

浙中三个桔园土壤的水分性质 及结构改良剂的应用效果*

赵渭生

(浙江农业大学土化系, 310029)

孟赐福

(浙江省农科院土肥所)

摘 要

在实验室条件下研究了浙中金衢盆地三个桔园土壤的持水特性、饱和导水率、蒸发强度及三种土壤结构改良剂对土壤团聚作用和蒸发强度的影响。结果表明,持水量与 $<0.01\text{mm}$ 物理性粘粒含量呈正相关($r=0.933^*$);饱和导水率与团聚体平均重量直径呈正相关($r=0.956^{**}$),而与结构破坏率呈负相关($r=-0.996^{**}$)。当土壤吸力在 $50-100\text{kPa}$ 时,桔园就需灌溉。加入三种土壤结构改良剂后能明显改善土壤水稳性团聚体,其效果为聚乙烯醇 $>$ 聚丙烯酰胺 $>$ 水解聚丙烯腈;使土壤的日平均蒸发强度减少,其减少的顺序为黄筋泥 $>$ 紫砂土 $>$ 红砂土。土壤饱和导水率 K_s 值紫砂土 $>$ 黄筋泥 $>$ 红砂土,主要取决于土壤水稳性团聚体的平均重量直径,二者呈正相关($r=0.956^{**}$)。

柑桔是浙江省栽培面积最大,总产最高的一种水果。据1987年底统计,全省柑桔栽培面积已达140万亩,其中70%以上种植在发育于不同母质的红壤类和紫色土类等土壤上。目前,这类土壤桔园的平均亩产很低,仅350公斤;除红壤酸、瘦等不良因子外,限制果实产量的主要是土壤的渗透性等因子的影响^[7,8]。

黄筋泥、紫砂土和红砂土是浙中地区种植柑桔的三个主要土属。鉴于目前我国对这些桔园土壤水分特性研究甚少,为此对这三个土壤的水分特性进行了实验室研究,并初步探讨了土壤结构改良剂对土壤团聚体的形成和对降低土壤蒸发强度所起的作用。

一、材料与方 法

(一) 供试土壤

供试土壤为浙江中部金衢盆地三种有一定代表性的低丘盆地土壤,即红壤类的黄筋泥,采自兰溪市上华茶场桔园,母质为第四纪中更新世红色粘土,质地为少砾石重壤土;紫色土类的紫砂土,采自建德县

* 本研究项目属农业部 07-3 课题。中国科学院南京土壤研究所徐富安副研究员提供结构改良剂,浙江农业大学土化系 85 级学生赵柄祥参加部分分析工作,在此一并致谢。

大同镇桔园,母质为白垩纪紫砂岩,质地为多砾石中壤土;粗骨土类的红砂土,采自衢县十五里村,母质为第三纪红砂岩。土壤的基本理化性质列于表 1 和表 2。

(二) 试验方法

1. 土壤持水特性的测定: 采用未过筛的原状土样,风干土装入容重圈,制成土壤容重为 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ 的标本。其下放一滤纸,置于装有水的瓷盆中,让其浸润饱和,再放入 Cat 1000 型压力膜仪中加压。所施加的压力由低到高分为: 10、30、50、100、300、500、1000、1500kPa 八级,待压力与土壤吸力平衡,即在没有水从仪器中流出时,取出土样称重。然后再将土样放入仪器,施加下一级压力,再平衡,称重。直到施加最后一级 1500kPa 压力平衡后,取出土样称重,并在 105°C 下烘干测得干土重量。计算各级压力下土壤的含水率,取得三次重复的平均值。

2. 土壤饱和导水率的测定: 采用直径 15cm, 高 100cm 的有机玻璃筒,装入未过筛的风干土样,制成容重为 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ 的土柱。灌入自来水,在土柱上面维持 5cm 水层,测定入渗速度和饱和导水率。按哈津公式 $K_{10} = \frac{K_t}{0.7 + 0.03t/^\circ\text{C}}$ 化为 10°C 时的饱和导水率 K_{10} 。

