

赤红壤水问题及其管理

以闽南漳浦县为例

全 斌¹ 陈健飞² 朱鹤健³ 郭成达³

(1 中国科学院水土保持与生态环境研究中心 陕西杨凌 712100; 2 广州大学地理科学学院 广州 510405;

3 福建师范大学自然资源研究中心 福州 350007)

摘 要 本文叙述了闽南低丘台地上赤红壤水问题及其有效管理。指出了该区年降雨量虽然丰沛,但仍小于年蒸发量,季节性干旱和土壤高温非常严重,成为影响该区农业生产的主要障碍。而赤红壤的总库容、贮水库容和有效水库容都较小,进一步促进了旱情的发展,在气候、土壤、植被、水文、地形等因素综合作用下,赤红壤旱地水分问题显得特别突出,其上作物易遭受干旱的胁迫。完善灌溉设施,有计划发展喷灌、滴灌以及进行地表覆盖,能有效提高水资源的利用率。

关键词 赤红壤;旱地;土壤有效水;土壤水管理;福建

中图分类号 S15

闽南地处亚热带,地带性土壤为赤红壤,该区虽然生物气候条件优越,但因受东南季风的影响,降水变率大,洪涝与干旱灾害频繁,从历史上发生的旱灾情况看,主要有春旱、夏旱和秋冬旱。春旱指开春后至梅雨前的干旱,平均约3年一遇;夏旱指7~9月的干旱,平均约2年一遇;秋冬旱是10月至翌年2月的干旱,一般5年一遇。以往,研究者们对于洪涝灾害及水土流失问题似乎比较热衷,而对于土壤干旱问题研究似不够重视^[1],就区域而言,对西北地区节水农业和华中红壤水问题研究较多,而对闽南赤红壤水分问题研究罕为报道,由于近年来闽南地区凭借其独特地理位置和侨乡等优势,经济和城镇化发展迅速,人口不断增长,水危机日显突出,在这种趋势下,本研究着重从自然地理角度,开展该区的干旱及其形成机制和调控的研究,以期对该区实现农业可持续发展有所裨益。

1 气候因素

闽南地处亚热带,属亚热带海洋性季风气候,受其影响在降水上具有时间和空间差异的特征。时间上表现为全年降水集中于春夏两季,属于湿季,而秋冬则属干季,干湿季分明。从空间上看,闽南在台湾省的雨影区内,降水量较小。从全省年干燥度($K_{\text{年}}$)等值线分布图(图1)可看出,以1.0等

值线为中心的系列等值线集聚于闽东南一带,1.0等值线从福清东部沿着海岸线向西南延伸,将全省分成两部分,西北部属于湿润区,而东南沿海一线 $K_{\text{年}} \geq 1.0$,全年降水量少于蒸发量,属于半湿润区,该区年均温为19.5~21.2℃,全年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温为6500~7800℃。年降水量为1000~1700 mm,多集中于4~9月,占全年降水量的77.7%,10月至翌年3月为旱季。年蒸发量为1500~2000 mm,干燥度 >1 。若以干旱程度大小进行划分,则如图2所示,闽南属于重旱区。以漳浦为例,1958~1990年33年的降雨量统计资料结果表明:该区降雨的特点是年际变异大,分配不均,降雨集中。年平均降雨量是1728.9 mm,而最小值为1228 mm,最大值为2612 mm,变差系数为0.202,属中等变异。

由图2可以看出,降雨量呈单峰曲线。降雨量的最大值出现在6月份,是322 mm,4~9月为湿季,月降水量都在150 mm以上,其中5~8月的雨量约占年降雨量的62%;10月至翌年3月,月降水量都在100 mm以下。秋、春旱较为严重。1981~1990年蒸发量的统计资料表明:蒸发量的年内分配规律呈双峰型曲线,最大值出现在7月份,其次出现在10月,蒸发量月份间的差异比降雨量要小,多年平均蒸发量是1833 mm。虽年内蒸发量存在着明显差异,但年际差异不大,大体在1620~2011 mm间波

