

农业自然条件 分析



牛文元 编 著

农业出版社

农业自然条件分析

牛文元 编著

农业出版社

农业自然条件分析

牛文元 编著

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 4 衬页 435 千字
1981 年 12 月第 1 版 1981 年 12 月北京第 1 次印刷
印数 1—2,500 册

统一书号 4144·363 定价 3.60 元

内 容 提 要

本书以农业生态系统的理论为基础，联系各类自然要素，探讨农业生产的自然规律，揭示出充分利用自然条件、合理规划农业发展的基本途径。本书大量综述了国际上最新出现的有关理论与方法，重点在于阐明各类自然条件的作用机制以及它们对于农业生产的综合效应，并且结合我国农业自然条件的研究成果，形成一部内容比较充实、结构比较严谨、取材相当新颖、分析比较深刻的论著。本书可供农业科技人员、农业院校师生、农业区划与农业管理干部和广大农业工作者阅读参考。

前 言

在人类历史上，农业的发生至今不过一万年的时间。近年来，经过农学家、植物学家、考古学家、地理学家、社会人类学家从不同的学科出发，集中研讨农业起源的结果，可以发现，农业是生物与环境之间关系发展到一定阶段的产物。农业出现之前，当时人类食物的基本来源，仅仅只是在纯自然中生长的动植物，人不过是这种天然食物链中的一个环节而已，远未形成生态系统的中心环节。他们无法也无意去触动天然生态系统中的能量流（注1）及物质流（注2），谈不到有意识和大规模地调整人与自然的联系。

但是生物演化是一个客观的事实，生物与环境之间的互相作用互相制约的现象，时刻反映在人的头脑之中。当这种基本知识累积到一定的程度时，人类就试图利用生物与其自然条件间相协调的原理，自觉地与不自觉地改造着天然动植物，使得它们能适应人们的某种目的和按照某些需要而发展。由此才出现了人类文明史上的一次巨大革命—农业的产生。现在已有相当精确的数字，去衡量生物本身的遗传特性与其外部自然条件这二者在决定农业发展方面的能力与贡献率，试举例如次：

生 物 表 现	遗传性与变异性对生物表现的决定率（%）	
	生物自身条件（遗传性）	外部环境条件（变异性）
牛的受胎率	5	95
玉米的穗长	17	83
家禽的产卵率	20	80
玉米的产量	25	75
玉米中的含油量	65	35
家禽的卵重	60	40
萝卜的根长	65	35
牛的屠宰重	85	15

农业的发生及野生动、植物的被驯育，集中地反映了生物与其自然条件间互相作用互为协调的实质，即以天然的动植物为一方，以外部自然条件（必须是环境因素与人为因素的综合效应）为另一方，长期演化的直接结果。它说明了农业的起源及其发展，正是在生物出现以来，生物与环境双方的密切关系在自然发展史上的合理延续。

以生态系统的观点去看，农业是生物圈中一个重要的组成部分。自从农业出现之后，地球上原来生物圈中的能量流与物质流产生了某些本质的改变，食物链的结构也在某种程度上进行了相应的调整，从此在纯自然的生物圈内分化出了“农业生物层”这个特殊的“亚系统”。一方面，它与生物圈其它组成成分一样，受到整个自然环境条件的约束，另一方面，该亚系统增加了人为因素越来越强大的干预。在这种干预下的农业生物层，运转是

否正常，输出是否理想，取决于它在模拟最优自然生态系统方面的相似程度。为此，就必须了解更多的关于生物与其自然条件关系的基本规律。只有在此基础上，人们才能正确地去判断现代农业的潜力及其合理结构，并能较准确地去预测它与最优目标之间的差距。在正确分析农业自然条件的前提下，还可以发现农业生物系统逐渐代替自然生物系统的途径和方法，寻求最优的控制措施，这样才可能在全球范围或地区性范围内，为农业的时空布局及区域农业发展方向，指出正确的道路。

传统的农业，无论是现在还是过去都取决于各种环境条件以及这些条件的合理匹配。一些确凿的事实表明，大多数作物的起源地是一些狭小的、有独特气候表现的地理区。这些作物的野生亲本正是在合宜的环境条件下，才逐渐被人类驯化并逐步演化到农业的形成。举例来说，小麦、水稻、玉米和大麦等农作物，现在虽然已广泛地分布于全世界范围之内，但是小麦的起源地只发现于西南亚；水稻的起源地只发现于东南亚和中国；玉米的起源地只发现于墨西哥南部与中美洲；大麦则发现于我国的青藏高原。通过对于某些农作物起源的地理分布分析，可以得出：农业，从它的开始，就与其自然条件密不可分地连接在一起。如能联系到作物起源地与当时的自然条件去认识农业的发生与发展，将会把农业研究引导到一个更深刻的层次中去。



