

中国科学院科学出版基金资助出版

中国紫色土

(下 篇)

Purple Soils in China(2)

中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所

何毓蓉 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

中国紫色土(上篇)已于1991年由科学出版社出版。本书是该书的下篇。上篇是以四川盆地分布的紫色土为研究对象;下篇则是对分布于中国10余个省份紫色土研究成果的总结,且在学科领域上填补了上篇的不足。全书主要内容为:第一至四章介绍我国紫色土的概况、资源特点和分布、地理环境、紫色母岩和成土过程。第五至八章为紫色土的系统分类、结构性、电化学特性、胶体和肥力特性等基础研究成果。第九至十三章论述紫色土的氮磷钾素营养、铁锰营养、红层地区生命元素地球化学、微生物生态以及木本固氮等应用基础研究成果。第十四至十六章总结了紫色土、紫色坡坎地、红层古风化壳资源和土壤退化等问题及其保护利用。本书的特点是:①从基础研究—应用基础研究—应用开发研究,理论与实践紧密结合;②应用了国际最新的技术和方法对紫色土进行研究,如土壤系统分类、土壤结构的分形特征及超微结构、电化性、固氮活性等;③反映了最新研究成果,如紫色土的铁锰营养、生命元素和健康、微生物和木本固氮生态、土壤退化等;④强调了对紫色土资源的保护和合理、持续利用等。

本书可供土壤学、农学、地理学、生态学、林学、环境科学等科研和教育工作者参考,也可供相关部门的各级行政和生产管理干部及有关专业的大中专学生阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国紫色土.下篇/何毓蓉等著. —北京:科学出版社,2003

ISBN 7-03-011231-8

I. 中… II. 何… III. 紫色土-研究-中国 IV. S155.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 015400 号

责任编辑:吴三保等/责任校对:包志虹

责任印制:刘秀平/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2003年7月第一次印刷 印张:27 插页:12

印数:1—1 000 字数:601 000

定价:82.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《中国紫色土(下篇)》撰写人员

第一章	概 论	何毓蓉
第二章	中国紫色土资源	何毓蓉
第三章	紫色土分布区的地理环境	郑 霖、陈学华
第四章	紫色母岩母质特性与风化成土过程	何毓蓉
第五章	紫色土的系统分类	何毓蓉
第六章	紫色土的结构性	何毓蓉、宫阿都
第七章	紫色土的酸碱性与电化性	李 航、高 明
第八章	紫色土的胶体特性与肥力	何毓蓉、雷加容
第九章	紫色土营养元素特征与施肥	艾应伟
第十章	紫色土铁锰营养及其调控	吕世华、张福锁
第十一章	红层地区生命元素地球化学与健康	冯子道
第十二章	紫色土的微生物生态与生物活性肥开发	张 丹、李登煜
第十三章	紫色丘陵区木本共生固氮及其有效利用	杨 忠、刘国凡、邓廷秀
第十四章	紫色丘陵区坡坎地保护与农业利用	廖晓勇、张先婉
第十五章	红层古风化壳特征与农业综合利用	唐时嘉
第十六章	紫色土退化与农业可持续发展	黄成敏、何毓蓉

序 一

由中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所何毓蓉等撰写的《中国紫色土(下篇)》书稿,与已经出版的《中国紫色土(上篇)》是关于我国紫色土研究的一部完整的学术专著。这部专著应当说是在我国地学界有影响、有重要学术价值的科技理论图书之一。

从《中国紫色土(下篇)》书稿的内容、特点和写作等方面看,我有以下看法:

一、《中国紫色土(上篇)》主要是以四川盆地的紫色土为研究对象,在内容上总结了我国 50 年在紫色土上的研究成果;同时也从当时的实际情况出发,侧重研究了紫色土的发生分类、母岩母质、物质组成、肥力性状和紫色丘陵区农业生态等。本书(下篇)的研究对象则扩大到其他 10 多个紫色土分布省份。同时在研究学科领域上也进一步拓展,例如在上篇中未涉及的中国紫色土资源、紫色土分布区的人文地理、紫色土的系统分类、紫色土的结构性、紫色土的胶体与肥力、土壤铁锰营养、红层地区生命元素与健康、土壤微生物生态和固氮生态、紫色丘陵坡坎地系统、红层古风化壳以及紫色土退化等。研究内容有新鲜感。而且可看出,在研究上瞄准和紧跟科学前沿,尽可能采用新方法、新技术,所以这本书体现了新的研究高度。

二、本书的主要特点可归纳为以下几点:①在紫色土的基础研究上有一定的创新,包括在研究思路、技术路线和方法、研究结果等方面都有所体现;②理论联系实际,特别是把一些基础研究结果落实到保护和可持续利用上,这就使本书不但有理论价值,而且还有较大的应用价值;③图文并茂,数据资料丰富,具有收藏价值;④本书在写作上,无论编排、结构布局还是文字表达上都有一定特点。

三、这部专著的出版,是在作者 10 年来承担了大量国家和地方科研任务的基础上完成的,有的成果还获得国家和省部级科技进步奖。所以,本书具有深厚的科研积淀,数据资料十分翔实丰富,充分体现了科技面向国家需求,以科研任务带动学术研究的深入发展。这也表明他们的做法是非常正确的。同时,本书中参与写作的作者多是近年活跃在科研战线的年轻科技人员,表明我国紫色土研究后继有人,这是令我们倍感欣慰的事情。

《中国紫色土》上、下篇都出版了,但是对于紫色土——我国的这一宝贵土壤资源的研究仍是一项长期的任务,希望继续努力,使我国红层和紫色土的研究更加深入,为我国国民经济建设和振兴红层地区作出更大的贡献。

中国科学院院士

刘宝珺

2001 年 4 月

序 二

紫色土以其形态上特有的紫色而区别于其他任何土壤,以其 2000 多万公顷的面积广泛分布于我国南部 15 个省(区),以其丰富的矿质营养为农林牧业发展提供了良好的土壤条件。紫色土是我国重要的土壤资源,这类土壤在国外任何土壤分类中都没有。

在著名土壤学家侯光炯院士、张先婉和李仲民教授等老一辈土壤学家的指导下,在原中国科学院成都分院土壤研究室的组织下,在前人工作基础上,于 1991 年出版了第一部论述紫色土的专著——《中国紫色土(上篇)》,开始了紫色土研究的新阶段。在此基础上,在中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所何毓蓉研究员的领导下,与有关单位团结协作,经过 10 年努力,如今出版了《中国紫色土(下篇)》,这是上篇的继续,也是上篇的发展。该书有如下特点:

首先,是研究范围上的扩大,其研究范围不再局限于四川,而着眼于全国,这对全面估测、开发和利用紫色土资源具有重要价值。

其次,在内容上更加深入,不论基础研究还是应用基础研究均如此。如紫色土的物理、化学、生物学的特性以及紫色土的植物营养方面都有新的发展。该书第一次对纷乱复杂(不同地质时代、不同岩性)的紫色土用土壤系统分类观点科学的加以区分,从而使紫色土分类开始纳入世界土壤分类的轨道,便于国际交流和知识共享。

再次,在应用方面有新内容,充分体现了近年来紫色土的利用保护、生态建设和合理施肥等方面在实践中积累的新经验,这无疑对紫色土的合理利用具有极大的应用价值。

以其观点新颖、内容丰富和理论与实践相结合的特点,《中国紫色土(下篇)》将是继我国一些重要的区域土壤专著如《中国红壤》、《中国水稻土》、《中国盐渍土》等之后的又一本有价值的区域土壤专著。它的出版必将对繁荣我国土壤科学、推动农业发展做出贡献。

当然,紫色土是一个很复杂的土壤类型,紫色土的研究是长期的,有许多地方有待进一步研究和探索,但如果我国 14 个土纲都有一本像《中国紫色土(下篇)》一样的论著,那么我国土壤科学必将在新世纪的生态环境建设和国民经济发展中发挥更大的作用。

中国科学院南京土壤研究所 教授

李元同

2001 年 9 月

前 言

紫色土是以中生代主要包括三叠系、侏罗系、白垩系和第三系的岩层作为母岩母质发育形成的一类土壤。世界上其他国家尚无重要发现,是我国一种特有的土壤资源。主要分布在四川盆地,其他还分布在云南、贵州、广西、广东、湖南、湖北、安徽、江西、福建、浙江、河南、陕西、江苏、海南等省份(台湾资料暂缺)。

我国紫色土资源约有 2000 多万 hm^2 。由于紫色土一般具有成土作用迅速、矿物组成复杂、矿质养分含量丰富、土质偏壤性、耕性和土壤生产性好、自然肥力高等特点,因此土壤宜种作物多、出产丰富,是一种不可多得的、宝贵的农业土壤资源。同时紫色土分布的大部分地区都处在水热条件优良的我国南方地区,因此紫色土地区就成为发展农业特别是特色农业的重要基地。但紫色土也存在一些严重的问题,例如抗旱性较差、侵蚀强烈、土壤退化严重等,是紫色土资源在农业发展中的限制因素。为此,加强紫色土的研究不但在科学上有重要的意义,而且也是紫色土分布区地方经济发展的迫切要求。

原中国科学院成都分院土壤研究室在 1980 年恢复成立(前身系中国科学院重庆土壤研究室)后,在前人的基础上,经过 10 年对四川盆地紫色土的研究,于 1991 年出版了我国第一部关于紫色土的专著——《中国紫色土(上篇)》。在这本书中,对我国此前的紫色土的研究进行了回顾和总结,并以四川盆地紫色土为研究对象,论述了紫色土的发生分类、母岩母质、物质组成、微形态特征、肥力性状(水、热和养分)、侵蚀和水土保持、紫色丘陵区的农业生态和区划等。这些研究成果表明,我国在紫色土研究上达到了一个新的水平,同时也具有承上启下的意义,为紫色土的研究提出了新的研究目标和任务。