表 1 供试土壤的基本理化性质(粒径: mm)

Table 1 The physical and chemical properties of soil samples used in the study (Particle diameter: mm)

土壤 Soil	质地名称 Texture	pH	有机质 (%) O. M.	颗粒分配 (%) Particle fractionation							
				>1	1—0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	<0.001	<0.01
黄筋泥	重壤土	5.2	1.29	7.85	11.97	5.43	33.70	13.00	14.50	21.40	48.90
紫砂土	中壤土	6.4	1.30	11.29	0.49	23.32	33.17	12.87	16.75	13.40	43.02
红砂土	砂壤土	6.7	1.32	5.26	1.73	56.56	25.34	2.94	7.41	6.02	16.37

表 2 供试土壤的团聚体含量平均重量直径以及结构破坏率(粒径: mm)

Table 2 The amount of aggregates of soils used in the study (Particle diameter: mm)

土壤 Soil	土壤团聚体含量 (%) Amount of aggregates of soil							平均重量 直径** (mm) MWD	结构破坏率*** (%) Destruction percentage of soil aggregates
	>5	5—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	<0.25	>0.25		
黄筋泥	33.4*	27.6	12.0	14.3	5.6	7.1	92.9	0.72	60.86
	4.4	5.4	5.1	10.8	10.7	63.6	36.4		
紫砂土	61.4	22.9	5.5	4.6	1.9	3.7	96.3	2.02	36.88
	15.5	17.8	9.4	7.6	10.5	39.2	60.8		
红砂土	29.4	13.6	6.2	8.6	13.1	29.1	70.9	0.62	69.96
	5.7	3.0	1.7	3.7	7.2	78.7	21.3		

注: * 干筛团聚体含量(%)
湿筛团聚体含量(%)

** MWD——Mean weight-diameter

水稳性团聚体的平均重量直径 = $\sum_{i=1}^n \bar{x}_i w_i$, 式中 \bar{x}_i 为各粒径水稳性团聚体的平均直径;

w_i 为各粒径水稳性团聚体的重量百分比。

*** 结构破坏率(%) = $\frac{>0.25\text{mm 粒级的干筛百分含量} - \text{同级的湿筛百分含量}}{>0.25\text{mm 粒级的干筛百分含量}} \times 100$ 。

3. 土壤水分蒸发强度的测定: 采用 1000 毫升的大烧杯, 装满风干土样, 容重均匀地控制在 1.25 g/cm^3 , 加入一定水量, 使各土壤初始含水量保持在田间持水量。将烧杯放置在 $20-25^\circ\text{C}$ 的室内, 让其自然蒸发, 每天用称重法测定土壤水分蒸发量。

4. 加土壤结构改良剂的土样制备; 各供试土壤在风干时, 分别加入 0.05% 聚丙烯酰胺 (占干土重), 0.1% 聚乙烯醇和 0.1% 水解聚丙烯腈^[5]。三种结构改良剂均以 1% 浓度的水溶液加入土壤, 加入土壤后混匀, 风干, 作测定土壤水分蒸发强度用。以未加改良剂的土样作为对照。该试验为二次重复的平均值。

二、结果和讨论

(一) 三种桔园土壤的持水曲线

三种桔园土壤脱水过程的持水曲线示于图 1。由图 1 可见, 土壤吸力与含水量之间存在着幂函数关系^[9]。以水分含量(%)作因变量 (y), 土壤吸力(帕)为自变量 (x), 用幂函数 $y = dx^b$ 得出的回归方程是, 黄筋泥: $y = 34.75 \times 10^{0.9595} x^{-0.1919}$ ($r = -0.804^{**}$, $n = 8$); 紫砂土: $y = 24.50 \times 10^{1.192} x^{-0.2384}$ ($r = -0.819^{**}$, $n = 8$); 红砂土: $y = 16.12 \times 10^{1.528} x^{-0.3056}$ ($r = -0.702^*$, $n = 8$)。

