



中国亚麻酸植物资源

Plant Resources of Linolenic Acid in China

陈功锡 田向荣 等 编著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

湖南省高校产业化培育项目（10CY010）
吉首大学“生态学”湖南省重点学科建设项目

中国亚麻酸植物资源

Plant Resources of Linolenic Acid in China

陈功锡 田向荣 等 编著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目（CIP）数据

中国亚麻酸植物资源 / 陈功锡等编著. —北京：科学技术文献出版社，2016. 6
ISBN 978-7-5189-1303-9

I . ①中… II . ①陈… III . ①油用亚麻—油料作物—植物资源—中国
IV . ① Q949.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 094182 号

中国亚麻酸植物资源

策划编辑：孙江莉 责任编辑：张丽艳 责任校对：赵 瑗 责任出版：张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 www.stdp.com.cn
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 北京九州迅驰传媒文化有限公司
版 次 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
字 数 482千
印 张 19
书 号 ISBN 978-7-5189-1303-9
定 价 80.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书，凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换

编著人员

陈功锡 田向荣 肖佳伟 张梦华
陈璇 周强 魏华 张永康

序

生物资源 (Bioresources) 是近年来国内外最受重视的热门学科之一。按照 1992 年联合国环境发展大会上所形成的《生物多样性公约》，生物资源是指“对人类具有实际或潜在价值与用途的遗传资源、生物体、种群或生态系统及其中的任何组分的总称”。实际上，生物资源可泛指生物圈中一切具有生命现象或源于生命过程的资源，主要包括生物遗传资源、生物质资源和生物信息资源等。生物资源是人类社会经济发展的基础，一定程度上决定了一个国家或者地区社会经济发展的走向，所以世界上大多数国家重视生物资源的研究、保护和利用，并直接导致了“生物资源学” (Resource Biology) 的产生和“生物经济时代” (Biology Economic Era) 的来临。

绿色植物是人类最好的朋友，植物资源是构成生物资源的最重要组成部分，也是最基础的组成部分。根据其具体用途，植物资源通常被分为食用植物资源、药用植物资源、工业用植物资源、环境保护和改造用植物资源等类别。随着人类社会和科学进步，尤其是最近十余年来大健康事业发展的迫切需要，极大地促进了人们对各种功能性植物资源的研究，发掘出不少植物资源的新用途、新成果和新产业。亚麻酸植物资源便是其中的典型代表。

亚麻酸 (Linolenic acid, LA) 是人们必需的营养素之一，是构成人体组织细胞的主要成分；由于在人体内不能合成，必须从体外摄取，因而具备特殊的价值。我国政府、世界卫生组织 (WHO) 和联合国粮农组织 (FAO) 都倡导推广使用亚麻酸。目前亚麻酸和其他多不饱和脂肪酸的摄取主要依赖于深海鱼类，我国和其他一些国家在该领域的产出十分有限。这就造成了多不饱和脂肪酸的消耗长期主要依赖进口和从野生资源中掠取的特点。

针对这一问题，我国自 20 世纪 80 年代开始对油脂植物进行了全面调查，并于 1987 年出版了《中国油脂植物》一书，其中，记载了含有较丰富亚麻酸的植物 18 科 38 属 49 种，为我国亚麻酸产业的发展奠定了良好的基础。随着研究的进一步深入，更多的亚麻酸植物资源被挖掘并应用于产业开发。与亚麻酸植物资源产业蓬勃发展相比，我国亚麻酸植物资源的系统整理却始终未得到开展。不少问题亟须弄清楚：第一，我国丰富的植物多样性中究竟包含多少富含亚麻酸的植物资源？第二，作为一类重要的种质资源，产亚麻酸植物在科属分布方面有何规律？第三，亚麻酸植物资源在我国的空间分布格局与哪些因素相关，以及影响这种分布格局的因素是什么？第四，当前条件下，哪些亚麻酸植物资源可以作为我国重点开发利用的物种？第五，积极发展植物亚麻酸产业，减少对海洋野生资源的掠夺所依赖的科学保障是否充分？等等。

欣悉吉首大学生物资源与环境科学学院植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室陈功锡教授和他的同仁在二十余年亚麻酸研究与产业应用的基础上，将编著出版一部关于我国亚麻酸植物资源的专著，心中激动不已，遂一气读完书稿，发现以上问题在这本专著中都有比较全面的回答。从书稿的内容来看，至少具有以下创新：一是对我国亚麻酸植物资源进行了系统整理，从大约

