

院士科普书系

地球上最重要的化学反应

——光合作用

沈允钢 著

清华大学出版社
暨南大学出版社

(京)新登字 158 号

图书在版编目(CIP)数据

地球上最重要的化学反应:光合作用/ 沈允钢著 .—北京:清华大学出版社;广州:暨南大学出版社 .2000 5

(院士科普书系/ 路甬祥主编)

ISBN 7-81029-933-6

.地... . 沈... . 光合作用-普及读物 . Q945 . 11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 61214 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

[http:// www .tup .tsinghua .edu .cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)

暨南大学出版社(广州天河,邮编 510630)

[http:// www .jnu .edu .cn](http://www.jnu.edu.cn)

责任编辑: 宗燕

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850 × 1168 1/ 32 印张: 4 .125 字数: 80 千字

版 次: 2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-81029-933-6/ G · 134

印 数: 0001 ~ 5000

定 价: 12 .00 元

《院士科普书系》编委会

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (按姓氏笔划排序)

王佛松 王 越 王 夔 方智远 卢永根

母国光 旭日干 刘大响 刘元方 刘鸿亮

关 桥 汤钊猷 许根俊 孙鸿烈 李大东

李廷栋 李依依 杨 乐 吴有生 吴德馨

何凤生 何鸣元 汪旭光 汪品先 陆建勋

陈可冀 陈运泰 陈建生 陈厚群 范维唐

季国标 金怡濂 周干峙 周永茂 周 恒

郑健超 赵忠贤 胡仁宇 钟万勰 钟南山

洪德元 姚福生 秦伯益 顾诵芬 钱七虎

徐冠华 殷瑞钰 黄志镗 龚惠兴 梁栋材

编委会执行委员 郭传杰 葛能全 钱文藻 罗荣兴

编委会办公室主任 罗荣兴(科学时报社)

副主任 何仁甫(中国科学院学部联合办公室)

冯应章(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 责 任 编 辑 蔡鸿程 周继武 宋成斌

提高全民族的科学素质

——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有六千余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起,是人类文明的发源地。

十五世纪之前,以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期,中国的科学技术在世界上一直领先长达十四个世纪以上。在那个时期,影响世界文明进程的重要发明中,相当部分是中华民族的贡献。

后来,中国逐渐落后了。中国为什么落后?近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题。但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了唯一正确的回答:中国落后,是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌,更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打。所以要进行革命,通过革命从根本上改变旧的生产关系和政

治上层建筑,为解放和发展生产力开辟道路。于是,就有了八十多年前孙中山先生领导的辛亥革命,就有了五十年前我们党领导的新民主主义革命的胜利,以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革,都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识,深刻总结以往科学技术发展的历史经验,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果,但也有不足,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系,科学技术没有取得应有的社会地位,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现,而未能在中国出现,这可能是原因之一吧。而且,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统,但相对说来,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来,继承以往的优秀文化,弥补历史的不足,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发展中大国里,再用五十年的时间基本实现现代化,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉

的目标,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国,全社会都要参与,科学家和教育家更应奋勇当先,在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书,就是一项基本建设,对于提高全民族的科学素质,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际,写了上面这些话,是为序。

一九九九年十二月二十三日

人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是 20 世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还将渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的

大事。

对于我们科技工作者来说,我们的工作应当包含两个方面:发展科技与普及科技;或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作,不仅是普及科学知识,更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的十五大更是把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下,1998 年春由科学时报社(当时叫“中国科学报社”)提出创意,暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划,会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部,共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998 年 6 月,中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子,《院士科普书系》编委会正式成立,各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出 150 个“提议书目”,在“两院”院士大会上向 1000 多名院士发出题为《请科学家为 21 世纪写科普书》的“约稿信”,得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里,有 176 名院士同编委会办公室和出版社签订了 175 本书的写作出版协议,开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题,普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物,于科技知识中融入人文教育,不是一件容易的事。不少院士反映:写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中,科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题,科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言,指出科普是科教兴国的基础工程,勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识”,充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视,对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程,成熟一批出版一批;另一方面随着科学技术的进步和创新,不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此,《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。

这一庞大的工程,不但需要院士们积极投入,还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议,帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量,使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面,我们也要以此为起点为开端,参与国际竞争与合作,勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000 年 1 月 8 日

本书前言

在 20 世纪 80 年代末,光合作用的一项研究成果获得了诺贝尔奖。基金委员会宣布得奖的评语中称光合作用是“地球上最重要的化学反应”。将光合作用的意义推崇得这么伟大使有些人感到出乎意料。想不到在五彩缤纷、千变万化的世界中最重要、最重要的化学反应竟是这么一个常见的、无声无息在进行着的过程。

这也无可厚非,因为一般人虽然在中学时就学过“光合作用”这个名词,但却不曾花力气去想过它与我们周围事物的各种联系。许多事情要通过认真考虑、仔细分析才能掌握它的实质和真谛。在这方面俄国的进步科学家季米里亚席夫可以说是很有远见的,他在 1903 年做演讲时就以“植物的宇宙作用”为题谈到:绿色植物的光合作用可以利用太阳射来的光能将无机物合成有机物,从而使我们这个地球充满了生机。其实,那时对光合作用的了解才刚刚开始,很多问题尚未提到一般人们的议事日程上,人们还不曾想到阳光和地球上的生命通过光合作用会发生这样紧密的联系。

