

供中草药栽培与鉴定专业用



新世纪全国高等中医药院校创新教材

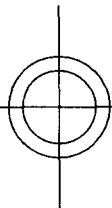
XIN SHI JI QUAN GUO GAO DENG ZHONG YI YAO YUAN XIAO
CHUANG XIN JIAO CAI

药用植物生态学

主 编 王德群



中国中医药出版社



新世纪全国高等中医药院校创新教材

药用植物生态学

(供中草药栽培与鉴定专业用)

主 编 王德群(安徽中医学院)
副主编 王文全(北京中医药大学)
张西玲(甘肃中医学院)
陈 新(成都中医药大学)
主 审 姚振生(浙江中医学院)

中国中医药出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

药用植物生态学/王德群主编. —北京:中国中医药出版社,
2006.4

新世纪全国高等中医药院校创新教材

ISBN 7-80156-867-2

I. 药... II. 王... III. 药用植物-植物生态学-中医学院-教材

IV. S567

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 158358 号

中国中医药出版社出版
北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层
邮政编码: 100013
传真: 64405750
北京市泰锐印刷有限责任公司印刷
各地新华书店经销

*

开本 850×1168 1/16 印张 12 彩插 0.25 字数 280 千字
2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷
书号 ISBN 7-80156-867-2/R·867 册数 4000

*

定价: 16.00 元

网址 www.cptcm.com

如有质量问题请与本社出版部调换

版权专有 侵权必究

社长热线: 010 64405720

读者服务部电话: 010 64065415 010 84042153

书店网址: csln.net/qksd/

中草药栽培与鉴定专业系列教材

编审委员会

主任委员	李振吉				
副主任委员	贺兴东	胡国臣	刘延楨	沈连生	
总主编	刘延楨	李金田			
副总主编	邓沂	张西玲			
总主审	沈连生				
委员	(按姓氏笔画排序)				
	王德群	石俊英	龙全江	叶定江	任远
	任跃英	庄文庆	刘雄	李成义	李荣科
	姚振生	晋玲	顾志建	徐良	钱子刚
	郭玫	阎玉凝	董小萍	詹亚华	
学术秘书	李荣科	晋玲			
策划	李金田	邓沂	王淑珍		

前 言

目前,我国大多数中医药院校均已开设有中药学专业,其培养方向主要立足于能进行中药单味药及复方的化学、药理、炮制和鉴定的生产、教学、科学研究等工作,就业方向主要是中医院、中药研究机构、药检所和制药企业。随着中药现代化及产业化的飞速发展,特别是国家颁布了中药规范化种植的条例(GAP)以后,该专业的课程设计和所培养学生的知识结构已不能完全适应社会需求,具体表现在有关中草药栽培的知识基本空缺,中药材鉴定方面的知识也缺乏深度和广度。截止2000年,国内所有高等院校无任何一家设置有培养中草药栽培与鉴定方面专门人才的专业。经努力,甘肃中医学院于2000年获国家教育部批准,设立中草药栽培与鉴定本科专业,填补了我国高等教育专业设置的空白。

该专业是中药学-农学-生物学结合的一门交叉边缘性技术学科,旨在培养从事中草药的科学栽培与解决中药商品流通过程中中草药原材料的质量问题、实施GAP和实现中药材规范化生产和管理等高级专门人才,因而课程设置以中药学、农学和生物技术为基础,使学生系统掌握中草药栽培和鉴定的基础理论、基本知识和技能,并养成创新意识和能力,以培养适应21世纪社会主义现代化建设和中药现代化发展需要,德、智、体全面发展,系统掌握中草药资源分布、栽培、科学采收加工及鉴定领域的基本理论、基本知识和基本技能,能胜任中草药栽培和鉴定方面的生产、科研、开发、研究和经营等方面的高级实用型人才。

由于中草药栽培与鉴定专业属国家教育部颁布的高等学校专业目录外专业,是中药学-农学-生物学交叉的一门新兴边缘学科,系国内首创,因而,国内外没有现成的适用教科书。而教学计划中含有较多的新型特色课程,其教学内容大多需通过将现有不同学科的专业知识和技能合理撷取、有机整合,从而自成体系。鉴于这一现实,根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》精神,由全国中医药高等教育学会、全国高等中医药教材建设研究会负责组织,甘肃中医学院牵头,20多所高等中医药院校和农业大学等100余名专家、教师联合编写了这一套“新世纪全国高等中医药院校创新教材——中草药栽培与鉴定专业系列教材”,计有《中药材鉴定学》《中药材加工学》《中药养护学》《中药成分分析》《药用植物生态学》《药用植物栽培学》《中草药

