



云南土壤地理

段兴武 洪 欢 等 著



科学出版社

云南土壤地理

段兴武 洪 欢 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在作者研究团队多年资料收集、小区监测、测试分析、数据库构建等基础上撰写而成的。全书分为九章，系统阐述了云南的土壤类型、土壤理化性质、土壤生产力、土壤侵蚀等内容。第一、二章介绍了云南气候、生物、母质、地形等成土因素和云南土壤类型、各土壤类型主要理化特性及空间分异状况等；第三至五章分析了云南土壤主要理化性质、土壤有机碳密度、土壤重金属元素的空间分异特征；第六至八章论述了云南土壤生产力的空间分异、土壤侵蚀状况，以及土壤侵蚀对土壤生产力的影响；第九章综合以上成果，介绍了高原山区容许土壤流失量计算方法的建立及其在典型区的应用。

本书可供地理学、土壤学、生态学、农林畜牧和水利等专业的研究人员及高等院校师生参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

云南土壤地理 / 段兴武等著. —北京: 科学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-03-057129-8

I. ①云… II. ①段… III. ①土壤地理—研究—云南 IV. ①S159.274

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第073822号

责任编辑: 王海光 高璐佳 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 刘新新

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年3月第一版 开本: 720 × 1000 1/16

2019年3月第一次印刷 印张: 11 3/4

字数: 228 000

定价: 118.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

云南省是我国最典型的高原山地省份，海拔高、山地面积比重大，生态敏感脆弱，灾害多发。在复杂的气候、生物、母质、地形等多因素的综合影响下，云南土壤类型丰富，根据全国第二次土壤普查结果，云南发育着9个土纲、26个土类、47个亚类。然而，受制于高原山地独特的环境及地形，其可利用的耕地和土壤资源都十分有限。在此背景下，研究云南土壤类型、土壤理化性质、土壤生产力、土壤侵蚀等的空间分异状况，直接关系到区域农业生产安全、人类健康及社会经济发展，是保护区域生态安全和维持区域可持续发展的关键。

本书是在作者研究团队多年资料收集、小区监测、测试分析、数据库构建等基础上撰写而成的。其中第一章为云南成土因素，简要分析了云南气候、生物、母质、地形等成土因素的特征及其对土壤的影响；第二章为云南主要土壤类型及其分布，主要基于全国第二次土壤普查结果，阐述云南的土壤类型、各土壤类型的主要理化特性及其空间分异状况等；第三章基于团队建立的土壤数据库，分析云南土壤氮、磷、钾、酸碱度、容重等常规理化性质的空间分异特征；第四章重点探讨云南土壤有机碳的时空分异特征及其环境影响因素；第五章利用实测数据，分析汞、镉、砷、铜、铅、铬等6种重金属元素的空间分异特征，其中砷介于金属元素与非金属元素之间，为类金属元素，但由于其毒性和重金属相近，通常将砷归入重金属类；第六章利用本项目组修订的土壤生产力评价模型评价了云南土壤的生产力水平，并阐明其空间分异特征；第七章利用CSLE模型计算云南土壤的侵蚀状况，分析了云南土壤侵蚀强度、面积及其空间分异特征；第八章利用本项目组开展的小区试验及野外监测结果，评价了土壤侵蚀对土壤生产力的影响；第九章综合以上章节成果，介绍了高原山区容许土壤流失量计算方法的建立及其在典型区的应用。

各章撰写人员分工如下：第一、二章由段兴武和洪欢撰写，第三章由洪欢撰写，第四章由段兴武、李瑞敏和薛梦雨撰写，第五章由段兴武和李雅撰写，第六、七章由段兴武和洪欢撰写，第八章由段兴武和李宇翔撰写，第九章由段兴武和尹龙撰写，全书由段兴武和洪欢统稿。

本书得到了国家自然科学基金项目“元江干热河谷区侵蚀对土壤生产力影响的定量研究”(41101267)和“元江干热河谷区景观演变的侵蚀产沙机制研究”

(41561063)、云南省中青年学术和技术带头人培养计划(2015HB011)、云南大学青年英才培养计划,以及云南省 2015 年土壤侵蚀调查等多个项目的资助,在此表示感谢!

