



中国生态系统研究网络丛书

中国森林生态系统养分循环

陈灵芝 黄建辉 严昌荣 编著

气象出版社

中国森林生态系统养分循环

陈灵芝 黄建辉 严昌荣 编著

气象出版社

内 容 简 介

本书是《中国生态系统研究网络丛书》之一,是对自建国以来,尤其是最近 20 年左右,我国生态学工作者对森林生态系统养分循环及相关研究的总结。全书共分 5 章,包括我国东部地区主要森林土壤类型的养分特征、我国东部热带和亚热带地区主要森林类型的养分循环特征、我国东部温带地区主要森林类型的养分循环特征、我国东部地区主要森林类型的凋落物形成及其分解特征、我国主要森林类型养分循环特征分异的研究。

本书可供从事林业、生态学研究的科技工作者,环保及资源管理工作及有关院校师生参考。

中国森林生态系统养分循环

陈灵芝 黄建辉 严昌荣 编著

责任编辑:潘根娣 终审:刘树泽

封面设计:李悦 责任技编:王新 责任校对:李新

气象出版社出版

(北京海淀白石桥路 46 号 邮编 100081)

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

北京科地亚印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:390 千

1997 年 10 月第一版 1997 年 10 月第一次印刷

印数:1—800 定价:28.00 元

ISBN 7—5029—2377—2/S·0301

《中国生态系统研究网络丛书》编辑委员会

主 任： 孙鸿烈

委 员：（以下按姓氏笔画为序）

王明星 孙鸿烈 孙九林

陈宜瑜 沈善敏 陆亚洲

张新时 赵士洞 赵其国

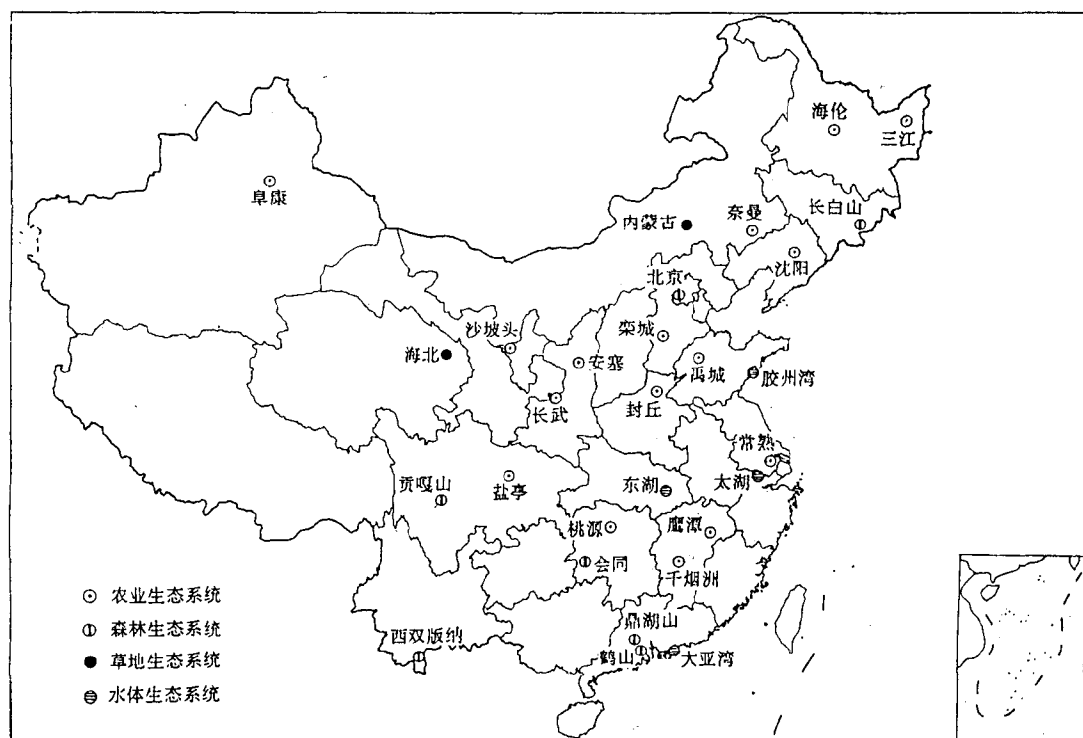
钱迎青 唐登银

秘 书： 王群力

《中国生态系统研究网络丛书》序

中国科学院自 1949 年建院以来,陆续在全国各重要生态区建立了 100 多个以合理利用资源,促进当地农业、林业、牧业和渔业发展,以及观测和研究诸如冰川、冻土、泥石流和滑坡等一些特殊自然现象为目的的定位研究站。在过去几十年中,这些站无论在解决本地区资源、环境和社会经济发展所面临的问题方面,还是在发展生态学方面,都发挥了重大的作用。