一些农作物起源的地理分布

A1: 小麦、黑麦、菜豆、豌豆 A2: 高粱、谷子、西瓜、棉花、香蕉、木薯 B1: 水稻、荞麦、大豆、葱、茄子、莴苣 B2: 芋头、椰子、甘蔗、柑桔 C1: 玉米、西葫芦、甘薯、番木瓜、胡椒 C2: 西红柿、烟草、花生、菠萝、南瓜、利马豆

在农业生产中，自然条件的变率发生异常或是在背离其最优组合的临界限度后，常常发生危及作物产量的灾难性后果。在公元前 1500 年，埃及就曾因一次大旱引起作物绝收并造成全国性的大饥荒；干旱直到现在，仍是各国农业的重大威胁。据统计在北非每年干旱将使得上百万人无家可归。而这里所说的干旱，只不过是自然条件失调的一种表现而已。科学家们已经认识到，广大地区的周期性饥荒是由于自然条件的周期性变化引起的。1974 年于罗马举行的世界粮食会议上，联合国秘书长瓦尔德海姆估计，全世界超过 20%

的人口，即约八亿人，得不到充足的食物保证。而人口的迅速增加，更给这个本来已经十分严重的粮食问题，增加了更大的压力。据权威性的统计指出，农业起源时的公元前8000年，当时全球人口的总数约为500万；经过八千年的发展到达公元元年，人口已增至2亿5千万；到十七世纪中叶的1650年，人口达到5亿，此段全世界总人口增加一倍所需要的时间约为1500年；从5亿增加一倍到10亿，为十九世纪中期的1850年，其间只经历了200年；又从10亿增加一倍到20亿人口，为本世纪的1930年，其间只用了80年；到达公元1976年，全世界总人口已从1930年的20亿增加一倍到达40亿，其间只用了46年；估计全世界人口从目前的40亿增加一倍到达80亿，只需要35年的时间。以上人口增殖的规律说明，人口总数增加一倍所需要的时间，随着人口基数的加大，将越来越短。这样解决人类所面临的这一重大挑战，只能从节制人口与发展农业诸方面去寻求。

通过开垦土地扩大农业种植面积，从而获取更多的粮食，曾经是一种行之有效的途径。但是随着生产活动的规模和范围的日益扩大，这条途径的前景越来越不美妙，而且随着今后人口的进一步增长、城市化规模的进一步扩大，全球陆地表面可供开垦的农业土地面积肯定将越来越少，加上开垦的成本越来越高，开垦后所引起的副作用如土壤侵蚀、破坏生态平衡等问题越来越严重，给这一条发展农业的方向涂上了黯淡的色彩。尽管已有不少学者提出开发海洋的计划，但限于投资的高昂、技术的繁杂，亦未成为现实可行的方案。从世界粮农组织近年来所制定的世界可供开垦土地面积的状况，也可以清楚地看出这一点。除了非洲及南美尚有一些土地可供开垦外，北美、欧洲及亚洲、大洋洲可供种植作物的开垦面积均已十分微小。由此可知，企图单从扩大空间分布去增加农业产量的途径，将受到越来越严重的限制。

与之相平行的另外一条发展农业的途径，是尽力发挥农业的自然生产潜力。从本世纪五十年代开始，有关这一方向越来越受到世界各国科学家的关注。诸如日本关于作物群体的光能研究、澳大利亚的SPAM（注3）体系研究、苏联的生物气候潜力研究、美国的农业生态系统理论研究、荷兰的作物光合作用模拟研究等，以及全世界范围内的“绿色革命”和关于“初始生产力”的计算等，都是具体的反映。我国地少人多，并且具有精耕细作的优良传统，在这一方面曾作出不少的贡献。世界趋势表明，今后解决农业问题的关键，就取决于农业生产潜力发挥的程度。它要求从农业生物与自然环境之间关系的协调与统一上、从农业生物与各自然条件之间物质、能量的交换与平衡上、从农业生物与自然环境互相联系，互相作用，互相制约的基本规律上，去探求提高农业水平的新道路。人们要么通过改造与调控有关的自然条件，以适应农业生物的最优生长（如灌溉、防风、治理盐碱、水土保持、改造低产田等都是适例）；要么通过改良与培育农作物品种去适应特定的自然环境（如上述的绿色革命就是适例）；要么同时通过上述二者的改造去发展农业；无论那一种，不洞悉农业生物与其自然条件之间的基本关系，都是不可能成功的，甚至会立即受到自然的惩治。