表 3 供试土壤的比水容量

Table 3 Specific water capacities of soil samples used in the study
(ml/kPa · g)

土 壤 Soil	土 壤 吸 力 (千帕) Soil suction (kPa)							
	10	30	50	100	300	500	1000	1500
黄筋泥	1.00×10^{-2}	6.00×10^{-3}	2.63×10^{-3}	6.84×10^{-4}	2.42×10^{-4}	1.45×10^{-4}	7.20×10^{-5}	6.80×10^{-5}
紫砂土	1.10×10^{-2}	5.75×10^{-3}	1.38×10^{-3}	6.36×10^{-4}	1.71×10^{-4}	1.59×10^{-4}	7.00×10^{-5}	5.84×10^{-5}
红砂土	1.19×10^{-2}	6.66×10^{-3}	1.74×10^{-3}	6.70×10^{-4}	1.93×10^{-4}	7.50×10^{-5}	3.00×10^{-5}	2.94×10^{-5}

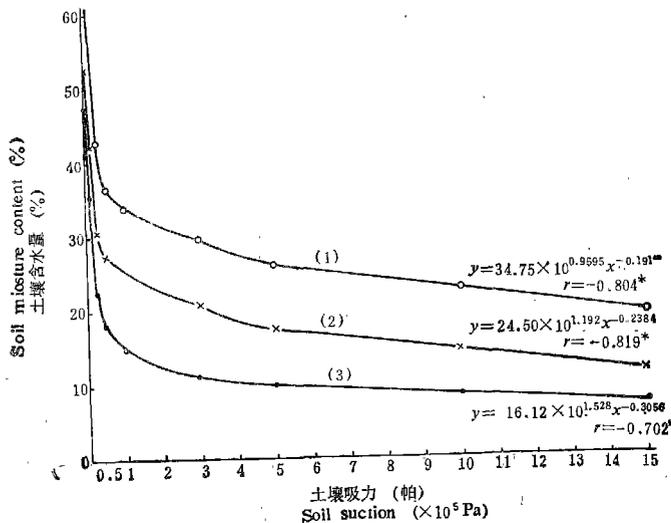


图 1 供试土壤的持水曲线

$16.12 \times 10^{1.528} x^{-0.3056}$ ($r = -0.702^{**}$, $n = 8$)。

三种土壤含水量与吸力之间的相关系数均达极显著水平。土壤持水能力在 30—1500 kPa 范围内主要决定于土壤质地和有机质含量。供试三种土壤的有机质含量相近, 而 < 0.01mm 物理性粘粒含量的顺序为: 黄筋泥 > 紫砂土 > 红砂土(表 1), 土壤的持水量亦依上述顺序排列。土壤的含水量与其 < 0.01mm 物理性粘粒含量的相关系数为 $r = 0.933^{**}$, 说明土壤持水量主要取决于土壤颗粒与表面水分子产生的分子引力^[3]。

(二) 土壤比水容量及其影响因素

土壤脱水曲线的斜率 $d\theta/ds$ (θ 为含水量, s 为土壤吸力)称为比水容量。因土壤持水曲线是非线性的, 故各吸力的比水容量亦不相等。三种土壤的比水容量均随吸力的增大而减小, 但变化趋势不同。由表 3 可见, 比水容量变化的趋势是: 在 < 30kPa 时, 以质地为砂壤土的红砂土比水容量较大, 30—300kPa 时, 三种土壤的比水容量相近; 高吸力段 (500—1500kPa) 内, 则以质地偏重的中-重壤质的紫砂土和黄筋泥较大。这表明供试土壤的耐旱力为黄筋泥 > 紫砂土 > 红砂土, 这和群众经验颇为吻合^[6]。

