

# 华中丘陵红壤的水分问题\*

## IV. 桔园红壤的水分状况

姚 贤 良

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

**摘 要** 1990—1993 年在江西省第四纪红色粘土发育的红壤并掺有第三纪红砂岩风化体的桔园红壤进行了水分性质和水分状况的研究。结果表明, 由于桔园红壤中粘粒含量比附近的典型粘质红壤中低,  $-1.5\text{MPa}$  土水势时的土壤含水量较低, 相应就提高了桔园红壤中的有效含水量。还发现, 一年中桔园红壤 0—100cm 土体内的贮水量较低, 即使在丰雨的上半年, 土体中也出现低于有效水的含水量范围, 这可能与柑桔生长的耗水较大和心土层的土壤容重较大等因素有关。但在 100cm 以下土层中全年的贮水量都较丰富。桔园红壤 0—100cm 土体内, 不论在上半年或在下半年, 其  $W_{fc}$  值均小于 1, 反映了其贮水库容中尚存在较大的空间可继续蓄水。

**关键词** 桔园, 红壤, 水分状况

华中丘陵红壤地区适于发展柑桔生产, 迄今已有大面积的坡地红壤辟为桔园, 在全国柑桔生产中具有重要地位。但是, 该区常因伏秋期的干旱和冬春期的低温为害, 明显影响柑桔生产。有人指出, 柑桔生产的成败主要取决于冬春的气温和桔园内的土壤水分供应和日照等因素, 特别在生长期中保证充足的水分供应是栽培优质柑桔的基本条件之一<sup>[1,2]</sup>。因此, 研究桔园土壤的水分特性及水分动态变化, 对合理的水分管理, 提高柑桔产量和改进品质具有重要意义。

### 1 测区红壤的基本理化性质

测区位于江西省鹰潭市中国科学院红壤生态试验站的桔园。土壤的基本物理、化学性质列于表 1。由表所见, 测区内土壤的成土母质因伴生第三纪红砂岩风化体影响, 使其中所含的粘粒 ( $< 0.001\text{mm}$ ) 含量比邻近分布的典型粘质红壤中的粘粒含量要少。按卡钦斯基质地分类属重壤土, 土壤比表面积较大, 土壤容重表土层较小, 但心土层和底土层较大, 接近或超过  $1.408/\text{cm}^3$ 。结构系数表土较小, 底层土均在 90% 以上, 这表明心土层尚有

\* 本工作是国家自然科学基金资助项目(48970036)的部份内容。参加研究的先后有方仲灵、许绣云、于德芬和朱红霞等。

表1 桔园红壤的基本理化性质

Table 1 Main physical and chemical properties of red soil in orange orchard

土层深度 Depth of soil layer (cm)	粘粒 Clay (%)	比表面 Specific surface area (m <sup>2</sup> /g)	容重 Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	结构系数 Structure coefficient (%)	孔隙度 Porosity (%)			土壤阻力 Soil resis -tance (Mpa)	pH		活性铝 (g/kg) Active aluminum (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
					总孔隙 total	通气 air-filled	持水 water -holding		water KCl		
0—25	22.1	160.4	1.26	86.7	54.9	23.1	31.8	0.18	4.20	3.56	1.7
25—60	30.6	174.6	1.39	97.3	46.5	10.5	36.0	0.41	4.42	3.54	1.9
60—100	34.5	138.0	1.40	97.6	44.1	11.9	32.2	0.36	4.56	3.64	1.9
100—170*	28.9	—	1.42	98.2	43.3	9.9	33.4	0.52	4.58	3.77	1.4