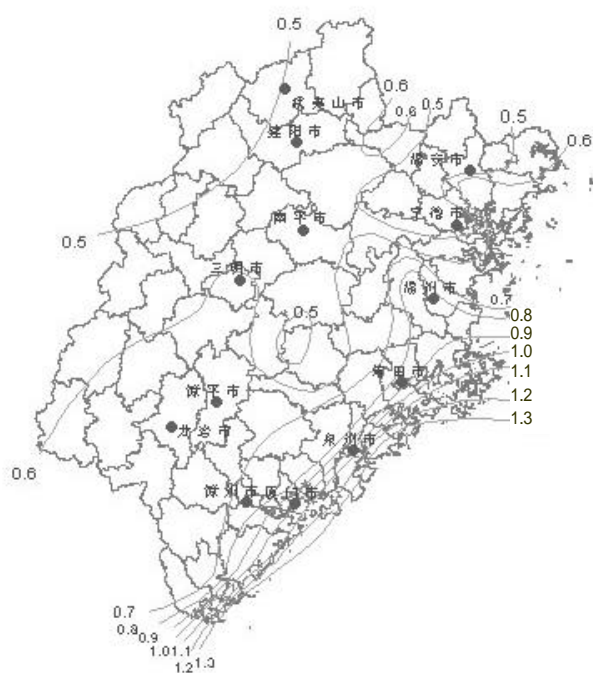


图 1 福建省干燥度等值线分布图

Fig. 1 Aridity isoline map of Fujian Province

图 2 福建省干旱分区分布图^[2]

Fig. 2 Distribution of arid regions of Fujian Province

动, 变差系数为 0.06。年内蒸发主要集中在 6 ~ 10 月, 每月均在 150 mm 以上, 累计蒸发量为 980mm, 占全年总量的 53 %。

通过以上的分析可以看出, 降雨量最大值出现在 6 月份, 集中在 5 ~ 8 月; 蒸发量最大值出现在 7 月份, 集中在 6 ~ 10 月。在 6、7 月份间, 降雨量急剧降低, 降幅是 54 mm, 而蒸发量的变化趋势相反, 其升幅是 53.4 mm, 这表明蒸发集中期滞后于降水集中期, 是导致夏旱因素, 加之这时 (7 ~ 9 月份)

的地表、5、10、15、20 cm 深的土温 (表 1) 平均温度超过 30°C, 有的年份极端温度更高, 如 1961 年 8 月, 地面极端最高温达 65.9°C, 更加剧伏旱。与此同时, 在 10 月份, 蒸发量出现了第 2 次波峰, 并且直至第 2 年的春季, 蒸发量都远大于降雨量 (图 3), 也是导致秋旱和春旱的主要因子之一。综上所述, 缺水和高温叠加, 是导致土壤产生季节性干旱的首要原因。

表 1 1980~1990 年的地表、5、10、15、20cm 深平均土温 (°C)

Table 1 Average soil temperature at 0, 5, 10, 15 and 20 cm in depth between 1980 and 1990 (°C)

测定深度 (cm)	7 月	8 月	9 月	平均
地表	32.6	32.3	29.3	31.4
5	31.6	31.3	28.6	30.5
10	31.4	31.1	28.6	30.4
15	31.2	31.1	28.7	30.3
20	31.0	31.0	28.7	30.2

2 土壤库容

赤红壤旱地的水分性质直接取决于它的孔隙系统特征, 它的孔隙系统构成各种库容, 反映其土壤水分特性。以 1m 深的赤红壤旱地的总库容、贮水库容、有效水库容分别与红壤旱地、黑土和潮土作比较 (图 4), 表明: 4 种土壤总库容中, 赤红壤旱