(三) 吸持水分的有效性

土壤吸持的水分对植物的有效性范围, 经典概念是从田间持水量 (10—50kPa) 到凋萎湿度 (1500kPa)^[4]。本试验用土柱法测得的田间持水量: 黄筋泥为 35.75%, 接近 50kPa 的持水量, 紫砂土为 29.25%, 接近 30kPa; 红砂土为 36.48%, 接近 10kPa。凋萎湿度 (1500kPa) 时持水量分别为 19.60%, 11.58% 和 7.03%。在这一范围内的水分, 其有效程度是否完全相等, 是一个久有争议的问题。但比水容量随土壤吸力增加而减小这一事实, 支持了有效水范围内的水分是非等效的意见^[5]。故土壤能供应植物水分的多少, 不在于持水量的高低, 而在于吸水力的大小, 亦即用比水容量的大小来判断土壤水分供应的难易更适合。许多研究表明^[6], 当比水容量到达 10^{-4} ml/kPa·g 级时, 植物所能吸取的水量就显著地减少, 并可能导致不同程度的减产。供试土壤的比水容量, 在土壤吸力 50—100 kPa 范围内可到达 10^{-4} ml/kPa·g 级, 为保证柑桔正常生长, 此时桔园就应进行灌溉。但作者在另一试验中^[2], 同一黄筋泥采用吸力平板测孔仪测得的比水容量在土壤吸力 30kPa 时就到达 10^{-4} ml/kPa·g 级。与本试验的差异认为可能是由于压力膜仪的膜片影响土壤脱水的结果, 这两种方法之间的差异是今后应讨论的问题。

(四) 土壤蒸发强度及其影响因素

土壤蒸发强度在大气蒸发力相同的情况下, 是与土壤质地、孔径分布、结构状况等密切相关。供试土壤的蒸发强度 (mm/day) 列于表 4。未加结构改良剂的三种桔园土壤, 无论是经过不同天数的累计蒸发强度还是经过 20 天后的日平均蒸发强度, 都按如下顺序递减: 黄筋泥 > 紫砂土 > 红砂土。这一顺序与三种土壤 < 0.01mm 物理性粘粒和 < 0.001mm 粘粒含量顺序相一致, 说明土壤质地愈细, 形成了较多的细小孔隙的强毛管张力, 使较高湿度的土壤中水分经毛细管传导至表层汽化的散失也愈多。此时如能深锄, 切断上下土层的毛管联系, 有利于降低蒸发强度, 保存下层土壤的水分。当供试土壤中加入各种土壤结构改良剂后, 由于增强了土壤的团聚作用, > 0.25 mm 的水稳性团聚体及其平均重量直径都比对照有明显的增加(表 5)。土壤团聚作用的增强, 使土壤中水分运行的整体性减弱, 速度变慢。这是因为当团聚体之间的水分移去后, 连续的水分运行通道断裂, 形成自

表 4 不同土壤结构改良剂对土壤水分蒸发的影响

Table 4 Effect of various soil conditioners on the water evaporation in the soils

土壤 Soil	土壤结构改良剂 Soil conditioners		累计蒸发量 (mm) Accumulated evaporation amount		
	用量(按干土重) rate (%) based on dry soil Wt.	名称 Name*	第 5 天 5th day	第 12 天 12th day	第 20 天 20th day
黄筋泥	0	CK	12.17	18.15	21.51
	0.05	PAM	8.47	14.68	18.30
	0.1	PVA	5.80	12.20	15.80
	0.1	HPAN	5.12	12.08	16.10
紫砂土	0	CK	5.35	12.11	18.15
	0.05	PAM	5.16	10.93	15.58
	0.1	PVA	5.05	11.50	17.06
	0.1	HPAN	5.31	11.99	17.89
红砂土	0	CK	4.82	10.71	16.01
	0.05	PAM	4.23	9.47	13.71
	0.1	PVA	4.56	10.19	15.02
	0.1	HPAN	4.65	10.60	15.76