遗传育种学》《药用植物组织培养学》等8部教材。

中草药栽培与鉴定专业的新世纪创新教材编写的指导思想与目标是：以邓小平理论为指导，全面贯彻国家教育方针和科教兴国战略，面向现代化、面向世界、面向未来；认真贯彻全国第三次教育工作会议精神，深化教材改革，全面推进素质教育；实施精品战略，强化质量意识，抓好创新，注重配套，力争编写出具有世界先进水平，适应21世纪中药现代化人才培养需要的高质量教材。编写原则和基本要求是：①更新观念，立足改革。要反映教学改革的成果，适应多样化教学需要，正确把握新世纪教学内容和课程体系的改革方向。教材内容和编写体例要体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生在知识、能力、素质等方面协调发展创造条件。②树立质量意识、特色意识。从教材内容结构、知识点、规范化、标准化、编写技巧、语言文字等方面加以改革，从整体上提高教材质量，编写出“特色教材”。③注意继承和发扬、传统与现代、理论与实践，中医药学与农学的有机结合，使系列教材具有继承性、科学性、权威性、时代性、简明性、实用性；同时注意反映中医药科研成果和学术发展的主要成就。

本系列教材的出版，得到了全国高等中医药教材建设研究会、中国中医药出版社领导的诚心关爱，全国高等中医药院校和吉林农业大学在人力、物力上的大力支持，为教材的编写出版创造了有利条件。各高等院校，既是教材的使用单位，又是教材编写任务的承担单位，在本套教材建设中起到了主体作用。在此一并致谢。

由于本教材属首次编写，加之时间仓促和水平有限，教材中难免存在一些缺点和不足，敬请读者和兄弟院校在使用过程中提出批评和建议，以便修订完善。

中草药栽培与鉴定专业系列教材编审委员会

2005年12月9日

新世纪全国高等中医药院校创新教材

《药用植物生态学》编委会

- 主 编 王德群 (安徽中医学院)
- 副主编 王文全 (北京中医药大学)
张西玲 (甘肃中医学院)
陈 新 (成都中医药大学)
- 编 委 (以姓氏笔画为序)
王文全 (北京中医药大学)
王德群 (安徽中医学院)
谷 巍 (南京中医药大学)
张西玲 (甘肃中医学院)
陈 新 (成都中医药大学)
俞 冰 (浙江中医学院)
晋 玲 (甘肃中医学院)
葛 菲 (江西中医学院)
彭华胜 (安徽中医学院)
- 主 审 姚振生 (浙江中医学院)

编写说明

《药用植物生态学》是根据“新世纪全国高等中医药院校创新教材——中草药栽培与鉴定专业系列教材”编审委员会第一次会议的有关精神组织编写的，属该系列教材之一。供全国高等中医药院校中草药栽培与鉴定、中药资源开发利用等专业的本科学生使用。

本书是中草药栽培与鉴定等专业的专业基础课。内容包括药用植物的个体生态（药用植物与环境）、种群生态、群落生态及生态系统四个部分，其中药用植物的个体生态是本书重点叙述部分，包括前七章内容，其他三部分各占一章。

本书的编写分工是：绪论、第七章由王德群编写；第一章、第三章由张西玲和晋玲合作编写；第二章、第十章由陈新编写；第四章由谷巍编写；第五章由葛菲编写；第六章由俞冰编写；第八章、第九章由王文全编写；彭华胜编写了有关药用植物分布的内容，安排在相关章节中。彩色照片由晋玲、陈新和王德群提供。

在编写过程中，甘肃中医学院进行了精心组织，沈连生教授给予了热情指导，杜素伟编辑付出了辛勤的劳动，各编委单位给予了大力支持，在此深表感谢。

编写《药用植物生态学》这样一门新的教材，对于编者来说是一次探索性的尝试。由于编者水平有限，时间仓促，书中的疏漏、不妥之处在所难免，敬请读者和兄弟院校在使用过程中提出批评和建议，以便修订完善。