在中国科学院的支持下,以中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所土壤室(前身中国科学院成都分院土壤研究室)为主,联合了四川大学、西南农业大学、四川省农业科学院土肥所、四川农业大学等有关单位多年从事紫色土各相关专业研究领域的骨干,对在《中国紫色土(上篇)》中未涉及的其他紫色土分布区以及尚未研究的学科领域进行攻关研究。经过 10 年努力,取得了可喜进展,现撰写成本书。

《中国紫色土(下篇)》的主要内容是:第一至四章介绍我国紫色土的概况、资源特点和分布、地理环境、紫色母岩和风化成土过程。第五至八章为紫色土的系统分类、结构性、酸碱性和电化性、胶体和肥力特性等基础研究成果。第九至十三章论述紫色土的氮素、磷素和钾素营养,铁锰营养,红层地区生命元素地球化学,微生物生态以及木本固氮等应用基础研究成果。第十四至十六章总结了紫色土、紫色坡坎地与红层古风化壳资源的利用和保护、紫色土的退化和农业可持续发展。

本书主要有以下特点:①在紫色土的基础研究上,立足于创新。对于世界上不可多得的这一特殊的土壤资源,以往在研究上本身具有很多未知的研究领域,这次在研究内容、实验方法和技术、研究结果上都取得了一些新的进展和成果。例如,对紫色土资源的分类和分布及自然和人文地理环境、紫色母岩的风化成土过程、紫色土的系统分类、紫色土结

构性特别是微结构的分析、紫色土的电化学特性、紫色土胶体和肥力的评价、紫色土的铁锰营养、红层生命元素与人群健康安全、紫色丘陵区の木本固氮、微生物生态、紫色丘陵坡坎地系统、红层古风壳的形成和特征、紫色土的退化分类分区评价与退化机理等,都取得了一些新的进展和新的见解。②在紫色土的应用研究上突出理论联系实际,重点放在把应用基础研究成果运用于对紫色土的保护和合理利用上。既然紫色土是我国乃至世界上—类宝贵资源,就应当对它像对待珍稀动植物—样加以爱护和珍惜。因此在有关章节中,例如紫色土的营养元素和合理施肥、微生物生态与生物活性肥、木本共生固氮与生态环境建设、紫色丘陵区坡坎地、红层古风化壳的保护和合理利用、紫色土退化与防治等,从不同角度提出了保护和持续利用的理论依据以及措施和途径。③全书从中国紫色土的资源环境—各学科专业的基础研究—应用基础研究—应用研究,结构层次清楚,系统性较强。同时,既有科普性的知识内容,又有深入的基础理论研究成果;既有宏观研究的结果,又有微观研究的成果;既有前瞻性的长远目标的研究,又有现实意义的实际应用研究。④全书数据资料翔实,图表和照片丰富。应当说本书既是一本有理论建树的专著,又是一部有数据库和工具书性质的书。

当然,关于紫色土的研究并不能因为本书的出版而划上句号。无论是在对我国各地区紫色土研究的广度上,还是在对紫色土各学科专业研究的深度上,都还需要进一步努力。

本书的研究和出版工作还得到以下领导部门、主管单位及科研项目的支持:

1. 中国科学院资源环境科学局:中国科学院重点项目(KZ952-S₁-206)——中国红层紫色土资源及其典型区农业保护性开发利用研究。
2. 国家自然科学基金委员会重点项目(49831004)和中国科学院特别支持项目——中国土壤系统分类的基层单元分类(紫色土和成都平原土壤的基层分类与应用研究)。
3. 四川省科技厅:应用基础研究项目——四川紫色土退化与防治研究。
4. 中国科学院教育局:院留学基金——中日合作研究项目——中国紫色土的物理性和微形态研究。
5. 中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所:所长基金项目。
6. 中国科学院盐亭紫色土农业生态站:台站网络研究项目。

我国著名土壤学家侯光炯院士、张先婉研究员、李仲明研究员、曾觉廷教授等老一辈土壤学家在指导或亲自参加《中国紫色土(上篇)》的编写和出版工作后,又一直关心和指导《中国紫色土(下篇)》的研究和出版工作。值此在本书出版问世之际,要向他们表示深深的敬意!

本书承蒙地质环境学家刘宝珺院士、著名土壤学家龚子同研究员作序,反映了老一辈科学家对我国紫色土研究的热心关怀和殷切希望。

在对我国紫色土的研究过程及本书的编写中,我们始终得到中国科学院资源环境科学局的领导、中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所前所长钟祥浩、所科技处前处长刘希林和前副处长罗晓梅,中国科学院盐亭研究站站长朱波,以及现任所领导崔鹏、乔建平、程根伟和赵永涛等的关心和支持。

特别要提及的是在本书的研究过程中还得到日本东京大学农学部著名土壤学家和田秀德教授、日本千叶大学园艺学部佐藤幸夫先生、日本名古屋大学农学部木村真人教授、

日本九州大学金泽晋二郎教授等国际友人给予的热心指导,并为本研究中的部分关键研究工作提供了必要的实验条件,使研究工作受益匪浅!

同时,研究工作还得到农业部农业技术推广服务中心王蓉芳高级农艺师,广西农业厅罗丰吉研究员和土肥站蔡耕明高级农艺师,云南省环保局刘芳林高级工程师,福建师范大学朱鹤健教授、陈健飞教授,四川省农业厅土肥处吴晓军副处长和测试中心罗为民主任,四川省国土规划研究院前院长雍国伟研究员,农业部成都农业遥感中心石承仓研究员,以及各有关省区的农业厅、国土局等单位的大力帮助。中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所丁朝燕、宫阿都、杨莉、周红艺、张保华等参与完成有关事务性工作和绘制了部分图件。

最后,我和本书的其他作者还要衷心感谢中国科学院出版基金委员会,他们不仅为本书的出版提供了经费支持,更重要的是通过他们及同行专家的评审,给予本书学术价值和水平的认可。还需特别提出的是科学出版社资环编辑部,尤其是吴三保编审,始终负责《中国紫色土》上、下篇的编辑工作,为这部完整的学术专著的出版问世付出了很多心血,做出了重要的贡献。统志于此,以示谢忱!

何毓蓉

2001年6月

PREFACE

Purple soils, the soils derived from sedimentary rocks formed during Mesozoic Era (Periods of Triassic, Jurassic, Cretaceous) and Tertiary Period, are peculiar soil resources in China, which haven't been extensively discovered in other countries. Purple soils distribute in Sichuan Basin mainly, and also in other provinces and autonomous regions of Yunnan, Guangxi, Guangdong, Hunan, Hubei, Anhui, Jiangxi, Fujian, Zhejiang, Henan, Shanxi, Jiangsu, Hainan and Taiwan etc.

Purple soils cover about twenty million hectares in China. Owing to rapidity of soil formation, complexity of mineral composition, richness of nutrients in soils, loam in texture, good tilth and high productivity of soils, as well as high natural fertility and the suitability to different crops growth in purple soils. So, purple soils are valuable agricultural soil resources, meanwhile for purple soils distribute dominantly in southern regions of China which have excellent conditions of water and heat, the purple soils distributing regions are important bases for development of agriculture, in particular agriculture with distinguishing features. However, some serious problems existing in the purple soils distributing regions, e.g., poor capability of anti-drought, extensive erosion and serious degradation in purple soils, greatly limit action of purple soil resources in agricultural development. Consequently, intensive study on purple soils is not only scientifically meaningful, but also an urgent demand for regional economic development.

Having been re-organized in 1980, Division of Soil Research, Chengdu Branch, Chinese Academy of Sciences (CAS), which originated from Chongqing Division of Soil Research, CAS, after ten years of dealing with purple soils in Sichuan Basin and based on predecessor's work, published the first monograph on purple soils—*Purple Soils in China* (1) in 1991. In this monograph, the previous study on purple soils had been reviewed and concluded while such aspects of purple soils had been discussed, as the genesis and classification, parent materials and rocks, composition of materials, micromorphological features, fertility status of water, heat and nutrients, and agricultural ecology and regionalization in hilly regions of purple soils in Sichuan Basin. Those results demonstrated that the research on purple soils in China advanced a scientific new level, and also had a implication to summarized previous jobs and propose new targets and tasks for study on purple soils hereafter.

Supported by CAS, Division of Soil Research, Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS (former Division of Soil Research, Chengdu Branch, CAS), cooperating with core members, engaging in the relative fields of purple soil research in Sichuan University, Southwestern Agricultural University, and Institute of Soil and Fertilizer, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, discovered the distribution of purple soils and the

other fields that hadn't been involved in *Purple Soils in China* (1). New progresses, which acquired after ten years of work, have been written in the book, *Purple Soils in China* (2), to press.

The main contents in *Purple Soils in China* (2) are; (1) Basic results including general introduction, resource characteristics and distribution, geographic environment, purple parent rocks and soil-forming processes of purple soils in China in Chapter 1 to Chapter 4 and taxonomic classification, structure, acidity and alkalinity property, electrochemistry, features of colloids and fertility of purple soils in China in Chapter 5 to Chapter 8; (2) And applied results including the nutrition of nitrogen, phosphorus and potassium, the nutrition of iron, manganese, geochemistry of life elements in bed rocks, microbiological ecology and symbiotic nitrogen fixation of ligneous plants in purple soils in Chapter 9 to Chapter 13; (3) And summation of utilization and protection of purple soils, side-slope in hilly regions of purple soils distribution and paleo-weathering crusts derived from bed rocks, as well as purple soil degradation and agricultural sustainability.