* CK = control (对照); PAM = polypropyreneamide (聚丙烯酰胺); PVA = polyvinyl alcohol (聚乙烯醇); HPAN = hydrolytic polyacrylonitrile (水解聚丙烯腈)。

表 5 不同土壤结构改良剂对土壤团聚体含量变化的影响*(粒径: mm)

Table 5 Effects of various soil conditioners on waterstable aggregates in the soils (particle diameter:mm)

土壤 Soil	处理 Treatment	土壤团聚体含量(%) Amount of aggregates of soil						平均重量直径 (mm) Mean weight diameter	
		>5 mm	5—2 mm	2—1 mm	1—0.5 mm	0.5—0.25 mm	<0.25 mm		>0.25 mm
黄筋泥	CK	0.9	4.4	3.5	10.5	9.9	70.8	29.2	0.39
	PAM	13.1	11.7	5.6	7.1	9.3	53.2	46.8	1.56
	PVA	44.9	14.7	5.2	7.8	4.6	22.8	77.2	4.04
	HPAN	2.9	5.1	4.6	8.4	9.1	69.9	30.1	0.56
紫砂土	CK	6.6	16.8	8.2	13.9	7.6	46.9	53.1	1.34
	PAM	28.8	27.6	6.6	6.7	6.7	21.5	78.5	3.34
	PVA	46.4	26.7	6.3	6.6	2.4	11.6	88.4	4.57
	HPAN	8.3	18.8	9.9	8.8	7.8	46.4	53.6	1.52
红砂土	CK	1.4	4.5	2.4	3.9	9.5	78.3	21.7	0.39
	PAM	11.1	9.7	4.4	5.7	8.4	60.7	39.3	1.31
	PVA	51.5	10.9	3.9	6.8	7.1	19.8	80.2	4.38
	HPAN	1.9	5.2	2.8	4.2	12.0	73.9	26.1	0.44

* 土壤水分蒸发试验后的土样分析结果(约得尔法)。

然覆盖,从而防止了底层土壤水分的进一步散失。三种结构改良剂对增加>0.25mm 水稳性团聚体及其平均重量直径的作用,在三种土壤中呈现相同的趋势:0.1% 聚乙烯醇>

0.05%聚丙烯酰胺>0.1%水解聚丙烯腈。由表4可见,加结构改良剂的各处理土壤的累计蒸发强度和日平均蒸发强度都比对照减少。加聚丙烯酰胺、聚乙烯醇和水解聚丙烯腈三个处理的日平均蒸发强度在红砂土上比对照减少分别为13.8%、6.3%和1.3%;在紫砂土上分别为14.3%、6.6%和2.2%;在黄筋泥上分别为14.8%、26.8%和25.0%。在质地较轻的红砂土和紫砂土上,改良剂减少土壤水分蒸发的效果为聚丙烯酰胺>聚乙烯醇>水解聚丙烯腈,在质地粘重的黄筋泥上,聚乙烯醇>水解聚丙烯腈>聚丙烯酰胺。

(五) 土壤饱和导水率及其影响因素

土壤饱和导水率 k_{10} 值(水温 10°C 时的导水率)在不同土壤中亦有较大的差异,主要与土壤的孔隙性密切相关,而土壤孔隙性通常取决于土壤的机械组成和结构性。在砂质及没有结构的土壤中, k_{10} 值只取决于机械成分的垒结状况;在结构性土壤中, k_{10} 值主要由团聚体的水稳性及其大小和相互间的位置决定。另外,土壤裂缝、生物孔隙、水的性质和粘土矿物类型等亦具有重要的意义。供试土壤 k_{10} 值分别为:紫砂土 14.9mm/h,黄筋泥 12.4mm/h,红砂土 11.0mm/h。它们的差异主要取决于土壤的结构状况。从表2土壤结构体组成可见,水稳性团聚体的平均重量直径为紫砂土>黄筋泥>红砂土,它们与 k_{10} 呈正相关 ($r = 0.956^{**}$),而结构破坏率与 k_{10} 值呈负相关 ($r = -0.996^{**}$)。本试验的 k_{10} 值与现有国内外氧化土 k_{10} 值比较是属于较低的^[4]。加之金衢盆地雨量集中,当降雨强度超过土壤 k_{10} 值时,往往形成地表径流,造成水土流失。因此,改善耕层结构,增加雨水渗透速度和土层贮水量是减轻该地区伏秋干旱威胁的重要措施。

