

南亚热带丘陵赤红壤区农业可持续发展的 土壤水分管理探讨

郭庆荣, 钟继洪, 张秉刚, 谭军, 黄湘兰

(广东省生态环境与土壤研究所, 广东广州 510650)

摘要: 南亚热带丘陵赤红壤地区水热资源丰富,可大力发展荔枝、龙眼、香蕉、芒果等岭南佳果基地和高效益的蔬菜基地,是广东省以至全国的一块得天独厚的宝地。分析了南亚热带的自然概况、广东南亚热带地区的资源优势及丘陵赤红壤的特征。研究了广东省南亚热带丘陵赤红壤受气候因素的制约,土壤贮水库容和有效库容小,下层非饱和导水率及土壤水力扩散度低等水分特性及问题。提出了改善生态环境,利用生物或工程措施截流降雨、减少地表径流,提高降雨入流率从而增加土壤贮水量和有效贮水量。通过改良土壤,提高土壤保水性能和土壤供水能力,采取防止或减缓土壤水分蒸发措施,发展节水灌溉技术等土壤水分调控与管理技术措施。

关键词: 南亚热带; 丘陵赤红壤区; 可持续发展; 土壤水分管理

文献标识码: B **文章编号:** 1000-288X(2004)01-0053-04 **中图分类号:** TV698.2⁺4; TV42

Management of Soil Water for Agriculture Sustainable Development in Latored Soils of South Subtropical Hilly Area

GUO Qing-rong, ZHONG Ji-hong, ZHANG Bing-gang, TAN Jun, HUANG Xiang-lan

(Guangdong Institute of Eco-environmental and Soil Sciences, Guangzhou 510650, Guangdong Province, China)

Abstract: There are affluent water and thermal resources in latored soils of south subtropical hilly area, which has an advantage to develop tropical fruit and vegetables like litchi, longan, banana, mango and so on. An introduction of natural conditions of south subtropics, superiority of south subtropics in Guangdong Province and characteristics of latored soils region is presented in this paper. But the soil water storage capacity and the available water content are very little, combined with low unsaturated hydraulic conductivity and hydraulic diffusivity because of the restriction of climate factors. Some biological or engineering technical measurements of regulating and managing soil moisture properly are advised to improve soil and prevent or lessen soil evaporation.

Keywords: south subtropics; latored soils hills; sustainable development; soil water management

农业是国民经济的基础产业,农业的可持续发展将直接关系到整个区域社会经济的稳定与持续发展。南亚热带丘陵赤红壤地区水热资源丰富,可大力发展荔枝、龙眼、香蕉、芒果等岭南佳果基地和高效益的蔬菜基地,是广东省以至全国的一块得天独厚的宝地,但是南亚热带丘陵赤红壤区农业可持续发展也面临2个有关水的问题:在雨季,特别是台风雨季节,频频的台风带来降雨强度大于土壤入渗速率的雨量,使丘陵发生不同程度的地表径流,导致水土流失和土壤入渗率低;在旱季,特别是10月中下旬至翌年2月中下

旬,降雨量稀少,土壤没有水源补充,致使土壤耕作层水分接近或低于萎蔫含水量,浅根作物严重受旱,生长受影响。南亚热带丘陵赤红壤发生地表径流和土壤水分不足的状况,既受地带性的气候条件制约,也与土壤的保水性能差和土壤水分管理措施不完善有关。

1 南亚热带的范围及自然概况

关于南亚热带的范围,地理、气候、土壤、植物和农学等方面的学者有众多争论^[1],但总体上说来,均在北纬22°~25°之间的北回归线附近地带,只不过是

收稿日期:2003-05-08 修回日期:2003-07-20

资助项目:国家自然科学基金(49371035);广东省重大专项(A20604,2002A2040901);广东省自然科学基金(970386,980006,000188);广东省环保局科技研究开发项目(2001-14);广东省农业环境综合治理重点实验室项目

作者简介:郭庆荣(1966-),男(汉族),博士,副研究员;主要从事水分循环与节水农业技术等方面的研究。电话(020)87024813, E-mail:qr-guo@soil.gd.cn.