\* 170cm以下出现临时滞水层

红壤良好结构的特点。表土通气孔隙度较大,心土和底土层明显下降。各层通气和持水孔隙度的比值在 0.3 左右,一般不会影响通气排水。但由于心土层以下的土壤容重较高,可能会降低土体中的非饱和导水率。土壤阻力均较小,不致会影响植物根系穿插。pH 和活性铝含量与荒地红壤相接近,但 pH 比茶园红壤和旱地红壤略低,而活性铝又较高<sup>[3,4,5]</sup>。这主要可能与桔园红壤中的母质成分略有变异有关。从上述理化性质表明,与邻近典型粘质红壤相比,测区桔园红壤中的粘粒含量较低,将会影响土壤的水分性质,但化学性质影响不大。

## 2 桔园红壤的水分性质

桔园红壤表土层因受耕作管理措施等影响,结构孔隙有所发育,因而在土壤特征曲线上土水势为零时的总持水量可达 54.9%(表 2)。而高水势段(0— -1.5MPa)水分则随水势

表2 桔园红壤水势(-kPa)和含水量(v%)的关系\*

Table 2 Relationship between the potential (-kPa) and water content (v%) of red soil in orange orchard

土层 Depth of soil layer (cm)	土 水 势 Soil water potential (-kPa)											有效水含量 Available water content (v%)
	0	1.5	3.0	6.0	9.0	30	60	90	300	600	1500	
	含 水 量 Water content(v%)											
0—25	54.9	51.4	41.1	37.9	36.3	31.8	29.1	27.5	24.9	22.1	17.3	14.5
25—60	46.7	45.5	42.8	40.9	39.6	36.0	34.6	30.1	—	27.9	25.3	10.7
60—100	43.1	42.0	39.9	37.7	36.1	32.2	30.5	29.1	25.8	23.5	20.4	11.8
100—170	43.5	42.5	40.9	38.6	37.2	33.4	31.4	30.2	25.6	22.7	18.9	14.5

\* 0— -90kPa用100cm<sup>3</sup>环刀采集的田间原状土测定; -300— -1500kPa用通过2mm孔径的土壤,重塑成田间土壤容重后测定。

下降而快速减少,相反低水势段(< -1.5MPa)土壤含水量则较高。桔园红壤表土中的粘粒含量比邻近的粘质红壤中要少一半。如 0— -30kPa段的释水量为 23.1%,占总持水量的 42.1%;而 -30— -1500kPa段的释水量只有 14.5%,占总持水量的 14.5%。小于

-1500kPa 时土壤中的持水达 17.3%，占总持水量的 31.5%。心土层和底土层的土壤比较致密，高水势段快速释水并不明显，而低水势段的含水量较高，这与土层中的粘粒含量较高有关。

表3 不同利用方式下红壤各水势段的相对含水量(%)

Table 3 The relative water content in various sections of water potential of red soils under different patterns of utilization

利用方式 Utilization pattern	土 层 深 度 Depth of soil layer (cm)								
	0—30			30—100			>100		
	土 水 势 Soil water potential (-kPa)								
	0—30	30—1500	<1500	0—30	30—1500	<1500	0—30	30—1500	<1500
桔园	42.1	26.4	31.5	24.0	25.5	50.5	23.2	33.4	43.4
茶园	42.7	20.1	37.2	29.0	18.8	52.2	23.9	21.6	54.5
旱地	44.9	17.8	37.3	25.0	17.5	57.5	15.0	15.0	65.0
荒地	34.1	19.6	46.3	35.6	18.1	46.3	25.0	25.0	50.0