参 考 文 献

- [1] 庄季屏、王伟, 1986: 土壤低吸力段持水性能及其与早期土壤干旱的关系研究。土壤学报, 第 23 卷 4 期, 306—312 页。
- [2] 赵渭生、孟赐福等, 1989: 浙江省金华地区六种红壤持水性能的初步研究。浙江农业大学学报, 第 15 卷 4 期, 377—387 页。
- [3] 陈志雄、汪仁真, 1979: 中国几种主要土壤的持水性质。土壤学报, 第 16 卷 3 期, 277—281 页。
- [4] 姚贤良、于德芬, 1982: 红壤的物理性质及其生产意义。土壤学报, 第 19 卷 3 期, 224—235 页。
- [5] 徐富安, 1975: 水解聚丙烯腈的改土和增产作用。土壤, 第 1 期, 34—40 页。
- [6] 熊毅、李庆达主编, 1987: 中国土壤(第二版)。科学出版社, 363—365 页。
- [7] Tumbleton, T. W. 等著[美](庄伊美等译), 1982: 柑桔营养与施肥。福建科技出版社。
- [8] 千葉勉, 1982: 果树园の土壤管理と施肥技術。博发社。
- [9] Петрова М. В., Сапожников П. М., Устинов А. А., 1987: Статистические модели кривых водоудерживания почв почвоведение. №2, 42—51.

WATER CHARACTERISTICS OF THREE ORANGE-ORCHARD RED SOILS IN CENTRAL ZHEJIANG AND EFFECTIVENESS OF SOIL CONDITIONERS APPLICATION

Zhao Weisheng

(Zhejiang Agricultural University, 310029)

Meng Cifu

(Zhejiang Academy of Agricultural Sciences)

Summary

The water-retention characteristics, saturated hydraulic conductivity and water evaporation of three orange-orchard red soils in central Zhejiang, China, and the effect of soil conditioners on aggregation and evaporation of the soils were studied under laboratory conditions. The results showed that the water-retention capacity of the soils was positively correlated with <0.01 mm physical clay content ($r=0.933^{**}$), and the saturated hydraulic conductivity of the soils was very highly correlated with mean weight-diameter (MWD) ($r=0.956^{**}$) and the destruction percentage of soil aggregates ($r=-0.996^{**}$). When soil suction ranged from 50 to 100 kPa, irrigation would be needed for citrus. Application of soil conditioners increased >0.25 mm waterstable aggregates and MWD, and the order of the effectiveness was polyvinyl alcohol (PVA) $>$ polypropyleneamide (PAM) $>$ hydrolytic polyacrylonitrile (HPAN). The sequence of reduction of average daily evaporation due to application of soil conditioner was quaternary yellow clay $>$ purple sandstone soil $>$ red sandstone soil.

· 新书介绍 ·

《Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture (二氧化碳、痕量气体和气候的变化对全球农业的影响)》, 由 B. A. Kimball 主编。此书是美国农学会、作物学会和土壤学会于 1990 年共同出版的新书, 旨在探讨温室效应对全球环境的影响。

大气中二氧化碳和其它痕量气体的总量在不断的增加, 这就促使了大量关于全球气候潜在变化的研究, 如: 温室效应是否会导致地球变暖、痕量气体总量的增加是否会改变降水方式、以及气体组分的变化是否会影响作物产量, 等等。针对上述问题, 此书全面回顾了近期的研究; 同时, 数位国际知名的农学专家综述了人们研究温室气体存在作用的最新状况, 并且报道了他们的研究成果。

(王学锋)