地较小, 为 455.9 mm, 红壤、潮土和黑土大致相当, 均约为 500 mm 左右, 约相当于土体总深度 1 m 的一半; 贮水库容赤红壤旱地都比红壤旱地、黑土和潮土小, 若以 1 m 深赤红壤来计算, 则其贮水库容大概还不到 1/4, 即 250 mm 有效水库容赤红壤旱地与红壤旱地相近 (70 mm 左右), 都大致为黑土和潮土 (210 mm 左右) 的 1/3。此外, 4 种土壤 0 ~ 20 cm 和

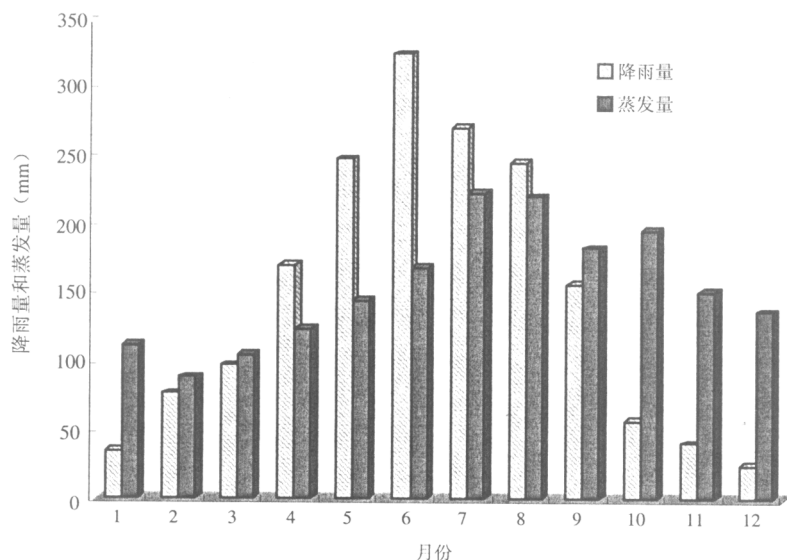


图 3 1958~1990 年的平均降雨量和 1981~1990 年的平均蒸发量

Fig. 3 Average rainfall between 1958 and 1990 and average evaporation between 1981 and 1990

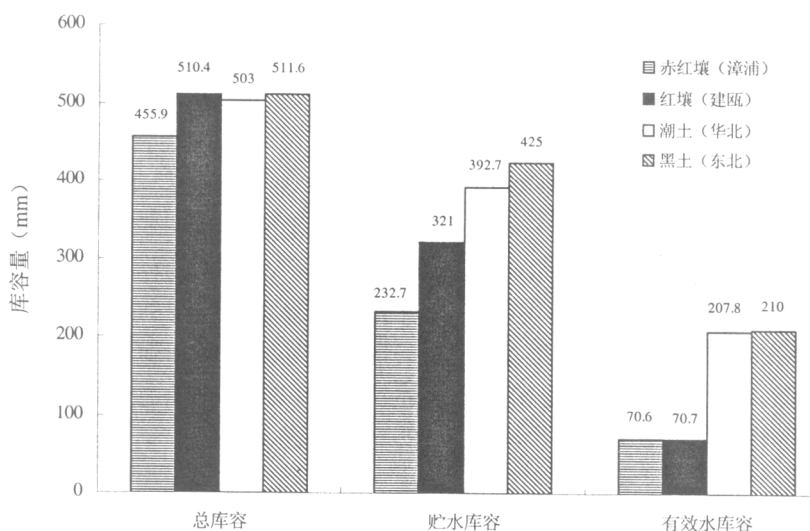


图 4 1m 深的总库容、贮水库容及有效水库容的比较

Fig. 4 Comparison between lateritic red soil, red soil, chao soil and chernozem in water volumetric capacity, water-storage capacity and the available water-storage capacity in the surface soil layer one meter thick

0 ~ 50cm 土层的总库容、贮水库容、有效水库容的比较呈同样趋势 (图 5、6)。这表明了赤红壤旱地的总库容、贮水库容、有效水库容都很小, 从而对降水的接纳能力就有限, 贮存和调节植物水分的能力就很弱。可见, 赤红壤旱地总库容、贮水库容和有效水库容小, 也是其上作物易遭受旱灾的重要原因。