自本世纪 80 年代以来,一方面由于地球系统科学的出现与发展,特别是由于国际地圈-生物圈计划(IGBP)的提出与实施;另一方面,由于日益严重的全球性资源、环境问题所造成的压力,使生态学家们提出了以从事长期、大地域尺度生态学监测和研究为目的的国家、区域乃至全球性网络的议题。就是在这种背景下,中国科学院从已有的定位研究站中选出条件较好的农田、森林、草原、湖泊和海洋生态系统定位研究站 29 个(见中国生态系统研究网络生态站分布图),并新建水分、土壤、大气、生物和水域生态系统 5 个学科分中心及 1 个综合研究中心,于 1988 年开始了筹建“中国生态系统研究网络(英文名称为 Chinese Ecosystem Research Network,缩写为 CERN)”的工作。目前,中国科学院所属 21 个研究所的千余名科技人员参与了该网络的建设与研究工作。



中国生态系统研究网络生态站分布图

网络筹建阶段的中心任务,是完成 CERN 的总体设计。1988~1992 年的 5 年间,在中国科学院、国家计委、财政部和国家科委的领导与支持下,来自我院各有关所的科技人员,详细研究了生态学的最新发展动向,特别着重研究了当代生态学对生态系统研究网络所提出的种种新的要求;了解了世界上已有的或正在筹建的各个以长期生态学监测和研究为目标的网络的设计和执行情况;特别是分析了“美国长期生态学研究网络(英文名称为 U. S. Long-Term Ecological Research Network,缩写为 U. S. LTER Network)”的发展过程,注意吸取了它的经验和教训;同时,结合我国的具体情况,经过反复推敲,集思广益,于 1992 年底完成了网络的设计工作,并开始建设。

与其他网络相比较,CERN 的设计有如下特征:在整个网络的目的性方面,强调网络的整体性和总体目标,强调直接服务于解决社会、经济发展与资源、环境方面的问题;在观测方面,强调观测仪器、设备和观测方法和标准化,以便取得可以互比的数据;在数据方面,强调数据格式的統一和数据质量的控制、数据共享和数据的综合与分析;在研究方法上,强调包括社会科学在内的多学科参与的综合研究,强调按统一的目标和方法进行的,有多个站参与的网络研究。

几年来,通过国内、外专家的多次评议,肯定了上述设计的先进性和可行性,这为 CERN 的总体目标和各项任务的实现奠定了可靠的基础。

CERN 的长期目标是以地面网络式观测、试验为主,结合遥感、地理信息系统和数学模型等现代生态学研究手段,实现对我国各主要类型生态系统和环境状况的长期、全面的监测和研究,为改善我国的生存环境,保证自然资源的可持续利用及发展生态学做贡献。它的具体任务是:

1. 按统一的规程对我国主要类型农田、森林、草原、湖泊和海洋生态系统的重要生态学过程和水、土壤、大气、生物等生态系统的组分进行长期监测;
2. 全面、深入地研究我国主要类型生态系统的结构、功能、动态和持续利用的途径和方法;
3. 为各站所在的地区提供自然资源持续利用和改善生存环境的优化经营样板;
4. 为地区和国家关于资源、环境方面的重大决策提供科学依据;
5. 积极参与国际合作研究,为认识并解决全球性重大资源、环境问题做贡献。

为了及时反映该网络所属各生态站、分中心和综合研究中心的研究成果,CERN 科学委员会决定从 1994 年起设立出版基金,资助出版《中国生态系统研究网络丛书》。我们希望该丛书的问世,将对认识我国主要类型生态系统的基本特征和合理经营的途径,对促进我国自然资源的可持续利用和国家、地区社会经济的可持续发展,以及对提高生态学的研究水平发挥积极作用。



1995 年 4 月 16 日

前 言

“中国森林生态系统养分循环”一书是由国家基金委员会资助的“中国森林生态系统结构与功能研究”重大基金项目的专题之一,也是中国科学院“八五”重大项目“中国主要类型生态系统结构功能和提高生产力途径的研究”的专题的部分,并得到部分资助。

本项研究是在中国科学院长白山森林生态系统定位研究站、北京森林生态系统定位研究站、会同森林生态系统实验站、鼎湖山森林生态系统定位研究站、鹤山红壤丘陵综合试验站、西双版纳热带生态试验站和哀牢山森林生态站等在养分循环研究基础上,收集国内外有关森林生态系统养分循环论文和著作,特别是东北林业大学、中南林学院和热带林业研究所有关专家的论文,通过我们的分析、综合编写而成。本书可以认为是目前中国森林生态系统养分循环的阶段总结。在编写过程中得到不少同行的大力支持,值得指出的是中国科学院华南植物所的孔国辉研究员、沈阳应用生态所的许广山研究员为本书提供了不少资料。中国科学院自然资源综合考察委员会主任赵士洞研究员、沈阳应用生态研究所沈善敏研究员对本书的编写给予了大力支持,特此一并致谢。