Traits in the monograph are as follow: (1) The scientific study on purple soils roots on the idea of creation. As a particular soil resource on earth, the study on purple soils itself has a great deal of fields not being discovered, so some new progresses and results of purple soil study have been made on aspects of contents, methods and techniques, conclusions etc. A lot of novel discovery and views come out in many fields, for examples, classification and distribution of purple soil resources, environment of physical and cultural geography, processes of purple rock weathering and purple soil formation, classification of purple soils by use of principals of internationally current taxonomic classification, analysis of structure, especial microstructure in purple soils, electrochemistry of purple soils, evaluation on colloids and fertility of purple soils, nutrition status of iron, manganese in purple soils, life elements and human health and safety in regions of bed rock distribution, nitrogen fixation of ligneous plants and side-slope system in purple soils-distributing hilly regions, microbiological ecology, formation and features of weathering crusts derived from bed rocks, classification and regionalization as well as mechanism of purple soil degradation, etc. (2) Theory applying in practice is stressed in applied research on purple soils, especially in protection and rational use of purple soils. As valuable soil resources, purple soils should be cared for like rare animals or plants. So, all the studies on microbiological ecology, symbiotic nitrogen fixation of ligneous plants, side-slope in hilly regions of purple soils distribution, paleo-weathering crusts in bed rocks, as well as purple soil degradation surround protection to propose rationale and measures for rational and sustainable utilization of purple soils in relevant chapters of the book. (3) With a distinct structure in the book, writing from distribution and environment of purple soils in China to theoretical research of each specialty correspond with purple soils, and to applied theoretical research, and to applied research, therefore the monograph discusses systematically. Furthermore, not only in-depth scientific results but also popular scientific knowledge are provided; and both of macroscopic and microscopic research are exerted;

meanwhile foreseen and strategic research and realistic and applied research also are conducted in the book. (4) Data and materials rich in the book, and tables, figures and photos are plentiful too. As a result, it is a monograph achieved in scientific theory, and an important scientific and technological reference with database.

Certainly, it may not be ceased to study purple soils because of this book publishing. Great efforts should be given no matter in extensive research on purple soils in different regions in China or in further research on each specialty of purple soils.

The research work and publicity on purple soils in this book were supported by following administrative institutions and research projects:

1. Purple soil resources in regions of bed rock distribution and its protective exploitation and use of agriculture in representative region in China, Key Project of CAS (Project No: KZ952-S1-206), financed by Bureau of Resources and Environment, CAS.

2. Basic category of Purple Cambisols and in Chengdu Plain, in: Study on Basic category of Chinese Soils Taxonomic Classification, Special Project of CAS financed by CAS and Key Project of Natural Sciences Foundation of China (Project No: 49831004) financed by Committee of Natural Sciences Foundation of China.

3. Purple Soil Degradation and Its Control in Sichuan Province, Applied Basic Research Project financed by Department of Sci & Tech, Sichuan Province.

4. Study on Mineralogical Features of Purple Soils, Project of Study Abroad Foundation financed by Bureau of Education, CAS and Sino-Japan Cooperation Project.

Having guided or participated the edition and publishing of *Purple Soils in China* (1), notable elder soil scientists, Prof. Hou Guang-jiong (Academician of CAS), Prof. Zhang Xian-wan, Prof. Li Zhong-ming and Prof. Zeng Jue-ting directed and paid close attention to the research progress of *Purple Soils in China* (2). At the time of publishing, we offer special thanks to them.

During the development of the book, following list of those gave us critical help and support, including Mr. Chen Ban-qin and Mr. Tian Er-lei of Bureau of Resources and Environment, CAS, Zhong Xiang-hao, former director, Mr. Liu Xi-lin, Mrs. Luo Xiao-mei, as well as Cui Peng and Qiao Jian-ping, present director of Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS. Meanwhile, notable soil scientists, Prof. H. Wada, Faculty of Agriculture, Tokyo University and Prof. Sato Yukio, Faculty of Horticulture, Chiba University of Japan gave earnest guidance, and supplied prerequisite for key experiments in the book.

Furthermore, notable soil scientist, Prof. Gong Zi-tong and Prof. Cao Sheng-geng, Institute of Soil Science, CAS, have provided skillful guidance and help. Also, helps are given by Prof. Wang Rong-fang, Popularization Center of Agricultural Technology, State Department of Agriculture, Prof. Luo Feng-ji and Mr. Cai Geng-ming, Department of Agriculture, Guangxi Autonomous Region, Mr. Liu Fang-lin, Department of Environment Protection, Yunnan Province, Prof. Chen Jian-fei, Fujian Normal University, Mr. Wu Xiao-jun

and Mr. Luo Wei-ming, State Department of Agriculture, Sichuan Province, Prof. Yong Guo-wei, Institute of Land Planning, Sichuan Province and other units of agriculture and land administration of provinces and autonomous regions distributing purple soils. Meanwhile, thanks to Mr. Ding Chao-yan, Mr. Gong A-du, Miss Yang Li and Mr. Zhou Hong-yi participated detailed work and drew some maps. We gratefully acknowledge them finally again.

Authors

June, 2001

CONTENTS

Foreword(1)

Foreword(2)

Preface(in English)

Chapter 1	General Introduction	(1)
Section 1	Brief Introduction of Present Situation on Purple Soils Study	(1)
Section 2	Backgrounds of Purple Soils Study	(1)
Section 3	Reviews of Purple Soils Study	(7)
References		(11)
Chapter 2	Resources of Purple Soils in China	(13)
Section 1	Environment and Features of Parent Rocks in Regions of Purple Soils Distribution	(13)
Section 2	Distribution of Purple Soil Resources	(19)
Section 3	Properties of Purple Soil Resources	(24)
Section 4	Potential and Sustainable Utilization of Purple Soil Resources	(38)
References		(46)
Chapter 3	Regional Geographic Environment of Purple Soils Distribution	(47)
Section 1	Distribution Regions of Purple Soils in China	(47)
Section 2	Geographic Environmental Characteristics in Regions of Purple Soils Distribution	(50)
Section 3	Relationship between Properties and Distribution of Purple Soils and Regions with Different Geographic Environment	(55)
References		(58)
Chapter 4	Purple Parent Rock and Its Weathering and Soil-Forming Processes	·· (59)
Section 1	Red Rocks and Strata of Purple Parent Rocks	(59)
Section 2	Lithology and Geological Features in Profiles of Purple Parent Rocks	(65)
Section 3	Chemical Composition of Purple Parent Rocks	(75)
Section 4	Weathering and Soil-Forming Processes of Purple Parent Rocks	···· (81)
References		(90)
Chapter 5	Taxonomic Classification of Purple Soils	(92)
Section 1	Historic Introduction to Classification of Purple Soils	(92)
Section 2	Achievements in Research on Classification of Purple Soils	(93)
Section 3	Basis of Soil Taxonomic Classification	(100)
Section 4	Taxonomic Classification of Purple Soils	(105)
Section 5	Basic Categories in Taxonomic Classification of Purple Soils and	

Application	(114)
References	(129)
Chapter 6 Structure of Purple Soils	(131)
Section 1 Progress in Structure of Purple Soils	(131)
Section 2 Substantial Basis of Soil Structure Formation	(134)
Section 3 Status of Purple Soil Structure	(146)
Section 4 Fractal Features of Purple Soil Structure	(154)
Section 5 Microstructure of Purple Soil Structure	(158)
Section 6 Reclamation and Regulation of Purple Soil Structure	(162)
References	(167)
Chapter 7 Acidity and Alkalinity Property and Electrochemistry of Purple Soils	(169)
Section 1 Acidity and Alkalinity Property of Purple Soils	(169)
Section 2 Electrochemistry of Purple Soils	(177)
References	(188)
Chapter 8 Colloid Properties and Fertility of Purple Soils	(189)
Section 1 Review of Study on Colloids in Purple Soils	(189)
Section 2 Composition and Properties of Colloids in Purple Soils	(192)
Section 3 Features of Colloids Fertility and Its Regulation in Purple Soils ...	(209)
References	(214)
Chapter 9 Features and Fertilization of Nutrient Elements in Purple Soils	(216)
Section 1 Basic Status of Macro-elements in Purple Soils	(216)
Section 2 Basic Status of Microelements in Purple Soils	(225)
Section 3 Plant Nutrition and Fertilization of Nutrient Elements in Purple Soils	(232)
References	(239)
Chapter 10 Nutrition of Iron and Magnesium and Its Regulation in Purple Soils	(240)
Section 1 Distribution and Dependent factors of Iron and Magnesium Contents in Purple Soils	(240)
Section 2 Plant Nutrition Status of Iron and Magnesium on Purple Soils	(246)
Section 3 Remedies against Iron and Magnesium Deficiency of Plants on Purple Soils	(251)
References	(257)
Chapter 11 Geochemistry of Life Elements and Health in Regions of Red Rock Distribution	(259)
Section 1 Classification of Life Elements in Regions of Red Rock Distribution	(259)
Section 2 Migration and Accumulation of Life Elements in Regions of Red Rock Distribution	(265)