南北跨度不同而已。但我国该地带的主要区域为南岭山脉以南,海南岛以北的广大地区,包括台湾北部和南部、福建和广东东南部、珠江流域、西江流域、广西中部和云南中南部的地域。

我国南亚热带地区东西相距 1 800 km,南北相距 200 km 多,背山面海,北回归线由东向西横穿其中部,是热带向亚热带的过渡地带,该区光、水、热条件较好,极有利于热带、亚热带作物生长,不同于世界上该地带的其它国家。这是因为南亚热带处于北回归线附近的陆地,受副热带高压控制之下,对流层大气以下沉作用为主,一方面因为空气绝热增温而降低相对湿度,另一方面又增加了大气稳定度而抑制对流,云量甚少,同时终年盛行的东北信风来自大陆,带来干燥的气团,雨量极少,异常干燥,因此世界上回归线附近地区多为沙漠或半沙漠,但由于我国广大的南亚热带地区位于欧亚大陆东南部,东濒太平洋,南临印度洋,正处于世界最大的大陆和 2 个最大的海洋的边缘,冬季常吹强烈的东北风和东风,有时比较干冷,夏季常吹暖湿的东南风和西南风,加上夏秋季活动频繁的台风,给该地区带来了充沛的雨水,摆脱了回归干燥带的影响。

我国南亚热带的气候为明显的热带季风气候,热量丰富。根据粤中 10 a 的气象资料统计^[1],年平均气温 20℃~22℃,最冷月平均气温 4℃~12℃,最热月平均气温 28℃~29℃,日平均气温全年大于 5℃;年降雨量变化于 1 600~1 900 mm,且降雨有明显的旱季和湿季之分;天然植被主要有季风常绿阔叶林和红树林,其它还有常绿针叶林、山地常绿阔叶林、针叶林、灌草丛、各种人工林等。

2 广东南亚热带丘陵赤红壤区的特征

广东范围内的南亚热带占很大面积,位于低纬海陆交界地带,多低山丘陵和台地,光、热、水等气候资源丰富,农业增产潜力大,不但年可三熟,物产丰饶,而且可发展荔枝、龙眼、香蕉、芒果等岭南佳果基地和蔬菜基地,是广东省、全国以至全球的一块得天独厚的宝地。

2.1 广东南亚热带农业气候资源的特征

2.1.1 气温高,光能可利用率高 由于广东南亚热带北部、西部分布着与海岸基本平行的山脉,地势自北向南倾斜,使北方南下冷空气不断变性,所以降温不很剧烈,霜冻很轻。年平均气温 20℃~22.5℃,最冷月平均气温 11℃~15℃,≥10℃的年活动积温达 6 500℃~8 000℃,开始于 2 月上旬,终止于 1 月中旬前后,持续时间达 300 d 多。由于这样丰富的光温条

件,使农业生物生长发育快,成熟早。此外,雨量丰沛,雨热同期,山脉与河流相间形成的一些马蹄形僻寒地形以及河谷、盆地,也为南亚热带生物提供了良好的生长和越冬条件。

2.1.2 气候类型多样,种养业的种质资源丰富 广东南亚热带在地理位置上具有海陆兼备的特点,北部多丘陵山地,南部多平原台地,地貌类型复杂多样,形成了气候立体性。沿海港湾、滩涂可发展浅海养殖,平原、台地和盆地可发展蔬菜、花卉、果树等经济作物,山地可发展林业和牧业,鱼塘、水库、山塘、滩涂可发展渔业,是一个比较完整的生态系统,十分有利于多种经营和多样化外向型商品生产,可利用我国外贸“南大门”的经济地理优势,因地制宜地建立一批优质农副产品基地。