限于著者水平,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正,也敬请各位专家、学者多提宝贵意见。

著 者

2018 年 10 月 9 日

目 录

第一章 云南成土因素	1
第一节 成土因素学说	1
第二节 气候因素	2
一、气候因素与土壤形成	2
二、云南气候特征与水热状况	4
三、云南气候对土壤形成的影响	7
第三节 生物因素	8
一、生物因素与土壤形成	8
二、云南植被特征	10
三、云南植被与土壤的关系	12
第四节 母质因素	12
一、母质的概念与类型	12
二、母质因素与土壤形成	13
三、云南成土母质概况	13
第五节 地形因素	15
一、地形因素与土壤形成	15
二、云南地形特点	16
三、云南地形对土壤的影响	17
第六节 时间因素	18
一、土壤年龄	18
二、成土速率与土壤发育阶段	18
主要参考文献	19
第二章 云南主要土壤类型及其分布	20
第一节 概述	20
第二节 铁铝土	21
一、砖红壤	22
二、赤红壤	24
三、红壤	26
四、黄壤	29
第三节 半淋溶土	30
一、燥红壤	30

二、褐土·····	32
第四节 淋溶土·····	33
一、黄棕壤·····	33
二、棕壤·····	34
三、暗棕壤·····	35
四、棕色针叶林土·····	36
第五节 高山土·····	38
一、亚高山草甸土(黑毡土)·····	38
二、高山寒漠土(寒冻土)·····	39
第六节 初育土·····	40
一、紫色土·····	40
二、石灰(岩)土·····	42
三、新积土·····	44
四、火山灰土·····	45
第七节 水成土·····	46
一、沼泽土·····	46
第八节 人为土·····	47
一、水稻土·····	47
主要参考文献·····	49
第三章 云南主要土壤理化性质的空间分异 ·····	50
第一节 数据与方法·····	50
一、数据来源·····	50
二、土壤理化性质测定与数据库构建方法·····	51
第二节 土壤 pH·····	52
一、概述·····	52
二、云南土壤 pH 的空间分异特征·····	53
第三节 土壤容重·····	55
一、概述·····	55
二、云南土壤容重的空间分异特征·····	56
第四节 土壤氮素·····	59
一、概述·····	59
二、云南土壤碱解氮的空间分异特征·····	59
第五节 土壤磷素·····	62
一、概述·····	62
二、云南土壤速效磷的空间分异特征·····	63
第六节 土壤钾素·····	66

一、概述	66
二、云南土壤速效钾的空间分异特征	67
主要参考文献	70
第四章 云南土壤有机碳时空分异	71
第一节 概述	71
第二节 数据与方法	71
一、数据	71
二、方法	73
第三节 全国第二次土壤普查时期土壤有机碳的空间分异特征	74
一、总体特征	74
二、基于土类	75
三、基于海拔与坡度	75
四、基于经度与纬度	76
五、基于土地利用类型	78
六、基于市(州)与流域	78
第四节 2010年土壤有机碳的空间分异特征	79
一、总体特征	79
二、基于土类	79
三、基于海拔与坡度	80
四、基于经度与纬度	81
五、基于土地利用类型	82
六、基于市(州)与流域	82
第五节 近25年来土壤有机碳的动态变化特征	83
一、总体特征	83
二、基于土类	84
三、基于海拔与坡度	84
四、基于经度与纬度	86
五、基于土地利用类型	87
六、基于市(州)与流域	87
主要参考文献	89
第五章 云南土壤重金属元素的空间分异	90
第一节 概述	90
第二节 数据与方法	90
一、数据收集	90
二、方法	91
第三节 土壤汞	92