森林生态系统养分循环是生态系统的重要功能过程之一,在中国 80 年代开始森林养分循环的研究工作,取得大量宝贵的资料。90 年代初,这方面工作相对减少。总体而言,中国森林的养分循环研究已取得了很大成绩,但是由于研究的系统性、养分循环各子系统研究的同步性及方法的统一性不够,因此存在着一定不足之处,有待进一步改进。建议对有代表性森林类型的养分循环研究进行系统设计,统一方法,同步进行,加强各类森林生态系统养分循环规律的可比性,揭示各自的特有规律,这将对森林的恢复、人工林的营造提供进一步的理论依据。殷切希望本书在总结过去基础上,将作为推动森林生态系统养分循环研究的又一新起点。

本书共分五章,各章作者分工如下:

1. 黄建辉、韩兴国、许广山
2. 严昌荣、陈灵芝
3. 黄建辉、韩兴国
4. 陈灵芝
5. 严昌荣、陈灵芝

本书由于经费及资料来源的限制,有些方面很不尽人意,加以作者的水平有限,错误之处望各位同行专家们给予批评指正,不胜感谢。

陈灵芝
1997.1

目 录

《中国生态系统研究网络丛书》序

前言

1	中国主要森林土壤类型及其化学特性和营养元素特征	(1)
1.1	砖红壤	(1)
1.2	赤红壤、红壤与黄壤	(4)
1.3	黄棕壤	(12)
1.4	褐土	(15)
1.5	棕壤	(18)
1.6	暗棕壤	(21)
1.7	棕色针叶林土	(26)
1.8	灰色森林土	(29)
2	中国热带、亚热带主要森林类型的养分循环	(31)
2.1	热带森林营养元素循环规律	(31)
2.2	栲类林营养元素循环规律	(37)
2.3	木果石栎林营养元素循环规律	(40)
2.4	杉木及其混交林营养元素循环规律	(46)
2.5	银杉林营养元素循环规律	(54)
2.6	毛竹林营养元素循环规律	(57)
2.7	马尾松及其混交林营养元素循环规律	(63)
2.8	华山松林营养元素循环规律	(69)
2.9	红树林营养元素循环规律	(73)
3	温带地区主要森林类型营养元素循环规律研究	(81)
3.1	栓皮栎林的营养元素循环规律	(81)
3.2	辽东栎林营养元素循环规律	(84)
3.3	油松林营养元素循环规律	(86)
3.4	侧柏林营养元素循环规律	(94)
3.5	阔叶红松混交林及人工红松林的营养元素循环规律	(97)
3.6	蒙古栎林营养元素循环规律	(103)
3.7	水曲柳林营养元素循环规律	(105)
3.8	白桦林营养元素循环规律	(107)
3.9	樟子松林营养元素循环规律	(111)
3.10	兴安落叶松林营养元素循环规律	(112)
4	森林凋落物的研究	(118)
4.1	中国东部热带森林的凋落物	(118)
4.2	中国西南部热带季节雨林的凋落物	(121)
4.3	南亚热带森林的凋落物	(123)

4.4	亚热带常绿阔叶林的凋落物	(128)
4.5	亚热带落叶阔叶林的凋落物	(137)
4.6	南亚热带杉木林的凋落物	(139)
4.7	中亚热带杉木林的凋落物	(141)
4.8	中亚热带中山杉木林的凋落物	(146)
4.9	北亚热带杉木林的凋落物	(148)
4.10	南亚热带马尾松林及其混交林的凋落物	(149)
4.11	暖温带次生林的凋落物	(154)
4.12	中温带针阔混交林的凋落物	(169)
5	中国主要森林类型营养元素循环区域分异的研究	(183)
5.1	不同气候带典型天然森林营养元素循环的区域分异	(183)
5.2	中国人工林营养元素循环的区域分异特点	(191)
5.3	松林营养元素循环的比较研究	(197)
5.4	壳斗科植物群落营养元素循环区域特征	(202)
5.5	中国森林的水化学特点	(207)
5.6	森林凋落物区域分异的研究	(221)
	参考文献	(226)

1 中国主要森林土壤类型及其化学特性和营养元素特征

我国是一个多山的国家,全国山地面积约占我国总面积的 70% 左右。由于气候、土壤、地形条件的适宜,自古就有大面积茂密的森林植被覆盖,并有极为丰富的森林和森林土壤资源。据统计我国林业用地总面积约 2.5 亿 hm^2 ,有林地面积约 1.34 亿 hm^2 ,森林覆被率约为 13.9%,疏林地、幼林地及宜林荒山荒地面积可超过 1 亿 hm^2 (宋达泉和许广山,1981)。