对赤红壤旱地 4 个剖面的数据分析表明, 赤红壤旱地有效水库容与容重呈负相关关系, 其拟合方程为 $y = -24.5x + 53.1$ ($n=12$) 经 F 检验 $F=4.866 > F_{0.05}=3.88$, 这表明, 土壤结构对赤红壤有效水库容起重

要作用。赤红壤由于受气候影响, 土壤内微团聚体发达, 微团聚体中含微细孔隙所吸持的水份在 10MPa 的压强下也难于逸出^[3], 属于无效水, 它占土壤含水量的比重很大, 从而使有效水含量较小。

另外, 有关研究也说明了有效水含量与粘粒含量呈负相关^[4, 5]。理论上, 从生物气候地带性角度出发, 赤红壤比华北潮土和东北的黑土要更粘, 粘粒表面有较大的吸附面而吸持的水含量较多, 这部分水无法被植物所利用, 这可能也是导致有效水含量较小的原因。但本研究采集的赤红壤剖面一半取自

花岗岩发育的土壤上，质地偏沙，且地处沿海，沙砾含量较大，这一趋势未见明显。

由于赤红壤贮水库容各层较小（图 4、5、6），由总库容减去贮水库容所得的通透库容则较大，它有利于接纳较多的天然降雨，加之干湿季气候形成较多的土壤垂直裂隙，土壤具有较好的通气透水性，接纳进来的降水易于下至深层而形成深层贮水，如表 2 所示。尽管深层贮水丰富，但由于受土壤非

饱和导水率、植物根系深度等影响，仍不易被上传为植物所利用。

表 2 赤红壤不同土层中有效水贮量

Table 2 Available water-storage capacities in various soil layers of lateritic red soil

土层厚度 (cm)	有效水贮量 (mm)
0 ~ 25	17.3
0 ~ 50	17.8
0 ~ 100	70.6

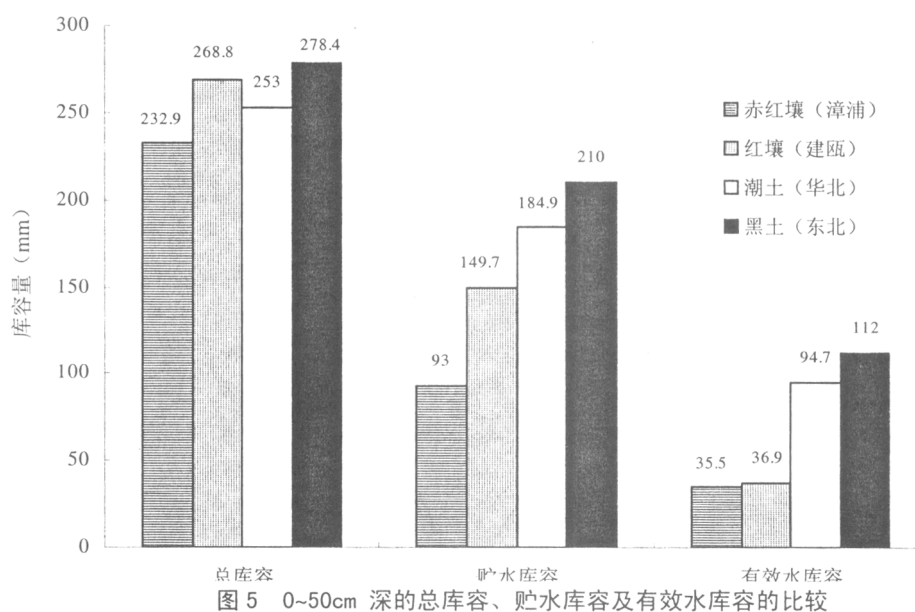


图 5 0~50cm 深的总库容、贮水库容及有效水库容的比较
Fig. 5 Comparison between lateritic red soil, red soil, chao soil and chernozem in water volumetric capacity, water-storage capacity and available water-storage capacity in the surface soil layer half meter thick

