

海南岛西南沿海砂土水分渗漏情况 及改良利用途径*

庞 芝 章

(广州地理研究所)

海南岛沿海地区,砂土分布面积大、范围广,总面积485万亩^[1],约占全岛面积9%。砂土含砂量大(70~90%),加上缺水少肥,土壤显得干旱和贫瘠,所以难于利用或利用率不高。特别是本岛西南部的砂土,干旱更加严重,以致影响农业生产。

1969年笔者从乐东县采土样带回室内试验,企图通过试验,找出砂土中水分运动的规律,以便提供计算田地所需要的灌溉水量的依据,使其灌溉水量能均匀地湿润和按计划达到土层深度,既满足农作物生长发育需要,而又不发生深层渗漏现象。这是本文要谈的第一部分。其次叙述一下西南沿海砂土干旱的原因,以及改造利用的意见。

一、砂土渗透特征的测定

1. 试验方法

采用室内环刀法^[2],选择在不同的地貌、不同的利用情况及不同的土壤质地上进行采样,每层重复采样2个。试验前先把样品浸入水中,一般砂土浸4~6小时,壤土浸8~12小时,粘土浸24小时。浸水时保持水面与环刀上口平齐,到预定时间将环刀取出,去掉盖子,上面套上一个空环刀,接口处先用胶布和熔腊封好,严防从接口处漏水;然后将接合好的环刀放到漏斗上,漏斗下有烧杯,再从上面的空环刀中加水,水面比刀口低1毫米,即水层厚5厘米。加水后,自漏斗下面滴下第一滴水时开始计时,以后每隔2、3、5……分钟更换漏斗下面的烧杯,并分别量渗水量 Q_1 , Q_2 , Q_3 …… Q_n 。每更换一次烧杯后,要将上面环刀水面加至原来高度,同时记录水温。如果试验持续1~2小时仍不稳定,就要一直延续到渗水量相等为止。

2. 结果和讨论

海南岛沿海的砂土一般是发育在新、老海相沉积物上的土壤,其机械成分的大小,从土壤剖面看,上下比较均匀一致,从表层到底层都是砂壤土。但由于局部环境的变化,亦有其差异性,例如紧靠丘陵、台地边缘的地区,在心土和底土中夹杂有粗砂砾质的洪积物;在河谷阶地,由于季节性河溪泛滥,河水带来的冲积物因分选的结果,亦有砂粘相间层;在河谷低洼地还有粘土分布;越靠海边,沉积物越粗,砂土越疏松,上下

*本文蒙余显芳同志提出许多宝贵意见,特此致谢。

层颗粒更接近一致；远离海边，沉积物越复杂。因此，沿海土壤，除砂土外，还有壤土、粘土、砂粘相间的砂土以及混杂有砾石的砂土等。

由于沿海砂土沉积物如此复杂，加以局部环境的变化以及人为耕作的影响，都直接或间接地影响砂土的渗透性。至于那些因素起主要作用，那些因素起从属作用，没有经过测试是不可能有着真正的认识的。

根据我们试验的结果，海南岛西南沿海砂土渗透的快慢和渗透系数的大小，完全取决于土壤中的质地、结构、紧实度和总孔隙度（毛管孔隙度和非毛管孔隙度）；而上述土壤特性又与人为影响和不同的利用方式等关系最为密切。此外，如下渗水的温度对下渗速度亦有一定的影响，水温越高，则水的粘滞系数愈小，水分的下渗速度也愈大，反之则小。因此，以水温在10℃时的各个土层的渗透系数 K_{10} 来表明，以便于比较。再者，渗透系数是随着时间的延长逐渐减小，而接近于稳定。现在把影响沿海砂土渗透性和渗透系数的因素叙述如下：