我国森林多集中在东北、西南和东南等地,大致是东南多,西北少。森林覆被率大于 30% 的有台湾、福建、浙江、黑龙江、江西、湖南和吉林 7 省,小于 5% 的有甘肃、江苏、宁夏、新疆和青海 5 省(区)。

土壤是陆地表面包括森林植物在内的所有植物赖以生存的基础,它提供了植物生活所必须的矿质营养和水分,是地圈和生物圈之间进行物质和能量交换的界面,而土壤本身也是植物和环境共同作用下的产物。因此,不同环境条件下对应着不同的植物群落,也同样对应着不同的土壤类型,也即土壤和植物群落之间确实存在着一定的相关性。研究森林群落及其栖息地土壤实际上是一个问题的两个方面。土壤和植物群落之间的这种相关性也可以理解为特定的植物群落只存在于特定的土壤分布区;而不同的植物群落的栖息地土壤之间也将会存在很明显的不同。

营养物质在植物和土壤之间的传输是连接两者的纽带。植物从土壤吸收养分的过程主要是通过根系来完成的,包括以下途径:直接从土壤溶液中吸收养分离子;通过根系和土壤固相间的接触交换作用,吸收被吸附在粘土颗粒和腐殖质胶粒上的养分离子;还可通过 H^+ 和有机酸游离贮存的结合态养分,把固定在化合物中的养分元素释放出来,形成中间络合物,使得根系容易吸收(曲仲湘等,1983)。由于营养物质的这种特殊作用,决定了不同植物群落分布的土壤中,其营养物质的特征也将表现出显著的不同,无论是草地、灌丛还是森林都是如此。本章将以一些我国分布的主要森林为例,比较其土壤中营养物质含量特征的差异。

我国森林由 2000 多个乔木树种,5000 多个灌木树种及更多的草本、藤本植物组成了繁多的森林植被类型,包括寒温带针叶林、温带针阔叶混交林、暖温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林及热带季雨林、雨林。这些地带性森林植被类型都各自形成一种或几种森林土壤。此外,我国山地森林土壤具有明显的垂直地带性,其带谱的繁简取决于山地的高度及其所处地理位置。

1.1 砖红壤

1.1.1 地理分布与森林类型

海南岛与滇南的地带性气候均属热带,森林多属热带雨林和季雨林,但两者之间由于相隔距离较远,因而还有很大的区别。主要分布有砖红壤(可分砖红壤,黄红色砖红壤及褐

色砖红壤);山地砖红壤性土(可分山地黄红色砖红壤性土及黄色砖红壤性土)。

1.1.2 砖红壤的化学特性和营养元素特征

砖红壤是热带地区的地带性土壤,主要分布在海南岛、雷州半岛和西双版纳等地,大体上位于北纬 22°以南。该区具有高温多雨,干湿季节明显的季风特点,冬季少雨多雾,夏季多雨。海南省保亭地区年平均气温 24.3℃,年降水量 1981mm,雨季为 3~11 月,旱季为 12~2 月。原生植被为热带雨林或季雨林,多攀缘性藤本植物,优势树种有龙脑香科(Dipterocarpaceae)、樟科(Lauraceae)、棕榈科(Palmae)和番荔枝科(Annonaceae)等。由于发育于富含铁、铝的基性岩之上,加以成土过程中脱硅作用,相对更增加了铁铝积累,使剖面上下色泽呈赭红色;质地特别粘重。砖红壤在森林覆盖下,腐殖质积累较高,表土 39.4g·kg⁻¹,至 95cm 深仍含 16.8g·kg⁻¹;氮素也有一定的积累,但并不高,土层 60cm 以上全氮 1.13~1.19 g·kg⁻¹(表 1.1,中国林业科学研究院林业研究所,1986)。砖红壤属酸性土壤,其酸性强弱程度及在剖面中变化,无论水提液(pH^a)和盐浸液(pH^b)的都是土层上部强,下部弱,如水提液自上而下由 5.7 至 5.9,盐浸液的自上而下由 5.0 至 5.4。砖红壤由于砂土粒子少,粘土粒子多,故有较高含量的交换性盐基。在剖面中的分布状况:表土少至底土逐渐增多,这与其所反映的盐基饱和度完全一致。

表 1.1 砖红壤的主要化学营养特征(热带季雨林,海拔 32m)

深度 (cm)	全量(g·kg ⁻¹)		pH ^a	pH ^b	盐基 饱和度 (%)	交换性盐 基总量 (cmol·kg ⁻¹)	有机质 (g·kg ⁻¹)
	N						
0~20	1.79		5.7	5.0	57.3	8.87	39.4
20~60	1.13		5.9	5.3	73.3	9.72	23.3
60~95	0.74		5.9	5.4	78.8	10.34	16.8