1500 种亚麻酸植物中，筛选推荐了有价值的亚麻酸植物共 120 科、452 属、816 种，并对 365 种富含亚麻酸植物资源逐一进行介绍，具有较高的实用价值；二是完整地回答了亚麻酸资源植物在植物分类系统中的分布规律，发现孑遗植物、原始木本以及起源于古地中海的部分干旱草本科属是亚麻酸植物的主要类群，并初步给出了这些规律背后可能存在的机制；三是对我国亚麻酸植物资源的地理分布规律进行了完整阐释，说明气候因子对亚麻酸资源植物分布影响较大，其中相对湿度、年均温度、年降雨量是导致中国亚麻酸资源植物分布格局的主要原因，且与亚麻酸资源植物丰富度成正相关。同时，该书还以亚麻酸植物资源开发为主线综合介绍了植物亚麻酸产业开发的相关进展，非常适合与植物资源有关的食物与健康产业、油脂工业、生物化工和生物类专业的各层次读者阅读。

植物亚麻酸产业是一项有利于提高油脂附加值、有利于丰富国人营养的新兴健康产业。作为植物亚麻酸资源研究领域的第一本著作，也可视为我国生物资源研究的又一项标志性成果。真诚期待该专著的出版能为促进我国生物资源学科建设、尤其是推动我国植物亚麻酸产业的科学有序发展，以及为社会经济和健康事业做出开拓性贡献。

秉该著作付梓之际，特乐之为序。



中国生物工程学会生物资源专业委员会主任

2016 年 5 月 6 日于南京

前言

亚麻酸 (Linolenic acid, LA) 是含有三个双键的多元不饱和脂肪酸, 常以甘油酯的形式存在于绿色植物中 (部分海藻、深海鱼油中也很常见), 分为 α , γ 两种异构体, 但以 $\omega-3$ 系列的 α -亚麻酸最为常见。对于人类而言, α -亚麻酸是构成人体组织细胞的主要成分, 在人体内通过代谢转化为机体必需的生命活性因子 DHA 和 EPA 等, 具有降低血脂血压、预防和治疗心脑血管疾病, 增强免疫力、抑制癌症的发生及转移以及抗氧化、延缓衰老等功能, 对人体健康事业发展十分有益, 因此成为众多组织所公认和推崇的营养保健物质。比如 1993 年, 世界卫生组织 (WHO) 和联合国粮农组织 (FAO) 就曾发表联合声明, 倡导在世界范围内专项推广 α -亚麻酸。我国自 2013 年出版的《中国居民膳食营养素参考摄入量》也增加了对 α -亚麻酸功能介绍和摄入量的推荐。与此同时, 与亚麻酸有关的科学研究、产品开发也如雨后春笋般不断涌现。

另外, 对于高等植物而言, 植物亚麻酸主要存在于种子植物的果实、种子内, 部分也存在于植物的根、茎与叶的组织内。亚麻酸既是植物体重要的物质和能量来源, 也是细胞膜脂的重要组成部分之一, 且在植物生态与适应上具有重要意义, 因此亚麻酸在种子植物中具有较广泛的分布。1987 年出版的《中国油脂植物》就曾记载含有较丰富亚麻酸的植物有 18 科 38 属 49 种。随着亚麻酸科学研究和植物资源调查的深入, 含有亚麻酸成分的植物资源被不断发现、报道和开发。

吉首大学自 20 世纪 90 年代以来就一直坚持开展亚麻酸植物资源研究工作, 不仅对湘西亚麻酸植物资源进行了系统调查, 而且在猕猴桃、杜仲、花椒等亚麻酸资源植物研究和开发方面已实现了产业化, 有力地促进了地方经济建设和脱贫致富。2008 年以来, 又利用参加由中国科学院华南植物园牵头主持的科技部国家科技基础性工作专项重点项目的机会, 对华中武陵山区油脂植物进行了全面调查、收集, 获得了大量亚麻酸植物资源的第一手资料。在随后的湖南省教育厅产业化培育项目推动下, 有关亚麻酸植物资源的研究和开发得到了进一步升华。

为了系统总结亚麻酸植物资源调查成果, 以及为亚麻酸植物资源的进一步深入研究和产业化提供基础, 我们在对长期以来从事亚麻酸资源研究工作总结的基础上, 对全国范围内的亚麻酸植物资源进行系统研究和整理, 编著出这本《中国亚麻酸植物资源》。