《药用植物生态学》编写委员会

2005年12月

目 录

绪 论	(1)
一、从生态学到药用植物生态学	(1)
二、药用植物生态学的历史和发展	(2)
三、药用植物生态学研究内容	(3)
第一章 环境与生态因子	(4)
第一节 环 境	(4)
一、生物圈的环境	(4)
二、植物环境有关概念	(5)
第二节 生态因子	(6)
一、气候因子	(6)
二、土壤因子	(7)
三、生物因子	(7)
四、地形因子	(7)
五、人为因子	(8)
第三节 生态因子的作用特点	(8)
一、综合性	(8)
二、非等价性	(9)
三、不可替代性和互补性	(9)
四、限定性	(9)
五、直接因子和间接因子	(10)
第二章 药用植物与光的关系	(11)
第一节 光的性质和变化	(11)
一、光的性质	(11)
二、光照强度及其变化	(12)
三、光谱成分的变化	(13)
四、日照长度及其变化	(14)
五、水体和植物群落中的光照情况	(14)
第二节 光与药用植物生态	(17)
一、光强对药用植物的生态作用	(17)
二、光质对药用植物的生态作用	(21)
三、光能的信息作用	(23)

第三章 药用植物与温度的关系	(27)
第一节 温度及变化规律	(27)
一、热能平衡	(27)
二、温度变化规律	(28)
第二节 温度与药用植物生态	(32)
一、温度与药用植物的生长	(32)
二、温度与药用植物的发育	(33)
三、温周期现象与药用植物	(34)
四、季节变温与物候	(35)
第三节 药用植物与温度胁迫的关系	(37)
一、低温对药用植物的生态作用	(37)
二、高温对药用植物的生态作用	(40)
第四节 温度对药用植物分布的影响	(42)
第四章 药用植物与水的关系	(44)
第一节 水的变化规律及其生态作用	(44)
一、降水及其生态作用	(45)
二、大气湿度及其生态作用	(47)
三、土壤水分及其生态作用	(48)
第二节 药用植物体的水分平衡	(49)
一、根的吸水与外界因素的关系	(49)
二、外界因素对蒸腾作用的影响	(51)
三、药用植物体的水分平衡	(52)
第三节 药用植物对水适应的生态类型	(53)
一、水生药用植物	(53)
二、湿生药用植物	(54)
三、中生药用植物	(55)
四、旱生药用植物	(56)
第四节 药用植物与水的胁迫关系	(57)
一、水涝胁迫	(57)
二、干旱胁迫	(58)
第五章 药用植物与大气的关系	(61)
第一节 大气组成及其生态作用	(61)
一、大气的组成	(61)
二、二氧化碳的生态作用	(61)
三、氧的生态作用	(64)
四、氮的生态作用	(65)
第二节 空气流动对药用植物的作用	(66)

一、风的形成	(66)
二、风的类型	(66)
三、风对药用植物的生态作用	(68)
第六章 植物与土壤的生态关系	(70)
第一节 土壤性质与药用植物的生态关系	(71)
一、土壤物理性质与药用植物的生态关系	(71)
二、土壤化学性质与药用植物的生态关系	(74)
三、土壤生物性质与药用植物的生态关系	(76)
第二节 药用植物对土壤适应的生态类型	(77)
一、药用植物对酸碱度适应的生态类型	(77)
二、药用植物对钙的需要和适应	(78)
三、盐碱土植物	(79)
四、沙生植物	(80)
五、土壤对药用植物分布的影响	(82)
第七章 药用植物传粉生态	(84)
第一节 开花与传粉	(84)
一、开 花	(84)
二、传 粉	(85)
三、传粉媒介	(88)
第二节 花色与传粉关系	(91)
一、花色的化学成分	(91)
二、花的导向	(92)
三、传粉生物的选择	(92)
第三节 花气味与传粉关系	(93)
一、香 味	(93)
二、臭 味	(94)
三、花气味与昆虫信息素	(94)
第四节 花蜜与传粉关系	(95)
一、蜜糖与传粉关系	(95)
二、氨基酸与传粉关系	(96)
三、脂类物质与传粉关系	(96)
四、花外蜜与传粉关系	(96)
第五节 花粉与传粉关系	(97)
一、花粉的形态与传粉关系	(97)
二、花粉的化学成分	(98)
三、大气中的花粉	(99)
第六节 传粉与环境	(99)