黄红色或红棕色砖红壤一般表土颜色浅,呈灰棕色,深层为红棕或黄棕色,底土有红、白、黄杂色网纹,剖面中普遍有铁子、铁根分布。黄红色砖红壤养分贫乏,有机质含量表土可达 16.4g·kg⁻¹(表 1.2,中国林业科学研究院林业研究所,1986),全氮含量较低,表层最高也只有 0.62g·kg⁻¹;黄红色砖红壤属酸性至强酸性土壤。水提液 pH 在 5.0 左右,盐浸液 pH 在 4.0~4.2 之间。

表 1.2 黄红色砖红壤的主要化学营养特征(海南岛,热带季雨林)

深度 (cm)	全量(g·kg ⁻¹)		pH ^a	pH ^b	有机质 (g·kg ⁻¹)
	N				
0~25	0.62		5.00	4.24	16.4
25~50	0.34		5.30	4.28	6.2
50~85	0.35		4.56	4.10	4.8
85~	—		4.71	4.00	5.5

随着海拔升高,山地坡度增大,自然侵蚀强烈,同时湿度逐渐增加,土壤砖红化作用变

弱,表土呈棕褐至灰棕色,故称为黄红色砖红壤土。山地黄红色砖红壤性土随着海拔升高,湿度增大,有机质逐渐增多,如腐殖质含量比较高,尤其是在表层,可达 $32.9\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 86cm 深处仍有 $11.9\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;全氮含量较低,表层最高,含量也只有 $3.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,至 86cm 处,递减至 $0.3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,腐殖质分解良好(表 1.3,中国林业科学研究院林业研究所,1986)。全剖面呈强酸性,且土层上部的酸度强于下部。交换性盐基总量明显低于砖红壤,全剖面变化在 2.10~5.79,而砖红壤可以达到 8.87~10.34。

表 1.3 山地黄红色砖红壤性土的主要化学营养特征

(海南岛尖峰岭,热带常绿性季雨林,海拔 400m)

深度 (cm)	全量($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) N	pH ^a	pH ^b	盐基 饱和度 (%)	交换性盐 基总量 ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)	腐殖质 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
1~9	1.8	5.4	4.4	45.24	3.90	32.9
9~25	1.0	4.8	4.2	34.71	2.10	13.2
25~45	0.8	5.0	4.4	46.48	4.09	14.6
45~86	0.8	5.2	4.6	64.28	5.79	11.9
86~125	0.3	5.4	4.8	66.67	4.94	4.0

热带山地雨林下的代表性土壤为山地黄色砖红壤性土,它是山地黄红色砖红壤与山地黄壤之间的过渡类型土壤。山地黄色砖红壤性土腐殖质含量丰富,与山地黄红色砖红壤类似,同样也集中于 10cm 表土中,向下骤然减少,如表土 7cm 处腐殖质含量 $92\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 7~18cm 减少至 $28.8\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (表 1.4,中国林业科学研究院林业研究所,1986)。全氮含量并不很高,但稍高于山地黄红色砖红壤,表土含 $4.3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,往下则骤然减少,至 7~18cm 处,只有 $1.5\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。山地黄红色砖红壤性土的腐殖质分解也良好。腐殖质分解后所释放出的矿质盐基,其含量也是以表土为最高,向下则逐渐减少,至底土层最少,全剖面呈强酸性,水提液 pH 在 4.2~4.8 之间,盐浸液 pH 则在 3.6~4.2 之间。土壤的盐基饱和度很低,全剖面各土层皆在 10% 以下。远低于山地黄红色砖红壤和砖红壤。交换性盐基总量也低于山地黄红色砖红壤性土,更低于砖红壤的。

表 1.4 山地黄色砖红壤性土的主要化学营养特征

(海南岛尖峰岭,山地雨林,海拔 830m)

深度 (cm)	全量($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) N	pH ^a	pH ^b	盐基 饱和度 (%)	交换性盐 基总量 ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)	腐殖质 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
2~7	4.3	4.2	3.6	6.26	2.62	92.0
7~18	1.5	4.4	3.8	9.26	2.57	28.8
35~45	0.8	4.6	4.0	10.09	2.54	19.1
55~70	0.4	4.8	4.0	6.79	1.66	6.5
120~140	0.1	4.8	4.2	6.34	1.34	2.6

1.2 赤红壤、红壤与黄壤

1.2.1 地理分布与森林类型

赤红壤过去称为砖红壤性红壤,是南亚热带地区的地带性土壤,主要分布于广东省西部和东南部、广西西南部、福建、台湾南部以及云南的德宏、临沧专区西南部。一般分布于海拔 1000m 以下低山丘陵地区。气候特点介于砖红壤与红壤之间。地带性植被为南亚热带季风常绿阔叶林,除了中亚热带的植物外,尚有部分热带植物混生。