本书可供农林、食品、医疗及保健产业领域的广大科技工作者、高等院校教师和研究生参考, 也可为有关植物多样性管理的政府、机构和企业领导决策提供科学依据。

本书基于植物资源学基本原理, 系统介绍了我国亚麻酸植物资源的基本特点及开发情况等, 共六章: 第一章简述了植物、植物多样性、植物与环境、植物资源; 第二章集中论述了植物亚麻酸的代谢过程、特点及其意义; 第三章在介绍我国亚麻酸植物资源科属组成的基础上论述了其地理分布规律; 第四章全面阐述了我国亚麻酸资源植物的水平和垂直分布格局, 并综合分析了其地理环境条件的关系; 第五章对我国 365 种主要的亚麻酸资源植物进行了概述, 内容涉及科属、名称、形态、分布、用途、含油量及亚麻酸含量等; 第六章综述了常见的 7 种亚麻酸植物的种质资源及开发情况。书末附有我国亚麻酸植物的系统名录及索引。

关于本书有几点需要说明：（1）本书的原始数据来源于已出版的各种文献、数据库以及植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室实际检测。尤其是中科院华南植物园国家科技基础性专项重点项目共享数据库，不仅融汇了本项目的全部实测数据，同时也包含了《中国油脂植物》、《中国资源植物》和《中国油脂植物手册》等资料，一定程度上代表了我国油脂植物资源基本情况；（2）本书中的亚麻酸资源，泛指含有三个双键的十八碳不饱和脂肪酸，其中绝大多数为 α -亚麻酸和 γ -亚麻酸，同时也包括少量其他的异构体，如牯楼酸、哥伦比亚酸等。由于它们涉及的植物类群少，含量低且不容易检测和分离，为便于分析也将它们纳入亚麻酸资源的范畴来统计，但在实际应用中还需深入研究和区别对待；（3）为便于不同专业背景读者查阅，本书采用常用的植物分类系统，即裸子植物按照郑万钧系统排列，被子植物按照哈钦松系统排列。种名的正名按 *Flora of China*，对于学名有异动的在引用数据时仍保留了原作者所使用的学名。

本书是吉首大学植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室全体作者的集体结晶，全体人员为此做出了艰辛的努力。编撰分工如下：书目、前言部分由陈功锡和张永康完成，第一章、第三章由陈功锡、陈璇完成，第二章由田向荣、魏华完成，第四章由肖佳伟、陈功锡完成，第五章由陈功锡、张梦华完成，第六章由田向荣、周强完成，附录由张梦华、陈功锡完成。全书由陈功锡、张永康统稿，陈璇协助。研究生徐亮、张洁、孙林及本科生王金重、蒋颖、王建霞等参与了部分资料的收集和整理工作。

在本书构思、编著和出版过程中，得到了中科院昆明植物研究所裴盛基教授、中科院昆明植物研究所和中央民族大学龙春林教授、中科院植物研究所宋松泉教授、中科院华南植物园邢福武教授、中山大学廖文波教授、湖南师范大学陈良碧教授、湖南大学刘选明教授、中南大学罗志勇教授、怀化学院伍贤进教授等各位专家的关心和帮助，得到了吉首大学科技处傅伟昌研究员以及实验室同仁麻成金教授、李辉教授、张晓蓉教授、李鹏教授、陈义光教授、李克纲教授、欧阳辉副教授、熊利芝副教授、刘祝祥副教授和张代贵工程师的大力支持和帮助。吉首大学副校长李定珍教授、武陵山区发展研究院院长李汉林教授等给予热情关心和大力支持，科学技术文献出版社孙江莉主任给予许多具体指导意见，责任编辑张丽艳女士付出了大量细致而艰辛的劳动。书中参阅了大量科学文献以及共享数据库，在此一并表示衷心感谢！

承蒙中国生物工程学会生物资源专业委员会主任、南京工业大学陈集双教授不辞辛苦，在百忙之中抽出时间为本书作序，既为本书增添了光彩，也是对我们莫大的鼓励和鞭策！

植物亚麻酸资源研究是一项新兴事业，不仅有助于揭示植物生命世界许多尚未明了的科学问题，还将有力地推动亚麻酸产业发展，为社会经济和健康事业服务。鉴于植物亚麻酸资源涉及的学科领域广，我们学识所限，书中不当及疏漏之处希望读者不吝指教！