本书试图介绍农业生物与环境关系方面的基础知识，并且尽可能纳入世界上最新的研究成果与发展趋势，重点在于阐述各类自然条件的作用机制以及这些自然条件对于农业生

物的综合效应。在酝酿与写作过程中，承蒙师友与同志们的鼓励和帮助，使作者获益匪浅。但由于水平有限，本书疏浅错讹之处在所不免，吁请海内学人不吝赐教，作者当感激不尽。

-
- 注1：能量流——是生态系统中常用的一个术语。指各种形态的能量，在生态系统的生产者、消费者与分解者之间的流动状况以及动态传递。
- 注2：物质流——是生态系统中常用的另一个术语。指有关物质如水、养分元素等在生态系统各级中，即在生产者、消费者、分解者之间的流动状况。
- 注3：SPAM体系——系指土壤—植物—大气之间统一组成的综合模式。研究物质和能量在这个体系中的传输、分配、交换、贮存、平衡等基本规律，通过这些基本规律的阐明，综合地而不是孤立地、深入地而不是表象地去认识植物与环境之关系。

目 录

第一章 生物与环境	1
第一节 引言	1
第二节 生物圈	3
第三节 农业生物层的确定	7
第四节 农业生物层的基本特征	12
第二章 太阳辐射	26
第一节 太阳及太阳常数	26
第二节 能量平衡的一些基本概念	31
第三节 能量平衡各分量及净辐射	36
第四节 太阳辐射能的空间分布	41
第五节 农业生物层的能量平衡	44
第六节 我国的太阳辐射概况	50
第三章 光能条件分析	54
第一节 初始生产力	54
第二节 光的基本分析	65
第三节 光合有效能量	72
第四节 作物生产力的上限	81
第五节 影响最大理论生产力的因子	90
第四章 温度条件分析	101
第一节 温度是能量的标志	103
第二节 温度的生物学意义	105
第三节 土壤温度	117
第四节 农作物生长的“温度指数”	126
第五节 我国的温度状况	132
第五章 水分条件分析	136
第一节 水的农业意义	136
第二节 全球范围的水分条件	141
第三节 水分平衡	148
第四节 水分的蒸发	158
第五节 农作物需水规律	172
第六章 二氧化碳条件分析	182
第一节 全球碳循环的基本模型	182
第二节 二氧化碳的直接农业效应	190
第三节 二氧化碳的间接农业效应	196

第七章 养分条件分析.....	204
第一节 土壤和农业.....	204
第二节 根系及其对养分元素的吸收.....	210
第三节 氮的循环.....	214
第四节 养分平衡.....	217
第八章 风的条件分析.....	229
第一节 风在作物同化中的意义.....	229
第二节 风对农业的危害及防风.....	235
第九章 土壤侵蚀分析.....	244
第一节 世界范围的水土流失.....	244
第二节 小区域内的水土流失.....	249
第十章 作物生长分析.....	259
第一节 作物生长的一般规律——罗吉斯蒂方程.....	259
第二节 表达作物生长的动态模型.....	267
第十一章 农业生态系统.....	276
第一节 生态系统的一般表述.....	276
第二节 农业生态系统.....	282
第十二章 农业自然区划.....	288
第一节 农业自然区划的原则.....	288
第二节 热量水分条件综合分析在农业自然区划中的应用.....	292

第一章 生物与环境

第一节 引言

深刻揭示农业生物与自然环境各要素之间的复杂关系，是现代农业科学的基本任务之一。众所周知，农业生物产量形成的基础，除了生物本身的遗传学特性、生物学特性、生理机能以及生物化学过程等基本条件外，为建造生物体提供能量和物质来源的外部环境因素，以及这些因素的不同组合所形成的“集体效应”，也是这种产量形成基础的另一类基本条件。生物与环境之间互相作用、互相制约、互相适应的密切联系，以下几个方面可以说明。