赤红壤成土过程中的富铝化作用和生物积累较砖红壤弱,但比红壤强。土壤呈酸性至强酸性反应,淋溶强烈,土体部分碱金属和碱土金属含量极少。土壤多呈红棕色,质地较轻。

红壤与黄壤是中亚热带地区的地带性土壤,主要分布于长江以南广阔的低山丘陵上。红壤以江西、湖南两省为主;黄壤以四川、贵州为主。此外,在云南、广东、广西、福建等省的北部,以及浙江、安徽等省的南部亦有分布。在垂直分布上,黄壤位于红壤带以上,黄棕壤带以下。

该区属中亚热带季风气候,具有高温多雨、干湿季明显的特点。江西省南昌红壤地区,夏热冬凉,年平均气温 17.4℃,但 5~10 月的平均气温在 20℃ 以上,年降水量 1710mm,雨季为 3~6 月,旱季为 10~1 月。黄壤地区雾日比红壤地区多一半以上,虽有雨季(5~8 月)和旱季(9~4 月)之分,但雾露多、湿度大,各月湿润度均大于 1.0。

在江南山地林区,红壤分布地区与黄壤分布地区有明显的不同,通常红壤分布在海拔低于 300m 的丘陵,其气候特点是:1)积温高,无霜期长,夏季酷热,年平均气温 16.5~20℃,≥10℃ 积温为 5200~6000℃,7 月平均气温 28~30℃;冬季温暖,1 月平均气温一般保持在 4~10℃,土壤没有冻结;2)全年湿润,土壤水分比较充足,但生长季节又有相对的干湿变化,3~6 月是相当湿润的季节,而 7~10 月又是一个相对干燥的季节。这样的气候条件有利于保持和继续形成红色风化壳,形成红壤。由于生物过程相当微弱,林木生长不太旺盛,土壤有机质一般很薄,有机质含量很低。而黄壤通常分布在海拔超过 600~700m 的山地,气候特点是:1)年平均气温较低,酷热消失,夏季比较凉爽。年平均气温降到 14.3℃,7 月平均气温不高于 23~24℃。1 月平均气温 3℃ 以下,≥10℃ 积温 4500℃ 以下。2)湿度明显增大。海拔 800m 左右一般可较海拔 250m 以下增加 300~500mm 年降水量,而且春、夏、秋季降水量趋于均匀,加之气温降低,云雾多,日照少,空气和土壤终年湿润。这样的气候条件有利于形成黄色的风化物。在红壤和黄壤分布的海拔高度之间,即从 250~300m 到 600~700m 之间,则被认为是红壤和黄壤的交错带(中国林业科学研究院林业研究所,1986)。

红壤的形态特征:一是经红化作用所产生的红化层或红土层;二是“生物自肥”作用明显,营养元素的循环作用快,红壤生物量及归还量都大于温带好几倍。在森林植被下生物累积量大,有机质含量可超过 50 g·kg⁻¹,剖面呈现完整的发生层次,A 层不厚(10~20cm)、B 层(淀积层)为红色、重壤质,为红壤的诊断层。黄壤的成土过程主要是富铝化和黄化过程,同红壤一样,成土母质风化后,经脱硅富铝化作用,但由于湿度大,土壤中氧化铁被水化,呈黄色。土壤发生层分化明显,有 A、B、C、D 等层次。剖面的黄色特征明显,一般为蜡黄至金黄色。

植被类型为亚热带常绿阔叶林,其中以壳斗科(Fagaceae)的栲属(*Castanopsis*),石栎属

(*Lithocarpus*)和青冈属(*Cyclobalanopsis*)占优势,并有一定面积的马尾松(*Pinus massoniana*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和云南松(*Pinus yunnanensis*)林分布。

1.2.2 赤红壤的化学特性和营养元素含量

从表 1.5 中可以看到,砖红壤和赤红壤两者之间以及分布在不同地区的同种土壤类型之间的营养元素含量都存在着差别。全氮似乎在两个地点的赤红壤中明显高于两个地区砖红壤中的含量。全磷含量广西围洲岛的桉树林下砖红壤中明显较高。全钾的含量在四个地点的砖红壤或赤红壤之间都有明显的差异,最高的可达 $30\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,而最低的还不到 $3\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,同时赤红壤中的又明显高于砖红壤中的。有效磷的含量只有在广西围州岛的桉树林下砖红壤中明显高于其他三个地点的。有效钾的含量也是广西围州岛的桉树林下砖红壤中很显著地高于其他三种类型的,而在广东鼎湖山赤红壤中也较高。