（1）质地影响土壤渗透特征 土壤质地越轻，土壤渗透性越强；土壤质地越重，其渗透性越弱，从（表1）中可见，砂壤土的渗水量为254.4毫米/小时，轻壤土为95.4

表1 土壤渗水量与土壤质地的关系

Tab. 1 Relationship between soil water seepage and soil texture

土壤类型	采 样 地 点	测定部位	质 地	结 构	紧实度	渗水量(毫米/小时)
沿海砂土	海南岛东方县北黎	河 谷 地	砂 壤	粒 状	疏 松	254.5
同 上	同 上	同 上	轻 壤	碎块状	稍紧实	95.4
同 上	同 上	同 上	重 壤	块 状	紧 实	13.9
同 上	同 上	同 上	砂 壤	层 状	紧 实	29.2

毫米/小时，而粘土的渗水量仅13.9毫米/小时；亦即是如果以粘土每小时的渗水量为1单位计，那么轻壤土每小时渗水量为粘土的6.9倍，砂壤土为粘土的18.3倍，所以在海南岛西南沿海砂土中，砂壤土渗透性最强，轻壤土次之，而粘土最弱。如果砂壤土沉积物形成的时间比较早，土壤发育时间较长，其渗透性越弱；相反地砂壤土沉积时间越短，土壤发育时间较迟，其渗透性越强；假若由于人为耕作利用的影响，会发生两种情况：精耕细作使耕作层疏松多孔，其渗透性加强；粗耕粗作，耕作层紧实、孔隙小，其渗透性减弱；越靠近海边渗透性越强，越远离海边其渗透性越弱；耕作层渗透性弱，心底土层渗透性强。从（表2）中也可看到，砂壤土耕作层渗透系数 K_{10} 为0.95~1.34毫米/分钟，心土层渗透系数 K_{10} 为1.01~1.38毫米/分钟。从（表3）中看到，近海边的砂土渗透系数 K_{10} 为1.25~1.49毫米/分钟，撩荒地砂壤土渗透系数 K_{10} 为1.25~1.36毫米/分钟。如果砂壤土紧实或遇到犁底层，其渗透系数 K_{10} 为0.2~0.37毫米/分钟，其渗透系数比轻壤土还小，仅接近重壤土。

（2）孔隙度影响土壤渗透性 沿海砂土的渗透性，还决定于土壤中的孔隙度，特别决定于土壤中的非毛管孔隙度。A. A. 罗戴教授指出：“土壤透水性直接决定于土

壤孔隙度的多少，并且最主要的是决定于孔隙度的大小。孔隙度愈高，孔隙愈大，透水性将愈大”〔3〕，我们的试验也证明了这一点。

轻粘土，土壤粘重而坚实，土壤孔隙度少，加上灌水后土壤胶体膨胀，挤压土壤孔隙，使孔隙收缩，孔隙度低，非毛管孔隙度减少，土壤渗透性小。从（表2）中可见，轻粘土孔隙度44~45%，而非毛管孔隙度0.2%~0.5%，渗透系数 K_{10} 为0.5~0.7毫米/分钟。重壤土属粘土一类，土壤总孔隙度虽然增加44~48%，而非毛管孔隙度仍然增加不大（0.4~0.6%），加上灌水后土壤容易膨胀，重壤土渗透系数 K_{10} 为0.08~0.18毫米/分钟。轻壤土情况则不同，轻壤土孔隙度虽然与重壤土相近似，由于轻壤土剖面中生物活动性强，虫类钻孔多，非毛管孔隙增加，加上灌水后土壤膨胀性较小，非毛管孔隙阻塞亦少，所以轻壤土孔隙度为45~48%，非毛管孔隙度为2~5%，其渗透系数 K_{10} 为0.65~0.87毫米/分钟。砂壤土颗粒粗而疏松，土壤孔隙度高，非毛管孔隙度更高，特别以新沉积的砂土，更为疏松多孔，土壤渗透性很强。从（表3）中可看出，砂壤土孔隙度为46~51%，非毛管孔隙度4~7%，砂壤土渗透系数 K_{10} 为1.40~1.48毫米/分钟。所以土壤渗透性的强弱和渗透系数的大小与土壤中孔隙度的多少有直接关系，特别以非毛管孔隙度的多少关系最大。