桔园红壤土体中的含水量和水势间的关系与其他已利用的旱地红壤和茶园红壤有类同之处，但也有不同特点。桔园红壤土体中各水势段释水量占总持水量的百分率称为各水势段的相对含水量(表3)，由表可见，已利用的红壤间的类同处，在于表土0—30kPa水势段的释水量都较高，亦即相对含水量都较大，桔园、茶园和旱地红壤分别达42.1%、42.7%和44.9%，这与表层土壤经耕作施肥使结构孔隙有所发育有关；而荒地红壤含水量只有34.1%。桔园红壤所具有的特点则在于-30—-1500kPa水势段的相对含水量比其他已利用的红壤和荒地红壤均高，表土、心土层一般高6—8个百分点；底土层则高8—18个百分点。而处于低水势段(<-1500kPa)不能被植物利用的相对含水量在桔园红壤中明显较低，表土层低6—15个百分点；心土层除荒地红壤中可能因孔隙较多而相对含水量亦较低外，一般低2—7个百分点；底土层则低13—22个百分点。其原因主要与桔园红壤中粘粒含量较低有关。粘粒含量低，土壤对水的吸持力下降，<-1500kPa水势段的持水量减少，而>-1500kPa水势段的持水量增加，尤其增加-30—-1500kPa水势段的持水量，这对增加有效含水量范围是十分有利的。正如表2所见，桔园红壤中的有效含水量为10.7—14.5%，比邻近其他利用方式下的粘质红壤要多3—5个百分点。因而，粘质红壤中就地取材掺入一些砂性土壤，对提高土壤有效含水量将是非常有益的。

表4 桔园红壤的比水容量(ml/-kPa)

Table 4 The specific water capacity of red soil in orange orchard

土层深度 Depth of Soil layer (cm)	土 水 势 Soil water potential (-kPa)				
	1.5—9.0	9.0—30	30—90	100—600	600—1500
	0—25	2.01	$1.67 \times 10^{-1}$	$7.2 \times 10^{-2}$	$1.10 \times 10^{-2}$
25—60	$7.87 \times 10^{-1}$	$1.71 \times 10^{-1}$	$9.8 \times 10^{-2}$	$4.0 \times 10^{-2}$	$3.0 \times 10^{-3}$
60—100	$7.87 \times 10^{-1}$	$1.86 \times 10^{-1}$	$5.2 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$3.0 \times 10^{-3}$
100—170	$7.07 \times 10^{-1}$	$1.81 \times 10^{-1}$	$5.3 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-1}$	$4.0 \times 10^{-3}$

桔园红壤水分特征曲线上的比水容量列于表 4。在 25cm 以下的土层可能因土壤容重较大, 所以当土水势为  $-1.5 \sim -9.0\text{kPa}$  范围时, 其比水容量就达  $10^{-1}$  数量级。但比水容量达  $10^{-2}$  数量级也出现在土水势  $-30\text{kPa}$  以下, 这与其他利用方式下的粘质红壤相似。因此, 从总体看桔园红壤的非饱和导水性能也是较低的。

### 3 桔园红壤的水分状况

桔园红壤水分动态变化用中子法测定, 其中 0—25cm 表土层用烘箱法测定。测定时间间隔约 10 天, 测定深度达 200cm。其土壤体积含水量 ( $v\%$ ) 等湿线年分布图列于图 1 和图 2。前者是田间实测总含水量等湿线年分布图, 后者是从田间实测总含水量中减去萎蔫含水量(土水势小于  $-1.5\text{MPa}$  时的含水量)后的有效水含量等湿线分布图。从图 1 可见, 1990 年上半年因降水量相对较多, 接近田间持水量的 30% 和 35%, 等湿线主要处于 0—50cm 土层内变动, 直至 8 月明显下移到 100cm 或以下, 9 月又回升。但从 1991 到 1993 三年间, 30% 和 35% 等湿线在上半年来就明显偏移到 100cm 左右或以下变动, 而在下半年该两线略向下偏移, 但幅度不大。超过田间持水量的 40% 和 45% 两等湿线则在 100cm—200cm 间变动, 且变幅较大, 一般在 3 月或 4 月和 6 月下旬可上升至 100cm 深度附近, 这主要与同期内的降水量较大有关。上半年开始, 30% 和 35% 两等湿线就下移到 100cm 深处, 并在 50cm 处常出现 25% 等湿线, 反映了桔园红壤即使在上半年, 土壤的供水也不太多, 而下半年则更少, 常出现低于土壤萎蔫含水量的 20% 的等湿线。但在 100cm 以下的土体中, 不论上半年, 还是下半年常出现 40% 或 45% 等湿线, 因它们已超过田间持水量而常呈现临时滞水。这种现象是由于地下水位较高, 还是因下层具有临时不透水层之故, 迄今尚难断定, 因测区范围曾打过井, 发现地下水位很深, 另外测区东侧约 20m 远处有一鱼塘, 塘水能否补给, 未作研究。从图 2 中还可可见, 不论上半年还是下半年, 在土体约 50cm 深处常出现低于有效水含量的 0 等湿线, 这除与心土层的萎蔫含水量较高达 25.3% 有关外, 还可能受柑桔生长耗水较大的影响有关。

