

红壤丘陵区农业发展研究

中国农业科学院红壤实验站 主编

THE STUDIES ON AGRICULTURAL DEVELOPMENT
IN HILLY RED SOIL REGIONS OF CHINA

中国农业科技出版社

序

由农业科研人员探讨红壤丘陵区农业发展的规律,以便开发、利用自然资源,推动高产、优质、高效农业的发展,这是一件意义十分重大的事情。中国农业科学院祁阳红壤实验站的50多位传家、学者和科研人员,积35年农业科学实验之精华,集各项专题研究之成果,撰写、编辑了70篇农业科研论文,定名为《红壤丘陵区农业发展研究》,值此出版之际,谨致祝贺!

如果该科学技术转化为现实生产力给人们以财富的话,那么《红壤丘陵区农业发展研究》则是通过揭示农业生产发展规律,交给人们打开财富宝库的金钥匙。本书作者从各个不同的角度,为帮助人们从必然王国向自由王国进军作了不懈的探索,他们从厚实的理论沃土走向丰富多彩的生产实践,借鉴国内外现代科研成果,富有创见地剖析、回答了当前农业,特别是湘南农业发展中的理论和实践问题。其内容涉及到红壤丘陵区农业发展的多领域、多方面、多层次,因而具有很强的实践性、针对性和广泛性。

纵览全书,其特点主要有三:

一曰“实”。作者扎根农村,研究农业,服务农业,实实在在地解决各个时期农业生产中的迫切问题。“但愿苍苍俱温饱,不辞辛苦在山林”。不论是60年代初研究潜育性水稻土“鸭屎泥田”的改良,通过施磷肥解决“坐秋”现象,使低产田亩平产量由175公斤提高到280多公斤;还是研究推广合理施用钾、锌肥防治水稻“僵苗”,水稻起垅栽培改良潜育性稻田;乃至“六五”、“七五”、“八五”承担南方红黄壤地区区域治理与农业发展,南方红黄壤丘陵区农业持续发展等国家和农业部重点科技攻关项目,都带有巨大的影响作用,尤其对我县农业生产和农业科学技术的发展更具有深远意义。

二曰“广”。主要表现在内容广泛,研究面宽。既研究水土气候资源,又研究水稻持续高产;既研究旱地利用改良,又研究林草结合,改善生态环境;既研究专项攻关,又进行科技推广,寻求国际科技合作,并获得了国家、省部九项科技奖。同时,通过科学研究与推广示范有机结合,使许多先进农业技术、优良苗木和作物种子进入广阔的田野山岗,在广阔的湖南大地,直到全国农村产生了广泛的经济效益。

三曰“深”。科学研究的最大特点就是高屋建瓴,用科研成果势如破竹地解决现实生活中实际问题。实验站科研人员站在跨世纪农业发展的制高点上,透视着农业发展的灿烂前景,把对未知领域的认识大大超前了一步,把对现实农业的指导与长远发展战略融汇一体,单项突破与综合治理有机结合,经济效益、生态效益、社会效益综合论证,从而弥补了二次工业革命给生态环境带来破坏的不足。

农业科学研究解决的不仅仅是12亿中国人吃饭问题,更重要、更深远的是解决了一个泱泱大国的政治稳定,国民经济基础稳定的大问题。本书作者把响应党中央重视和加强农业的号召变成了扎扎实实的科研行动,在无穷的领域进行无尽的探索。他们“驱却坐上千重寒,饶出炉中一片春”。相信在邓小平建设有中国特色社会主义理论指导下,他们对农业科学研究更加卓著成效,为中国农业发展谱写更加辉煌的篇章。

中共祁阳县委
祁阳县人民政府
1995年4月

前 言

本书是中国农业科学院红壤实验站近年来研究工作的部分成果汇编。

农业是基础，南方红黄壤地区的农业发展，历来为各级领导所重视。1960年中国农业科学院土壤肥料研究所响应党中央的号召，派遣科技人员去湖南祁阳官山坪建立农村基点，与省、地、县有关业务部门合作，改良低产田。在总结群众经验的基础上，研究成功一整套改良低产“鸭屎泥”田的理论和技術，大面积推广应用，取得了显著的社会经济效益。

自70年代后期，我国实行改革开放以来，祁阳站的研究工作又获得了长足的进展。为了加强对红壤丘陵的开发利用，1983年农业部决定在原土肥所祁阳站的基础上建立中国农业科学院衡阳红壤实验站，编制仍属土壤肥料研究所。“六五”“七五”“八五”期间，本站先后承担了农业部重点科技项目“南方红黄壤综合利用和改良”，“南方红黄壤区域农业研究”和国家“八五”科技攻关项目“南方红黄壤丘陵低产地综合治理研究”中的“湘南红壤丘陵农业持续发展”专题，以及国际合作项目。在研究范围方面，从已往的低产田改造，逐步扩展到稻田持续增产的理论和配套技术；旱地的利用和改良，发展经济作物、果树和禽畜养殖；林草牧结合，治理荒丘荒山，保护水土资源，改善生态环境。参加“八五”国家科技攻关项目的，除土肥所红壤站的人员外，还有中国农科院油料所、灌溉所、茶叶所、麻类所、兰州畜牧所、气象所、区划所、山区室和中国水稻所等单位的科研人员。

编选入本书的是“六五”、“七五”、“八五”期间所完成的学术论文和研究报告，以“八五”为主，其目的是反映“八五”科技攻关取得的成绩，以便及时总结交流，促进红黄壤地区农业持续发展。

本书的出版也是庆祝中国农业科学院红壤实验站建站三十五周年活动的一项重要组成部分。

中国农业科学院土壤肥料研究所

目 录

序

前言

第一篇 水土气候资源

南方红黄壤地区的土壤条件与农业发展战略	黄鸿翔 (1)
湘南丘陵红壤持水特征及水分状况的研究	刘荣乐 张马祥 (5)
湘南红壤区三种土壤水热状况的研究	沈富林 秦道珠 刘更另 (11)
湘南低山丘陵红壤的土壤水分动态及其影响因素	陈典豪 (21)
红壤丘陵区三种土壤生土熟化初期的养分和 pH 变化特征	谢开云 董慕新 刘更另 (25)
湘南丘陵红壤地的利用方式对土壤腐殖质组成及养分的影响	陈福兴 邹长明 谢良商 (30)
红壤丘陵自然植被恢复及其对某些土壤条件的影响	刘更另 黄新江 冯云峰 (35)
湘南红壤丘陵区农业综合发展潜力与技术对策	陈福兴 陈永安 秦道珠 (44)
湘南发展立体农业的资源环境分析	陈印军 (48)
湖南省祁阳县立体农业发展方向与对策	陈锦旺 (53)
湘南红壤试验区季节性干旱及防御的研究	刘洪顺 王继新 (59)
不同熟化程度红壤的机械组成与土壤凋萎含水量的关系	文石林 张马祥 (64)
湘南红壤丘陵区畜牧养殖业发展的思考	王宝理 (67)
低山丘陵区土壤航片判读研究	黄鸿翔 朱大权 蒋光润等 (70)