2.2 广东南亚热带丘陵赤红壤区的土壤特征

赤红壤是南亚热带的地带性土壤,一般分布在海拔 300 m 以下,土层厚薄不一,全剖面呈暗棕色。赤红壤的成土母质主要是花岗岩、沙岩风化物,其风化壳深厚,土层疏松、透水性强,这种土壤处于年降雨量多、降雨量分配不均匀、降雨强度大、植被覆盖度低的生态条件下,有相当面积土壤遭受不同程度的侵蚀,存在表土层(耕作层)浅薄、养分含量低、酸性强、土壤不断沙化以及季节性缺水等问题。这些已成为制约自然生产力进一步提高的主要土壤因素。

3 丘陵赤红壤区水分特性及问题

农业是人类生产活动最早的门类,也是人类对自然资源影响和依赖性最大的部门。建国 50 a 多以来,人民为了求生存和发展,改造自然,开发资源,加快经济发展,取得了巨大成就,但是,由于没有正确地遵守自然规律和经济规律,盲目超量开发利用资源,破坏生态环境,造成水土流失,土地退化,环境恶化。

3.1 影响南亚热带丘陵赤红壤水分的气象因素

南亚热带丘陵赤红壤地区水热资源丰富,是农业生长发展的优势条件。但水资源分配不均匀特点,是造成土壤水分季节性不足和浅根作物易受干旱的主因之一。研究结果表明^[2-4]:广州湿季(3—9月)降雨量平均 1 593.2 mm,占年降雨量 88.7%;旱季(10—翌年的 2月)降雨量分别为 211.7 mm,占年降雨量的 11.3%,降雨量的不均匀分配,导致季节性渗入土壤的水量差异巨大。而蒸发量也同样分配不均匀,湿季蒸发量平均为 748.2 mm,占全年的 62.11%,雨季降雨量比蒸发量多 845.0 mm;而旱季蒸发量为 742.2 mm,降雨量比蒸发量少 530.5 mm。旱季中的 10 月及 11 月正是大秋作物需水最多时期,蒸发量明显地大于降雨量,只要持续 7~8 d 未雨,使土壤和耕作层水

分含量偏低,部分作物即出现叶片缩卷、初期凋萎现象。此间必需补充土壤水分才能保证作物高产稳产。

3.2 有效水库容小和有效水量低

亚热带丘陵赤红壤不同深度处有效水库容如表 1 所示。由表 1 可以看出,除了低山常绿阔叶林赤

红壤有效库容的大小及其所占的比值略接近于华北的潮土和东北的黑土以外,不论荒坡赤红壤或梯地轮作赤红壤,有效库容及其所占的比值均小于黑土和潮土。有效库容小,能最大限度贮存的土壤有效水量必然较小。

表 1 不同深度处赤红壤的有效库容

土层深度	cm ³ /hm ²					
	0~20 cm		0~60 cm		0~100 cm	
	有效库容	占贮水库容/%	有效库容	占贮水库容/%	有效库容	占贮水库容/%
低山常绿阔叶林	345.8	59.35	1 030.9	57.4	—	—
丘陵荒坡	176.9	30.81	503.4	27.2	1 275.4	30.68
丘陵梯地轮作	136.9	33.20	478.5	30.4	1 322.3	24.60
华北潮土 CK ₁	360.0	52.60	947.0	51.2	2 078.0	52.90
东北黑土 CK ₂	500.0	58.10	1 120.0	53.3	2 100.0	49.40

从表 2 可见,只有常绿阔叶林赤红壤的有效水量较高,其它类型赤红壤相当低,特别是旱季更低。这显然是对秋季作物生长构成威胁的一个因素。

表 2 亚热带丘陵赤红壤有效贮水量季节分布 mm

土壤及其利用	mm					
	0~30 cm		0~50 cm		0~100 cm	
	湿季	旱季	湿季	旱季	湿季	旱季
常绿阔叶林	62.0	43.9	105.1	59.0	—	—
低丘陵荒坡	35.2	15.6	60.6	26.7	111.1	38.2
耕作丘陵	33.8	17.4	61.4	32.0	114.3	61.5