4 · 药用植物生态学 ·	
一、药用植物的生态环境与传粉方式	(99)
二、传粉的协同演化	(99)
三、人工干预的环境与传粉	(104)
第八章 药用植物的种群生态	(106)
第一节 药用植物种群的基本特征	(106)
一、种群的密度	(106)
二、种群的空间结构	(107)
三、年龄结构和性比	(109)
四、生命表的编制	(110)
第二节 药用植物种群之间的相互作用	(111)
一、竞争关系	(111)
二、共生关系	(113)
三、寄生关系	(114)
四、种群间的相互作用对药用植物分布的影响	(114)
第三节 药用植物种群的动态	(115)
一、种群的出生率和死亡率	(115)
二、种群数量的增长模型	(116)
三、自然种群的数量变化	(120)
四、种群的平衡和调节	(122)
第四节 药用植物种群的遗传与演化	(122)
一、种群遗传和变异概述	(122)
二、药用植物种群内的变异与选择	(125)
三、生态型分化与生态型的表现型	(126)
第九章 药用植物群落生态	(129)
第一节 药用植物群落的特征	(129)
一、群落的种类组成	(129)
二、群落中种的多样性	(132)
三、群落的结构	(134)
四、群落的外貌与季相	(136)
第二节 药用植物群落的演替	(136)
一、群落发生的一般过程	(136)
二、植物群落的演替	(138)
三、群落演替的分类	(140)
四、群落演替的顶极学说	(141)
第三节 植被的主要类型及其分布	(143)
一、陆地生物群落的分布格局	(144)
二、森林生物群落	(148)

三、草原生物群落·····	(150)
四、荒漠生物群落·····	(150)
第十章 生态系统概述 ·····	(151)
第一节 生态系统的结构 ·····	(151)
一、生态系统的概念·····	(151)
二、生态系统的组成成分·····	(152)
三、生态系统的结构·····	(153)
四、生态系统的类型·····	(154)
第二节 生态系统的功能 ·····	(156)
一、生态系统中的种流动·····	(156)
二、生态系统中的能量流动·····	(158)
三、生态系统中的物质循环·····	(161)
四、生态系统中的物质分解·····	(162)
五、生态系统中的信息流动·····	(163)
第三节 生态系统的发育、健康和管理 ·····	(165)
一、生态系统的发育·····	(165)
二、生态平衡·····	(166)
三、人为活动对药用植物分布的影响·····	(167)
四、生态系统是开放的远离平衡系统的热力学系统·····	(168)
五、生态系统的健康和管理·····	(169)
主要参考文献 ·····	(171)

绪 论

生物学的发展方向有微观和宏观之分，微观分析方向以分子生物学为代表，由生物个体向局部、向内部进行研究；宏观综合方向以生态学为代表，由个体向整体、向外部进行拓展。这种宏观的研究，使生物学的研究视野由原先的局部扩大到整体和系统，研究方法由实验室走向大自然，使研究结果与自然更为贴近。

一、从生态学到药用植物生态学

生态学 (ecology) 由德国动物学家赫克尔 (E. Haeckel) 于 1869 年命名，并定义为：生态学是研究生物有机体与其周围环境相互关系的科学。我国马世骏先生根据系统科学思想提出：生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学。尚玉昌先生认为：生态学是研究生物和人与环境之间的相互关系，研究自然生态系统和人类生态系统的结构和功能的一门科学。

生态学是一门综合性很强的科学。根据生物类别可分为：动物生态学 (animal ecology)、植物生态学 (plant ecology)、微生物生态学 (microbial ecology) 等。

植物生态学旨在阐明植物与其周围环境相互关系的规律，包括物种的个体和种群在不同环境的适应过程，环境对植物种的塑造作用；植物群体或群落不同环境中的形成过程，植物群落对环境的改造作用。最终还要发挥植物的生态效益和经济效益，为人类社会作出贡献。植物生态学研究的内容有植物个体、植物种群、植物群落与环境的生态关系以及在生态系统中物质能量转化、循环、再生产过程中植物的作用。