（3）土壤结构影响土壤水分的渗透 沿海砂土，绝大多数是砂质、砾质、无结构的土壤。因此，其孔隙度的大小，完全取决于颗粒的大小与其紧密度，其渗透性亦几乎完全决定于它的机械组成和结构性。对于有结构的土壤来说，结构对透水性有决定性的影响。因为团聚体间的孔隙总是大于团聚体内的孔隙，所以透水性主要决定于团聚体间孔隙的数量和大小。同时，土壤的结构类型不同，透水性也有不同，团粒状、粒状、屑粒状、块状等，渗透性强；核状、稜块状、层状、鳞片状等渗透性较弱。从（表1）中可见，同属河谷地，砂壤土因土壤结构不同，其渗水量差异极大，粒状结构者，其渗水量为254.4毫米/小时；层状结构者，其渗水量为29.2毫米/小时，前者为后者8.7倍多。从（表3）中也可见到，在台地的砂壤土，层状结构，渗透系数 K_{10} 为0.12~0.14毫米/分钟；碎块状结构，渗透系数 K_{10} 为1.25~1.36毫米/分钟；河谷阶地的砂壤土属屑粒状结构的其渗透系数 K_{10} 为0.42~0.63毫米/分钟；层状结构的，其渗透系数 K_{10} 为0.2~0.37毫米/分钟。

表2 土壤非毛管孔隙度与渗透系数的关系

Tab. 2 Relationship between non-capillary porosity and seepage coefficient in soil

土壤类型	测定部位	质地	结构	总孔隙度(%)	非毛管孔隙度(%)	渗透系数 K_{10} (毫米/分钟)	备注
沿海砂土	台地	砂壤	屑粒状	46~48	2~5	0.95~1.34	耕作层
同上	台地	轻壤	块状	44~46	1~2	0.4~0.53	同上
同上	河谷阶地	轻壤	块状	45~48	2~5	0.65~0.87	同上
同上	同上	砂壤	粒状	42~45	3~7	1.01~1.38	心土层
同上	同上	重壤	块状	44~48	0.4~0.6	0.08~0.18	耕作层
同上	同上	轻粘	块状	44~45	0.2~0.5	0.05~0.07	同上

表 3 土壤结构与渗透系数的关系
Tab. 3 Relationship between soil structure and soil water seepage coefficient

土壤类型	测定部位	土壤质地	土壤结构	总孔隙度 (%)	非毛管孔隙 度(%)	渗透系数 K_{10} (毫米/分钟)	备 注
沿海砂土	台 地	砂 壤	层 状	43~45	0.5~1.0	0.12~0.14	荒 地
同 上	台 地	砂 壤	碎块状	46~49	2~4	1.25~1.36	
同 上	台 地	轻 壤	屑粒状	45~47	1~2	0.42~0.63	
同 上	河谷阶地	砂 壤	屑粒状	46~51	4~7	1.40~1.48	荒 地
同 上	同 上	砂 壤	层 状	44~46	0.3~0.6	0.2~0.37	犁底层
同 上	同 上	轻 壤	屑粒状	45~48	2~5	0.65~0.87	
同 上	同 上	重 壤	块 状	44~48	0.42~0.6	0.08~0.11	
同 上	同 上	轻 粘	块 状	44~45	0~0.3	0.05~0.07	近海边
同 上	同 上	砂 壤	粒 状	47~53	5~9	1.26~1.49	

土壤结构的不同，土壤结构的排列发生变化，因而影响土壤的孔隙和裂隙的形状、大小和多少，土壤层状结构和片状结构，按水平方向排列，排列比较紧密，土壤比较紧实，孔隙少，特别非毛管孔隙更少，土壤渗透性弱。块状结构，按垂直方向排列，裂隙比较多，土壤渗透性强。粒状、团粒状和屑粒状排列无一定规则，孔隙多，渗透性也比较强。此外，在自然情况下的土壤，其渗透性除了决定于土壤的本性外，在颇大程度上还决定于精耕细作和农业技术措施，关于后者，这次没有进行试验，待以后再深入研究。