Section 3	Geochemical Types of Life Elements and Agricultural Ecosystem in Regions of Red Rock Distribution	(270)
Section 4	Pedo-Geochemical Environment and Domestic Animal Health	(272)
Section 5	Geochemistry of Life Elements and Human Health and Diseases in Regions of Red Rock Distribution	(274)
Section 6	Biogeochemical Regionalization in Regions of Red Rock Distribution	(282)
References		(285)
Chapter 12	Microbiological Ecology of Purple Soils and Development of Active Bio-Fertilizers	(287)
Section 1	Characteristics and Basic Properties of Purple Soil Formation	(287)
Section 2	Features of Microbes in Quantity in Purple Soils	(288)
Section 3	Main Species of Microbes under man-made forests in Calcium Purple Soils	(290)
Section 4	Exploitation and Utilization of Active Bio-Fertilizers	(293)
References		(296)
Chapter 13	Symbiotic Nitrogen Fixation and Available Use of Ligneous Plants in Hilly Regions of Purple Soils Distribution	(297)
Section 1	Introduction	(297)
Section 2	Nitrogen-Fixing trees in Hilly Regions of Purple Soils Distribution	(299)
Section 3	Character and Laws of Symbiotic Nitrogen Fixing Nuclulation of Ligneous Plants in Hilly Regions of Purple Soils Distribution	(308)
Section 4	Ecological Features of Symbiotic Nitrogen Fixation of Ligneous Plants in Hilly Regions of Purple Soils Distribution	(316)
Section 5	Available Use of Symbiotic Nitrogen Fixation of Ligneous Plants in Hilly Regions of Purple Soils Distribution	(329)
References		(339)
Chapter 14	Features of Side-Slope System and Protection as well as Utilization in Hilly Regions of Purple Soils Distribution	(341)
Section 1	Quantitative Structure and Distribution Features of Side-Slope	(341)
Section 2	Side-Slope Protection	(344)
Section 3	Agricultural Utilization of Side-Slope	(348)
References		(351)
Chapter 15	Characteristics of Paleo-Weathering Crusts Derived from Bed Rocks and Integrative Utilization of Agriculture	(353)
Section 1	Occurrence and Distribution of Paleo-Weathering Crusts Derived from Bed rocks	(353)
Section 2	Morphological Features of Paleo-Weathering Crusts Derived from	

	Bed rocks	(357)
Section 3	Utilization of Paleo-Weathering Crusts Derived from Bed rocks	(365)
Section 4	Types of Soil-formation developed from Paleo-Weathering Crusts Derived from Bed rocks	(367)
References		(376)

Chapter 16 Purple Soil Degradation and Sustainable Development of Agriculture

		(377)
Section 1	Soil Degradation and Its Research Progresses	(377)
Section 2	Classification and Research Methodology of Purple Soil Degradation	(382)
Section 3	Characteristics of Purple Soil Degradation	(383)
Section 4	Evaluation of Purple Soil Degradation	(392)
Section 5	Regionalization of Purple Soil Degradation	(393)
Section 6	Factor Analysis of Purple Soil Degradation	(396)
Section 7	Control of Purple Soil Degradation and Sustainable Development of Agriculture	(398)
References		(404)

Plates

第一章 概 论^{*}

第一节 研究概况

从 1941 年在《中国土壤分类方法草案》中正式确定紫色土这类土壤后,紫色土已经整整定名 60 年了^[1]。在《中国紫色土(上篇)》中,已经系统总结了 1990 年以前,重点在 20 世纪 80 年代我国在紫色土研究上的成果,并以我国紫色土集中分布的四川盆地的紫色土为研究对象,侧重论述了紫色土的分类、基本组成、特性、肥力因素以及农业生态等方面的研究成果^[2]。该书出版以来引起我国乃至国际土壤学、农学、地学、生态学等学术界的良好反响。同时期盼《中国紫色土(下篇)》早日问世。我国 80 年代以来实行改革开放政策,社会经济取得空前的发展,给科学技术创造了良好的政治、社会、经济环境背景,促进了科学技术的高速发展。借此东风,我国紫色土研究面向全国范围,深入基础研究,扩展学科领域,也取得了很多成果和进展。

经过 20 世纪 90 年代 10 年研究,主要在以下方面有所创新或取得了进展:①查清了我国紫色土资源的分布和数量,剖析了紫色土分布区的自然和人文地理环境;②应用地质学研究成果,研究了紫色土的母岩母质类型和特性及对紫色土形成的影响;③用国际土壤分类制(ST 制)制定了我国紫色土的系统分类;④研究了紫色土的结构特性,尤其是微结构类型和特征;⑤揭示了紫色土的酸碱性和电化学性的本质和特征;⑥系统研究了紫色土的胶体组成和特性;⑦全面分析了紫色土的营养元素(包括大量元素和微量元素)的基本状况和施肥措施;⑧研究了红层紫色土分布区生命元素的地球化学及与人群健康的关系;⑨探讨了紫色土微生物的生物量和生物活性肥的开发;⑩研究了紫色丘陵区木本固氮特点和规律;⑪调查和研究了紫色丘陵区的坡坎地分布、结构、保护和利用;⑫研究了红层古风化壳的发生、分布及农业综合利用;⑬调查和研究了紫色土退化现状、特征、驱动因素以及在紫色丘陵区防治土壤退化、实行农业可持续发展的途径和措施。

第二节 研究背景

20 世纪末的这 10 年中,我国的科技发展取得了前所未有的成绩。这一迅猛发展的背景,促进了我国紫色土的研究。

一、全国第二次土壤普查及对紫色土的调查和研究

我国开展的第二次土壤普查历经 15 年(1979~1994)完满结束,取得了丰硕的成

^{*} 何毓蓉执笔。

果^[3]。

（一）第二次土壤普查的特点

1. 国家统一部署政府直接领导

全国第二次土壤普查列入国家“六五”重点科技发展规划的首项任务,由国家农业部统一布置和各地方政府成立土壤普查办公室直接领导。所以这次全国土壤普查是国家和政府支持和领导的一项重要任务,这是第二次土壤普查顺利开展和取得丰硕成果的关键。

2. 重点突出目标明确

全国第二次土壤普查的重点在于摸清我国土壤资源的类型、数量和分布,以及评价全国各地土壤资源,重点为耕地的养分状况,为我国农业的现代化提供土壤资源方面的最基本的数据资料。

3. 技术先进专业化队伍实施

这次土壤普查制定了科学和规范化的普查方案和技术规程,采用遥感技术、现代化土壤分析实验技术,组织专门化的普查技术专业队伍实施,有力地保证了土壤普查的质量。

4. 及时总结和推广土壤普查成果

普查工作结束后各地都及时进行了总结,陆续发表了土壤普查成果,并组织基层生产部门推广应用,使土壤普查成果很快在各地不同程度地取得可观的社会、生态和经济效益。

（二）取得的主要成果

1. 统一和发展了我国土壤分类

制定和完善了以发生学分类为基础的全国土壤分类方案,把全国土壤划分为 12 个土纲、29 个亚纲、61 个土类、230 个亚类。首次统一了我国的土壤分类系统,并在分类原则技术和方法上有所发展。

2. 完成了各地区大中比例尺土壤图的编制

这一次土壤普查借助了卫片、航片等遥感技术,进行了大、中、小比例尺土壤图的编制,为摸清我国各地区土壤资源的类型、分布和数量,提供了基础图件。

3. 全面研究和评价了我国各类土壤的肥力状况

此次土壤普查是首次全国范围内大规模开展的一次土壤性质和养分状况的调查,测试内容主要有土壤颗粒组成和质地、土壤酸碱度、土壤养分含量(包括有机质、氮、磷、钾、微量元素)、土壤代换量等。这为我国土壤的合理利用、平衡配方施肥、改良和保护耕地等提供了科学依据。

（三）全国土壤普查中关于紫色土的调查研究成果

1. 我国紫色土在全国的分布和数量

根据各省区土壤普查结果,我国共有紫色土(主要为耕地)2198.8 万 hm^2 ,其中旱地 1889.1 万 hm^2 ,水田 309.7 万 hm^2 。主要分布在 16 个省、区、市(表 1-1)。

按分布面积大小依次为四川(含重庆)、云南、湖南、广西、贵州、湖北、浙江、江西、广东、安徽、福建、陕西、河南、海南和江苏。这样,基本结束了我国紫色土资源长期不清的历史。

表 1-1 中国紫色土资源分布状况¹⁾

省 区	面 积/万 h m ²	百分比/% ²⁾	排 序
浙江	41.65	1.89	7
福建	15.13	0.69	11
广东	26.05	1.19	9
广西	96.25	4.40	4
贵州	92.84	4.24	5
云南	511.77	23.28	2
四川(含重庆)	1127.53	51.28	1
陕西	8.93	0.41	12
湖北	49.73	2.27	6
湖南	151.95	6.91	3
安徽	23.88	1.09	10
江西	32.41	1.48	8
河南 ³⁾	6.59	0.30	13
海南 ³⁾	2.47	0.11	14
江苏 ³⁾	0.93	0.04	15

1) 港澳台地区未查; 2) 指占全国紫色土面积的百分比; 3) 不含水耕紫色土。

2. 完善和发展了紫色土的发生分类

对紫色土的分类,长期以来主要是以发生分类学为基础,采用土类、亚类、土属、土种和变种的五级分类制。全国第二次土壤分类方案对原分类进行了较大的调整 and 改革。

(1) 土壤分类原则和划分方法的调整 在土壤分类原则上,在继承土壤发生学理论,继续强调土壤发生的六大因素作用外,也重视把土壤属性作为分类的主要依据。同时也接受和应用了国际土壤分类中关于特征土层(类似诊断层)的观念。

在土壤分类级别上,采用了七级分类。在原有五级分类级别上建立了土纲和亚纲级别。将具有共同的成土过程和属性的土类归属为同一土纲,并按因水热条件变化引起的土壤属性的重要差异续分亚纲。例如将紫色土分别归入初育土纲和人为土纲;以及划分为石质初育土亚纲、人为水成土亚纲等。这一调整显然对国际土壤分类有所借鉴,应当认为是一大进步。