从 1990—1993 年柑桔红壤不同层次的平均有效贮水量(表 5) 所见, 桔园红壤 0—50cm 内从 7 月到 12 月几乎没有有效含水量。因此, 要取得柑桔优质高产, 必须在下半年进行人工灌溉补水。本研究项目中曾于 1991 年在测区布置了微喷和生物覆盖试验, 结果表明, 微喷和覆盖技术对增产柑桔和提高产品品质均具有显著影响<sup>[6]</sup>。

表5 桔园红壤平均有效水贮量(mm)

Table 5 The mean available water storage of red soil in orange orchard (mm, 1990—1993)

观测日期 Observation date (month)	土层深度 Depth of soil layer (cm)			
	0—20	0—50	0—100	100—200
1—3	17.9	27.6	80.0	239.6
4—6	16.7	27.9	87.4	229.8
7—9	1.3	-1.1	38.3	224.3
10—12	4.8	-0.8	33.4	217.4

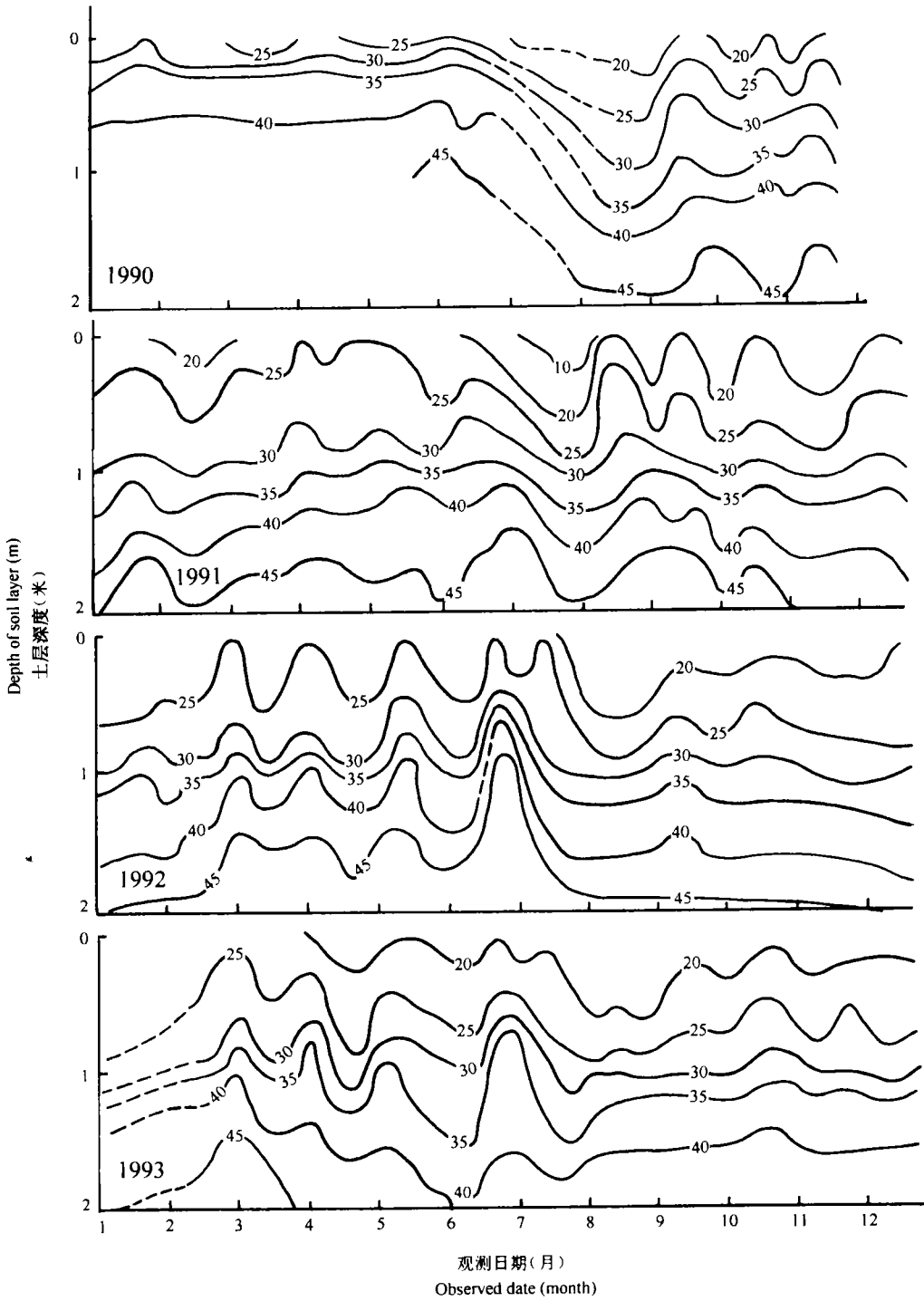


图 1 桔园红壤总含水量(v%)等湿线年分布

Fig.1 The annual distribution of isomoisture curve for total water content (v %) of red soil in orange orchard