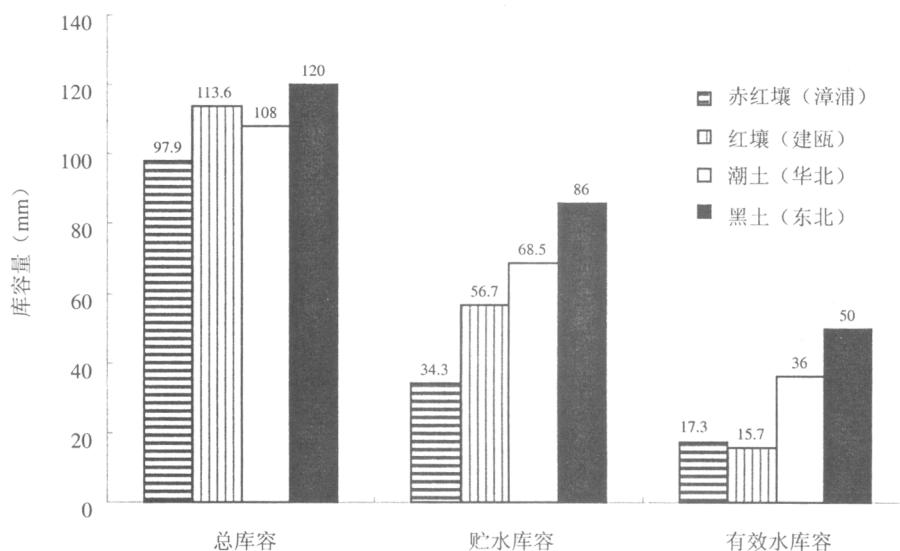


图 6 0~20cm 深的总库容、贮水库容及有效水库容比较

Fig. 6 Comparison between lateritic red soil, red soil, chao soil and chernozem in water volumetric capacity, water-storage capacity and the available water-storage capacity in the surface soil layer twenty centimeters thick

3 气候、土壤、水文、植物、地形等因素综合作用

土壤干旱实际上是一地区自然地理环境因素综合作用的结果。闽南地区从 3 月开始,始有季风登陆,这个时期,因为气温低,蒸发速度较小,雨水逐渐增多,使土壤中水分积累达到过剩的数量,这段时间大致持续两个月时间。5~9 月间正是植物生长旺盛期,作物的叶面积大,光合作用强,植物蒸腾量也大。虽有降雨,但植物蒸腾作用强,土壤本身的蒸发也较大,从 SPAC(土壤-植物-大气连续体)循环角度出发,这时的土壤水分已降至储水库容以下,土壤耗水处于亏损期,含水量较低。在此期间,赤红壤地区又由于受季风的影响,以台风暴雨形式出现的降雨较多,降雨强度大,有资料表明,3~9 月间,侵蚀性降雨占全年侵蚀性雨量的 90%~95

%^[6],加之地形上闽东南低山丘陵约占该区总面积的约 61%,平原台地约占 31%^[7],有利于坡面径流的产生,从而导致水土流失较为严重。这同时表明了两点,一方面是由于气温高,植物蒸腾强而导致的土壤干旱,另一方面,现有的一些水资源,因环境因素的影响或缺乏人为的储蓄设施而没有得到合理的开发与利用。其中尤其是在仲夏时节,即使降水丰富,但降水强度大,土壤表层粘粒易于遭受雨水的淋洗,移动到下层,堵塞了下面的大孔隙,更加大了雨滴溅蚀机率,使表土紧实,形成“结壳”,而降低了渗透速率,最终使得降水损失在“流”中,导致水分收支上还是出现严重的水分亏缺,随之土壤也变得坚硬而干燥。到了 11 月份,土壤水分又开始增加,这是由于气温降低,减少蒸发,植物的蒸腾作用也较小所致。冬末至第 2 年 2 月份左右,土壤的储水容量又重新完全恢复(图 7)。