(2) 紫色母岩母质发育土壤的分类 在全国第二次土壤普查的土壤分类系统中,紫色母岩母质发育土壤的分类包括了 2 个土纲、3 个亚纲和 3 个土类。亚类(含亚类)以下,根据几个主要紫色土分布省区的资料,主要分为 10 个亚类、23 个土属和 80 个土种。

3. 全面开展了紫色土肥力性状的调查和研究

全国第二次土壤普查确定了以土壤肥力为中心的普查方案,着重对土壤养分状况及与之有关的理化特性进行了大量测试。从紫色土分布的 10 多个省区的调查结果分析来看,一般对紫色土所进行的肥力要素测试包括:①养分状况:包括土壤有机质、氮素(全氮和碱解氮)、磷素(全磷和速效磷)、钾素(全钾和速效钾)、土壤微量元素(硼、锌、铜、钼、铁和锰的含量和有效含量);②相关土壤特性:包括土壤颗粒组成、碳酸钙、酸碱度(pH)、阳离子交换量(CEC);③从紫色土的实际情况和生产上的需要出发,有 10 多个省区还进行土壤矿质全量分析。有的省区如四川、广西、湖南、安徽等对紫色土的矿物进行了 X 射线衍射研究。少数省区还对紫色土的铁锰形态、微形态和超微形态等进行了研究。这是我国规模最大、涉及学科范围最广、研究程度最深的一次全国性土壤调查研究,包括紫色土

的研究。从而取得了大量的科学数据和资料,为全国各地因土制宜、制定农业发展规划和指导农业生产实践,提供了主要的、必不可少的科学依据。

二、长江上游生态环境与紫色土研究

(一) 主要成果

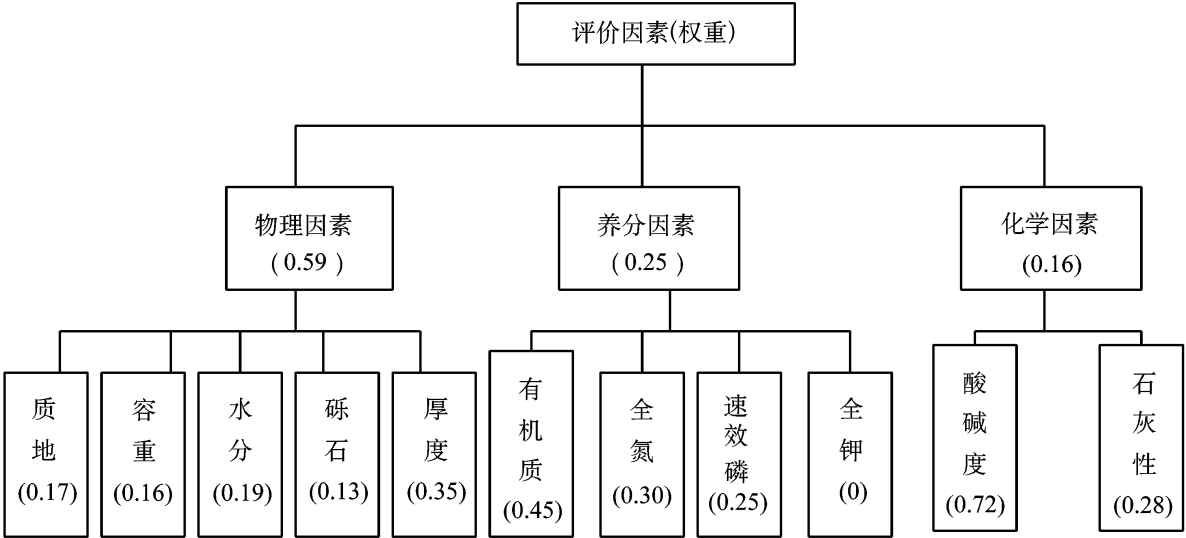
国家对长江上游生态环境十分关注。在“七五”、“八五”和“九五”期间都安排了重大科研项目对其开展研究。长江上游集中分布着大量的紫色土,因此,这些研究工作都包含了对紫色土研究取得的新的成果。

(1) 紫色土资源在长江上游的分布 从长江上游地区(四川境内)土壤分布状况的调查研究结果看(表 1-2):该地区紫色土分布数量占该区面积的 42.95%,其他主要的几类土壤分布面积都<6%。可见紫色土是长江上游分布最多的一类土壤。

表 1-2 长江上游紫色土与其他主要土壤分布

土 壤	紫 色 土		石 灰 性	棕 壤	暗 棕 壤	黄 棕 壤	准 黄 壤	黄 壤
	酸 性 紫 色 土	中 性 紫 色 土	紫 色 土					
面积/km ²	7592.89	25 146.36	34 688.52	6623.76	9132.36	6763.40	6026.48	4268.83
占总面积/%	4.84	16.02	22.09	4.23	5.82	4.31	3.84	2.72

(2) 长江上游紫色土的质量评价 对该地区土壤质量的定量评价,是这一期间有重要意义和最新的进展。主要的方法是运用模糊数学方法。即①选取肥力上重要的特性作为评价因素;②建立专家系统对各项因素进行分级并综合,从而确定各因素的指标和权重(图 1-1);③通过综合评判(一级和多级)和选择不同模型进行模糊运算,主要选取了 $M(\wedge, V)$ 、 $M(o, V)$ 、 $M(\bullet, \odot)$ 和 $M(\wedge, \odot)$ 4 种模型进行评价。评价结果多趋一致,并表明紫色土除个别指标外,多数评价结果都要比暗棕壤、棕壤、准黄壤、黄壤等质量好。评价结果的等级分为:Ⅰ(优)、Ⅱ(良)、Ⅲ(可)、Ⅳ(差)和Ⅴ(劣)等五级。以扎德算子



[$M(V, \wedge)$ 模型]为主,结合其他算子得出土壤质量的评价等级。结果表明:紫色土的质量多为Ⅰ~Ⅱ级,属优良土壤类型,其他几类主要土壤,除个别外多属Ⅱ~Ⅳ级的良或差的土壤。这一评价结果说明,紫色土是一种肥力潜力高、质量较好的土壤资源。

(二) 基本特点

(1) 重视紫色土和与其他土壤的基础研究 在对长江上游地区紫色土的研究上,一直比较落后。随着国家对这一地区的重视,这种状况也逐渐改善,因此,10多年来,在该区紫色土的基础研究上取得了较多的成果。例如:①紫色土的矿物组成的X射线衍射分析及与其他土壤的比较^[4];②紫色土的基础肥力特性研究^[5];③紫色土与其他主要土壤质量的定量评价研究^①;④长江上游土壤数值分类与国际土壤系统分类的比较^[6];⑤紫色土的退化机理研究^[7];⑥紫色土的土壤侵蚀机制研究^[8];⑦紫色丘陵区农林复合系统研究^[9]等。

(2) 加强紫色土资源的保护和持续利用 紫色土是一类土质较好、性质较优、潜在肥力较高的土壤,但又是一类易蚀、易退化、抗逆性弱的土壤。因此,一经开垦,如果利用不当和过度利用后,肥力将大为减退,其生产上表现出的旱、薄、瘦、蚀问题也越来越突出。这是对其长期和定点观测得出的结论。所以近10年来,对长江上游紫色土资源的保护利用研究备受重视,也取得了较多的成果^[10,11]。

三、长江三峡地区紫色土研究

围绕长江三峡大型水利工程建设对库区生态与环境的影响,在过去10年进行了大量的研究工作。三峡地区是长江上游和中游的过渡地区,该区紫色土资源占土地面积的比例较大,达19%(东经109°以东)~40%(东经109°以西)。所以紫色土是该区研究较多的土壤。特别是对该区紫色土的资源类型、分布和质量评价^①,紫色土的侵蚀、水分特征、养分状况和肥力问题^[12,14],紫色丘陵区的农业生态分区、评价、容量等研究方面。这些研究成果对三峡工程建设具有重要的科学指导意义。

四、紫色土分布区农业可持续发展研究

紫色土是我国南方地区一类重要的农业土壤资源。当今全球面临人口、资源、环境的尖锐矛盾和严峻的土地退化危机,解决人类生存和发展问题,必须充分保护资源和环境,走可持续发展之路。对紫色土这类脆弱性较强而生产潜力又较大的土壤资源,更需要优先进行研究和采取对策。这10多年来国家和地方先后在紫色土集中分布区,支持开展了以下几方面与农业可持续发展相关的研究:

1. 国家自然科学基金支持的研究

(1) 中国土壤系统分类——紫色土的系统分类与农业应用(重点基金项目,编号:

① 唐时嘉,何毓蓉,张建辉等,1993:长江上游水源林、水土保持林区的土壤条件和质量评价(四川省科技进步奖材料)。

492131020)。

(2) 成都平原土壤系统分类的基层分类与应用(重点基金项目,编号:49381004)。

(3) 挖掘生物高效利用土壤(紫色土)养分潜力,保持土壤环境良性循环(重点基金项目,编号:39790100)。

(4) 四川盆地高台位旱地系统的开发途径(编号:4870040)。

(5) 紫色坡坎地生态系统特征及开发前景研究(编号:49671068)。

(6) 小麦、油菜耐缺锰(紫色土)机理研究(编号:3900089)。

(7) 紫色岩钾素风化动态及生物有效性研究(编号:4960100)。

2. 中国科学院支持的研究

(1) 中国红层紫色土资源及其典型区农业保护性利用研究(院重点项目,编号:KZ952-S₁-206)。

(2) 三峡库区水、土、植物关系与土地容量的研究(院专项)。

(3) 四川钙质紫色锥形土的基层分类及土地持续利用(院特别支持)。

(4) 紫色丘陵旱作农田水分养分循环与生产力关系及优化模式试验示范(院专项)。

(5) 长江上游紫色土退化旱地肥力重建技术及机制研究(院西部之光项目)。

(6) 紫色土微生物研究(院留学基金)。

(7) 中国紫色土的物理性及微形态研究(院留学基金)。

3. 地方政府及其他部门支持的研究

(1) 提高棉花产量和品质的植棉紫色土营养因子研究(四川省科委应用基础研究)。

(2) 影响紫色土棉花产量和品质的土壤障碍因子研究(四川省科委应用基础研究)。

(3) 紫色母岩养分风化释放动态研究(四川省应用基础研究)。

(4) 四川盆地紫色丘陵坡坎生态子系统研究(四川省应用基础研究)。

(5) 紫色土退化现状成因和保护培肥增产体系研究(四川省应用基础研究)。

(6) 紫色丘陵区坡地土壤水分动力学特征与土壤抗冲性研究(国家人事部留学基金)。

(7) 紫色土微生物特性研究(国家人事部留学基金)。

(8) 四川紫色丘陵区造林固氮树种的评定和提高固氮效率的研究(四川省应用基础研究)。

这些研究促进了紫色土的基础研究更紧密地与农业生产相结合,尤其是在推动紫色丘陵区农业可持续发展上有突出的实践意义,其中有些研究已经取得了创新成果或显著进展。例如紫色丘陵区高台位旱地系统开发研究,推出的旱地聚土免耕技术,仅四川省已推广 400 多万亩(1 亩 = 666.67 m²,下同),平均增产 17%,增产粮食达到 2.16 亿 kg,增收 1.25 亿元。该项成果获四川省科技进步二等奖(1992)。又如紫色土退化与防治研究,采用定量化评价紫色土退化方法和根据紫色土退化成因,从各个层面设计防治紫色土退化的先进农业模式,使研究处于国内领先和部分达到国际先进水平,对紫色丘陵区实施农业可持续发展有重要的指导意义,被评为四川省科技进步二等奖(1994)。又如紫色丘陵区造林固氮树种的评定和提高固氮效率的研究,深入探讨了紫色丘陵区固氮树种生态因素间的交互作用,从而提出了提高固氮效率,建立优化固氮体系和林分模式,对紫色丘陵区农业生态的恢复和发展高效复合农林系统,提供了重要的科学理论依据和实用技术,在国内外产生了较大的反响。该项研究先后获得了中国科学院科技进步二等奖和四川省科技

进步三等奖(1993)。

以上这些研究都进一步促进和深化了紫色土的基础和应用研究,丰富和发展了我国在紫色土这一区域土壤的科学研究成果。

第三节 研究评述

在上述良好的研究背景条件下,10年来对紫色土研究取得的进展和成果都是解放前和改革开放前所不能比拟的。《中国紫色土(下篇)》即主要是总结这一期间我国紫色土研究的进展和成果。以下,就此期间对紫色土各学科领域的研究作一简要评述。

一、研究内容和体系

在研究内容设置上,主要基于:①在《中国紫色土(上篇)》中尚未涉及的学科领域;②虽然同属一个领域的研究但又取得了新的研究进展;③对农业生态和环境保护有重大意义的研究;④研究范围扩大到全国紫色土分布区。在研究体系上,仍坚持基础研究、应用基础研究和应用研究三者紧密结合。

图 1-2 是《中国紫色土(下篇)》的研究内容和体系。

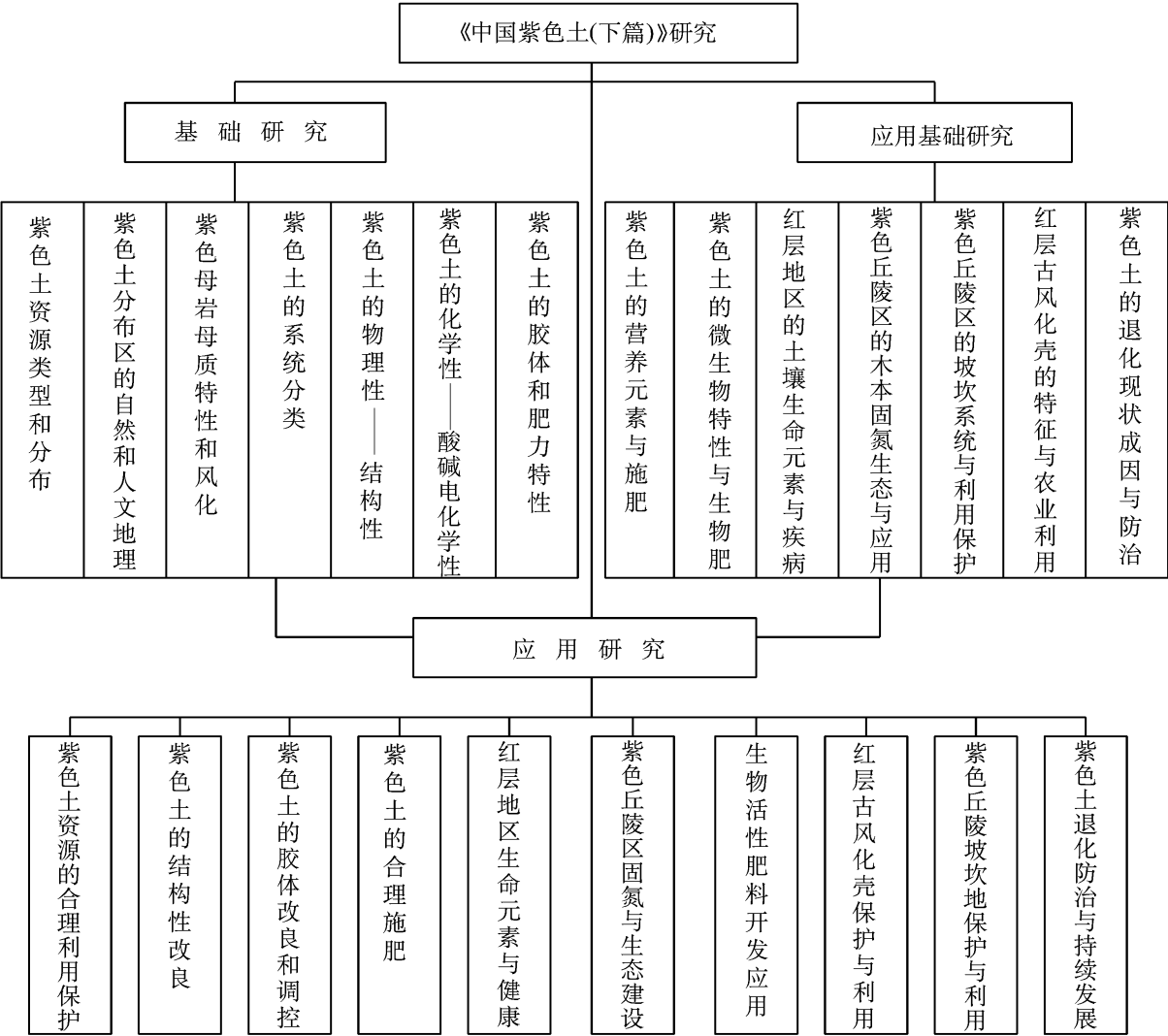


图 1-2 《中国紫色土(下篇)》研究体系

二、研究进展评述

(一) 基础研究

(1) 紫色土资源和地理环境 在紫色土资源研究上最显著的进展是:①明确了紫色土资源的分类,将其分为旱耕紫色土、水耕紫色土和非耕紫色土三大类,并分别进一步划分为酸性紫色土、中性紫色土、石灰性紫色土、水耕紫色土、林灌紫色土、紫色荒地、紫色裸岩等。②查清了我国紫色土各类资源的数量及在各省区的分布。③分析了我国紫色土资源的特性和质量状况。

从自然地理要素,包括区域和空间分布范围,结构和分区、地貌、气候、水文、植被等,阐述了我国紫色土分布区的特点。并且从人文地理环境上,包括人口特征、产业结构、区域经济等分析了我国紫色土分布区的状况。在此基础上深入分析了紫色土与地理环境包括自然因素和人文经济、产业间的关系。

(2) 紫色土的母岩母质特性 紫色土的母岩母质在地质学上作为红层,已有较多的研究成果,但尚未在土壤学中充分应用。对此在紫色母岩母质特性研究上,将地质学与土壤学紧密结合,从作为紫色土起源的母岩母质的地层类型、地质剖面 and 岩性特征以及地球化学特点,进行了较为翔实和深入的研究。并从紫色母岩母质的风化过程的试验观测和研究,探讨了紫色母岩母质的风化过程及对紫色土形成和肥力特性,包括土壤颗粒组成,养分释放等的影响。

(3) 紫色土的系统分类 此前的紫色土分类主要是应用土壤发生学的分类原则、方法和体系进行分类的。目前国际上最先进的土壤分类制是土壤系统分类(soil taxonomy)。在分析紫色土原有发生学分类成果的基础上,采用了国际土壤分类制,对紫色土的诊断层、诊断特性、高级单元和基层单元分类原则和方法,紫色土系统分类检索,与原有发生学分类的参比等进行了系统全面地研究。

(4) 紫色土的理化性 紫色土的物理性中,结构性尚未有过系统的研究和总结。本研究从3个层面,即土壤一般结构和孔隙、土壤微团聚体、土壤微结构,剖析了紫色土的结构状况。特别是应用国际土壤微形态鉴定方法,结合紫色土特点,归纳提出紫色土的10多种微结构类型,评价了紫色土的微结构特征。同时运用最新的分形理论,分析和综合评价了紫色土的结构特征。