二、砂土改造利用的途径

上面已经谈过，海南岛西南沿海砂土，渗透性强，保水力弱，加上地处背风雨影区，又受干热风影响，热量为全岛最高，雨量全岛最少，年降雨量997~1 200毫米，月雨量<50毫米的月数达6个月以上，是全岛旱季最长的地区。干湿季极为明显，90%以上的雨量集中于5~10月，旱季（11~4月）雨量不到年雨量的10%，并常有多季连旱现象，对农业生产影响很大。加以蒸发旺盛，年蒸发量大于年雨量的40%以上，干燥度1.2~1.44，形成全岛气候最干热、水热失调最严重的地区。

不仅年降水量少，地表水和地下水也不丰富，流经砂土区的河流，除昌化江、望楼河外，其他如北黎、罗带、通天、感恩、白砂等河，均属雨季成流、旱季断流的小溪小河。即使是全岛第二大河昌化江，其年平均径流量虽有118立方米/秒，但其最多月与最少月平均流量之差达19倍，绝对最大与绝对最小流量比值更达2 900倍之多，流量很不稳定。

地下水资源主要有松散层孔隙潜水、承压水和花岗岩风化带裂隙水两种类型。其储水量和单位水量都是很有限的。根据水文地质钻探资料，前一种松散层地下水，岩组厚度多在100米以下，含水层单层厚度一般5~20米，厚者40米。山前地带水位埋藏较深，沿海地区自流水位一般高出地面3~7米。单层单位水量0.5~0.2升/秒米，最大6.7升/秒米。花岗岩风化带裂隙水为第四纪所覆盖，厚度30~40米，为承压水，水位高

出地面1~9米，钻孔单位水量小于0.1升/秒米。自流量一般小于1.5升/秒米。目前这些地下水，仅有民间掘井开采利用，对于解决本区缺水问题是无济于事的。

有关生产部门都想开发这块土地，以发展农、牧业和热带作物，并且进行过多次规划，但因水利问题没有解决好，至今仍未作出战略性的决策。如要开发这块土地，关键性问题是战胜干旱，还要防风固沙，改良土壤。要彻底解决这里气候干旱和地表缺水问题，单靠一般中小型水利工程是不够的。根据水利部门的规划设想，兴建广坝水库，库容约14亿方，工程完成后，预计高程100米以下的100万亩农田、坡地，将获得水利灌溉（东方沿海约82万亩）。当然兴建这样大型的水库是很需要的。

但是要兴建正常水位140米高的水库，投资大，淹没土地广，也不是轻而易举的。且因渠道长，渗漏大，蒸发强，耗水量大，单靠广坝水库还不足东方和乐东沿海100万亩土地的农业用水和几万人的生活用水之数。根据乐东县沙壤土的渠系利用系数为0.5，假设水库的有效库容为13亿立方米，那么 $13\text{亿立方米} \times 0.5 = 6.5\text{亿立方米}$ 。根据乐东县一年三熟灌溉定额的分析¹⁾和折算，为741立方米/亩。现有100万亩农田需要灌溉，即： $741\text{立方米/亩} \times 100\text{万亩} = 7.41\text{亿立方米}$ ，尚缺0.91亿立方米的水量，这就必须同时考虑水利工程与植树造林结合起来（包括种植橡胶）。发展水田耕作与发展耐旱热作（腰果等）结合起来，种植绿肥、种草以改良土壤和发展畜牧业结合起来，其中水利工程和植树造林又是发展热作，发展畜牧业的基础。