一、概述	92
二、云南土壤汞的空间分异特征	92
第四节 土壤镉	95
一、概述	95
二、云南土壤镉的空间分异特征	96
第五节 土壤砷	99
一、概述	99
二、云南土壤砷的空间分异特征	100
第六节 土壤铜	103
一、概述	103
二、云南土壤铜的空间分异特征	103
第七节 土壤铅	106
一、概述	106
二、云南土壤铅的空间分异特征	107
第八节 土壤铬	110
一、概述	110
二、云南土壤铬的空间分异特征	110
主要参考文献	113
第六章 云南土壤生产力的空间分异	114
第一节 概述	114
第二节 数据与方法	114
一、构建土壤数据库	114
二、土壤生产力评价	114
第三节 云南土壤生产力的空间分异特征	116
一、总体特征	116
二、基于土类	118
三、基于土地利用类型	121
第四节 云南土壤生产力的可持续利用	122
主要参考文献	124
第七章 云南土壤侵蚀状况	125
第一节 概述	125
第二节 资料与方法	125
一、资料收集	125
二、计算方法	126
第三节 土壤侵蚀主要影响因子的空间分异特征	130
一、降雨侵蚀力因子(R)	130

二、土壤可蚀性因子(K)	130
三、坡长坡度因子(LS)	131
四、生物措施因子(B)	132
五、工程措施因子(E)	133
六、耕作措施因子(T)	133
第四节 云南土壤侵蚀的空间分异特征	134
一、总体特征	134
二、基于市(州)与流域	135
三、基于土地利用类型	136
主要参考文献	137
第八章 土壤侵蚀对土壤生产力的影响	139
第一节 概述	139
第二节 数据与方法	139
一、数据收集	139
二、调查与监测方法	140
第三节 土壤侵蚀的影响	144
一、土壤侵蚀对土壤理化性质的影响	144
二、土壤侵蚀对作物产量的影响	152
主要参考文献	158
第九章 容许土壤流失量计算方法及应用	160
第一节 概述	160
一、容许土壤流失量的定义	160
二、研究进展	160
第二节 容许土壤流失量计算方法的构建及应用	162
一、研究区概况	163
二、方法的构建	163
三、案例区应用结果	171
主要参考文献	175

第一章 云南成土因素

第一节 成土因素学说

成土因素学说是指研究各种外在环境因素在土壤形成过程中所起作用的学说，即研究土壤与环境条件之间发生学关系的学说。该学说最早主要由俄国科学家道库恰耶夫(Dokuchaev, 1883)于19世纪后半叶创立。道库恰耶夫在广泛科学调查和研究的基础上，确立了土壤为一系列成土因素作用于母质而形成的独立自然体的假说，这构成了成土因素学说的基石，并将土壤从岩石风化物中分离出来，成为现代土壤科学及土壤地理学的独特研究对象。成土因素学说概括起来有4个基本观点：①土壤是成土因素综合作用的产物。②成土因素的同等重要性和不可替代性。成土因素的同等重要性并不是指各个成土因素在土壤形成过程中每时每刻所起的作用都相同，而是表明各个成土因素对土壤的形成都是非常重要的，且不可替代。③成土因素有地理分布规律和规律性变化。④土壤是不断演化发展的，是一个动态、有生有灭的自然体。

在成土因素学说的发展过程中，许多科学家分别从不同角度对成土因素学说进行了补充和深化。其中，俄国科学家威廉斯在道库恰耶夫学说的基础上，对生物在土壤形成过程中的主导作用进行了阐述和论证，提出了土壤统一形成过程学说，认为土壤形成过程的发展与土壤所有成土因素的发展联系紧密，尤其是与作为主导因素的植被联系紧密。美国科学家汉斯·詹尼(Hans Jenney)于1941年对土壤与成土因素进行了深入研究，在前人的基础上提出了詹尼方程，即 $clorpt$ 函数，成为土壤形成的通用公式，如式(1-1)所示：