第二篇 稻田持续高产

消除障碍因子,促进红壤稻田持续高产的研究	张马祥 陈永安 陈福兴等 (77)
湘南丘陵区双季稻绿肥制施肥效应及土壤中钾素的变化	刘更另 陈永安 陈福兴 (87)
湘南稻田三熟制土壤钾素养分变化及平衡施肥技术	邹长明 陈福兴 (91)
东安县稻田施肥效果及其需用量的研究	陈永安 黄佳良 吕玉朝等 (95)
提高氮肥经济效率的研究	陈福兴 刘更另 (102)
水田供氮能力与施氮技术的研究	邹长明 陈福兴 秦道珠 (105)
早稻“二高一优”的群体结构及氮素调控技术研究	王德仁 (110)
氮肥施用方法对水稻产量和养分吸收的影响	邹长明 陈福兴 秦道珠 (120)
硝酸磷肥和硝酸磷钾肥在南方作物上的施用效果	陈福兴 王伯仁 李孟秋等 (123)
湘南三种主要水稻土磷的吸附特征及施磷技术研究	王伯仁 陈福兴 高菊生等 (131)
稻田土壤硫素状况及其肥效研究	谢良商 (136)
双季稻绿肥轮作制度下的施肥体系	刘更另 陈永安 陈福兴 (141)
紫泥田水稻僵苗原因及防治措施 (一)	陈福兴 陈永安 武桂珍等 (146)
紫泥田水稻僵苗原因及防治措施 (二)	陈福兴 陈永安 武桂珍等 (151)
土壤中砷对植物生长的影响——南方“砷毒田”的研究	刘更另 陈福兴 高素端等 (157)
深泥脚田水稻垄栽增产技术体系的研究	陈福兴 陈永安 秦道珠等 (164)
稻田垄栽养鱼的生态和经济效益	秦道珠 高菊生 (170)
湘南红壤丘陵区传统农业的养分平衡	张马祥 (174)
湖南祁阳几种农业土壤培肥的办法	刘更另 陈福兴 (180)
稻田不同轮作方式对培肥地力的作用	陈福兴 张马祥 邹长明等 (188)
湘南吨粮田的土壤条件及其培肥措施	陈福兴 秦道珠 邹长明等 (193)

.....	陈福兴	秦道珠	谢良商	(197)
论科学的耕作制度——湖南衡阳地区双季稻发展过程的分析	刘更另			(201)
湘南地区一种新种植方式——青饲料-玉米-水稻的研究	陈典豪	沈富林	张马祥	(206)
西瓜-稻种植制度在山丘稻田的经济效益及其对土壤肥力的影响	陈典豪			(214)
红壤性水稻土三熟制油菜高产关键技术及土壤培肥功能的研究	涂运昌	谢立华	李金树	(217)
氮肥和密度对水田三熟制油菜产量和氮素营养影响的数学模拟	谢立华	涂运昌	李金树	(221)
应用回归旋转设计研究红壤水田三熟制油菜氮磷钾肥合理施用量	涂运昌	谢立华	李金树	(224)
湘南试验区三熟制中的油菜生长与气候条件	刘洪顺			(227)
湘南水稻套种高产技术研究	陈福兴	秦道珠	邹长明等	(230)
湘南红壤丘陵区连作杂交稻早、晚季组合搭配方式的研究	姚长溪			(238)
高岸田粮经作物多熟制培肥高产的种植方式与节水栽培制度	郭国双	刘祖贵	潘保仲	(243)
湘南红壤试验区稻田季节性干旱与稳产灌溉模拟研究	刘洪顺	王继新		(249)

第三篇 旱地利用改良

湘南红壤旱地水分状况及抗旱栽培技术的研究	陈永安	黄佳良	游有文等	(253)
湘南红壤丘陵旱地改良利用中土壤磷素的变化	陈福兴	陈傲		(259)
磷石膏在红壤上的肥料效应	陈永安	游有文	黄佳良等	(263)
有机无机肥料对红壤旱地的培肥及增产作用	陈永安	黄佳良		(268)
湘南大豆、花生品种评选与大豆氮磷肥合理施用研究	郭庆元	涂学文	李志玉等	(272)
红壤低产桔园土壤培肥及高产优质施肥技术	陈福兴	王伯仁	魏长欢等	(277)
湘南红壤油桃生长的水肥条件及品种适应性研究	陈永安	游有文	陈典豪等	(282)
湘南红壤丘陵茶园水分特性及抗旱栽培技术的研究	朱永兴			(288)
提高红壤丘陵茶叶自然品质及名茶生产配套技术的研究	朱永兴	邓茂云	陈永安	(293)
新垦茶园水土保持技术的研究	蒋华斗			(297)
黄花草需肥特性及施肥技术的研究	陈福兴	王伯仁	武桂珍等	(300)
湘南红壤丘陵区红麻纤维和种子兼收高产栽培技术初步研究	王朝云	揭雨成		(304)

第四篇 林草牧结合，改善生态环境

湘南红壤区草、灌、乔及其配合对生态环境的作用	谢开云	甘寿文		(309)
湿地松是红壤丘陵荒山的适生树种	黄平娜	陈典豪		(315)
红壤丘陵地区牧草的引种、建植及其生态效益	谢良商	张久权	文石林等	(318)
红壤丘陵荒地牧草种植及栽培要点	黄平娜			(325)
南方红壤丘陵区牧草的肥料管理	谢良商	张久权	文石林	(332)
宽叶雀稗在南方荒山的适应性观察	陈典豪			(338)
圆叶决明在红壤丘陵区的引种及应用研究	张久权	陈福兴	曹卫东	(340)
中国南方红壤区种草养畜的潜力及问题	谢开云	张久权		(343)
高温环境对马头山羊生理常数及耐热性能的影响	王宝理			(347)
蛋鸭饲料中稻谷替代玉米的研究报告	王宝理			(353)
复合矿物饲料对群鸭蛋壳厚度的影响	王宝理			(355)