编者
2016年5月

目 录

第 1 章 植物与亚麻酸资源

1.1 植物在自然界的意义	001
1.2 植物的多样性	002
1.2.1 植物的基本类群	002
1.2.2 植物的生活习性	003
1.3 植物与环境	004
1.3.1 环境与生态因子	004
1.3.2 植物对生态环境的适应	005
1.4 植物资源	011
1.4.1 植物资源的概念	011
1.4.2 植物资源的分类	012
1.4.3 植物资源的特点	012
1.4.4 植物资源与人类发展	014
1.5 植物亚麻酸资源	017
1.5.1 植物中的脂肪酸	017
1.5.2 植物亚麻酸的活性功能	018

第 2 章 植物亚麻酸代谢及其意义

2.1 植物的物质代谢与代谢物	020
2.1.1 代谢和代谢物	020
2.1.2 植物物质代谢的特殊性	020
2.2 植物亚麻酸的结构及其在脂类代谢中的地位	021
2.2.1 亚麻酸的结构与性质	021
2.2.2 脂类代谢及亚麻酸代谢的地位	024
2.3 植物亚麻酸的合成与分解代谢	024
2.3.1 植物亚麻酸的合成代谢	024
2.3.2 植物亚麻酸的分解代谢	029
2.4 亚麻酸在植物体内的生理功能及生态意义	029
2.4.1 亚麻酸是植物体重要物质和能量来源	031
2.4.2 亚麻酸是细胞膜脂的主要脂肪酸之一	031