一、作为“初始生产力”(Primary Production)的绿色植物、海洋浮游生物以及某些特殊的细菌，是整个生物界得以维持和发展的核心。而它们自身的建造，既需要自然界供应充足的能量(太阳辐射能)和必需的物质(主要是二氧化碳、水及养分元素)，又需要某种特定的自然环境条件，如适宜的温度、适宜的水分、适宜的酸碱度……并要求这些自然环境条件在某一相对狭窄范围内有比较恰当的组合。例如在高纬度的冬季，制造生物物质所需要的能量及基本的物质材料，并不短缺太多，唯因环境的温度条件低于临界值以下，使得有机物的制造过程停滞或中止。再如全球陆地地表广大的干旱区，光能充足，二氧化碳亦有足够的保证，只是由于水分条件的严重限制，对于植物生长产生了巨大的“应力”，使其无法生长，至少不能正常地生长。由此，人们对于环境生物间的密切程度，将会有初步的认识。

二、绝大部分改造自然的最终目的，即人类有意识去控制某一个或某几个自然要素的最后归宿，是为了创造或尽可能创造实现生物最高产量的最优环境条件。这种通过人类有目的的影响自然环境以适应植物生长的大规模活动，正是通过既改造环境因素又改造生物因素这两个方面去进行的。

三、生物的生长发育总是在与环境因素相协调的前提下，才能期望得到保存和繁衍。当环境条件发生剧烈改变时，不少的植物种属受到致命的打击而消失。地质年代中许多古生物的灭绝，一个十分重要的原因首先应该归属于自然环境的剧烈变化。生物本身抵抗自然环境条件“扰动”的能力，是比较脆弱的，所谓“适者生存”、“自然选择”，主要是指生物与环境条件的统一。

四、现代生态系统理论的中心，放在生物与环境间物质运动、能量运动和信息运动上，以及它们的传输、交换、贮存等基本功能上。各类自然环境因子的“个体效应”与“集体效应”，将对生物体的结构与功能，对于它所产生的生物量等，赋予重要的影响。生态系