附录

一个农村科学研究试验基点的好榜样（1963年4月27日《新湖南报》社论）				(358)
一条农业科学实验的正确道路（1963年7月23日《人民日报》社论）				(359)
中共湖南省委在官山坪召开座谈会要求各级党委认真推广官山坪经验决心在几年内把全省低产田改造好				(362)
祁阳红壤改良实验站面向生产				(363)

第一篇 水土气候资源

南方红黄壤地区的土壤条件与农业发展战略

黄鸿翔

我国南方红黄壤地区泛指我国中亚热带及其以南地区。为统计方便，一般包括浙江、福建、江西、湖南、广东、广西、海南、贵州、云南 9 个省（区）的全部、安徽南部、湖北东南部和西南部、四川省除甘孜、阿坝两自治州以外的其余地区，而不包括台湾省、江苏省南端和西藏自治区东南部的红黄壤分布区。土地面积近 220 万 km^2 ，占全国的 21.8%，有耕地 4.2 亿亩，占全国的 28%，农业总产值占全国农业总产值的 43.3%~44%，是我国最重要的农业区之一。

第一，我国南方红黄壤地区虽然均处于中亚热带、南亚热带和热带范围，但气候条件仍有较大差异。本区绝大部分面积属湿润区，西部的干热河谷可属干旱与半干旱区。由于地形起伏，海拔高差大，境内最高峰海拔达 6740m，因而在垂直带上也可出现北亚热带、温带、甚至寒带的温度状况。此外，本区东半部属东南季风区，春季多雨，伏秋干旱，冬季易受北来寒流侵袭，而西南部属西南季风区，冬半年干旱，夏半年多雨。这些气候特征对本区土壤发育与农业生产带来了深刻的影响。

第二，该区地质地貌条件复杂多样。山地、丘陵、平原、高原、盆地等地貌类型一应俱全，尤以丘陵低山占有较大比例。成土母质种类繁多，许多具特殊性状的母质影响到土壤的成土过程与发育强度，因而本区具有大面积的弱发育的新育土。

第三，本区分布有较大面积的古红土，在这些地方，土壤性质是古代成土作用和现代成土作用的共同作用结果，因而有时可看到中亚热带某些地区红壤的脱硅富铝化程度高于热带某些砖红壤的现象。

第四，本区开发历史比较悠久，因而除部分偏僻山地外，原生植被破坏殆尽，代之以天然次生植被或人工植被，对土壤的发育与利用也有一定影响。

第五，本区人口分布不均，社会经济发展水平差异极大，沿海及一些平原地区的农业集约化水平、商品化水平已经很高，而西南一些地区还处于刀耕火种的原始状态，因而农村的贫富差别也非常大，这对土壤的发育，特别是对土壤的开发利用更具有极大的影响。

二

本区自然与社会经济条件的复杂多样，造成了本区土壤类型、分布、属性和改良利用方

向、措施的复杂多样。

按最新的中国土壤分类系统,全国共划分 61 个土类,本区就有 31 个,占面积最大的 7 个土类是:红壤、水稻土、黄壤、紫色土、赤红壤、石灰(岩)土、黄棕壤,面积均在 1 亿亩以上。面积在 1000 万亩以上的土类还有:粗骨土、棕壤、砖红壤、暗棕壤、黑毡土、潮土、棕色针叶林土、滨海盐土、新积土、燥红土 10 个土类,面积在 1000 万亩以下的有:石质土、黄褐土、风沙土、山地草甸土、褐土、酸性硫酸盐土、草毡土、寒冻土、火山灰土、沼泽土、泥炭土、红粘土、砂姜黑土、磷质石灰土 14 个土类。本区土壤类型之多,是黄淮海、黄土高原等农业区所无法比拟的。

在土壤分布上,一方面存在大面积非地带性土壤交错分布于地带性土壤之中,这一点既不同于以非地带性土壤占绝对优势的黄土高原和黄淮海平原,也不同于以地带性土壤占绝对优势的内蒙古高原;另一方面由于地域辽阔,土壤的地带性分布规律仍表现得相当明显。从纬度地带性分布来看,从南向北依次表现为砖红壤、赤红壤和红壤的有序过渡。从经度地带性分布来看,也有从东部红壤过渡为贵州高原和四川盆地边缘黄壤,再过渡为云南高原红壤的明显规律,其类型演替乃是由湿度因素所造成。从垂直地带性分布来看,本区众多的山地均存在有或多或少的垂直带谱。云南西北部的高山峡谷区是我国垂直带谱最复杂的地区之一。河谷基带土壤为红壤,往上依次分布黄壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤、棕色针叶林土、黑毡土、草毡土和寒冻土。其他地区的带谱虽较简单,但带谱的组成基本相似,即使在东部的低山区,往往也存在着赤红壤-红壤或红壤-黄壤的过渡,甚至是同一土类中不同亚类在垂直带中的过渡,如红壤带中红壤亚类向黄红壤亚类的过渡。

由于地形、母质复杂,土壤类型众多,本区土壤组合状况极为多样,在不同地区构成不同的组合模式与组合图型,如一些盆地的羽状土壤组合或环形土壤组合,河流两岸的条状土壤组合,丘陵区的树枝状土壤组合,高原区的斑块状土壤组合等等。值得指出的是,同一种土壤组合在组合模式和组合图型相同的情况下,往往还可细分为多种类型,以表现因母质不同造成的对其开发利用的明显差异。如红壤丘陵区由红壤和水稻土构成的树枝状土壤组合,在花岗岩低丘区,沟谷短小但分支较多,占据沟谷的水稻土中,潴育水稻土亚类面积较大,丘陵坡度较大,坡面不够完整宽阔,红壤土层较薄,通常少有农业利用。在第四纪红色粘土丘陵区,沟谷宽浅,分枝较少,水稻土中淹育水稻土、潴育水稻土和潜育水稻土从上而下依次分布,均占有较大面积,丘陵坡度小,坡面完整,土层深厚,宜于农作,分布有较多旱土或茶、果园。在板岩、页岩构成的丘陵或低山区,沟谷所占比例很低,沟谷细长,水稻土中潜育水稻土所占比例很高,丘陵坡面虽较完整,但因坡度大,土层薄,因而也少有农作。

土壤类型的复杂多样,造成土壤的理化生物性质也同样复杂多样。虽然本区的地带性土壤红壤、黄壤、赤红壤和砖红壤均属强淋溶强风化的铁铝土,酸、粘、瘦是其基本特征,但本区同样存在有大面积不酸、不粘、不瘦的土壤类型。土壤性质差异之大,在小范围内变化之激烈,也是我国其他农业区所不能相比的,从土壤酸碱度上看,可以从强酸性至强石灰性,从质地上看,可以从粘土到砂土,从有机质含量上看,可以从极低到 20% 以上。