2.4.3 亚麻酸的分解产物茉莉酸是抗逆生长调节物质032

2.4.4 亚麻酸的生态与进化意义032

第 3 章 植物类群中的亚麻酸资源

3.1 我国亚麻酸植物科属概况033

3.1.1 主要的亚麻酸植物科034

3.1.2 其他特色亚麻酸资源科044

3.2 亚麻酸植物的地理成分047

3.2.1 我国亚麻酸资源植物属的分布区类型047

3.2.2 我国亚麻酸资源植物地理成分特点052

第 4 章 亚麻酸资源植物的分布格局

4.1 亚麻酸资源植物的水平分布格局054

4.1.1 各省区亚麻酸资源植物分布概况054

4.1.2 亚麻酸资源植物丰富度与经纬度的关系054

4.2 亚麻酸资源植物的垂直分布格局056

4.2.1 500m 级海拔梯度分布057

4.2.2 100m 级海拔梯度分布059

4.3 各省区（市）亚麻酸植物物种丰富度与环境因子之间的主成分分析060

4.3.1 影响因子及分析方法060

4.3.2 主成分分析结果061

4.4 各省区亚麻酸资源植物聚类分析063

4.4.1 聚类方法063

4.4.2 聚类结果063

4.5 有关分布格局的讨论068

4.5.1 我国亚麻酸资源植物分布格局的主要特点及成因068

4.5.2 亚麻酸资源植物分布格局与种子植物分布的关系069

第 5 章 主要亚麻酸资源植物概要

5.1 裸子植物071

5.1.1 松科 Pinaceae.....071

5.1.2 柏科 Cupressaceae.....074

5.1.3 罗汉松科 Podocarpaceae.....074

5.1.4 红豆杉科 Taxaceae.....075

5.2 被子植物—双子叶植物075

5.2.1 木兰科 Magnoliaceae.....075

5.2.2 五味子科 Schisandraceae.....077

5.2.3 番荔枝科 Annonaceae.....077

5.2.4 樟科 Lauraceae.....078

5.2.5 毛茛科 Ranunculaceae.....086

5.2.6 小檗科 Berberidaceae.....088

5.2.7 木通科 Lardizabalaceae.....089

5.2.8 罂粟科 Papaveraceae.....090

5.2.9 十字花科 Brassicaceae.....091

5.2.10 蓼科 Polygonaceae.....095

5.2.11 藜科 Chenopodiaceae.....096

5.2.12 苋科 Amaranthaceae.....096

5.2.13 亚麻科 Linaceae.....097

5.2.14 凤仙花科 Balsaminaceae.....098

5.2.15 柳叶菜科 Onagraceae.....098

5.2.16 山龙眼科 Proteaceae.....099

5.2.17 五桠果科 Dilleniaceae.....099

5.2.18 海桐花科 Pittosporaceae.....100

5.2.19 葫芦科 Cucurbitaceae.....100

5.2.20 山茶科 Theaceae.....103

5.2.21 猕猴桃科 Actinidiaceae.....107

5.2.22 桃金娘科 Myrtaceae.....108

5.2.23 野牡丹科 Melastomataceae.....108

5.2.24 藤黄科 Guttiferae (Lusiaceae).....109

5.2.25 椴树科 Tiliaceae.....110

5.2.26 杜英科 Elaeocarpaceae.....111

5.2.27 梧桐科 Sterculiaceae.....112

5.2.28 锦葵科 Malvaceae.....113

5.2.29 大戟科 Euphorbiaceae.....114

5.2.30 蔷薇科 Rosaceae.....124

5.2.31 蜡梅科 Calycanthaceae.....131

5.2.32 含羞草科 Mimosaceae.....132

5.2.33 云实科 (苏木科) Caesalpiniaceae.....133

5.2.34 蝶形花科 Papilionaceae.....134

5.2.35 旌节花科 Stachyuraceae.....140

5.2.36 金缕梅科 Hamamelidaceae.....141

5.2.37 杜仲科 Eucommiaceae.....142

5.2.38 黄杨科 Buxaceae.....142

5.2.39 杨梅科 Myricaceae.....143

5.2.40 桦木科 Betulaceae.....144

5.2.41 壳斗科 Fagaceae.....145

5.2.42 榆科 Ulmaceae.....147

5.2.43 桑科 Moraceae.....148

5.2.44 冬青科 Aquifoliaceae.....150

5.2.45 卫矛科 Celastraceae152

5.2.46 翅子藤科 Hippocrateaceae.....156

5.2.47 茶茱萸科 Icacinaceae.....157

5.2.48 檀香科 Santalaceae.....157

5.2.49 鼠李科 Rhamnaceae158

5.2.50 葡萄科 Vitaceae.....160

5.2.51 芸香科 Rutaceae.....162

5.2.52 苦木科 Simaroubaceae.....167

5.2.53 橄榄科 Burseraceae.....167

5.2.54 楝科 Meliaceae.....168

5.2.55 无患子科 Sapindaceae.....171

5.2.56 槭树科 Aceraceae.....171

5.2.57 漆树科 Anacardiaceae.....173

5.2.58 胡桃科 Juglandaceae.....175

5.2.59 山茱萸科 Cornaceae.....177

5.2.60 八角枫科 Alangiaceae.....178

5.2.61 珙桐科 Davidiaceae.....178

5.2.62 五加科 Araliaceae.....179

5.2.63 伞形科 Umbelliferae (Apiaceae)180

5.2.64 紫金牛科 Myrsinaceae.....181

5.2.65 安息香科 Styracaceae.....181

5.2.66 山矾科 Symplocaceae.....185

5.2.67 木犀科 Oleaceae.....185

5.2.68 夹竹桃科 Apocynaceae.....188

5.2.69 茜草科 Rubiaceae.....188

5.2.70 忍冬科 Caprifoliaceae.....190

5.2.71 菊科 Compositae.....192

5.2.72 茄科 Solanaceae.....194

5.2.73 旋花科 Convolvulaceae.....195

5.2.74 马鞭草科 Verbenaceae.....196

5.2.75 唇形科 Labiatae(Lamiaceae).....198

5.3 被子植物—单子叶植物209

5.3.1 芭蕉科 Musaceae.....209

5.3.2 百合科 Liliaceae.....209

5.3.3 天南星科 Araceae.....210

5.3.4 鸢尾科 Iridaceae.....211

5.3.5 棕榈科 Palmae.....211

5.3.6 禾本科 Gramineae (Poaceae)213

第 6 章 常见亚麻酸植物种质资源与开发

6.1 杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliver.....214

6.1.1 种质资源与引种栽培214

6.1.2 亚麻酸产品开发220

6.2 猕猴桃 *Actinidia chinensis* Planch.....220

6.2.1 种质资源与引种栽培221

6.2.2 亚麻酸产品开发225

6.3 亚麻 *Linum usitatissimum* L.....226

6.3.1 种质资源与引种栽培226

6.3.2 亚麻酸产品开发228

6.4 紫苏 *Perilla frutescens* (Linn.) Britt.....228

6.4.1 种质资源与引种栽培228

6.4.2 亚麻酸产品开发230

6.5 牡丹 *Paeonia suffruticosa* Andr.....231

6.5.1 种质资源与引种栽培231

6.5.2 亚麻酸产品开发232

6.6 花椒 *Zanthoxylum bungeanum* Maxim.....232

6.6.1 种质资源与引种栽培233

6.6.2 亚麻酸产品开发234

6.7 月见草 *Oenothera biennis* L.....234

6.7.1 种质资源与品种介绍235

6.7.2 亚麻酸产品开发236

参考文献238

附录 1 中国亚麻酸资源植物名录247

附录 2 植物中文名称索引283

第 1 章 植物与亚麻酸资源

植物 (plant) 是一类细胞具有细胞壁、有光合色素和行自养生活的一大类生物统称。相对于动物而言，多数植物固定生活，只有少数低等植物可以运动。多数植物细胞具有相当坚韧的细胞壁以及较大比例的中央大液泡。多数植物具有丰富、持久而活跃的胚性组织。大多数植物具有叶绿素，能进行光合作用 (photosynthesis)，因而称为绿色植物 (green plant)，与之相对的为非绿色植物。植物不仅是自然界演化的重要动力，对于人类的生存与社会发展至关重要。