通过三十多年的调查总结和试验研究，为了防止台风危害与寒潮侵袭，有人认为^[4]胶园四周一定要建造防护林，一般认为以30亩（长200米，宽100米）为一个网格较适宜。防护林带本身宽度为15~20米，主副木搭配，形成紧密结构的林带，主副林带交织，构成完整的防护林体系。当台风风速为23.9米/秒（相当于9~10级风）时，防护林区网格内迎风面10米处风速为15.3米/秒（相当于7级风），背风面10米处为7.7米/秒（相当于4~5级），90米处为10.3米/秒。防护林防台风的有效范围约为防护林树高的2倍。海南岛秋冬季节（9~12月）东北风盛行时，空旷草原地离地4米处的风一般为4米/秒，而防护林网格内仅1~1.5米/秒，这就利于橡胶幼树和农作物生长，减少了风害。如本岛的三门坡农场台风多，但在防护林的保护下，胶树生长良好，生长速度比无防护林的胶树快15~25%，产胶量增加13~18%。

胶园种植的覆盖植物对土壤肥力有深刻的影响，据测定种植豆科覆盖可以使土壤含氮量增加和保持有机质含量不下降，对土壤物理性状也有所改变，禾本科植物对土壤结构的改善主要在表土，而豆科覆盖对底土影响较明显。所以采取豆科和禾本科的混合覆盖对土壤理化性状的改善会更合理些。

覆盖植物通常有爪哇葛藤、毛蔓豆、无刺含羞草、禾本科有危地马拉草、坚尼草等。有人进行幼龄胶园覆盖植物试验，结果表明^[4]，豆科覆盖每年的干物质形成量不包括地下部分约760斤/亩，腐烂分解后，可增加土壤有机质300斤/亩；而禾本科覆盖干物质形成量比豆科覆盖高1.5倍（坚尼草）至3.5倍（危地马拉草混合覆盖），即每年增加土壤有机质760~1369斤/亩；自然植被（飞机草）干物质形成较低，只有448斤/亩，相当于180斤/亩有机质。种植豆科覆盖的氮素主要来自根瘤生物固氮，故土壤中氮素较

1) 广东水利水电科学研究所：一年三熟灌溉定额分析（初稿），1983,11。

高,胶园开割头几年可以不施或少施氮肥。所以豆科覆盖或豆科禾本科混合覆盖对橡胶幼树生长是有利的,其中豆科覆盖区胶树生长量为对照区的102.3%,开割率比对照的增加7.5%;混合覆盖区胶树生长量为对照区的101.4%。

间作幼龄胶园,比不间作的大13~14%。胶园成龄后,可间作一些耐荫性的经济作物如胡椒、茶叶和药材等。华南热带作物研究院1966、1973、1979年陆续在橡胶行间种矮柱胡椒和矮化胡椒试验,结果表明间种胡椒的胶树比不间种的提前半年左右割胶,开割率提高16%,干胶产量比对照的提高约10%。土壤含水量间种比对照的提高3~6%。有机质比对照提高0.53%,凋落物比对照的增加20%,水土流失减少7%,林间湿度提高3%,温度降低0.6℃。所以应根据各地实际情况,因地制宜,建立以一业为主、多种经营的基地,并进行生产与生态相结合的农业生态系统的试验,包括①建立以望楼河平原和昌化江平原为基地的防护林—水稻、花生(豆)、蔗一年三熟、水旱轮作、养用结合的农田生态系统;②以乐东县腰果场为中心的防护林—腰果—豆科覆盖作物相结合的腰果园生态系统作为发展重点;③以东方县高坡岭为中心的防护林—水库—草地的林、牧业生态系统,可作小型试验;④以岛西林场为中心的木麻黄林带,逐步间种抗风力强的青皮、海棠、芒果、酸豆等有经济价值的树,建立防风固沙与改造利用结合起来的防护林体系,逐步形成生态功能和经济效益都较高的针阔叶混交防护林。

土壤的发生和发展,离不开自然条件。望楼河和昌化江平原地势低平,水源充足,土壤以轻壤至中壤为主,养分稍高,渗漏轻微,保水性较好,适宜于水稻栽培和花生(豆)、甘蔗轮作;但乐东县腰果场的情况完全不同,那边水源缺乏,砂性重、以砂壤土为主,有机质缺少,只能种植木本深根作物,利用深层的水分。目前已种植大量腰果,产量颇高,收成亦好。岛西林场又是另一种情况,那里风大,沉积物多为粗砂、细砾,只能造林防风固砂,改造自然环境。