表 1.5 赤红壤的养分含量

深度 (cm)	全量($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)			有效态($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	
	N	P	K	P	K
871, 桉树林, 砖红壤, 广西围洲岛*					
0~25	0.7	2.1	9.4	5.0	273.0
25~110	0.2	3.3	8.5	11.0	25.0
110~200	0.2	3.0	6.3	11.0	27.0
732, 桉树林, 砖红壤, 广西北海沙湾*					
0~17	0.3	0.3	2.6	1.3	9.0
17~51	0.3	0.3	2.8	0.5	4.0
51~66	0.3	0.5	3.9	0.5	7.0
005, 马尾松林, 赤红壤, 广东鼎湖山**					
0~8	3.9	0.4	24.5	3.8	17.0
8~17	0.6	0.3	26.4	0.6	27.0
17~30	0.6	0.4	29.6	—	—
30~55	0.6	0.4	31.7	—	—
074, 马尾松林, 赤红壤, 广西合浦石湾苗公岭*					
0~21	1.0	0.7	16.1	0.6	11.0
21~35	0.7	0.8	19.5	0.5	10.0
35~55	0.6	0.8	9.0	0.5	10.0

* 引用黄吉荣未发表资料; ** 引用何宜庚未发表资料。

赤红壤在贵州地区的分布面积很小,主要分布在黔西南的南盘江、北盘江,黔南红水河及其支流 450m 以下的河谷地区,砖红壤分布地区的气候特征为高温多湿。分布其上的植被主要为季雨林。由于生物小循环过程比较强烈,矿物风化度深,富铝化过程明显。有机质分解迅速,矿化程度高,仅见少量的枯枝落叶(表 1.6, 黄威廉等, 1988)。

表 1.6 贵州地区分布的砖红壤的化学营养特征

深 度 (cm)	全量($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) N	pH ^a	有机质 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	交换性盐基总量 ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)
0~9	155.0	5.5	64.6	16.24
20~30	1.1	5.4	17.5	11.52
50~60	0.8	5.2	10.3	10.11

1.2.3 红壤与黄壤的化学特性和营养元素含量

山地红壤分布海拔可以高达 500~600m, 由于植被遭到破坏, 常显露出明显的母质的特性, 生物积累过程不强, 表层即为红色, 表层的腐殖质含量在 $20\sim 30\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以下, 但较低丘红壤的营养含量高。山地暗红壤分布高度可达 600~700m, 是生物过程较强的红壤, 表土一般有厚约 10~25cm 的腐殖质层, 腐殖质含量明显高于山地红壤, 表层可达 $50\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上, 15~40cm 也在 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上。全氮的含量并不高, 山地红壤中的全氮含量又明显低于山地暗红壤, 其表层最高也只有 $0.6\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。可交换性钙和镁也同样以山地暗红壤中的为高, 尤其是钙, 要高 8~25 倍, 而镁也要高 2~3 倍。因此, 以土壤综合指标, 即土壤肥力来衡量, 山地暗红壤优于山地红壤(表 1.7, 中国林业科学研究院林业研究所, 1986)。

表 1.7 山地红壤、暗红壤的主要化学营养特征

深 度 (cm)	全量($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)		pH ^a		交换性盐基 Ca ²⁺ Mg ²⁺ ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)		有机质 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
	N	P		pH ^b			
庐山白鹿洞, 马尾松林, 山地红壤, 海拔 200m							
0~8	0.6	—	5.0	3.9	0.50	1.09	14.1
8~35	0.3	—	5.1	3.9	0.57	0.96	5.7
35~80	0.3	—	5.3	3.8	0.71	1.50	3.7
80~100	0.2	—	5.3	3.9	0.85	1.80	3.0
天目山, 竹林, 山地暗红壤, 海拔 500m							
2~10	4.1	2.6	5.8	4.7	14.29	3.31	57.7
15~25	2.4	2.2	5.6	4.4	8.04	2.23	12.2
30~40	1.5	1.6	5.5	4.5	7.04	2.22	10.9
65~75	1.3	1.8	5.6	4.6	6.45	3.37	5.3

(1) 四川西南地区山地红壤和山地红棕壤

四川西南地区的山地红壤和红棕壤也是在亚热带生物气候条件下发育成的富铝化土壤类型, 山地红棕壤分布的海拔高度要高于山地红壤, 是红壤和棕壤之间的过渡类型。山地红壤的主要特征是剖面呈鲜红色, 有机质含量在表土层为 $30\sim 50\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 左右, 下层 $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 左右, 整个剖面呈强酸性反应, pH 在 4.0 到 5.0 之间, 盐基饱和度较低。山地红棕壤的

植被为常绿阔叶林和硬叶常绿阔叶林,有时为云南松林,土壤红棕色,也呈酸性反应,但酸性明显弱于山地红壤,pH在5.0到5.5之间,表土层有机质含量高。与山地红壤相比,山地红棕壤的肥力要高(表1.8,四川植被协作组,1986)。