三

土壤是农业的基础,本区复杂多样的土壤条件必然对农业生产的发展带来深刻的影响,依据本区的土壤条件,在研讨持续农业的发展战略时,下面四个问题应引起足够重视。

(一) 必须坚持因地制宜的原则, 建立多种发展模式

综上所述, 本区土壤条件复杂多样, 社会经济水平发展不一, 因而不能像黄淮海平原或黄土高原等农业区那样, 可以用少数几种发展模式推行全区, 而应在不同区域根据不同条件确定不同的农林牧结构、不同的种植和养殖制度, 不同的栽培和养殖技术。举例来说, 鄂南和湘北的红壤丘陵区, 丘陵、沟谷和水面均占有一定比例, 最有利于农林牧渔业综合发展; 赣北和云南高原红壤丘岗面积大, 地形较平缓, 水面较少, 可以大力发展旱地粮经作物; 湘南和赣南的红壤丘陵, 地形起伏稍大, 除应稳住水田生产外, 可大力发展丘陵地的林果业生产; 而沿海丘陵区则可发展外向型的种植业和养殖业。

在发展本区农业生产时, 推行任何一种种植制度或生产技术时, 都切忌大面积盲目推广, 而应根据地形、土壤和社会经济条件等因素因地制宜地安排。多年来, 我们曾在本区大面积推广种植柑桔、茶叶和杉树等, 结果不少地方产量很低或品质低劣, 其原因主要就是种在不适宜的土壤上。这方面失败事例之多也超过了我国其他农业区, 其原因正是由于本区的土壤条件较其他区更为复杂。同理, 在今后建立商品基地, 发展商品生产时, 也不能像其他地区那样搞大规模的连片种植, 而应根据其适宜土壤采取分散的集团式布局。

(二) 正确估价本区的发展潜力, 近期应以低丘红壤为开发重点

许多学者, 都肯定本区具有发展农业的巨大潜力, 原因是具有丰富的水热资源和利用尚不充分的土地资源。但是, 本区并不是所有的地方都具有同样的发展潜力。

本区面积不大的平原和沟谷, 除西南的干热河谷垦殖指数偏低外, 其余地区已基本开垦利用, 且以水田为主, 目前一般都具有较高的生产水平。

本区有较大面积的山地, 目前基本为森林所覆盖, 由于土层通常较为浅薄, 雨量又很大, 因而本区山地的林业应以生态林为主, 不宜大面积发展经济林, 更不宜发展农业。

丘陵是本区占面积最大的地貌类型, 目前除四川和贵州的垦殖指数较高外, 其余地区利用尚不充分, 以次生林为主, 仅有小部分丘陵地种植经济林果及垦为农地。丘陵区特别是红壤低丘区, 通常坡度较缓, 土层深厚, 交通也较方便, 具有发展经济林果和开垦粮经作物耕地的良好条件, 是整个红黄壤地区生产潜力最大的区域, 无疑应该成为近期开发的重点, 江西、湖南、云南和浙西、鄂东南是这一类型的最大分布区, 广东、广西和福建的赤红壤区也有大面积的低丘可成为开发的重点。

(三) 在稳定和发展平原、沟谷水田生产的基础上 发展丘陵坡地农林牧业

丘陵坡地虽然具有发展农林牧业的良好前景, 但是在人口如此稠密的地方竟然长期无法发挥其生产潜力, 正说明其限制性也极强, 其主要限制因素是水分时空分布不均, 季节性干旱严重和土壤肥力较低, 没有大的投入的情况较难有效开发利用。而平原和沟谷的水田, 由于生态条件较为稳定, 因而比较高产稳产, 这也是该地区长期单一的稻、猪型农业经济结构的原因。

红黄壤区丘陵坡地的开发利用, 除赣北、湘北、鄂东南和云南高原具有发展粮食生产的条件外, 其余区域大多应以发展用材林、经济林、水果等为主, 粮食问题仍将主要依靠水田

解决，因此稳定和发展这一地区水田生产是开发利用丘陵坡地的基础。

目前四川、贵州的丘陵区垦殖指数平均在 20% 以上，不少地方在 50% 以上，以种植旱粮为主。在这些地方，不少耕地坡度在 25° 甚至 35° 以上，水土流失极为严重。特别是在石灰岩分布区，通常土层浅薄，稍加冲刷即裸露坚硬的基岩，即使在这类地区，贵州省的垦殖指数也达到了 24.3%。因此，在贵州和四川的不少坡耕地是理当退耕还林还牧的。但是如不解决粮食生产和供应问题，退耕只是一句空话。而要解决粮食问题，最根本的途径还是提高沟谷水田的生产力。目前在这一地区，由于中低产田面积大，水田生产水平低于东部各省。加强农田基本建设，搞好中低产田改良，提高科学种田水平，以大大提高水田的生产力，仍是这一地区发展粮食生产，搞好丘陵坡地合理利用的最根本措施。

(四) 增加投入，加强农田基本建设

由于本区地形起伏，农田基本建设工程的投资效益低于其他平原农田，而又因生态恶化程度还不及黄土高原，因而在以往经济尚不发达的条件下，本区的农田基本建设水平很低，在全国各大农业区中处于后进地位。水田大多依靠坑塘蓄水灌溉，抗旱能力很低，甚至还存在大面积等雨栽插的望天田，丘陵区的旱耕地不仅绝大部分无灌溉条件，甚至大多数未经规划，为零星的小片开垦，根本谈不上合理的田块设置和林网、道路、水利工程建设。

本区东半部各省水田占总耕地面积的 75~85%，旱耕地面积小，产量低而不稳。但低丘红壤面积广阔，具良好的开发前景，主要问题是季节性干旱严重和土壤肥力低，必须加强农田水利建设和搞好土壤改良培肥。如不重视农田基本建设而盲目开垦，其结果只能是扩大低产土壤面积和增加水土流失。

在贵州高原和四川盆地，伏秋干旱程度较低，旱地较为保收，因而旱地较多，可占到耕地总面积的 60~70%。但目前同样缺乏农田基本设施，不仅产量很低，而且水土流失严重，特别是贵州的石灰岩地区，每次降雨都可能减少一些耕地。加强农田基本建设，稳定和培肥旱坡地，是这一地区发展农业生产的一个重要任务。另外，这一地区水田中的中低产田面积很大，增强改良培肥措施，建设稳产高产基本农田是搞好坡地合理利用的前提之一。