$$S=f(cl, o, r, p, t, \dots) \quad (1-1)$$

式中， cl 为气候因素； o 为生物因素； r 为地形因素； p 为母质因素； t 为时间因素，“ \dots ”为其他成土因素。

詹尼1941年认为在土壤形成过程中生物的主导作用并不是千篇一律的，不同地区、不同类型的土壤往往有不同的因素占优势。当土壤形成过程由单一成土因素(如气候)主导和控制时，上述方程就可简化为单变量成土函数，如式(1-2)所示：

$$S=f(cl)_{o,r,p,t,\dots} \quad (1-2)$$

式(1-2)气候函数中的控制变量也可换为生物因素等其他主导因素,表达为生物函数等。

成土因素学说是科学发展的时代产物,因此,随着时代的发展,人们对土壤的研究将不断深入,新研究结果将不断涌现,成土因素学说将不断地发展。

第二节 气候因素

一、气候因素与土壤形成

气候是控制土壤形成过程、决定土壤性质的关键因素。气候因素直接影响土壤的水热状况,土壤的水热状况又直接或间接地通过影响母质、母岩及土壤矿物质的风化作用,以及土壤内部物质积累、分解、转化、迁移等而控制土壤形成与发育过程,进而深刻影响土壤的一系列物理、化学、生物学特性与剖面形态特征。

(一)气候与土壤水热状况的关系

土壤和大气之间频繁进行着水分和热量的交换,气候直接影响着土壤的水热状况。

1. 气温与土壤温度状况

土壤表面获得的太阳短波辐射和大气逆辐射是土壤增温的重要热源,同时土壤表面通过辐射、水分蒸发、湍流交换向近地大气层传送热量,仅有小部分为生物所消耗,极小部分通过热传导进入土壤底部。可见土壤温度状况与近地大气层温度状况有最直接的依赖关系,经研究表明,土壤 50cm 深处的年均温度与大气平均温度之间存在显著的正相关关系。但是,土壤温度与大气温度也存在一定差异,一方面表现在表层土温变化一般较近地大气温度变化更大;另一方面土壤年均温度一般略微高于大气年均温度。

2. 气候湿润状况与土壤水分状况

对于正地形表面的土壤而言,土壤水分的收入项是大气降水,支出项是表面蒸发与蒸腾,以及向地下水的补给。气候湿润状况决定着大气降雨量、表土蒸发量和植物蒸腾量,可见气候湿润状况是决定土壤水分状况的重要外部因子。美国土壤系统分类标准将土壤水分状况划分为 5 个基本类型:潮湿、湿润、干润、夏干、干旱。除潮湿状况与负地形密切相关外,其余土壤水分状况取决于气候湿润状况。Gerrard(2000)指出湿润的土壤水分状况通常出现在排水良好的湿润气候区;干润的土壤水分状况通常出现在半湿润气候区及热带亚热带季风气候区;夏干的土壤水分状况仅出现在地中海式气候区;干旱的土壤水分状况仅出现在温带

干旱荒漠气候区、亚热带干旱荒漠气候区。

(二) 气候对风化成土作用的影响

风化有物理作用和化学作用，温度是风化作用的一个必要因素。范托夫定律(van't Hoff law)表明：一般温度每升高 10°C ，化学风化速率增大1倍。另外，温度在冰点附近的频繁变化也会引起母岩裂隙中水与冰相互转化，冰劈作用加速母岩的崩解，使母岩转化为碎屑状成土母质。同时也可以说明，水分是风化作用的另一个必要因素，水分的存在可以加快风化速率。Ramann(1911)研究认为，水的解离度在矿物风化及成土过程中具有重要意义，并且水解离与温度密切相关。总而言之，水热条件共同影响着风化作用，高温高湿的气候条件提高了风化速率。例如，在热带地区，稳定地形部位上发育的土壤，其剖面往往深至几米甚至几十米，而在高纬度高海拔的低温地区，除在各种沉积母质上发育的新成土类型外，土层厚度一般在几厘米到十几厘米。