3.3 亚热带丘陵赤红壤的供水性能差

研究表明^[2-4],尽管亚热带丘陵赤红壤潜在可用水量多,但其物理性质却导致深层贮水的利用率偏低。这是因为自然赤红壤剖面 60 cm 起至 100 cm 以下,非饱和导水率从 10⁻²数量级降至 10⁻³,10⁻⁴数量级。非饱和导水率低,下层水分上行速度慢,就难于及时提供根系吸收。因此采取措施提高下层土壤非饱和导水率,使深层贮水有利于向上层传导,是提高赤红壤水分利用率的重要方面。

同时,花岗岩风化物发育的赤红壤,在结构不良或有机质含量过低的条件下,耕作层土壤的水力扩散度小,也不利于及时提供水分给根系吸收。

4 亚热带丘陵赤红壤区农业可持续发展的土壤水分管理技术

合理开发利用资源,保护生态环境,发展持续农业,促进农村经济的发展,是我国实现农业现代化的重要决策。

4.1 平整土地,截流降雨,增加入渗土壤水分量

近年,对低山丘陵台地一般采用带垦方式挖撩壕种植果树或速生林,随植物长大逐年通过耕作培土方法修筑成梯地;也有沿等高线采用机械或人工修筑成

梯地;部分经济条件较好或拟发展特种经作的地方,则以全垦方式修筑成宽阔水平梯地。

表 3 显示坡地改为梯地后,明显地提高了入渗至 0~100 cm 土层的降雨量,如荒坡观测点距原位土梯级不足 50 m,处在同一水平面,但梯地的人渗率比荒坡高 31.3%,显然这是梯级截流降雨以及土体疏松利于渗透减少了水土流失的结果。

表 3 坡地和梯地土壤入渗率比较 %

土壤	土层深度/cm				
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
荒坡	29.28	11.22	10.24	9.76	60.40
梯地	41.72	16.30	9.14	12.24	79.60

注:雨量为 50 mm。

4.2 改良土壤,增大土壤有效贮水库容

因地制宜采取有效措施改良土壤,使亚热带丘陵赤红壤的一些不利于贮水、保水、供水的性能得到有效的改善,是开发和治理丘陵必需注意的问题。研究表明^[2-4],通过轮作改良赤红壤的作用是明显的,还可以采取增施有机肥料或各种绿肥等措施改良亚热带丘陵赤红壤,随着土壤结构的改善,土壤的贮水库容及有效贮水库容也增大。

4.3 采用覆盖措施减缓土壤水蒸发

为减缓土壤水蒸发而采用的 2 种措施:(1)用薄膜覆盖,(2)就地利用枯枝落叶杂草或稻草覆盖。前者不仅保水,还有保温防病虫及减少杂草作用,在珠江三角洲及雷州半岛栽植甘蔗、粤北山区春季种反季节蔬菜都普遍采用薄膜覆盖地表,但大面积使用也会带来农业环保和不利耕作问题。用后弃之于附近,不仅不利于耕作,且因薄膜难降解,日积月累成为污染物。采用作物的秆叶、杂草或稻草覆盖物,既方便又省经费投入,腐烂后还可成为肥料,是理想的覆盖物。

4.4 采用施吸水树脂等人工保水措施调节土壤水分

吸水树脂能包容大量水分子,在水中高度溶胀,因此,它与有机无机肥混合后施进丘陵土壤,在降水渗到土壤后,即大量吸持水分和溶于水中的非重金属

离子,提供植物吸收。施吸水树脂处理的土壤平均含水量分别比未施用的多7.2及17.2mm,甘蔗增产率分别高20.78%及17.68%。所以大田中每1/15hm²施用5kg吸水树脂的增产幅度也很可观(表4)^[2-4]。

表4 施用吸水树脂的效果

处理	0~30cm 土层含水量/mm				甘蔗增产/ %	0~30cm 土层含水量/mm				甘蔗增产/ %
	198610	198611	198612	平均		198710	198711	198712	平均	
未施	49.2	48.4	57.5	51.1	0.0	65.9	57.8	70.5	64.8	0.0
施用	61.3	57.7	55.9	58.3	20.78	75.4	85.7	85.1	82.0	17.68