云南高原的旱地占有最大比例，一般占总耕地面积的 70% 左右。虽有早春的干旱问题，但比东部更适合于旱地作物的种植。由于其独特的气候条件，在有水浇的条件下，旱地粮食作物可以获得很高的产量，玉米一季亩产吨粮，一年三熟亩产 1.8 吨，都已在小面积上实现。但目前水利设施极差，灌溉面积很小，土壤培肥又很不够，现有农田状况远不能发挥其应有的生产潜力。为了将这一地区建成我国新的粮经作物商品基地，加强农田基本建设也是一个重要的前提。

必须强调指出的是，过去在这一地区对农田基本建设的投入不足，这是造成生产潜力未能发挥的原因之一，今后如要发展这一地区的农业生产，增加投入，搞好农田基本建设，特别是增加灌溉和改良培肥土壤，是最根本的措施之一，必须引起各级领导部门的足够重视。

湘南丘陵红壤持水特征 及水分状况的研究

刘荣乐 张马祥

提要 在湘南丘陵坡地第四纪红壤上连续定位测定土壤含水量,研究了湘南丘陵红壤的周年土壤水分状况。采用压力膜技术,测定了实验区红壤的土壤水分特征曲线,分析了红壤的持水和保水特征。结果表明:湘南丘陵第四纪红壤,质地粘重,水稳性微团聚体发育,持水性强,释水力差;湘南丘陵红壤区,降水丰富且季节性变化大,土壤含水量季节性变化明显。坡地红壤的土壤水分状况可划分为四个土壤水分时期:土壤潮湿期(冬~春季)、土壤水分耗损期(夏初)、土壤干旱期(夏季~秋初)和土壤水分补充恢复期(秋末)。湘南坡地红壤普遍存在季节性土壤干旱,多表现为夏秋连旱,对作物生产危害很大。文中还提出了旱地农业土壤水分调控原则。

湘南丘陵区,位于我国中亚热带、湿润季风常绿阔叶林红(黄)壤生物带内。该区内水热条件优越,植物生长旺盛,生物循环强烈。但由于受季风气候的影响,温湿状况有明显的季节性变化;年际间降水量差异也很大。

我国亚热带地区的红壤,多发育自第四纪红色粘土母质上,具有独特的水分物理性质^[1-3]。我国对于红壤周年土壤水分状况的研究报道较少。据中和等根据江西进贤第四纪红壤的土壤水分动态,划分为三个时期:伏夏秋初强烈上升蒸发期、仲秋冬季补充恢复期和春末夏初下淋期^[4]。本研究力图揭示湘南丘陵第四纪红壤的持水和释水特征及周年土壤水分动态状况,为制定合理的土壤水分调控措施,发展旱地农业;为改善生态条件,恢复荒坡植被,提供基础资料。

一、材料与方法

本研究是在中国农业科学院祁阳红壤实验站荒山试验场内进行的。经过三年多的封闭保护,荒丘上已长出自然草被和稀疏灌木。土壤为第四纪红色粘土母质上发育的红壤,土层深厚,质地粘重,通体呈褐红色,为碎块状结构;表层(0~30cm)色稍暗,含有机质稍多,有中量到少量根系;深层(>70cm)有砾石,其含量随深度逐渐增加。试验区红壤的主要物理性质见表1。

在试验场荒丘北坡(坡度为8~10度)坡背位置上,设裸地和自然恢复植被下的两个处理区,每区面积为16m²。在每一处理区中部,分别在5、10、15、20、30、40、50、70和100cm深度上埋设DTS-1型土壤湿度石膏块传感器和热敏电阻土壤温度传感器。每5日测定各传感器电阻一次,计算土壤含水量。

采用填装土,用压力膜法测定不同土层土壤的水分特征曲线。

表 1 试验区红壤的主要物理性质

深度 (cm)	粒径分布 (% , 粒径: mm)			质地名称	容重 (g/cm ³)	总孔 隙度 (%)	田间 持水量 (dw%)	有机质 (%)
	砂粒 (1-0.05)	粗粉粒 (0.05-0.01)	粘粒 (<0.001)					
0~10	8.74	22.99	34.86	粉质粘土	1.26	54.61	26.6	1.76
10~20	10.51	22.44	34.78	粉质粘土	1.29	54.58	26.8	1.78
20~30	7.03	22.00	38.57	壤质粘土	1.35	51.79	27.1	1.29
30~40	6.54	19.75	36.67	壤质粘土	1.40	50.53	27.3	1.03
40~50	3.52	27.58	42.70	粘土	1.42	50.35	26.7	0.97
60~70	6.57	15.86	47.03	粘土	1.50	47.18	27.0	—
90~100	3.12	19.05	47.59	粘土	1.54	47.08	28.6	—

* 各项目分析方法见参考文献 (5)。

二、结果与分析

(一) 湘南坡地红壤的保水、释水特征

就土壤本身而言,土壤的水分特征主要受土壤的物理性质和机械组成的影响。从表 1 可以看出,湘南红壤的粘土质地,在剖面上表现为上轻下重(粉质-壤质-粘质);在土壤强度剖面上表现出上松下紧;湘南红壤的田间持水量,在 100cm 深层较高(28.6%),其它各层都十分接近(26~27%)。试验红壤各种主要物理性质的剖面规律性,对田间土壤水分运动有重要影响。

土壤水分特征曲线(指土壤水分的能量指标(土壤水吸力)对土壤水分数量指标作成的相关曲线)是研究土壤水分特征的重要资料。从试验区红壤的土壤水分特征曲线(图 1)可以看出,湘南红壤各土层的持水力相当强,尤其是水吸力在 >1.0 巴之后。在任何相同水吸力范围内,随着上层的加深,持水力增强。这是红壤质地粘重的表现,而不同土层持水能力的差异是红壤剖面质地和孔隙度剖面变化趋势的反映。

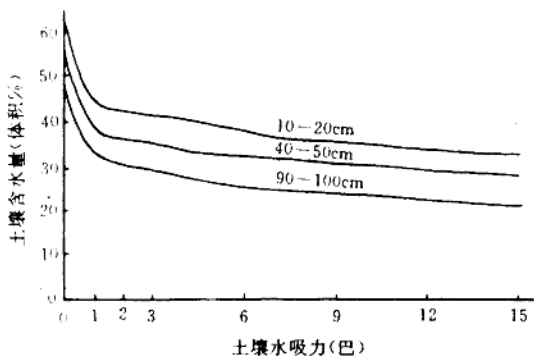


图 1 湘南红壤土壤水分特征曲线

土壤水分对植物的供应能力,决定于土壤水分的能量水平。在一定的吸力范围内,土壤所能排出的水量称为该吸力范围内的土壤释水量。单位吸力变化所释出的水量(土壤水分特征曲线的斜率)称为土壤比水容量。土壤比水容量随土壤吸力的变化曲线为土壤释水曲线,它表明了土壤的供水特征,同时间接表现了土壤孔隙的分布状况。从湘南红壤三个土层在不同吸力范围内的土壤释水量和当量孔径分布状况(表 2)可以看出,湘南红壤无效孔隙比例很大,并随土壤加深而增加;10~20、