如今社会的经济发展很快,科学技术的进步日新月异。人类在近几十年来创造了空前的物质文明,同时却也产生了一系列严重的问题。这是由于前一段的发展主要是依靠无

节制地动用大自然的遗产来支持的,包括大量开采和利用矿产资源、滥伐森林、污染和破坏原有的良好生态环境等。因此,到了跨越世纪的时候,人们在赞美自己成就的同时,不得不惊呼世界正面临人口、食物、能源、资源和环境等危机,担心目前的繁荣正在陷入难以为继的困境。于是,如何使经济和社会走上可持续发展道路的问题变成了大家都非常关心的事情。有识之士回顾过去,分析现状,展望未来,深深体会到经济的增长、社会的进步和环境的保护必须统一起来,必须建立在人类与自然协调进化的基础上。其中,高效地依靠光合作用来获得更多的人们赖以生存的食物、可再生能源及其它可再生资源和维护地球生物圈的良性运转是非常关键的中心环节。

现在世界上正风行“绿色”,常在各种有利于保护生态环境、人类健康的事物前面都冠以“绿色”两字。“绿色食物”、“绿色能源”、“绿色汽车”、“绿色建筑”等等名词经常出现在报刊上。为什么“绿色”有这么美好的含义?就是由于绿色植物的光合作用具有这种无与伦比的重要功能。要真正全面理解绿色植物的光合作用被称作地球上最重要的化学反应的原因,不是几句话就说得清楚的,可是这对我们如何认识光合作用在生物演化中的地位和怎样去充分发挥它的潜力来改善我们的生产和生活是很必要的。最近,我国在国家重点基础研究发展规划中,将“光合作用高效光能转化的机理及其在农业中的应用”列入第一批支持的项目,也很好地说明了对光合作用研究的重视。

本书试图对光合作用的重要性、人们对它的认识过程、目前的了解和今后发展的趋势做一个科普的介绍,以引起社会上更普遍的关注。让我们大家共同努力,促使光合作用这一植物独有的功能为我国经济和社会的可持续发展做出更大的贡献!

沈允钢

目 录

1 光合作用与生物演化

- 1.1 生物进化的转折点 2
- 1.2 生物圈运转的关键环节 6
- 1.3 光合作用与植物结构功能的特殊性 12

2 光合作用与人类生活和社会的可持续发展

- 2.1 光合作用与农业的高产优质和高效 16
- 2.2 光合作用与食物及其它产品的供应 22
- 2.3 光合作用与生态环境的维护 26

3 对光合作用的认识过程

- 3.1 光合作用的发现 33
- 3.2 光合作用机理研究的一些重要里程碑 35
- 3.3 光合作用机理的深入研究 46
- 3.4 光合作用研究的前沿与动向 63

4 光合作用的效率问题

- 4.1 光合作用的量子效率或量子需要量 70
 - 4.2 初级生产力和太阳能转换效率 76
-

4.3	农田的光能利用率和经济产量	80
4.4	自然环境中影响光合作用效率的一些 重要因素	83
5	光合作用研究的应用前景	
5.1	开拓提高光能利用率的途径	95
5.2	推动新型耕作制度的建立	99
5.3	培育作物高产品种的重要生理指标	101
5.4	为发展智能型环控农业提供理论依据	102
5.5	促进多样化高效生态农业的推广	108
5.6	带动一些新的工业生产	109
5.7	筹建持久型生命支持系统的基础	110
5.8	使生物圈趋向良性循环的关键环节	111
	后记	113

1

光合作用与生物演化

什么是生命？提出这个问题似乎有些可笑，连小孩子都不难区分什么东西是有生命的，什么东西是没有生命的。但要给生命下一个科学的定义至今都没有一个统一的说法。现在常用的定义是：生命是生物体所表现的自身繁殖、生长发育、遗传变异、与环境进行物质和能量交换以及对刺激有反应等的复合现象。可是这些现象中的任何一个都不是生物所特有的。随着科学研究的进展，人们了解到生命是主要由核酸和蛋白质组成的生物体所具有的特有现象。然而，核酸和蛋白质组成的物体如果没有与环境进行物质和能量交换就表现

光合作用就是生物与环境进行物质和能量交换中的一个非常基本的过程,关系着地球上无数生物的生存、演化和繁荣。

不出生命的其它特征。因此,与环境进行物质和能量交换可以说是进行生命活动的基础。光合作用就是生物与环境进行物质和能量交换中的一个非常基本的过程,关系着地球上无数生物的生存、演化和繁荣。

1.1 生物进化的转折点

人们可以根据生物所表现出来的共有现象大致能归纳出生命的特征,虽不够令人满意,但还算画出了轮廓。至于要回答地球上的生命究竟是如何起源的问题,则就难得多了。根据从太古时代岩石中挖掘到古微体生物化石来推测,地球上生命存在至少已有三十几亿年了,怎么能够知道生命是如何起源的呢?

科学家大体上从三个方面在进行探索。一个方面是研究生物进化的途径。人们对各种生物加以比较研究,分析它们是如何由低等向高等进化的,并且和从岩层中挖掘出来的古生物化石相互对比,猜测最原始的生物是怎样产生的。第二个方面是了解其它星球上的情况,看在这些星球上是否有原始生物产生和存在的可能。第三方面是在实验室中模拟地球当初形成后的一些环境条件,研究在这种情况下是否能合成组成生物的有关物质,甚至表现出一些生命现象来。各方面的研究都有不同程度的进展,但又远远不能给出肯定的回答,因而生命起源仍是生命科学中大家非常关心并且继续在千方百计探索的自然科学中公认的基本问题。现在我们