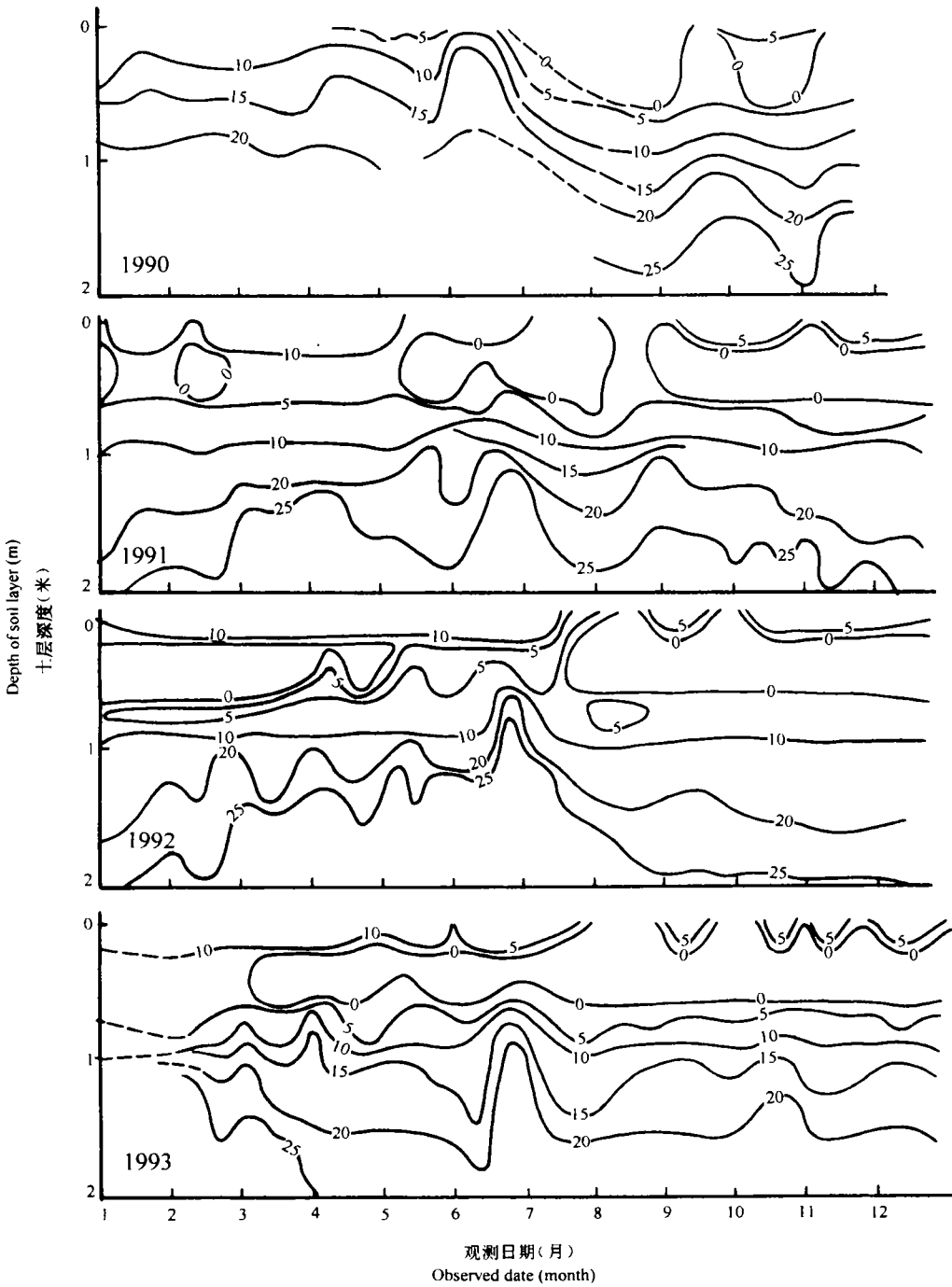


图2 桔园红壤有效含水量(v%)等湿线年分布

Fig.2 The annual distribution of isomoisture curve for available water content (v%) of red soil in orange orchard

## 4 桔园红壤的潜在蓄水性能

桔园红壤潜在蓄水性能是根据田间实测的平均贮水量与按田间持水量计算出的贮水库容之比值 ( $W_{f.c.}$ ) 而估测的。  $W_{f.c.}$  值  $<1$ , 说明土壤贮水库容中尚有空间未充满水;  $W_{f.c.}$   $\geq 1$ , 说明贮水库容中都充满水。桔园红壤田间实测平均贮水量列于表 6。计算出的土壤

表6 桔园红壤田间实测平均贮水量 (mm)

Table 6 Measured mean water storage in field of red soil in orange orchard (mm, 1990—1993)

观测日期 Observation date (month)	土层深度 Depth of soil layer (cm)			
	0—20	0—50	0—100	100—200
1—3	52.5	138.2	298.4	429.5
4—6	52.4	138.5	306.4	418.9
7—9	38.5	109.0	254.6	413.2
10—12	41.4	110.6	250.8	406.3

贮水库容, 0—20cm, 0—50cm, 0—100cm 和 100—200cm, 分别为 63.4mm, 70.5mm, 331.0mm 和 334mm。由表 6 可见, 桔园红壤 0—50cm 土层中的平均贮水量较低, 而 100—200cm 土层中较高, 两者间相差约三倍。  $W_{f.c.}$  值列于表 7。由表可见, 桔园红壤 0—100cm 土体内的  $W_{f.c.}$  值不论在上半年还是下半年均小于 1, 特别在 0—50cm 土体内更小。这就反映了在这些层深的土体贮水库容中尚未充满水, 而可继续容水, 下半年的容水空间更大。但在 100—200cm 土体中的  $W_{f.c.}$  值均大于 1, 说明了这些层段的贮水库容中都已贮满水, 而且还有水盈余。即使在下半年的伏秋旱期间, 100cm 以下的土体中还存在着大量多余的水。

表7 桔园红壤平均贮水量与贮水库容比值( $W_{f.c.}$ )

