许多过渡区和特殊情况, 不能划出明确的界限。

宜溧山区不饱和石质土和典型黄棕壤等亚类的生态型, 与南京地区的同等亚类基本相同, 准红壤亚类的生态型则与棕红壤相近似。赣东北山区的森林土壤, 因为测树数据不足, 未细分生态型。

表 5 南京附近地区森林土壤生态型

Table 5 Forest soil ecotypes around Nanjing

代号 Code name	土壤生态型 Soil ecotype	亚类和土型 Subgroup and soil type	林木生长 Tree Growth		
			林分类型 Forest type	林龄(年) Age (yr.)	平均树高(米) Mean height (m)
A1 (n=9)	酸性甲型	典型黄棕壤: 厚层~(总厚度>80 cm)	萌生麻栎	16	12-13
		粘淀棕红壤: 壤层~(壤层厚度 30-50 cm)	马尾松	39	15-17
A2 (n=7)	酸性乙型	粘淀棕红壤 { 无上层~ 石砾~(石砾层厚度 30-50 cm 石砾占容积 50-80%)	杉木	18	8-9
		粘盘黄棕壤(暂定): 粘盘下位不饱~	萌生麻栎	16	10-11
A3 (n=14)	酸性丙型	典型黄棕壤: { 厚层~(总厚度>80 cm, 但含石约 30%) 中层~(总厚度 30-80 cm)	马尾松	39	13-14
		不饱石质土: 厚层~(总厚度>50 cm)	杉木	18	6-7
A4 (n=10)	酸性丁型	粘盘黄棕壤(暂定): 粘盘中位不饱~	萌生麻栎	16	7-9
		典型黄棕壤: 薄层~(总厚度<30 cm)	马尾松	39	10-12
B2 (n=2)	中性乙型	不饱石质土: 薄层~(总厚度<50 cm)	杉木	18	4-5
		粘盘黄棕壤(暂定): 粘盘下位饱和~	萌生麻栎	16	≤6
B3 (n=7)	中性丙型	富盐基棕壤: 厚层~(总厚度>60 cm)	马尾松	39	≤9
		粘盘黄棕壤(暂定): 粘盘中位饱和~	杉木	18	≤3
B4 (n=4)	中性丁型	富盐基棕壤: 中层~(总厚度 30-60 cm)	萌生麻栎	16	10-11
		粘盘黄棕壤(暂定): 粘盘上位饱和~	黑松	15	8-9
C2 (n=4)	石灰性乙型	富盐基棕壤: 薄层~(总厚度<30 cm)	萌生麻栎	16	7-9
		典型棕色(或红色)石灰土: 厚层~(总厚度>60 cm)	黑松	15	6-7
C3 (n=3)	石灰性丙型	饱和紫色土: 厚层~(总厚度>60 cm)	萌生麻栎	16	≤6
		典型棕色(或红色)石灰土: 中层~(总厚度 30-60 cm)	黑松	15	≤5
C4 (n=10)	石灰性丁型	饱和石质土: 薄层~(总厚度<50 cm)	杉木	18	≤3
		典型棕色石灰土: 薄层~(总厚度<30 cm)	黑松	15	8-9
C=4 (n=10)		饱和紫色土: 薄层~(总厚度<30 cm)	马尾松	39	8-9
			黑松	15	6-7
			黑松	15	≤5
			马尾松	39	6-7

注: 1. n 为各型剖面数;

2. 林木生长状况根据标准地实测数据,少数标准地经换算为标准年轮的平均树高;

3. 历炳华、郑相穆等参加此项调查工作。

参 考 文 献

- [1] 方鸿祺, 1961: 长江中下游地区的第四纪沉积. 地质学报, 第 41 卷 3—4 期, 354—356 页。
- [2] 中国土壤学会土壤分类学术交流会议, 1978: 中国土壤分类暂行草案. 土壤, 第 5 期, 168—169 页。
- [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] 中国科学院南京土壤研究所土壤分类基金课题组, 1987: 中国土壤系统分类(二稿). 土壤学进展特刊, 69—104 页。
- [5] Green, P. E. et al., 1976: *Mathematical Tools for Applied Multivariate Analysis*, 273—284. Academic Press, N. Y.
- [6] Scheffer, F. et al., 1976: *Lehrbuch der Bodenkunde (9 Auflage)*, 43—85, 314—316. Ferdinand Enke Verlage, stuttgart.
- [7] Webster, R., 1977: *Quantitative and Numerical Methods in Soil Classification and Survey*, 194—200. Clarendon Press, Oxford.

FOREST SOILS OF LOW MOUNTAIN AREAS IN THE SOUTH OF JIANGSU PROVINCE AND THE NORTHEAST OF JIANGXI PROVINCE

Luo Ruying

(*Nanjing Forestry University*)

Summary

In three low mountain areas, including those in Nanjing-Zhenjiang and Yixing-Liyang districts of Jiangsu Province and the northeast district of Jiangxi Province, 20 representative soil profiles with perfect data were collected for canonical variate analysis. The computing results show that on the coordinate plane of canonical variate 1 against canonical variate 2, 90 per cent confidence circles of 4 soil great groups classified in accordance with their zonal distribution in three low mountain areas respectively, i.e. basic yellow brown soils and othic yellow brown soils in Nanjing-Zhenjiang district, red yellow soils in Yixing-Liyang district and red earths in the northeast district of Jiangxi Province, are overlapped each other, and the points representing the individual profiles in character space illustrate that soil individuals evolve and transit each other gradually. In the three areas, all soil individuals embody the products of different developing stages.

Referring to Chinese Soil Taxonomic Classification (2nd draft, 1987), soil individuals in those three low mountain areas can be allocated into 8 subgroups of 7 soil great groups under 4 soil orders. The tendencies of soil distribution including both the horizontal transition from Siallisols in the north to Ferallisols in the south and the evolution from Primarosols to mature soils in each areas can be seen in broad outline, but the distributing pattern of subgroups does not fully coincide with the location of geographical zones.

The above-mentioned subgroups were divided into 10 soil ecotypes according to soil data and relevant tree growth.