药用植物生态学 (pharmaceutical plant ecology) 与植物生态学关系最为密切，因为两者研究的对象和研究目的基本相同，均为研究植物与环境之间的关系；但两者还存在一些区别。药用植物生态学的研究对象为已被人类认识和利用的或将有可能被人类利用的药用植物。药用植物生态学的研究内容包含了植物生态学的个体生态、种群生态、群落生态、生态系统生态，还要考虑药用植物的特殊性，即环境对药用植物的质量、药用植物的功效影响，这与地道药材形成及药用植物药效物质产生有着密切关系。

药用植物生态学与农业生态学也有不同之处。首先，农业生态学研究对象的范围相对较狭，类群较少，而药用植物生态学研究植物类群要广泛得多，从低等植物一直到高等植物，仅我国目前已有一万多种；研究的内容，药用植物生态学应考虑到药物作用于人体而发

生药效的物质，这些物质主要是植物的次生代谢产物，而农业上主要考虑植物的初生代谢产物。次生代谢产物的形成与种群遗传因素、生态因素均密切相关；农业生态学所研究的植物多为栽培植物，而药用植物生态学研究植物，只有部分是人工栽培植物，大多数还处于野生状态，研究的基础比农业生态学薄弱得多；农作物单品种大规模长期人工种植导致了病虫害猖獗，农药的使用又使环境恶化。而药用植物对质量有更高的要求，因此在生产模式上必须吸取农业种植的经验教训，研究药用植物生态，采取在自然生态环境下的野生抚育或半人工种植的方式，改变农业生产的模式，走出药用植物生产新的模式，以便提高药用植物的质量，保证用药安全，并保障药用植物资源的永续利用。

二、药用植物生态学的历史和发展

药用植物与环境的生态关系，是自然界客观存在的，早在公元前2世纪我国的古籍《管子·地员篇》就记载了江淮平原上沼泽植物的带状分布与水土质的生态关系：“凡草土之道，各有谷造，或高或下，各有草土。叶（荷）下于萍（菱），萍下于菹（水葱），菹下于蒲（香蒲），蒲下于苇（芦苇），苇下于藭（旱芦苇），藭下于萎（艾），萎下于苴（地肤），苴下于藎（莎草），藎下于萑（益母草），萑下于茅（白茅）。凡彼草物，有十二衰，各有所归。”

《神农本草经》有：“土地所出，真伪新陈，并各有法”，强调了产地。所列的365味中药中，有很多就以产地冠于药名之前，如巴豆、巴戟天、蜀椒、蜀漆、秦皮、秦椒、吴茱萸等。

《唐本草》曰：“窃以动植行生，因方异性，春秋变节，感气殊功，离其本土，则质同而效异。”强调了质量与环境的关系。

唐代孙思邈《千金翼方》强调“用药必依土地”，专论“药物州土”一节。

清代徐大椿在《药性变迁论》中对野生与栽培药物的生态和功效进行了比较：“当时初用之始，必有所产之地，此乃本性之土，故气厚而力全。以后移种他方，则地气移而力薄矣……今皆人工种植，既非山谷之真气，又加灌溉之功，则性平淡而力薄劣矣。”

藏族医药名著《晶珠本草》中对生态与药物质量关系阐述较多，如：“药物生长在雪山、高山、凉爽、温暖，具有日月光华之力的地方”，“生长在平坦湿润，河水右旋，茅草丛生，没有犁过之处女地和树影不遮之地等处的药物，色艳味鲜者，性味最佳。没有被虫蛀咬，没有被火烧焦，没有被大自然伤损，没有被阳光、阴影、水所害，适时稳定生长，根大而深，北面向阳生长的药物性味最好”。

近代医学家张山雷在《本草正义》中对水生药用植物的功效进行了阐述：“泽泻产于水中，气味淡薄而体质又轻，故最善渗泄水道，专能通利小便。浮萍生长水中，故能清火，体轻而浮，故开肌腠。”

随着人们对药用植物需求的不断增加，野生药用植物已不能满足人们的需要。大量的野生变家种药用植物的出现，人们通过药用植物的栽培研究，逐渐积累了丰富的药用植物生态学知识。但这些知识是分散的，尚没有系统整理形成一门学科。