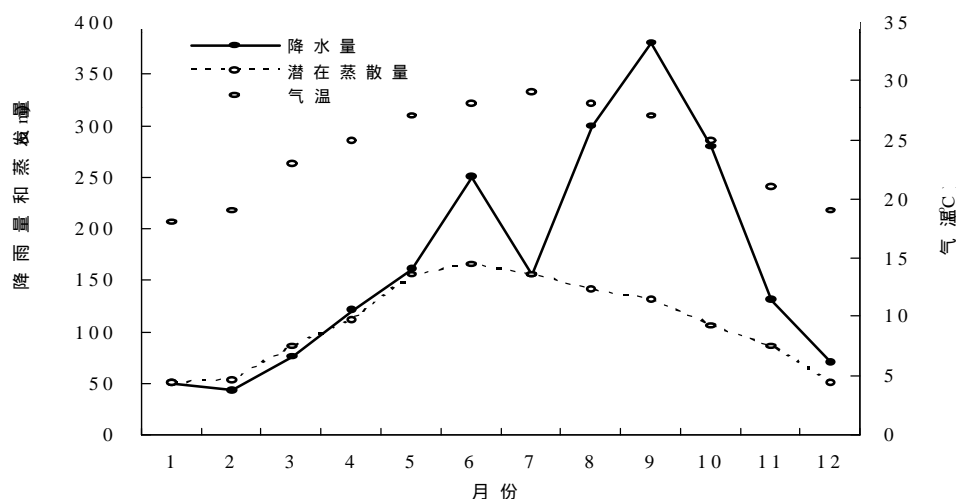


图 7 漳浦土壤水分收支图

Fig. 7 Budget chart on soil moisture of Zhangpu County

4 赤红壤水管理

前已述及,闽南地区性降水的一个特点是,夏季降雨量虽最多(图 3),但变率大且强度大,属植物能利用的有效水不多,这样,不仅使十分宝贵的降水大量白白地流失,而且还易产生地表径流,导致土壤侵蚀。据此,首先,加强水利工程设施建设,完善排灌系统。闽东南的地形特点是以山地丘陵为主,其上普遍缺乏灌溉措施,原有的灌溉设施大都年久失修,许多不能正常发挥作用。实行家庭联产承包责任制以后,新开辟的果园、茶园几乎都没有灌溉措施。从 1996~2000 年间,受经济利益驱动,漳浦县新增园地面积达 3157.2 hm²,其中大多数是农

民开辟荒山的结果,依个人单户的劳力和财力建立起完善的灌溉系统实不可能。因此,有必要在水源丰富处,选择有利地形,修建山塘和小型水库,也可因地制宜地修建一批调蓄能力较大的水利工程,完善水利工程系统配套,贮存更多降水资源以缓和旱情。其次,根据作物需水特性和降水的变化规律,进行适时、适量灌溉,同时积极发展喷灌、滴灌,提高灌溉水利用率。目前闽东南的灌溉耕地大都是采用地面灌溉,而喷灌、滴灌比一般的地面灌溉节水 40%~60%,且有明显的增产效益。据在桔园内进行自流微喷试验^[4],微喷能明显增加 0~60 cm 土层中的土壤有效水含量,特别在无降雨时更加明显,能在一定程度上缓解季节性干旱。滴灌是一种新型节