1.1 植物在自然界的意义

植物是自然界最重要的生物类群之一，它与传统意义上的动物、微生物共同构成了复杂的生命世界，再与无机环境组成了整个生物圈 (Biosphere)。地球上的植物五彩缤纷、丰富多样，是自然界演化的动力，也是决定人类生存与发展的物质基础。

植物在生态系统中属于生产者，绿色植物具有能够直接利用太阳光能的能力，借助光合作用，将得自于环境中的 C、N、CO₂ 和 H₂O 及其他无机盐类 (无机物) 转化为有机物质，供自身生长、繁殖发展需要，并为人和动物所利用。动物和微生物靠直接或间接以植物为食来维持它们生存的需要和发展。植物和动物等机体在死亡后又依靠微生物的分解作用，不断地把复杂的有机物质分解转化为简单的化合物，最终还原为无机物质，又回流到环境中去，并再次成为植物的营养物质得以吸收和利用。自然界中这种周而复始的运转构成了生态系统中物质的流动循环。由此可见，在生态系统中，动物 (包括某些微生物) 是主要消费者 (或第二性、第三性生产者)，而微生物 (主要是腐生细菌和真菌，某些原生动物及腐食动物) 所扮演的是还原者 (或分解者) 的角色，只有植物才是真正的生产者。绿色植物的出现，不仅推动了地球的发展，也推动了生物世界自身的发展。

绿色植物通过光合作用，将光能以 1.2 亿 kW·h/a 的速度转变成化学能并贮藏于光合作用所合成的有机产物之中。化石能源如煤炭、石油和天然气也多数为不同地质年代地球古植物光合产物经地质矿化而形成。地球表面的植物每年大约合成 26050 亿吨有机物，其中海洋植物的合成量占 90%，陆地植物的合成量占 10%。各种生物的呼吸、残体腐烂均放出 CO₂，燃烧亦放出 CO₂，绿色植物进行光合作用时，需要吸收大量的 CO₂ 作为合成有机物的原料。长期以来，空气中的 CO₂ 大致维持在 0.03% 相对稳定的水平，显然与植物的合成和分解作用的相对平衡密切相关。

绿色植物在光合作用过程中还释放出氧气，不断补充由于动、植物呼吸和物质燃烧及分解时对氧气的消耗，维持了自然界中氧的相对平衡，保证了生命活动的正常进行。

在氮循环中，植物也充当着重要的角色，固氮细菌和蓝藻能将游离于空气中的分子态氮固定，转化成为植物能够吸收利用的含氮化合物；绿色植物吸入这些含氮化合物，进而合成蛋白质。生物有机体经腐败分解作用而放出氨（NH₃），其中一部分氨成为铵盐为植物再吸收；另一部分氨经过土壤中硝化细菌的硝化作用（nitrification），形成硝酸盐，而成为植物的主要可用氮源。环境中的硝酸盐也可由反硝化细菌的反硝化作用（denitrification，也称脱氮作用），再放出游离氮或氧化氮返回大气，接着，又可被固定而利用（图 1-1）。