在药用植物生态学中，研究领域不限于药用植物的生长发育与生态环境关系，还要考虑

到生态环境对药用植物的质量与功效影响。这也是药用植物生态学应该研究的一项重要内容。

近年来,生态环境与药用植物功效之间的关系已引起人们的重视,日本桑木崇秀 1978 年曾观察到生长环境和物候对药性的影响,只在南部生长的 18 种药用植物中,有 15 种是热性药;早春发育、开花的药用植物温性较多。我国的李广骥先生 1981 年在“中草药栽培与植物生态研究”一文中首次提出了中草药的“药理生态”,随后又注意到药用植物化学生态的研究进展,并探讨了药用植物的药性、功能与地理分布、物候期、生活型、化学成分之间的关系。刘天驰先生是另一位注意到生态与中药之间关系的学者,他探讨了药性与环境的关系,地道药材与环境的关系,提出了“环境药性论”。

三、药用植物生态学研究内容

1. 学习和研究《药用植物生态学》的目的

(1) 掌握药用植物与环境之间的关系,运用这些知识生产出符合自然规律、可以永续利用的优质药用植物。

(2) 人们使用药用植物,主要是利用植物的次生代谢产物。植物的次生代谢产物的生物合成及积累与其种群发生及其所处地理生态位置的土壤、气候等生态因子有密切的联系,因此,治疗某种疾病的药用植物具有一定的地域和生态特征。学习药用植物生态学可以掌握药用植物与环境之间的关系,进一步探索药用植物的生态环境与药效的关系。

2. 药用植物生态学研究的内容

(1) 与植物生态学研究内容基本相同,如:研究药用植物个体发育和系统发育与环境间关系的药用植物个体生态学;研究药用植物的种群与环境之间和群落之间相互关系的药用植物种群生态学;研究药用植物群落的结构和功能、形成和发展等方面与其所处环境关系的药用植物群落生态学;研究生态系统的结构与功能、生态系统的平衡和生态系统的调控机制的生态系统学。

(2) 与植物生态学研究不同的内容,如:研究优质药材(包括地道药材)产生与生态环境关系的药用植物质量生态学;研究药用植物药效产生与生态环境关系的药用植物药效生态学。

当然,药用植物生态学是一门刚形成的学科,还有很多领域需要人们去深入开展研究,还有很多研究领域需要大家去开拓。

第一章

环境与生态因子

药用植物生态学主要论述药用植物与所处环境之间的相互关系。因此，不仅要了解药用植物本身的特性，还要了解它们生活环境方面的特性以及两者之间相互作用的关系。所以，研究药用植物与环境之间的关系是药用植物生态学的基础。

第一节 环境

一、生物圈的环境

地球表面的生物不断地进行着运动和相互交流，从而形成整个地球表面生物的能量转化和物质循环系统。在这个系统中，不同的生物要适应不同的生存环境，即不同的自然圈，如大气圈、水圈、岩石圈和土壤圈，生活在其中的生物构成了一个有机的生物圈。不同的自然圈具有各自不同的特征，在地球表面的生物圈环境中发挥着不同的作用。

(一) 大气圈

大气圈是由多种不同气体混合而成，成膜状覆盖在地球的表面。大气圈下限为海陆表面（而实际上空气一直可以渗透到地壳的内部）；上限约离海陆表面 1 000km 以上（实际并无明显界限，而是逐渐过渡到宇宙空间）。大气圈可以分为平流层和对流层两个圈层。

大气最下层的对流层直接构成植物气体环境，平均高度为 10km，在极地为 8km，赤道上为 16km，其密度最大，约含大气全部质量的 70%~75%。

对流层内会发生云、雨和气团的水平与垂直移动，这些运动对植物的生长发育有重要的意义。在对流层的全部厚度中，组成空气的主要成分是保持不变的，其中包含了植物生活所必需的物质，如光合作用需要的 CO_2 和呼吸作用所需的 O_2 等。

对流层中还含有水气、粉尘等，它们在气温的作用下，形成的风、雨、霜、雪、露、雾和冰雹等，一方面调节着地球环境的水分平衡，有利于植物的生长发育；另一方面，当平衡失调时，也会给植物带来破坏和损害。平流层离地面约距 20~50km，臭氧在平流层上部形成臭氧层，它对高能紫外线辐射有吸收作用，可以保护生物体免遭紫外线的伤害，是地球生