在紫色土的化学性中,此前尚未深入研究的领域是酸碱性和电化性。通过对不同类型紫色土的活性酸度及与 CaCO_3 活度、盐基饱和度、交换酸度等之间的关系,阐明了紫色土的酸碱性特点。通过深入研究紫色土表面电荷的基本类型中,包括扩散双电层的电位分布、带电表面的电荷密度和电场强度,测定和推导了紫色土的电化学特性。并比较研究了几种类型和不同地区的紫色土间的电化性异同。这一研究结果填补了紫色土研究的空白。

(5) 紫色土的胶体特性 著名土壤学家侯光炯院士生前十分重视土壤胶体的研究。他认为:“土壤胶体,是土壤产生肥力的物质基础,也是土壤与植物存在过程中分分秒秒、息息相关、互利互助、共存共荣的主要枢纽。”指出农业生产的关键在于“改进土壤胶体品质,培养肥力机制,实为治本之途”^[15]。从农业生产实践中表明,不同母岩母质来源的紫

色土的很多肥力上的差异,多与其胶体品质的不同有关。在本研究中正是从侯光炯院士的这种学术观点出发,对紫色土的无机胶体、有机胶体和有机-无机复合胶体进行了系统深入的研究。从各类胶体的组成解剖,到胶体的数量特征,以及从胶体特性、形态特征,到对各类紫色土和不同分布区域紫色土胶体类型、组成和数量的比较等,对紫色土的胶体有了较为全面和深入的认识。特别是总结了在紫色土胶体研究上很薄弱的有机-无机复合胶体的最新研究成果,使对紫色土肥力的发生机制的研究有了更新的起点,并将在揭示土壤肥力实质的科学突破上产生一定的影响和作用。

(二) 应用基础研究

(1) 紫色土的植物营养特性 土壤的植物营养元素包括氮、磷、钾和铁、锰、锌、铜、钼、硼等微量元素,是一个研究广泛和深入的领域。紫色土这方面的研究也很多。由于土壤营养性在科学和实践上的意义突出,因此加强这一领域的研究是必要的。同时本研究也注意从以下几点进行深入研究:①分析各类紫色土、各种植物营养元素的形态及其分布数量,准确评价紫色土的营养状况;②重点研究紫色土营养元素的有效性,着力于从土壤内在特性的交互影响、土壤外在环境因素的作用机制和耕作活动等,分析紫色土营养元素的有效性影响,从而为施肥提供理论依据;③在紫色土铁锰营养研究上,还对缺素诊断,包括形态诊断、酶学诊断、施肥诊断等进行探讨,使这方面的研究也取得了明显的进展。

(2) 红层地区生命元素地球化学 在紫色土研究上这是一个新的领域。根据在人体和生物体中元素的含量、功能、相互作用和化学特性,将其定为生命元素和划分为六种类型,并从生命元素的生理作用上划分为常量、微量和毒性三大类,分析了红层地区生命元素迁移和富积特征;评价了紫色土生命元素含量特征;研究了红层地区生命元素地球化学特点与人畜健康和疾病的关系。结果表明:一些地方病,如克山病、心肌病、大骨节病、氟中毒、趴病、食管癌等都与生命元素的含量和分布有关。这一研究对红层地区人群和牲畜健康安全与地方病防治有明显的意义。

(3) 紫色土的微生物生态 紫色土的微生物学研究,是初步的总结,侧重研究了紫色土中三大微生物(真菌、放线菌、细菌)的数量特征,并比较了不同紫色土类型和不同土地利用方式下微生物数量的特点及在土壤剖面中的分布特征。同时以人工林下紫色土微生物类群分布状况,对其不同细菌类群进行了分析研究,取得了有益的研究结果,对紫色土分布地区生物活性肥料开发有较大的实用性。

(4) 紫色丘陵区木本共生固氮 紫色丘陵区一般处在亚热带温暖湿润地区,固氮树种资源十分丰富。本研究在实地调查研究的基础上,提出了紫色丘陵区固氮树种资源目录,计9科41种。研究了紫色丘陵区主要固氮树种的生态特性;分析了不同生态条件下的紫色土性质、固氮树种的生态特性;比较了不同生态条件下的紫色土性质、固氮树种的生长差异、不同生态因子的交互作用;以及评价了不同紫色土上固氮树种的生产性。同时探讨了紫色丘陵区木本共生固氮、结瘤固氮的特点和规律,比较了紫色丘陵区固氮树种的固氮能力。从不同紫色土的结瘤固氮作用评价了光照、水热、土壤特性等条件对固氮的影响。并运用计算机技术,分析了桉木、刺槐等固氮树种固氮能力与主要生态因子间的作用。这一研究使紫色土木本固氮生态研究取得了显著的进展。

(5) 紫色丘陵区坡坎系统 这是一个尚未被重视和研究的“角落”,而在紫色丘陵区

坡坎地的数量和作用是不可忽视的。本研究侧重从分析紫色丘陵区坡坎的数量和分布特点上,探讨了坡坎系统内坡度、地貌、地层岩性等因素对坡坎数量结构的影响。并通过田间试验,从土壤含水量、水分变化、侵蚀作用等方面,评价了坡坎地的各种处理措施的效果。分析了人工建造的坡坎生态系统的保土、改土功能。同时,从坡坎生态系统中生物结构、产业结构、农业利用组合结构上,设计了各级坡坎利用系统,分析了其农业利用的经济效益。显然,这一研究有一定新意。

(6) 红层古风化壳特征 红层中有相当一部分由于深度风化,成为变质碎屑状黏土风化壳,又称其为红层古风化壳。它是一种盛产粮食和经济作物的重要土地资源。本研究分析了红层古风化壳的发生和分布,并着重分析了红层古风化壳的剖面结构、物理和地球化学特性以及成土类型。在此基础上,总结了在红层古风化壳进行农业利用的成功经验。这一研究结果对红层古风化壳资源的合理利用具有显见的现实意义。

(7) 紫色土的退化 环境退化必然影响土壤退化。紫色土的退化现象是十分普遍和严重的,是制约紫色土分布区农业发展的重要因素之一。本研究提出了紫色土退化的分类系统;分析了紫色土退化的基本特征;采用模糊数学方法评价了紫色土的退化;探讨了紫色土退化的驱动因子,从自然因素和人为因素上全面剖析了紫色土退化的成因;并以生态学、系统论和控制论观点为指导,提出了防治紫色土退化的措施和途径。

(三) 应用研究

在对紫色土的基础研究和应用基础研究中,特别是后者,都注意了研究结果的应用。主要体现在以下方面:

(1) 在土壤资源和环境保护上的应用 在掌握紫色土资源数量和质量,深化对紫色土资源作为我国农业宝贵的土壤资源认识的基础上,更加明确了紫色土研究的重要意义。通过对各类型紫色土资源特性的研究,抓准了紫色土资源的矛盾和问题,从而为分类分区提出针对性的保护措施和对策提供了科学依据。例如:①通过人工调控,建立稳定高效的紫色丘陵区复合农林系统;②分别紫色土类型,分类分区建设高效、稳产紫色土生产园和基本农田;③推广在紫色丘陵区试验成功的生态、水土保持、持续发展的新型耕作制;④有计划、有步骤,分区分型建立紫色土特色农业保护区等。

(2) 在改良培肥土壤提高土壤生产力上的应用 土壤胶体和结构性是土壤肥力形成的基础和核心,改善土壤胶体品质和改良结构性是提高土壤肥力和生产力的关键。通过对紫色土胶体品质和结构性的研究,发现紫色土主要问题是有机胶体缺乏、稳定性低;有机-无机复合体不仅数量少,而且复合体组成中的紧结合态和稳结合态很少;土壤结构中,团聚体数量少、团聚度低、分散性强,微结构以斑晶胶凝状、紧实状等低级类型为主等,这些问题是制约紫色土肥力发挥的重要原因。这就为改良培肥紫色土提供了科学依据。在可供采取的对策和措施上,重点提出:①增施高品质(指 C/N 值低、腐熟度高)的有机肥;②对无机胶体含量较低的紫色土,通过促进土壤粗粒物质风化的措施,如土壤水分的科学管理调控、炕土、客土等措施加以改良;③实施增厚土层、强化生物物质循环、控制环境污染、保持水土的先进农耕措施,例如水田自然免耕、旱地聚土免耕垄沟立体种植等。通过实际应用取得了显著的效果。

(3) 在发展特色农业和农业可持续发展的应用 没有效益的农业不受农民欢迎,也

难于取得农业的进步。农业不走可持续发展之路也只能是急功近利、掠夺式生产,而最终是走向穷途末路。通过对紫色土,包括红层古风化壳和紫色坡坎地的环境生态、土壤理化性和肥力特性的研究,更深刻的认识到紫色土具有优良特性和生产潜力,所以紫色土分布区是我国发展特色农业的重要基地之一。长期以来,我国红层地区比较贫困,一是受“以粮为纲”的影响,二是对紫色土资源特性认识不足。所以在紫色土分布区应当因地制宜,发展优质稻、柑橘、优质茶、油茶、黄花、名贵药材等特种高效经济作物,发展特色农业,这对充分利用紫色土资源、振兴红层地区地方经济具有重大的意义和作用。

通过对紫色土退化问题的研究,也表明加强紫色丘陵区的环境保护的重要性、必要性和迫切性。因而在应用上,应当采取建设农区林网生态屏障,建立持续农业系统,加强土壤管理,调整农业结构,实施先进的复合农林草种植制和技术措施等,使紫色土地区土壤退化得到有效防治,农业走上可持续发展的道路。

(4) 在其他方面的应用 通过对紫色土营养和微生物特性的研究,为合理施肥提供了依据。同时在开发紫色土的专用复合肥和微生物活性肥方面扩大应用,为相关产业发展提供了机会。

紫色丘陵区木本固氮生态研究结果,广泛应用于红层地区的生态环境建设,特别是在长江上游地区退耕区和西部大开发的国家任务和行动中,通过选择适生固氮树种,提高生物固氮活性,对加速荒山绿化,生态恢复和重建将发挥重要作用。

对红层地区生命元素地球化学的研究结果,在对该地区地方病的防治上应用,将会收到显著效果。这是保障人群和牲畜健康安全上有重要意义的应用研究成果。

三、结 语

科学无止境。中国紫色土研究虽然可以暂时划上一个句号,但关于紫色土研究尚还有很多未尽人意之处。例如,很多研究还有待深入;有一些研究领域还未能涉及;有的研究可能还会有错误或缺陷等,所以在完成本书后仍留下不少遗憾。同时我们也满怀希望,相信在知识经济时代,在科教兴国的国策指引下,紫色土的研究仍将继续下去,并取得更大的成果!