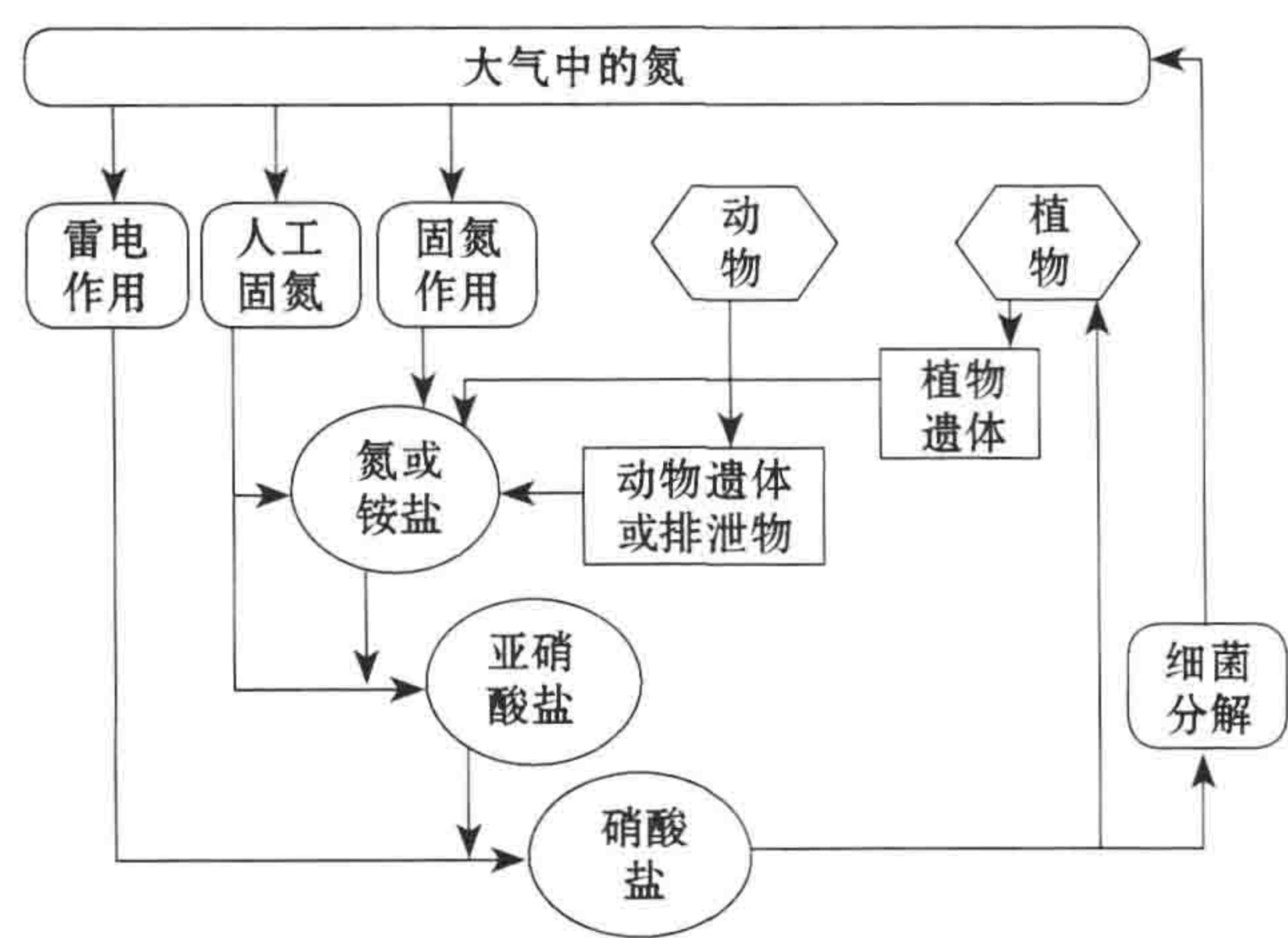


图 1-1 自然界氮循环示意图

自然界中还有氢、磷、钾、镁、钙以及一些微量元素等，也多从土壤中被吸收到植物体内，经过一系列代谢，又重返土壤。总之，在物质循环中，植物作为生产者，动物、微生物等生物群体共同参与，使物质的合成和分解、吸收和释放协调进行，维持生态系统的平衡和正常发展。

1.2 植物的多样性

1.2.1 植物的基本类群

植物界约有植物 50 万种。植物从低等到高等，从简单到复杂，从水生到陆生的演变与进化。为便于理解和掌握，传统上把整个植物划分为低等植物（lower plant）和高等植物（higher plant）两大类群，其中低等植物包括藻类、菌类和地衣三类，在发育过程中不形成胚；高等植物包括苔藓、蕨类、裸子植物和被子植物四类，受精后的合子在母体内发育成胚，故又称有胚植物（embryophyte）。

（1）藻类植物（Algae）：是比较原始的低等植物，其植物体结构简单，为单细胞体、群体、丝状体或片状体。藻类植物大约有 3 万种，大多数生活在海水或淡水中，少数生于潮湿处。细胞内含有与高等植物同样的色素及其他色素，可进行光合作用，营自养生活。包括：蓝藻（其细胞