注:测定时间为198610,其余类推。

关于大田施用吸水树脂的情况,一般与腐熟有机肥、碎土、尿素、磷酸二氢钾充分混合后,施进已开浅沟的根际层,随后进行覆土掩埋;其施用时间最好放在每年9月上旬雨季结束之前。如果施用后长时间没有发生降雨,则应该通过灌溉补水,这样才能充分发挥吸水树脂的作用。

4.5 发展节水灌溉技术解决旱季土壤水源问题

灌溉是解决亚热带丘陵赤红壤旱季水分不足的最可靠办法。传统的地面灌溉,其灌溉用水浪费严重,大力推广和应用先进的节水灌溉技术势在必行。喷灌、滴灌技术的节水潜力很大,尤其是滴灌,因其属于局部灌溉,节水更多。研究表明^[5],传统的地面灌溉、喷灌、滴灌3种灌溉方式的用水量的大致比例为1:0.5:0.3;微灌还有一定的增产效果,与地面灌溉相比,果园滴灌省水68.1%以上,增产26.7%,

柑橘雾灌省水50%,增产30%~50%。可见,先进节水技术的节水增产效果是可观的。

[参 考 文 献]

- [1] 彭少麟,任海编. 亚热带森林生态系统的能量生态研究[M]. 气象出版社,1998. 11-13.
- [2] 张秉刚,卓慕宁,骆伯胜,等. 广东丘陵土壤水热资源及其开发利用[M]. 广州:广东科技出版社,1994. 1-76.
- [3] 钟继洪,张秉刚,唐淑英. 广东农业发展中的土壤物理问题及其管理[M]. 广州:广东科技出版社,1998. 63-120.
- [4] 郭庆荣,张秉刚,钟继洪,等. 丘陵赤红壤水分循环与平衡数学模型[M]. 热带亚热带土壤科学,1998,7(2): 138-142.
- [5] 石元春,刘昌明,龚元石. 节水农业应用基础研究进展[M]. 中国农业出版社,1995. 7-19.
- [14] Luzio M D, Srinivasan R, Arnold J F. ArcView Interface for SWAT2000, user's guide[M]. Blackland Research Center Texas Agricultural Experiment Station,2001.
- [15] 袁艺,史培军. 土地利用变化对降雨径流关系的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2001,37(1): 131-136.
- [16] 贺宝根,周乃晟,高效江,等. 农田非点源污染研究中的降雨径流关系—SCS法的修正[J]. 环境科学研究,2001,14(3):49-51.
- [17] 徐秋宁,马孝义,安梦雄,等. SCS模型在小型集水区降雨径流计算中的应用[J]. 西南农业大学学报,2002,24(2):97-100.
- [18] 罗立芳,张科利,符素华. 径流曲线数法在黄土高原地表径流量计算中的应用[J]. 水土保持通报,2002,22(3):58-61.
- [19] 张建云,何惠. 应用地理信息进行无资料地区流域水文模拟研究[J]. 水科学进展,1998,9(4):345-350.
- [20] USDA—SCS. National Engineering Handbook, hydrology Section 4, chap. 4-10[M]. US Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, DC, USA. 1972.
- [21] Thapa K. Accuracy of spatial data used in geographic information systems[J]. PE&RS, 1992(6):835-841.
- [22] Neitsch S L, Arnold J G. Soil and water assessment tool theoretical documentation[M]. Temple, Texas. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service,2001.
- [23] Howes S, Anderson M G. Computer Simulation in Geomorphology[M]. In: Modeling Geomorphological Systems, M. G. Anderson(Editor). John Wiley and Sons Ltd., 1988. 320.
- [24] Overton D E, Meadows M E. Stormwater modeling [M]. Academic Press, New York, 1978. 320.
- [25] Walling D E, Webb B W. The reliability of rating curve estimates of suspended sediment yield: Some further comments[J]. In: Sediment Budgets. IAHS Publ, 1988,174:337-350.

(上接第35页)