参 考 文 献

- [1] 中央地质调查所土壤研究室. 中国土壤分类方法草案. 土壤, 1941, 2(1)
- [2] 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土(上篇). 北京: 科学出版社, 1991
- [3] 全国土壤普查办公室. 中国土壤. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [4] 何毓蓉, 佐藤幸夫等. 长江上游山地土壤的黏土矿物组成特征. 山地研究, 1993, 11(4): 241~245
- [5] 何毓蓉. 来仓山林区的土壤肥力特征及保护研究. 水土保持学报. 1991, 5(4): 73~79
- [6] 张建辉. 四川盆缘东西部山地土壤的数值分类及其与系统分类的比较研究. 土壤通报, 1994, 25(1): 9~12
- [7] 何毓蓉, 黄成敏. 川江流域的土壤退化与防治. 长江流域资源与环境, 1993, 5(2): 268~272
- [8] 程先云. 紫色丘陵区小流域降雨及径流输沙模型初探. 土壤农化通报, 1992, 7(1, 2): 24~34
- [9] 向成华. 川中浅丘农区坡地林农复合系统的综合评价. 自然资源学报, 1996, 11(2)
- [10] 朱钟麟, 罗晓川. 紫色丘陵区土壤保护实验站建设. 见: 水土流失动态监测和防治技术. 土壤农化通报, 1992, 7(1, 2): 1~17
- [11] 何毓蓉, 张丹等. 长江上游退耕还林区的土壤退化与肥力重建. 山地学报, 2000, 18(6): 526~529

- [12] 杨艳生,吕喜玺. 长江三峡区的重力侵蚀研究. 土壤,1992,24(5):228~233
- [13] 梁音,史德明等. 长江三峡区侵蚀土壤水分特征研究. 土壤,1993,25(4):201~204
- [14] 车玉萍,林心雄等. 长江三峡库区耕地土壤的氮肥增产潜力和有机肥源的利用. 土壤,1992,24(4):192~196
- [15] 侯光炯,赖守悌,青长乐等. 土壤胶体性质日变化及其在肥力上的意义. 见:刘明钊主编. 侯光炯土壤学论文选集. 成都:四川科学技术出版社.1990

第二章 中国紫色土资源^{*}

紫色土是我国的一类特殊的土壤资源。这类土壤以其特别的土色、与母岩母质的密切联系、优良的基础肥力等而成为我国一种特有的、具有发展农业优势的宝贵土壤资源。在世界范围内,目前除我国以外,其他国家尚未发现该类土壤,或者分布面积不大而无重要意义。这一章将讨论我国紫色土资源的特征、分布、质量状况、利用与保护问题。

第一节 紫色土资源分布区的环境和母质特征

我国紫色土集中分布在四川盆地,计占全国紫色土分布面积的 51.53%。其他主要分布在云南、贵州、重庆、湖南、湖北、广东、广西、江西、安徽、福建、浙江等省份。陕西也有一定面积分布。此外河南、海南、江苏有少量分布。在土壤分类上,对紫色土有专门的发生和属性特征或指标进行分划。作为土壤资源类型,除了土壤学分类要求的分类特征和属性外,还应从相同的起源上更广泛的界定其所属范围。

一、紫色土资源分布区环境的一般特征

我国紫色土分布的部分省区主要的生态环境特征如表 2-1。

表 2-1 中国紫色土主要分布区的生态环境特征

地 区	代表 地方	气候条件			地貌地形	母岩母质 ¹⁾	植被特征
		年均温/℃	年均雨量/mm	干燥度			
云贵高原区	楚雄	16~20	600~1000	0.80~2.70	高原、低山	J、K、T 等紫 色砂、泥岩	常绿-落叶
	遵义	14~16	1000~1200	0.70~0.90	盆地丘陵		混交林
四川盆地区	内江	17~18	1000~1100	0.80~0.90	低山、盆地丘陵	J、K、T、E 等 砂、泥岩	常绿-落叶混 交林
	广元	16~17	900~1000	0.95~1.11			
	宜宾	17~18	1100~1200	0.50~0.60			
中南丘陵区	衡阳	17~18	1300~1400	0.80~0.90	盆地丘陵、低山	K、J、E 等砂 泥岩	常绿-落叶混 交林
	秭归	16~17	1300~1700	0.65~0.85			
华东丘陵区	吉安	17~19	1500~1600	0.75~0.80	盆地丘陵	K、E 等砂泥 岩	常绿阔叶林
	金华	17~18	1600~1700	0.70~0.80			
	休宁	16~17	1200~1400	0.60~0.75			
华南丘陵区	邕宁	20~21	1200~1300	0.60~0.80	盆地丘陵	K、E 等砂泥 岩	常绿阔叶-热 带雨林
	南雄	18~20	1400~1600	0.75~0.85			
	武夷	18~19	1600~1700	0.70~0.80			

1) 母岩地层: J. 侏罗系, K. 白垩系, T. 三叠系, E. 第三系。

* 何毓蓉执笔。

我国紫色土分布地区的生态环境特点主要表现为:①年均温 14℃ 以上,年降雨量多在 1000mm 以上,年干燥度多在 1 以下,夏季气温高、降雨多,水热同期。可见区内属温暖湿润的季风气候。②紫色土分布地区多为丘陵、低山,而且由于紫色母岩的物理风化强烈和易遭受侵蚀的特性,使紫色土分布区多形成所谓红色盆地地貌。如有名的四川盆地、衡阳盆地、吉泰盆地、金衢盆地、休宁—屯溪盆地、赣州盆地、南宁—大塘盆地、南雄盆地等。一般在西部地区,如云、贵、川、鄂西和湘西等地区,紫色土分布的海拔较高,多在 400~1600m;东部地区如浙江、江西、安徽、江苏等地,紫色土分布海拔多在 200m 以下。所以西部地区紫色土分布区的地形条件较复杂,从浅丘、中丘、深丘到低山都有;而东部地区一般较简单,多分布为浅丘地形。③紫色土分布地区最显著的特征是其具有鲜明的红—紫颜色的砂岩、页岩和泥岩等母岩母质。它分属侏罗系、白垩系和部分第三系及三叠系的岩层。其形成的古气候、古环境属湿热或干热气候条件,生物生长繁盛且在不同地质时期有所差别,并在不同沉积相下,形成了不同岩性的岩层,以及不同岩层的组合建造。因此,其表现出不同的先天母质特性而对所发育的紫色土的肥力产生不同的影响,以下还将详述。④温暖湿润的季风气候和较为良好的土质条件,在我国紫色土分布区一般植物种类繁多、生长茂盛。在西部地区,如云贵高原和四川盆地,紫色土分布在 800~1600m 的地区,主要为亚热带常绿—落叶阔叶林,个别为针—阔混交林,农区一年一熟或两熟;在 200~800m 的地区一般为亚热带常绿阔叶林,农区一年两熟;在东部和南部紫色土分布的海拔低于 200m 的地区,一般为热带、亚热带常绿阔叶林,农区多为一年三熟和多熟。

二、紫色土的母岩母质类型和特征

(一) 紫色土与紫色母岩母质的关系

对紫色土的研究,曾经从土壤发生分类上,从土壤形成的地带性理论出发,将紫色土划归棕色森林土和黄壤类^[1]。这是对紫色土的特殊性,尤其是紫色土与其发育的紫色母岩母质的密切关系,缺乏深入认识的缘故。而在此之前,实际上已认识到“紫色土是世界上为数不多的一种特殊土壤类型”,并将其划分为“原色土”和“变质原色土”^[2]。所谓原色土是指未发生较显著的成土作用,保持原有母岩母质的大多数特征特性的紫色土。以后的研究表明,紫色土之所以在强烈的成土因素作用下,土壤性状特征稳定少变,主要由于紫色母岩在其地质形成时期,颗粒或结构表面形成和包被了铁锰质胶膜。这一层胶膜既是紫色土的鲜艳的红—紫土色的呈色机制^[3],又是其抗化学风化、稳定性高的重要因素之一,也是紫色土何以保持丰富的原生矿物及可风化次生矿物,并含大量矿质营养元素的主要原因。同时也使紫色土更多的保留了其发育的母岩母质特征和性状。比起发育程度较高的各类地带性土壤来说,紫色土受其母岩母质的影响更深刻。

(二) 紫色母岩母质类型和性状特征

在地质学中,中生代的紫色岩层又称为“红层”。主要是根据其类似的沉积环境和性状特征而定的。但不同地质时期形成的紫色母岩,其颗粒组成、质地、化学性质和养分状况等都不同,对所发育的土壤的影响各异。因此在研究紫色土的特性和肥力时都相对其他土壤来说,更重视其母岩形成的地层。表 2-2 是我国典型区紫色母岩的地层划分。