(三) 气候对土壤物质迁移的影响

在湿润条件下的地区，土壤含水量丰富，土壤中下行水量较大，可溶盐、黏粒等物质可随土体中下行水流淋溶至剖面下部，土壤胶体上部分交换性盐基的位置被 H^+ 所代换，导致盐基饱和度降低和土壤酸度升高。

在干旱气候条件下的地区，通过土壤的下行水量不足以洗掉土壤胶体上的交换性盐基，甚至由于高蒸散率，土壤中经常形成上行水流，可溶性土壤物质可以从土体下部迁移至上部，甚至到达地表，土壤盐基大多是饱和的，土壤呈中性或偏碱性。

(四) 气候对有机质积累与矿化的影响

气候因素一方面通过影响地表植被的类型及生物量，控制进入土壤中的有机质的数量及特性；另一方面通过影响土壤微生物的活性，控制土壤有机质的分解与矿化速率。因此，土壤有机质含量，尤其是表层土壤有机质含量，取决于气候因素影响下的地表植被生产力与土壤微生物活性之间的平衡。

在全球尺度上，土壤有机质含量随着温度的升高先增加后减少，呈“弓”形曲线。因为在寒冷地区，土壤微生物活性低，同时地表植被生产力也很低，土壤中有机质含量一般较低；随着温度升高，土壤微生物活性升高，矿化速率增大，但地表生物量的增加足以抵消土壤有机质的分解，土壤有机质含量随之增加；当温度继续增加至特定阈值时，地表植被生产力不增反降，而土壤有机质分解与矿化速率持续增大，土壤有机质含量便出现下降趋势。

一般情况下，土壤中有机质的累积强度随着区域降雨量的增加而加强，但当

降雨量增加到一定程度时,土壤水分过量导致土壤通气状况变差,土壤有机质积累,特别是土壤腐殖化过程明显受到抑制。

二、云南气候特征与水热状况

(一) 云南气候特征

云南南北跨度大,地貌类型复杂,地势高差在 6500m 以上,扩大了整个云南的气候变幅,可划分为 7 种气候类型:北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、温带、寒温带。气候类型涵盖了我国从海南省至黑龙江省的所有类型,是全国气候带的缩影。

由于受到西风环流和季风的交替影响,云南干湿季节分明。冬春季,受来自印度、巴基斯坦北部干暖的西风环流控制,天气晴朗、干燥、风速大、蒸发量大,降雨量远小于同期蒸发量,形成云南的干季。夏秋季,随着西风环流的北撤,西南季风和东南季风迅速推进,这两支来自热带洋面的气流夹杂大量水汽,使同期降雨量显著增加并超过蒸发量,形成云南的雨季。

由于滇东北和滇东地区地势高耸,在我国东部各地区盛行东亚季风的冬半年,云南高原绝大部分地区上空盛行温暖而干燥的西风,昆明准静止锋在云南高原东北侧形成。只有当东亚冬季风强度大大增加,昆明准静止锋向云南高原内部推移时,冷空气侵入高原内部,出现显著降温过程和持续时间不长的阴冷天气。冷空气也可能沿河谷南下,影响滇西南和滇南地区。

云南绝大部分地区具有南亚季风气候的特色,干湿季节分明,四季分异不明显。但受地形影响,云南气候类型复杂多样,地域间水热条件差异很大,深刻地影响了土壤的发生、发育。例如,在位于暖湿气流入口的滇西南、滇南边缘地区,海拔大致接近的两个地方,分布于高山两侧,西南坡正处于西南暖流的山前雨屏区,通常降雨量高,气温略低,生境潮湿;而东侧雨影区的温度则相对较高,雨量偏少,相对干燥。两个地方有着完全不同的水热条件,而水热组合的变化也带来了植被与土壤类型的巨大变化。高原内部的众多高山也造成水热条件组合的一定差异,但变化趋于缓和,对植被与土壤类型的影响没有边缘地带那样突出。