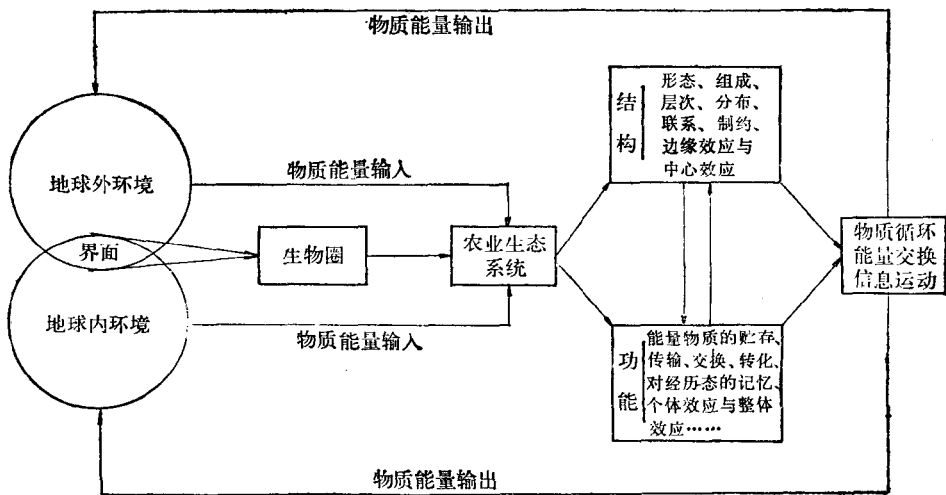


图 1-1 表达生态系统的基本图式

统的基本图式，清楚地显示出生物与环境间的基本关系。

五、生命是蛋白质的存在形式，因此没有蛋白质和核酸等一类有机物，就不会有生命。现在已经令人信服地证明，地球上原始生命的形成，有赖于简单有机物向氨基酸等复杂有机物的转化。而这种简单的有机物，却正是由无机的自然环境产生的。有人在 1969 年曾经作过这样的统计分析，认为原始生命这种事件在地球上产生的可能性，只有 10^{200} 分之一或 10^{4000} 分之一的机会。我们且不去讨论这种估计的真实性如何，但是生命产生这类事件，确是自然界中具有不寻常意义的壮举。五十年代中期，米勒氏曾经做过一个著名的实验，他用纯无机的甲烷 (CH_4)、氨 (NH_3)、氢 (H_2)、水汽 (H_2O) 等混合成一种与地球“原始大气”成分基本相同的气体，放入真空处理的玻璃容器中，模拟幼年地球的自然环境条件，经过八天后，在他所设计的完全非有机界的成分中，出人意外地获得了五种可构成蛋白质的重要氨基酸。由此说明了有机界来自无机界，生命来自于非生命。地球上现今已知的约 150 万种生物，是原始生命产生后经过长期演化的结果。其最早的生命，根据现有资料，大约出现在 32 亿年之前，即前不久在南非太古代地层中所发现的古杆菌和巴贝通球藻化石，它们属于一种典型的单细胞生物。随后相伴着自然条件的不断改变，生物本身亦经历了平行的演进，使得生命体越来越复杂，一直进化到现今一个相当高级的阶段。举例来说，一个成年人，其身体就大约由 1800 万亿个细胞组成，这与原始生命相比就不可同日而语了。生物的这种进化过程，再深刻不过地揭示了无机自然环境在形成生命过程中的基础作用，它虽然无法代替生命本身，而且它的变化规律与生物变化的特有规律也不尽相同，但是它与生物间密不可分的偶合关系，却是千真万确的。

生物体的生长、发育、繁殖和衰亡，以及生物群体间的竞争、共生、相克等，均有其内在的规律可循。但是这种内在规律，总是在与外部环境条件相适应的基础上，才能表现出来。而且，生命的产生来自于无机界，当生命过程结束，生物体衰亡后，又会重新回归

到无机界，完成了无机界到有机界，再由有机界到无机界的循环。这种循环与自然界中其它相应的循环（如地质循环、大气循环、水分循环等）交织在一起，构成了生物与环境间错综复杂的关连。研究这些关连，比较充分地认识其基本机制，既是洞悉作物生长，尽可能获取高产所必需的，同时又是一项十分艰巨的基础理论任务。

研究生物与环境关系的重要意义还在于：目前世界上每年约增加7500万人口，每天平均增长20万。根据1975年的统计资料，每秒钟就有4个婴儿出世，照这样的增长速度计算，到本世纪末，世界人口可以达到约70亿。人口的迅速增长，必然要求有基本的物质保证，因此如何发挥地球表面的自然生产潜力，越来越为各国所关注。人们在长期的探索中，终于发现生物界（包括人类在内）绝对地依赖于光合作用，这种将无机物直接转化为有机物、将太阳辐射能直接同化为生物化学能的过程，在目前还没有任何别的过程可以恰当地代替它。假如这个过程一旦终止了，则依赖于消耗初始生产力的庞大生物界，其必需的食物来源和食物贮存很快就会耗竭一空，至少高等形式的生命将在大约25年的时间内绝迹。因此唯有在组成整个食物链中的“生产者”——初始生产力，相应地提高了，依靠取食它生存的人类以及其它的食草动物、食肉动物，才能得以维系和发展。有鉴于此，各国都在致力于发展农业生产，提高谷物及其它农产品的产量，以应付人口压力的严重挑战。所采用的基本途径，除了改变作物本身特性以使其更好地适应自然环境条件外，极大的注意力必然放在改造自然和加强对于生物与环境关系的研究之上。

第二节 生物圈

生物圈在整个地球上是一个厚度很薄而又十分特殊的圈层。由于生物的生命活动，所要求的外部环境条件具有比较严格的限制，尤其是高级生物，选择适合其生存的外界条件尤为严格。因而，地球各处的自然环境中，只有在一个相当狭窄的空间内（从垂直的方向看），才具有这样的条件。这个相当狭窄的空间主要位于地球固相、液相、气相的交界面附近，围绕着该界面高度集中了地球上达99%的生物物质。这些生物物质形成了一个环绕地球的由生活物质所组成的连续薄层，被称之为“生物圈”。

生物圈的观念是澳大利亚地质学家休斯（E. Suess）在一个世纪以前，引入自然科学的。他于1875年出版的一本关于阿尔卑斯山起源的小册子中，在其最后总结性的一章内，首次应用了“生物圈”这个名词。直到苏联科学院院士维尔纳斯基（В. И. Вернадский）在1926年于苏联，其后在1929年于法国发表了题为《生物圈》的两篇演说后，才引起了全世界的广泛反响。也就是说在休斯提出后的五十多年，生物圈的概念才得到承认并有了真正的发展，一直延续至今，有关生物圈的基本内容，仍属于维尔纳斯基所定义的范畴。1970年，美国出版的《科学美国人》月刊，特别以专刊的形式，比较系统地总结了有关生物圈主要方面的基本内容，特别是哈奇逊（G. Hutchinson）的一篇论文，对于生物圈的基本特点作了综合性的评述。