40~50和 90~100cm 土层的无效孔隙(孔径小于 0.0002mm)分别占土壤总孔隙度的 37.2%、54.1%和 66.7%。

表 2 湘南红壤不同土层在不同吸力范围内的释水量 (体积%) 及当量孔径分布

土壤深度 (cm)	土壤吸力范围 (巴)							
	0.1~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	0.7~1.0	1.0~3.0	3.0~7.0	7.0~15.0	15.0
	当量孔径 ($\times 10^{-2}$ mm)							
	3~1	1~0.6	0.6~0.4	0.4~0.3	0.3~0.1	0.1~0.04	0.04~0.02	<0.02
10~20	7.43	1.64	3.28	2.39	4.41	3.78	4.03	20.29
40~50	8.95	1.99	2.27	3.98	3.12	3.69	3.69	27.26
90~100	9.86	3.54		2.77	1.54	6.16	3.39	31.88

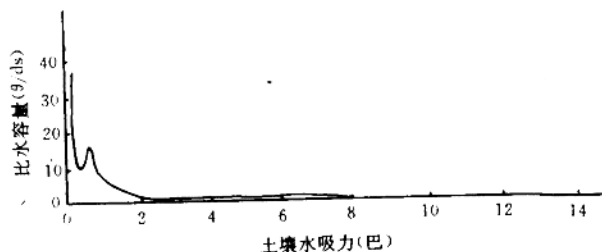


图 2 湘南红壤的释水曲线 (10~20cm)

从湘南红壤 10~20cm 土层的土壤释水曲线 (40~50 和 90~100cm 土层的土壤释水曲线与此相近。图 2 可见,土壤水吸力从 0.1 巴增至 0.3 巴,土壤的比水容量迅速下降;从 0.3 巴增至 0.7 巴,土壤比水容量上升;从 0.7 巴增至 2.0 巴,比水容量降至一很低值;大于 2.0 巴后,比水容量变化很小。红壤

的这种释水特征说明:(1)红壤的主要释水区在<2.0 巴的吸力范围内;(2)相对来说,与 0.3~0.7 巴吸力对应的土壤孔隙 (当量孔径为 0.01~0.004mm) 的比例大。红壤的这种释水特征,与其质地和结构特点有密切关系。研究期间,对剖面各土层的水稳性团聚体分析表明,该土壤中粒径>0.05mm 的水稳性团聚体含量在 8.5~15%之间,而粒径 0.05~0.01mm 的水稳性团聚体含量很高 (70~77%)。可见红壤质地粘重、微团聚体发育是红壤释水特征的内在原因。

(二) 湘南坡地红壤的周年土壤水分状况

1. 湘南丘陵区的降水特点

湘南丘陵区,年降水量在 1000~1500mm 之间,平均为 1275mm。降水有明显的季节性,以夏季最多,春季次之,秋季最少。据湖南省祁阳气象站观测,夏、春、秋季降水分别占全年总降水的 40%、30%和 13%;春、夏、秋、冬季历时分别为 61、135、76 和 93 天。虽然夏季降水多,但由于夏季长,潜在蒸散量大,整个季节内的降水不能满足蒸散的需要。一年中春季降水最为集中,其次为冬、秋季,按降水量和蒸发皿蒸发量计算水分平衡,春、秋、冬都出现盈余,盈余量分别为 250、80 和 130mm。试验期间 (1985 年),试验场内全年降水为 853.5mm,显著低于常年降水量 (1275mm),并且年内分布也与常年有异。以 1985 年为例,5 月份前各旬降水量都显著高于常年水平,以后各旬又显著低于常年水平;降水量旬际变化很大,降水集中在 3 月下旬至 6 月上旬 (春季和夏初),占全年总降水量的 61%;而从 6 月中旬至 11 月中旬 (夏季至秋初),降水量显著偏低,仅占全年总降水量的 28.2%,远远低于潜在大气蒸散量。因此,湘南丘陵区,在气候上大气降水与潜在蒸散季节性不协调,是土壤出现季节性干旱的主导因子。

2. 丘陵坡地红壤的土壤水分状况

(1) 土壤含水量的季节性变化 土壤水分的周年动态 (指土壤水分含量的周年消长规

律)是土壤自然体本身的基本特征之一^[6]。1985年试验区两处理1米土体和植被区不同深度的土壤含水量动态曲线(图3)说明,湘南丘陵坡地红壤上,土壤含水量有明显的季节性变化。根据年内不同时期土壤含水量的变化趋势,可把坡地红壤的周年土壤水分状况划分为四个土壤水分时期。土壤潮湿期一般出现在春季和夏初,在该期内,土体含水量高(在田间持水量左右),变化小,土壤剖面不同深度上含水量的差异小;从初夏开始,土壤含水量在较短的时期内迅速降低到较低值,土壤剖面不同深度的含水量差异逐渐增大,这段时间为土壤水分耗损期;1985年研究土壤上存在着明显的土壤干旱期,该期长达135天(夏季至秋初),土壤含水量低、变化小,土壤剖面不同深度的含水量差异大;从秋末开始(11月下旬以后),土壤含水量逐渐增高,直至土体含水量维持在26-27%左右为止,为土壤水分补充恢复期。