表 1.8 四川西南地区分布的山地红壤和山地红棕壤的化学特性和营养元素特征

深 度 (cm)	全量(g·kg ⁻¹)		盐基 饱和度 (%)	盐基交换量		有机质 (g·kg ⁻¹)
	N	pH ^a		Ca ²⁺ (cmol·kg ⁻¹)	Mg ²⁺	
山地红壤						
2~20	1.1	4.7	33.57			33.3
20~80	0.5	4.7	28.70			13.4
80~115	0.4	4.7	30.36			7.7
山地红棕壤						
4~18	1.9	5.1	78.88	4.2	3.18	80.9
18~59	0.5	5.4	83.04	0.86	1.71	26.1
59~96	0.3	5.4	83.93	1.22	2.45	11.9

(2)湖南分布的山地红壤

湖南分布的红壤主要见于武陵山和雪峰山以东的低地,海拔700m以下,但在西部地区河谷阶地也有分布,红壤区的年平均气温在16.5到18℃之间。每年4~6月为降水季节,但主要集中在4~6月,3个月占全年降水量的45%。土壤剖面中的铁多呈游离态,全剖面呈红色。淋溶强烈,盐基量低,土壤呈酸性。土层厚度变幅大,养分含量偏低。主要是因为土壤中淋溶作用强烈,盐基阳离子多被淋失;钾含量在10~20 g·kg⁻¹之间,取决于不同的母岩;磷含量一般偏低;在水土流失严重地区,土壤有机质只有10 g·kg⁻¹左右,含氮量1 g·kg⁻¹,但当植被覆盖良好时,有机质含量能达到50~100 g·kg⁻¹(表1.9,祁承经,1990)。

表 1.9 湖南分布的红壤的化学特性和营养元素特征

深 度 (cm)	全量(g·kg ⁻¹)			pH ^a	盐基	交换性盐	有机质	速效
	N	P	K		饱和度 (%)	基总量 (cmol·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹) P
株州, 杉木林								
0~25	1.0	0.11	4.8	5.0	28.34	9.88		25.2
25~50	0.4	0.12	17.9	5.2	26.47	10.22		6.6
株州郊区, 油茶林								
0~16	0.3	0.09	14.4	4.9	26.24		6.01	8.6
16~47	0.1	0.08	13.8	5.0			5.37	0.24
47~80		0.10	16.3	5.1	27.52			
南岳, 马尾松林								
0~7	1.5	0.04	30.6	4.9	27.34		6.25	28.5
30~50	0.1	0.03	23.9	5.0	26.10		5.47	3.0

(3) 贵州分布的红壤

红壤在贵州主要分布于黔南海拔 700m 以下和黔西南 450~1200m 之间的低山盆地。这些地区气温高,热量条件好,相对湿度比较小,特别是黔西南河谷,由于夏季和冬季受西南季风和西南暖流的控制,全年干湿季节明显,有利于红壤在该地区的形成。全氮含量中等,但全磷含量较低,速效磷的含量低于表 1.10 中所列的红壤,整个剖面的有机质含量较高,表层可以达到 $67.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,向下逐步递减至土层 40cm 处的 $9.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。整个剖面也表现出较强的酸性,水提液的 pH 变化在 5.0~5.7 之间,而盐浸液的 pH 则变化在 3.7~4.5 之间(表 1.10,黄威廉等,1988)。

表 1.10 贵州分布的红壤的化学营养特征

深度 (cm)	全量($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)		pH ^a	pH ^b	有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效
	N	P				($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) P
0~3	2.49	0.23	5.7	4.5	67.9	4.5
3~14	1.64	0.14	5.0	3.7	39.3	3.4
20~30	1.25	0.10	5.1	3.9	20.5	2.7
40~50	0.88	0.08	5.2	4.0	9.4	1.7
60~70	0.76	0.09	5.2	4.1	9.51 *	—

* 原数据为 95.1。

1.2.4 热带山地黄壤的化学特性和营养元素特征

山地黄壤也是热带地区高海拔湿润气候常绿阔叶林下的地带性土壤。该类土壤在海南山地分布于海拔 900~1500m 之间;在滇南则形成于海拔 1200~2000m 之间。山地黄壤由于所处地区的气候湿度大,林下有机质来源丰富,腐殖质不仅含量多,且分布很深,84cm 以上的土层中,含量都超过了 $13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,尤其是在 17~32cm 的层次,有机质含量接近 $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。氮素含量除表层较高外,其他层次却很低。山地黄壤的速效钾含量很高,109cm 以上土层中,含量都超过了 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷的含量在 17cm 以上土层中,达到了 $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,其他层次则较低,基本上在 $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右。山地黄壤由有机质分解后形成腐殖质,腐殖质再分解所释放的盐基,由于森林植物的再吸收与强烈的机械淋洗后,使土壤盐基所剩无几,由于水解酸含量高,而盐基含量却很低,故形成盐基不饱和的土壤。由于机械淋溶与淀积关系,交换性盐基及盐基饱和度都呈现出表土低、心土高,底土复低的趋势(表 1.11,中国林业科学研究院林业研究所,1986)。