生物体集中存在的薄层，是地球上“薄层”以外空间更加独特的地方。如果没有这种

比较独特的自然环境存在时，结果将正如其它星体上目前尚未正式发现生命现象一样，地球本身也只能是一片死寂的世界。那么，在生物集中存在的空间，具备那些独特的表现呢？归纳起来，该特定空间的自然环境，大致应具如下几个条件：

一、它必须伴随有大量液态水的存在，而且在这种液态水存在的部位上，它还必须能同时存在或交替存在着固、液、汽三种状态，并可以在其间实行能量和物质的积极转换；

二、它必须具有一个稳定而有效的外来能源—太阳，以满足在生物生命过程内所必须得到的能量，同时它亦可为生物环境的改变提供基本动力；

三、在生物圈中，一定要具备充分大的三相物质界面，即具有固体的岩石圈、液体的水圈与气体的大气圈三者相邻接的界面活动带。例如象大多数的农作物那样，它的根伸入固体的土壤中，茎叶充分伸展于大气中，液态水通过植物体联系着物质和能量的转换和流通，如无这种三相界面的存在，要发展到高等植物是不可能的，因为包括农作物在内的高等生命形式，很少是只在一个单独的物质相中存在的。

四、必须有一个气压较为恒定、组成成分比较一致的大气。它一方面为初始生产力的形成提供二氧化碳源以及为生物的呼吸作用提供氧源，另一方面它又是保护生物体免受致命的紫外线辐射的保护层，并且是形成“温室效应”（注1），防止能量过分逸失的“贮能器”。

五、在这个生物圈中，必须具备全球规模的能量和物质的循环，这种循环有助于能量物质分配的均衡并创造出一种特殊的环境结构，这种环境结构执行着有利于生命活动的特殊功能。事实上，生物本身的循环过程，与无机界的地质循环过程、大气循环过程、水循环过程，紧紧地交织在一起，而这种交织的空间，恰好只能位于地表界面附近狭小的范围中。因此在生物圈内，是唯一允许这四大循环同时共存并产生复杂效应的地方。

六、在生物圈中，环境因素的变幅不得太大。要求它们有一个比较精巧的组合，方能满足生物生长和发育的要求。因此，过冷、过热、过湿、过干、营养元素的过度缺乏和过度富集、极端的盐碱度、过小的比表面等，以及在各自然环境要素中过于偏离正常的组合关系，均不可能期待有丰富的生物物质以及正常的生物活动，尤其不能期待会有高等植物的正常活动。

由上述六个基本条件去衡量，适于生物活动大量集中的空间范围，它所占据的体积是很小的，这从图1—2所示的地球垂直结构剖面中，不难看出这一点。

前已述及，在距今30多亿年前，地球产生了生命，这可视为地表无机环境的第一次质变。由此开始，在原来单一的无机环境中分离出有机与无机两大部分，并产生了二者之间的物质能量交换。这种原始的生物化学过程，显示了生命在地球的某一特定环境（最初的生命只能在水中产生）内，已经牢牢地奠定了生存的基础。同时，随着生物化学过程的放氧反应，使原来地表环境所表现的还原性气氛，逐渐改变并趋于消失，氧化性气氛逐渐增强。大约进化到9—10亿年以前，地表环境已到达将还原性占统治地位反转到以氧化性占统治地位的时刻。这种改变对于生物来说，使其即将进入第二次质变。