水灌溉技术, 据研究认为^[8], 蔬菜滴灌能消除叶片水分亏缺; 果菜滴灌可增产幅度 15.1% ~ 54.9%, 且提高了品质。福建赤红壤区山地丘陵面积比重较大, 更有必要在果茶基地和经济作物区发展喷灌和滴灌新技术, 在有条件的平原和台地地区应逐步改漫灌为管灌, 以降低灌溉定额, 提高灌溉利用系数。再次, 采取覆盖措施, 对保持表土层水分有明显作用, 不仅可减少蒸发、蓄水保水, 同时可调节田间小气候, 降低地表温度。1996 ~ 1997 年间, 我们在漳浦设置果园套种草类试验区, 在果树间, 套种宽叶雀稗(*Paspalum thunbergii*), 园叶矮冠豆(*Cassia tora* L), 绿黑皮豆(*Phaseolus radiatus* L), 黑麦草(*Lolium perenne* L), 台中 11 号豌豆(*Pisum sativum* L. var.) 等绿肥或牧草, 结果表明: 提高土壤含水量(2.7% ~ 10.5%), 降低地表温度(1.0 ~ 6.2 °C), 保土效果明显。

5 结 语

闽南赤红壤地区年降雨量小于年蒸发量, 季节性干旱和土壤高温非常严重, 成为影响该区农业生产的主要障碍。而赤红壤的总库容、贮水库容和有效水库容都较小, 这进一步促进了旱情的发展, 加以此时植物生长旺盛, 蒸腾量也大, 粘粒在暴雨作用下淋溶下移, 阻塞土壤孔隙, 使渗透率下降, 地表径流增大, 总之, 在气候、土壤、植被、水文乃

至地形等多种自然因素的综合作用下, 赤红壤旱地水分问题特别突出, 其上作物易遭受干旱的胁迫。完善灌溉设施, 有计划发展喷灌、滴灌, 进行地表覆盖, 能提高水资源的利用率。

参考文献

- 1 周炳中, 杨浩, 赵其国, 包洁生, 周生路, 高人. 红壤丘陵区土地可持续利用中的干旱约束与调控研究. 地理研究, 2002, 21(4): 459~468
- 2 福建省农业地图集编纂委员会. 福建省农业地图集. 福州: 福建科学技术出版社, 1995
- 3 姚贤良. 华中丘陵红壤的水问题. 土壤学报, 1996, 33 (3): 249~257
- 4 姚贤良. 红壤水问题及其管理. 土壤学报, 1996, 33 (1): 13~20
- 5 李成亮, 何圆球. 低丘红壤旱地水分问题及其解决途径研究进展. 土壤通报, 2002, 33 (4): 306~309
- 6 阮伏水, 朱鹤健著. 福建省花岗岩地区土壤侵蚀与治理. 北京: 中国农业出版社, 1997, 18~25
- 7 庄仁想. 福建沿海地区国土资源综合研究. 北京: 海洋出版社, 1992
- 8 杨金楼等. 设施园艺滴灌应用技术研究. 见: 庄季屏主编. 土壤物理与农业持续发展. 北京: 科学出版社, 1995, 76~86

WATER PROBLEM IN LATERITIC RED SOIL AND ITS MANAGEMENT

^{3/4} A Case Study of Zhangpu County in Southern Fujian Province

QUAN Bin¹ CHEN Jian-fei² ZHU He-jian³ GUO Cheng-da³

(1 Center of Soil and Water Conservation and Eco-environment Research, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100;

2 College of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510405;

3 Research Center of Natural resources, Fujian Teachers University, Fuzhou 350007)

Abstract The water problem of lateritic red soil in the hilly and platform region of Southern Fujian and its effective management are described in this paper, which shows that the annual precipitation, though abundant, is still much less than annual evaporation capacity in this area. The soil suffers severe seasonal drought and high temperature. It is becoming one of the primary barriers retarding agricultural production. The soil water volumetric capacity, water-storage capacity, and especially the available water-storage capacity, in lateritic red soil are quite small and the water content in the soil available to plant growth is limited, which promote the further development of the drought problem. Under the comprehensive influence of the climate, soil, plant, hydrographical condition and landform, the water problem becomes predominant in lateritic red soil, threatening the crops thereon. It is essential to consummate irrigation installations and facilities and develop sprinkling and drip irrigation in a planned way, which may be an effective way to increase water use efficiency on lateritic red soil.

Key words Lateritic red soil, Dryland, Soil available water-storage capacity, Soil water management, Fujian Province