此外,也有人认为西南沿海砂土也可种橡胶²⁾。据不完全统计,海南岛沿海砂土地区植胶数量虽然不多,但在东南西北各地都有,如文昌、万宁、崖县、乐东、东方、儋县、临高等县,无论国营农场或社队集体,都有过在砂土地植胶成功的例子。如红华、南滨、尧文等场六十年代中后期试种橡胶,在加强管理的情况下,10~11周年达到开割标准,平均胸围约50厘米,开割率达到50~60%,年产胶量50~110公斤/亩。如东方县尧文农场一队,1969年定植的橡胶,届11周年时,开割率达到50%,胸围达60.4厘米。

虽然砂土渗透性强,表层土壤容易干旱,但在年雨量超过1200毫米,而砂土中又属夹有粘土层,即“上砂下粘或砂粘相间”的砂壤土,在它的深层往往蓄积较多的土壤水分,只要加强抗旱栽培和增肥改土措施,成龄的橡胶树就可利用深层的土壤水分而增强其抗旱能力,保持胶树正常生长。

前面已经说过,沿海砂土有机质少,养分含量低,影响农作产量。所以培肥砂土也是当务之急;而培肥砂土的中心工作是增加土壤中的有机质。培肥的方法多种多样,但首先要因地制宜,就地取材,利用一切可能利用的自然资源来培肥砂土。①利用自然肥源进行覆盖、压青(如飞机草)或施用农家肥和猪、牛栏肥等。②种植覆盖绿肥作物,以地养地。但是在草都不易生长的砂土上,种覆盖作物首先也是需要下些肥料的。③种

2)梁继兴:海南岛砂土地能否植胶,华南热带作物学院,1981。

植间种作物如番薯、花生等, 充分利用土地, 通过间种作物的管理和施肥, 以达到对橡胶管理和施肥的目的。尽可能把间种作物的藤蔓归还土中, 进行压青。

至于磷、钾肥的缺乏, 也需要注意补充。除配合有机肥直接施用于橡胶树以外, 也可施用于覆盖植物上, 促其丰产, 而间接以有机肥的形态施之于橡胶。这在农业上称为“以磷增氮, 以小肥换大肥”, 是行之有效的增肥改土措施。

参 考 文 献

- [1] 陈朝辉、鲁争寿: 海南岛的土地类型, 热带地理, 4, 1982。
- [2] 南京土壤所土壤物理室编: 土壤物理性质测定法, 科学出版社, 1978。
- [3] A.A.罗戴: 土壤和土质的水分性质, 科学出版社, 1958。
- [4] 陆行正、黄宗道: 我国热带地区的开发与橡胶树栽培的土宜条件, 中国红壤, 科学出版社, 1983。

THE MOISTURE SEEPAGE AND UTILIZATION OF COASTAL SANDY SOIL IN SOUTHWESTERN HAINAN ISLAND

Pang Zhizhang

(Guangzhou Institute of Geography)

Abstract

The present paper devoted partly to the discussion on character of permeability of soil, which form from old or new marine deposit on coastal area around the Hainan Island.

The soil permeability is measured by both the method of lysimeter and the method of ring knife.

According to the experimental result, in terms of permeability, the loam is better than the clay, and the sandy soil is the highest.

Soil permeability also depends on the prosity as well as on soil's texture. The permeability of granular structure, granular, massive soil is stronger than that of tuberculate, stratified prism soil.

Take the condition, as coupling sandy soil with long dry season, into full account, the author suggests that scheme of agricultural development in the Southwestern Hainan Island should be constituted by three programmes as follow: ①combining hydraulic engineering with afforesting; ②combining cultivating on the paddy field with planting tropical crops which can resist drought; ③combining planting herbage with improving soil and developing stock raising.