在第二次质变以前，生物的存在事实上还没有形成一个圈层，只不过在海洋这个庇护

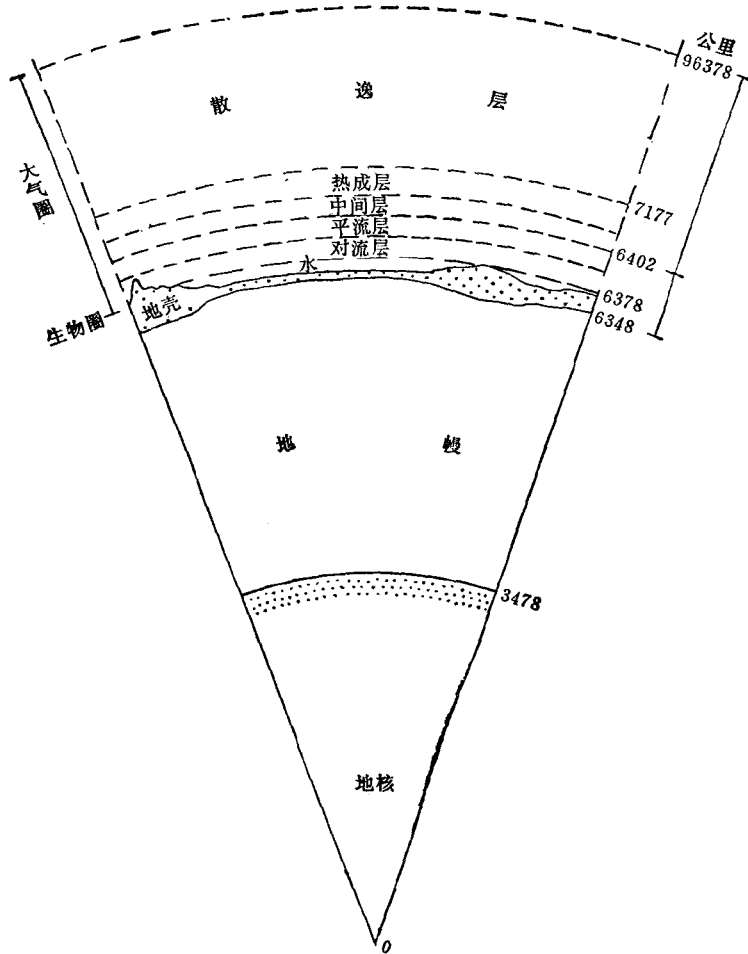


图 1—2 地球垂直结构示意图

所内生存，以躲避致死的紫外辐射的伤害。这样从全球来看，生物的分布还只是一种不连续的存在。等到大气中的氧达到某个特定的浓度时（目前大多数学者倾向认为，大气中的氧是由生物放氧而来的），这种游离的氧就成为整个地球表面的主要化学营力。生物体亦逐渐地适应了这种游离氧的新环境，生物体中的过氧化氢酶体系也已发展起来，以抵抗氧气对有机体的氧化破坏作用，形成了有氧呼吸的生理生化功能（以后将要介绍碳-3与碳-4植物的区别，与此有很大关系）。好气生物的产生和发展，光合自养生物数量的不断增殖，加速了氧气向大气的逸入，致使大气中游离氧所占的比重进一步增多，到了它的浓度占整个大气组成的10%左右时，就逐渐在大气圈的上部形成了有巨大意义的臭氧层，由于臭氧（ O_3 ）能强烈地吸收来自宇宙的紫外线，阻挡了致命于死地的紫外线大量到达地表面，给水生生物向陆地的发展创造了一个基本条件，因此在到了大约4亿年前的泥盆纪，终于实现了生物从海到陆的飞跃。从这时起，由植物、动物、微生物所共同组成的生物界，才能遍布全球各处，生物圈名符其实地形成了一个连续的圈层。

现在氧在大气中所占的比例，基本上保持着一个常数。在一年当中，一公顷年青的、生长茁壮的森林，将产生 10 吨氧气并消耗 30 吨的二氧化碳。每 200 万年左右，地球上就有 15 亿立方公里的水，被绿色植物的光合作用所裂解并为呼吸作用再形成。裂解后形成的氧暂时存留于大气中，约 2000 年的时间，它本身再循环一次。

地球上这个生物圈的垂直幅度，大约从最深的海洋（超过 11000 米）到达高出海平面上 9000 米的距离内。科学家们已经在海平面以下 7000 米的地方，发现有鱼类；在海洋深度达 6000 米处，每立方米海水中的浮游生物量仍有 4.5 毫克。根据水生生物的考察，在超过 10000 米海深的底部（如菲律宾深海沟），每一克湿泥中仍含有 10 万个细菌甚至达到 100 万个细菌。而在地表以上海拔 9000 米的地方，也发现了细菌和其菌的孢子，在大气中飘浮。在距离地表面较远的极为恶劣的环境条件下，只有这种极原始的低等生物才能存活，而生物物质总量中的绝大部分，仅仅只能生存于比上述所列范围要小得多的薄层内。

生物圈的垂直幅度，如果和地球本身相比，则显得微不足道了。暂且抛开地球的大气层不计在内，仅仅从地球的半径来看，生物圈的厚度也只占一个极小的份额。例如，截止到 1966 年，据全球的 12 个地面观测站对 13 颗人造地球卫星所进行的 46500 次观测结果，计算出地球的赤道半径值为 6378.169 公里 \pm 0.008 公里，它大约是生物圈厚度的 3200 倍（生物圈厚度平均按 2 公里计算）。