Table 7 The ratio of mean water storage to the water holding capacity of red soil in orange orchard (1990—1993)

观测日期 Observation date (month)	土层深度 Depth of soil layer (cm)			
	0—20	0—50	0—100	100—200
1—3	0.83(10.1)*	0.81(32.3)	0.90(32.6)	1.29(+95.5)
4—6	0.82(11.0)	0.81(32.0)	0.93(24.6)	1.25(+84.9)
7—9	0.61(24.9)	0.64(61.5)	0.77(76.4)	1.24(+79.2)
10—12	0.65(22.0)	0.65(59.9)	0.76(80.2)	1.22(+72.3)

\* 括弧中不带+号的值, 表明贮水库容中尚有未贮水的空间(以尚可贮的水量mm计), 带+号的值, 表明已超出贮水库容容积多余的水量(mm)。

桔园红壤 100cm 深度以上土体中的水分非饱和度大, 100cm 深度以下土体中的水分很多, 可能是它的一项水文特点。因此, 改善表面截流措施, 多蓄天然降水和进一步研究、开发利用深层贮水, 将是提高红壤区水资源利用率的重要途径。

## 参 考 文 献

1. 骆 胜, 黄国善, 张百寿. 红壤丘陵发展柑桔的途径和经济效益. 见: 浙江省科委主编, 浙江省红壤改良利用. 1982. 141—149
2. 胡国谦, 陈 凯, 周维灼等. 优质柑桔的适宜栽培区及其生态指标. 见: 王明珠等主编. 红壤生态系统研究.

(第二集). 南昌: 江西科技出版社, 1993. 136—141

3. 姚贤良. 华中丘陵红壤的水分问题 I. 低丘坡地红壤的水分状况. 土壤学报, 1996, 33(3): 249—257
4. 姚贤良. 华中丘陵红壤的水分问题 II. 旱地红壤的水分状况. 土壤学报, 1997, 35(1)
5. 姚贤良. 华中丘陵红壤的水分问题 III. 茶园红壤的水分状况. 见: 王明珠等主编. 红壤生态系统研究(第四集). 南昌: 江西科技出版社, 1997. 待刊.
6. 朱红霞, 姚贤良. 红壤丘陵区桔园红壤的水分特点及其管理. 见: 王明珠等主编. 红壤生态系统研究(第二集). 南昌: 江西科技出版社, 1993, 275—282

## WATER PROBLEMS OF RED SOIL IN HILLY REGION OF CENTRAL CHINA

### IV. THE WATER REGIME OF RED SOIL IN ORANGE ORCHARD

Yao Xian-liang

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing 210008)

#### Summary

This paper deals with a study on the water characteristics and water regime of red soil derived from Quaternary red clay mixed with the weathering material of Tertiary sand stone in an orange orchard of Jiangxi Province. Results showed that the available water content of the soil was higher due to lower clay content in the soil layer as compared with that of the surrounding typical clayey red soil. The water regime of red soil in orange orchard reflected that water content of 0—100cm layer of the soil was usually lower than the range of available water content even in the first half of a year. It might be related with large consumption of soil water by the growth of orange trees and the high bulk density of subsoil of the soil. However, the water storage beneath 100cm soil layer was still richer either in the first half of a year or in the second half one. Results also showed that the value of  $W_{f.c.}$  in 0—100cm layer of the red soil in orange orchard was lower than 1 throughout a year, which meant that a higher amount of empty waterstoring capacity at that layer where can accept continuously the rainfall could be found. Moreover the  $W_{f.c.}$  beneath 100cm of that soil was more than 1, reflecting a richer water storage at the soil layer of beneath 100cm in the second half of a year with severe shortage of rainfall. Consequently, to increase the acceptance of rainfall in the first half of a year and to use the richer water storage in deep soil layers in the second half of a year are of important significance for alleviating the draught in summer and autumn and raising the use efficiency of water resource in red soils.

**Key words** Orange orchard, Red soil, Water regime