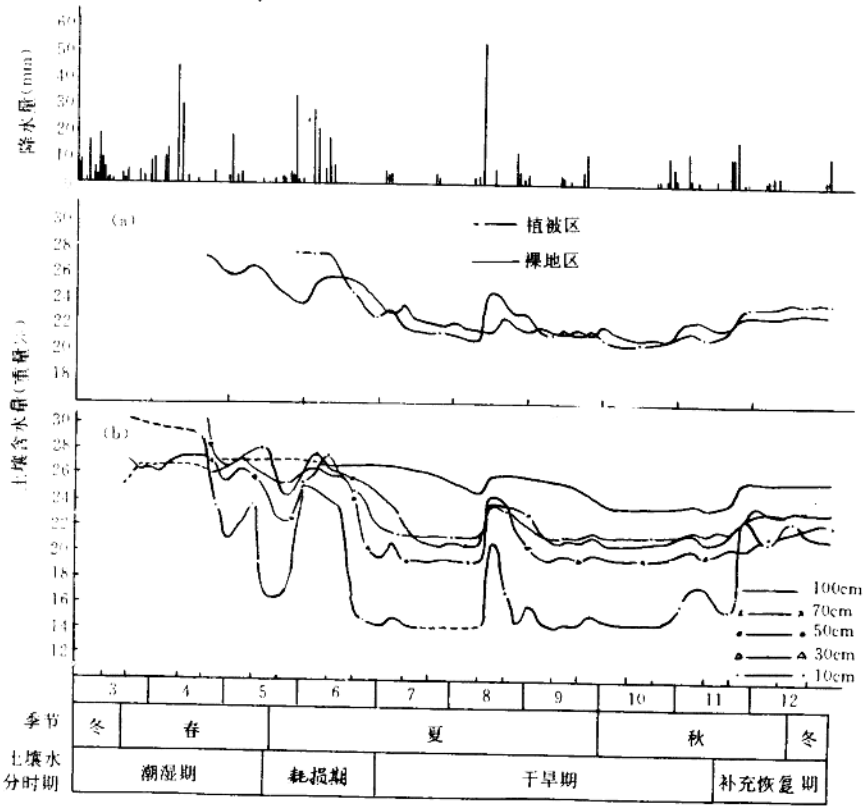


图3 湘南丘陵坡地红壤的土壤水分动态(1985)

(a) 100cm 土体平均含水量

(b) 植被区不同土壤深度的含水量

从坡地红壤各土层含水量的变化(图3-b)可以看出,土壤表层(0~10cm)含水量的季节性波动强烈,变化速度快,变化幅度大。土壤深层(70cm以下)的含水量高,季节性波动小,变化速度慢,30~70cm土层都表现出了季节性变化趋势。由此可得出结论:在湘南丘陵坡地上,主要是0~70cm内的土壤参与土壤水分循环;随着土壤深度的增加,土壤参与水分

循环的能力下降。

(2) 湘南丘陵坡地上的土壤干旱问题 土壤干旱的主要特征是土壤中缺乏植物可吸收利用的水分,根系吸水不能满足植物正常蒸腾和生长发育的需要,严重时,土壤含水量降至凋萎系数以下,造成植物永久凋萎而死亡。以 15 巴土壤含水量为土壤凋萎点,计算出试验红壤的土体土壤凋萎点为 18.8%。对照图 3-a 可以看出,尽管 1985 年土壤干早期内土壤含水量低(植被区),但都稍高于土壤凋萎点,即使在土壤含水量最低时,土体中有效水贮量仍维持在 25mm 左右。对照图 3-b 可以看出,10cm 深处土壤干早期的含水量低于其凋萎点(16.1%),30cm 深处接近其凋萎点(19.2%),50 和 70cm 处稍高于其凋萎点。说明在土壤干早期内,30cm 以上土层出现了有效水亏缺,发生严重土壤干旱现象。这些结果是试验期间观察到大量草本植物凋萎死亡,而深根的灌木未发生凋萎死亡的直接原因。

1982 年 7 月至 1985 年 12 月间,在试验区坡背不同位置(3~5 个测点)上,每月 10 日左右用土钻取土,测定了多年的坡地土壤水分状况。结果进一步证明了湘南坡地红壤含水量的季节性变化及季节性土壤干旱存在的普遍性和严重性(图 4)。从图 4 可见,就 0~50cm 土层而言,土壤的潮湿期、水分耗损期、干早期和补充恢复期分别出现在当年 11 月至第二年 4 月份、5~6 月份、7~10 月份和 10~11 月份间,各期的持续时间分别为 5~6、2、2~3 和 2~3 个月。湘南坡地红壤的土壤潮湿期最长,在秋末~冬季~夏初。而在每年的 7~9 月间,0~50cm 土层内都会出现严重土壤干旱,此时土壤的含水量降低到土壤凋萎点以下,土层中出现严重有效水亏缺。由于土壤干旱出现在夏季和秋初,所以为夏秋连旱,严重阻碍着旱地农业的发展和荒丘生态条件的改善。

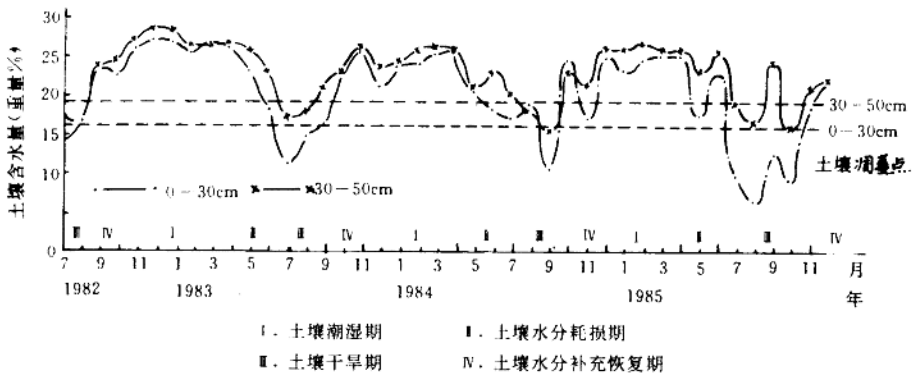


图 4 湘南坡地红壤土壤水分动态曲线(1982-1985)

三、结论与讨论

(1) 湘南丘陵区第四纪红色粘土上发育的红壤,质地粘重,微团聚体发育;在低吸力范围内释水快,在高吸力时保水性强,释水缓慢。故在一般田间(非饱和)情况下,红壤剖面中土壤水移动慢,对植物供应能力差。红壤上的浅根植物,在强蒸散条件下,尽管土体深层含有有效水,也极易受干旱的威胁,但由于红壤中水分运动慢,抑制了土壤水分的通体耗损,利于底墒的保持,所以利于深根植物生长。

(2) 湘南丘陵坡地红壤的土壤含水量季节性变化明显。土壤周年水分状况可划分为潮湿期、水分耗损期、干早期和水分补充恢复期。四个土壤水分时期分别出现在秋冬~春季、夏

季、夏～秋季和秋～冬季，与植物生长发育的水分需求不协调。

(3) 湘南丘陵坡地红壤普遍存在着严重的土壤干旱期，造成夏～秋连旱，是旱地农业发展、荒丘生态环境条件改善的主要障碍。

(4) 湘南丘陵红壤区，土壤水分调控是发展旱地农业的关键措施。调控的原则应为：雨季最大程度地保蓄大气降水，增加土壤贮水量；在土壤水分耗损阶段采取合理有效的土壤管理措施，抑制土壤水分耗损，缩短土壤干旱期，减轻干旱程度。同时，采取合理的种植制度和栽培措施，选择深根抗旱作物，也是提高旱地作物产量的重要手段。