为了对生物圈在地球中的地位有所认识，下面列出它与地球其它部分的比较：

表 1—1 地球各有关部分的比较

范 围	组 成 成 分	质 量 ($\times 10^{21}$ 吨)	质 量 (%)	厚 度 (公里)	容 积 ($\times 10^{23}$ (公里) ³)
大 气 圈	氮气、氧气、二氧化碳、水汽、惰性、气体等	5	0.00009	15	—
生 物 圈	生命区域中的植物、动物与微生物	0.0016	0.000003	2	—
水 圈	盐水和淡水：包括雪、冰、冰川、海洋、湖泊、河流、池塘、沼泽、地下水等	1410	0.024	3.8	137
地 壳	沉积岩、变质岩（异质的）	43000	0.7	平均 30	1500
地 幔	硅质材料，铁和锰的硅化物（均质的）	4056000	67.8	2870	89200
地 核	铁镍合金	1876000	31.5	3471	17500
全 球		5976000	100	6371	108300

【依据：C. L. Mantell 等(1976)】

另据美国学者 P. R. Ehrlich 等在 1977 年的著作中，将生物物质的质量与全球其它成分作了一个对比。现经笔者稍加计算整理后，列述如表 1—2

本节花费较大篇幅描述生物圈的目的，在于引出生物圈内一个更为狭小的部分，即与

表 1—2 地球上各种成分的质量与生物物质的比较

地 球 的 各 有 关 成 分	质 量 比 较 (以生物物质为 1)
生物物质 (包括其中所含的水)	1
地球表面的新鲜淡水	16
大气	642
地球上的冰	3750
在海洋中所溶解的盐类	6125
海洋中的水	177500
地球外壳 (平均深度17公里)	3000000
地球整体	75000000

人类关系最为密切的“农业生物层”(Agricultural biological layer),也是本书讨论的基本对象。它主要由各种类型的农作物、牧草和森林等高等植物所组成,从狭意上来讲主要是指农作物。这一类农业生物,依靠自身的光合作用,创造着养育人类和动物的初始生产力(此处指不考虑海洋浮游生物、藻类及某些特殊功能的细菌,如光合硫细菌等……,因此本书的基本范围限制在地球陆地表面上,只是在特定情形下,才涉及到海洋生物与环境的关系。至于一些特殊功能的细菌,亦不在本书的考虑范围之内)。农业生物层的垂直幅度一般仅有几米到几十米,很少能超过 100 米的。这样,它在整个生物圈中,只占其厚度的二百分之一到五十分之一。在水平分布上,也较整个生物圈有更加独特的方式,它所选择的环境条件与整个生物圈相比更加严格,它受到人类活动的影响比整个生物圈来说更为直接,同时与人类的关系也就更为密切。人类的一切农业活动都在农业生物层中进行,人类的基本食物也均取自于农业生物层,由此可见它的价值与重要性。

第三节 农业生物层的确定

作为一个分布层次,农业生物层在地球陆地表面上的存在,有其更加特殊之处。一方面,它属于整个生物圈中的一个组成部分,其个性服从于生物圈的共性;另一方面,它比生物圈的空间范围更加狭窄(无论在垂直幅度上还是在水平分布上均如此),要求的环境条件组合更为严格,从而形成一个更加独特的部分。

农业生物层的上限,一般位于十分接近植物冠丛顶部向上的某一段距离内。把其上限规定于植物冠丛顶部向上的一段空气内,而不是明确地规定在植株的顶部,是有其深刻含意的。从冠丛顶部向上存在着一个薄层的空气(其厚度的大小,随着不同的植物,不同的叶片状况,植物的不同生长阶段,风速的大小,大气稳定度以及空气的组成、各分量的浓度等不同而不同)。一般把紧贴植物的这一薄层空气称之为植物的“空气界面层”(注 2),也有人称之为“边界层”、“切变层”等。由于这一层空气所起的特殊作用,因而与自由大气的性质相比有着明显的差异,它对于植物叶片的水分蒸腾可产生明显的阻力,同样对于自由大气中的二氧化碳向叶片气孔内的扩散亦造成了阻力。这样在空气界面层内物质的扩散速率,与该层以上的自由大气中的扩散速率是很不相同的。该空气界面层的厚度,直接地