(二) 热量状况

1. 热量状况总趋势

云南各地的平均气温与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温具有明显的南高北低的梯度变化,与云南北高南低的海拔和纬度变化大体一致。历年资料显示,年平均气温最高为元江(23.7°C),最低为德钦(4.7°C),相差 19°C ; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温最高为元江(8708.9°C),最低为德钦(686.7°C),相差 8022.2°C 。云南年均温最高的区域位于南部边缘的元

江、澜沧江、南汀河河谷等地，年均温最低的区域位于德钦、中甸附近，两区域之间大约跨了6个纬距，海拔由600m上升至3400m左右，平均温度梯度比我国东部同纬度地区大得多。

云南绝大部分地区年温差为10~14℃，南北差异不明显，属于冬暖夏凉类型，是我国年温差较小的一个区域。

2. 气候带

根据日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、最冷月均温、极端低温多年均值3个温度指标，《云南农业地理》编写组(1981)将云南划分为7个气候带，如表1-1所示，气候带反映了热量的丰富程度。

表 1-1 云南气候带及划分指标

气候带	日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	最冷 月均温($^{\circ}\text{C}$)	极端低温 多年均值($^{\circ}\text{C}$)	海拔(m)	
				哀牢山以西	哀牢山以东
北热带	>7500	>15	4~6	<800	<400
南亚热带	6000~7500	10~15	-2~-2	800~1400	400~1200
中亚热带	5000~6000	8~10	-3~-0	1400~1700	1200~1600
北亚热带	4200~5000	6~8	-5~-2	1700~2000	1600~900
暖温带	3200~4200	4~6	-8~-4	2000~2400	1900~2200
温带	1600~3200	2~4	-10~-5	2400~2800	2200~2500
寒温带	<1600	<2	<-10	>2800	>2500

1) 北热带

北热带仅分布于南部海拔较低的几大江河河谷及滇中以北的金沙江河谷地带，包括河口、元江、景洪、勐定、潞江坝、元谋等地，占云南总面积的1.23%。

2) 南亚热带

南亚热带包括哀牢山以西梁河、潞西、云县、南涧、景东一线以南海拔800~1400m的地区，哀牢山以东石屏、建水、开远、蒙自、富宁一线以南海拔400~1200m的地区，以及金沙江河谷地带的华坪、东川、巧家等地，占云南总面积的19.29%。

3) 中亚热带

中亚热带包括施甸、凤庆、弥渡、禄丰、玉溪、宜良、弥勒、丘北、广南一线以南至南亚热带之间的地区，以及宾川、福贡、永善、盐津、彝良、绥江等地，占云南总面积的16.69%。

4) 北亚热带

北亚热带包括保山地区大部、大理白族自治州中部和东部、楚雄彝族自治州大部、昆明市大部、曲靖地区中部和南部，以及大关、西畴、砚山、个旧等地，

占云南总面积的 21.81%。

5) 暖温带

暖温带包括大理白族自治州北部、丽江地区大部、曲靖地区北部及师宗、昭通、鲁甸、镇雄、威信等地，占云南总面积的 16.36%。

6) 温带

温带包括丽江、大理北部及怒江海拔 2400~2800m 的地区，以及昭通南部、东川、曲靖北部海拔 2200~2500m 的地区，占云南总面积的 16.36%。

7) 寒温带

寒温带包括滇西北海拔 2800m 和滇东北海拔 2500m 以上的地区，包括德钦、中甸、维西、昭通大山包、东川落雪等地，占云南总面积的 8.5%。

3. 错综复杂的地形地貌对热量的再分配

由于错综复杂的地形对热量的再分配作用，云南一些地方气温的分布并不严格遵循随海拔和纬度呈梯度变化这一规律。例如，大致以云岭—点苍山—哀牢山为界，同纬度地区气温西部明显高于东部，滇西地区的年均温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、最冷月均温、极端低温都高于纬度和海拔大致相同的滇东地区。云南热量分布的另一个显著特点是气温的垂直差异十分显著，从河谷到山顶，一般高度上升 100m，气温下降 0.6°C 左右，垂直变化突出，立体气候明显。另外，在一些盆地附近，久旱的冬季常有“逆温”现象，即气温不是随海拔升高而降低，而是在谷盆上部几十米甚至几百米的地方气温反而高于谷盆底部，这种现象促使某些谷盆地区的植被类型向较高海拔地段“爬坡”，从而促使土壤的发生发育和类型分布复杂化。