参 考 文 献

- [1] 陆景岗：红壤结构的田间观察及初步分析，土壤学报，1979，16（1）：63～68
- [2] 李庆远主编：中国红壤，科学出版社，1983
- [3] 陈志雄、汪仁真：中国几种主要土壤的持水性质，土壤学报，1979，16（3）：277～281
- [4] 琚中和等：红壤水分特征的初步研究，土壤通报，1980，（3）：8～11
- [5] 中国科学院南京土壤研究所：土壤理化分析，上海科学技术出版社，1978
- [6] 何 熔：土壤水分节律性的探讨，土壤通讯，1983，（1）：46～57

湘南红壤区三种土壤水热状况的研究

沈富林 秦道珠 刘更另

提要 本文对同一地形和同一气候条件下湘南三种典型红壤的水热状况及它们的持水和渗透性质进行了研究。这三种土壤是：花岗岩母质发育的红壤、第四纪红土发育的红壤和紫色土。试验结果表明：第四纪红土发育的红壤持水性好，团聚度高，整个土体水分含量高，然而水分有效性低，渗透性好；花岗岩母质红壤则相反；紫色土则由于含有较多的块状物，因此渗透性也比较好。三种土壤的热量状况有很大的区别，紫色土在整个测定期间始终保持着较高的温度，而且温度的变幅大，花岗岩母质红壤的土体温度是三种土壤中最底的。植被影响土壤的水热状况，而水热状况又反过来影响作物的生长。

我国湖南南部地区，位于中亚热带，属湿润季风气候和常绿阔叶林地区，水热条件优越，对发展农业生产十分有利。然而这个地区受东南亚季风控制，雨量分布不均，在5、6月，温度上升很快，雨量很多，在7、8、9月，旱热往往同步发生^[1]，虽然年雨量达1200~1600mm，但不少地区常有严重的季节性干旱，有时几乎成了影响农业生产持续发展的主要障碍，如何趋利避害，达到稳产、高产，在掌握大气水热动态规律的同时，深入研究这个地区的土壤水热状况，有非常重要的意义。

姚贤良（1983）、据中和（1987）、何毓蓉（1983）等对红壤和紫色土的水分特征进行了研究并获得了不少有益的结果^{2,3,4}，然而，这些研究都局限在一种土壤单独地进行，没有在气候影响、地形部位完全相同的条件下进行比较研究。为了了解红壤地区几种主要土壤的水热特征，我们布置了下列田间实验并系统进行了水热动态的观测，得到了一些结果。

一、材料和方法

（一）试验处理

试验在中国农科院祁阳红壤站内进行，该站位于东经111°52'32"，北纬26°45'42"，海拔150—170米；年平均温度为17.8℃，大于10℃的积温为5648℃，无霜期293天，年平均总辐射为108.66千卡/厘米²。

在红壤改良试验站的网室里，共有3×6个水泥池，每个水泥池长2米，宽4米，深1米。每6个池装填一种土壤，共三种土壤，它们分别是第四纪红土母质红壤、花岗岩母质红壤和紫色土。每种土壤又分6个处理：1. 对照（取走地上全部生物体）；2. 对照（归还全部生物体）；3. 施NPK肥（取走地上全部生物体）；4. 施NPK肥（归还地上全部生物体）；5. 施用稻草（取走全部生物体）；6. 施用稻草（归还全部生物体）。施用的稻草量为干草0.98公斤/区，(NH₄)₂SO₄0.283公斤/区，CaHPO₄0.6公斤/区，KCl0.095公斤/区。

1984年5月布置试验，1986年11月开始，我们选择其中9个小区（所有的1、3、5处理）进行定点观测和取土测定。

(1) 土壤温度的年变化 从1987年4月中旬到1987年12月中旬测定8个月,每个处理分4个不同层次(10、30、60、95厘米)。并在部分处理的表面设置地表温度计和最高、最低温度计,每天测定3次,时间分别为8:00、14:00和20:00,除表层外,温度测定采用中国农科院农业气象研究所生产的温度传感器。

(2) 土壤温度的日变化 选择一个典型天气,测定气温、土温的日变化,分4个层次,每两小时测定1次。

(3) 土壤湿度的测定 每个处理分4个层次(0~10、10~30、30~60、60~95mm),从1986年11月到1987年8月测定10个月,每半月测定1次,采用的方法是土钻法。

(4) 水分特征曲线的测定 采用扰动样,用压力膜法测定。

(5) 其他物理性质的测定 双环渗透仪测定三种土壤的渗透特性,对三种土壤的机械组成及微团聚体的含量也进行了分析。

(二) 结果计算

(1) 温度值的换算 $t(^{\circ}\text{C}) = [B/(\ln R + C)]^{1/N} - 273.15$ 这里 t 是温度, R 是实测的电阻值, B 、 C 、 N 都是每个探头固有的参数。

(2) 日平均温度的计算 $\text{日平均温度} = \frac{2t_8 + t_{14} + t_{20}}{4}$

式中 t_8 、 t_{14} 、 t_{20} 分别为 8:00、14:00、20:00 观测的温度值。

(3) 水分含量的计算 采用重量法。

(4) 结构系数的计算 $\text{结构系数}\% = \frac{(b-a)}{b} \times 100$

式中, a 代表微团聚体分析结果中 $<0.001\text{mm}$ 颗粒含量的百分数; b 代表 $<0.001\text{mm}$ 颗粒的百分数。

二、结果与讨论

(一) 三种土壤的水分常数与渗透性质

1. 土壤水分特征曲线与比水容量

测定结果表明,第四纪红粘土壤、花岗岩母质红壤和紫色土的水分特征曲线有很大不同(见图1)。

图1中的点是实测点,曲线是模拟线,可以看出,幂函数曲线能很好地代表脱水曲线, F 检验均是极显著,第四纪红土母质红壤不管是在低吸力下还是在高吸力下,其保水能力都是最强的;不论是以0.1巴还是0.3巴的土壤含水量作为田间持水量,三种土壤都以第四纪红土母质红壤的田间持水量为最高;紫色土的田间持水量为最低;花岗岩母质红壤介于二者之间;不论是以0.1巴还是0.3巴作为有效水的上限,有效水的含量均以花岗岩母质红壤为最高,而第四纪红土母质红壤的最低。这充分说明,保水性好并不等于供水性好,要更好地认识三种土壤的供水性能,必须研究它们的比水容量。对图1中的方程求导,就可得到各种吸力下的比水容量(见表1)。