(三) 降水和湿润状况

1. 降水的时空分异

云南年降雨量平均为 1000mm 左右，大部分地区为 800~1200mm。历年年均降雨量最大的为西盟，达 2747.6mm；最少的为宾川，仅 593.0mm，相差超过 2000mm。云南降水的空间分布并不均衡，从南至北呈阶梯状递减趋势，年降雨量从南部边缘的大于 2000mm 逐渐减少到滇西北的不足 700mm；从东到西，降水呈先减少后增加的趋势，表现为东西两端雨量多、中部雨量少。在总体趋势的基础上，由于云南错综复杂的地形地貌，如迎风坡与背风坡、高山与峡谷，往往导致一山之隔的两地年降雨量相差达 1~2 倍；在一定条件和小范围内，山区降雨量随海拔的升高而增加，并多于河谷盆地地区。

受大气环流的影响，云南降水的时间分布极不均匀。大部分地区年降雨量的 80%~90%集中在 5~10 月，形成雨季，其中 6~8 月的降雨量占到全年降雨量的 50%~60%。整个雨季的降水日数较多，降水强度不大，暴雨较少，降雨量的分

配比较均匀。11月至翌年4月的降雨量仅占年降雨量的10%~20%，形成干季。干季中冬季3个月的降雨量最少，一般仅占年降雨量的5%左右，甚至会整月无雨，但真正的干早期发生在春季的3~4月，因为此时温度升高导致蒸发量增加，又正值小春作物生长旺季，降水又少，每年全省普遍出现春旱，仅年度间地区间程度不同而已。

2. 湿润状况

干燥度是表征气候干燥程度的指数，定义为某地一定时段内水面的可能蒸发量与同期降雨量的比值，反映某地的湿润状况。云南多数地方年干燥度为1.0~1.3，属于半湿润气候。其中，位于南部边缘的几个多雨区在0.5左右，滇西南为0.8~1.0，属于湿润气候；中北部为1.5~2.0，干热河谷大于1.8，属于半干旱气候。

三、云南气候对土壤形成的影响

云南土壤的分布，具有明显的水平地带性规律与垂直地带性规律，形成纬度地带与垂直地带相结合的“山原型水平地带”。

(一) 区域性气候条件决定土壤水平地带性分异

从全省范围看，自南而北，云南大体可划分为4个土壤水平带：砖红壤带、赤红壤带、红壤带、棕壤带。这4个土壤带分别形成4种气候带，分别对应北热带砖红壤、南亚热带赤红壤、中亚热带和北亚热带红壤、暖温带棕壤。

1) 砖红壤带

砖红壤带集中分布于23°N以南、哀牢山以东海拔400m以下、哀牢山以西海拔800m以下的南部地区，属于北热带气候带。地带性植被为热带雨林或季雨林。本带气候湿热，年平均气温 $>20^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为7300~8300 $^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量1200~1800mm。土壤以砖红壤为主，因热量、水分、母质的不同，砖红壤有褐色砖红壤、红色砖红壤和黄色砖红壤三个亚类。

2) 赤红壤带

赤红壤带集中分布于23°N、哀牢山以东海拔400~1200m、哀牢山以西800~1400m的地区，属于南亚热带气候带。年平均气温 $>18^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为6000~7500 $^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量1000~1700mm。植被以南亚热带季风常绿阔叶林和思茅松林为主。

3) 红壤带

红壤带集中分布于24°N、海拔2500m以下的广大地区，属于中亚热带气候带和北亚热带气候带。年平均气温14~17 $^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为4200~6000 $^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量1000mm左右。主要植被类型为亚热带常绿阔叶林、云南松林、华山松林和灌丛草地。