无细胞核和叶绿体，为原核生物，植物体呈蓝绿色，如颤藻、鱼腥藻、发菜）、绿藻（细胞有细胞核和叶绿体，为真核生物，植物体呈绿色，如衣藻、水绵）以及黄藻、红藻、褐藻。

(2) 菌类植物(Fungi): 原始的低等植物,分布广泛。植物体为单细胞体、多细胞群体或丝状体。细胞一般不含光合色素,不能进行光合作用,营异养生活(寄生、腐生或二者兼营)。通常包括细菌(单细胞,细胞内无细胞核,为原核生物)、真菌(多为菌丝体,少数为单细胞,有些种类其生殖部分可形成子实体,如匍枝根霉 *Rhizopus stolonifer*、青霉 *Penicillium*、酵母菌 *Yeast*、蘑菇、木耳等)。真菌有 7 万余种(也有人估计有 25 万多种),是经济植物的大敌和动物的病源,有些可供食用和药用。

(3) 地衣植物(Lichen): 是一类特殊的植物,植物体为藻类和真菌的共生体。地衣约有 1700 种,依植物体形态可分为壳状地衣、叶状地衣、枝状地衣 3 种类型。

(4) 苔藓植物(Bryophyta): 是高等植物中最原始类群,大多数生活在潮湿的环境中,是水生到陆生的过渡类型。苔藓植物共有 3 万余种,其植物体矮小,为叶状体或茎叶体,有假根,无真根,无维管束构造。在生活史中,配子体(单倍体世代)占优势,孢子体(二倍体世代)不发达,不能独立生活,寄养于配子体上。雌性生殖器官称颈卵器(archegonium),雄性生殖器官称精子器(antheridium),精子有鞭毛。合子萌发后形成胚,胚在颈卵器内发育成具有孢蒴、蒴柄、基足三部分的孢子体。常见有地钱、葫芦藓等。

(5) 蕨类植物(Fern): 是植物界中最早登上陆地的植物,大约 1 万种,其生活史具有明显的世代交替,孢子体和配子体均能独立生活。孢子体发达,植物体有根茎叶的分化,有维管束构造;配子体为小型的叶状体(称为原叶体)。常见有蕨 *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*、蜈蚣草 *Eremochloa ciliaris*、芒箕 *Gleichenia linearis*、满江红 *Azolla imbricata* 等。

(6) 裸子植物(Gymnosperm): 无子房构造,胚珠裸露,不形成果实。生活史中孢子体发达,占绝对优势,配子体简化,不能脱离孢子体而独立生活。均为多年生木本植物,具有形成层(cambium)和次生生长(secondary growth)。花粉管形成,使受精作用摆脱了水条件的限制,更适应于陆地生活。除了买麻藤类以外,大多数裸子植物都保留有颈卵器的构造,这是较为原始的特征。常见的裸子植物有马尾松、杉木、柏木、苏铁等。

(7) 被子植物(Angiosperm): 是植物界中最高级的类群,与裸子植物比较,主要有以下进化特征:具有真正的花(因此又称有花植物),胚珠包被在子房中,子房形成果实,种子外有果皮包被,更有利于后代的保护和传播。双受精作用是被子植物特有的现象。已知被子植物有 20 多万种,是整个植物界的主体,与人们的衣食住行密切相关。

1.2.2 植物的生活习性

植物是自然界长期演化的结果。根据植物的生活状态,习惯上将植物分为以下几类:

乔木(arbor): 指高大的木本植物,由根部发生独立的主干,树干和树冠有明显区分,如常见的松、杉、桉树等都是乔木。又可依其高度而分为伟乔木(31m 以上)、大乔木(21—

30m)、中乔木(11—20m)、小乔木(6—10m)等级。

灌木(shrub)：指那些没有明显的主干、呈丛生状态比较矮小的木本植物，一般为阔叶植物，也有一些针叶植物是灌木(如刺柏)。越冬时地面部分枯死，但根部仍然存活，第二年继续萌生新枝，则称为“半灌木”。常见灌木有玫瑰、杜鹃、牡丹、小檗、黄杨、迎春、月季等。

草本(herb)：指木质部不甚发达的草质或肉质植物，其地上部分大多于当年枯萎，但也有地下茎发达而为二年生或多年生的和常绿叶的种类。通常所见的各种杂草都属草本。

藤本(liana)：指茎部细长，植物体细长，不能直立，只能依附别的植物或支持物(如树、墙等)，缠绕或攀缘向上生长的植物，如牵牛、常春藤、葡萄等。

寄生植物(parasitic plant)：在高等植物中的一些植物，它们的根不伸入土壤中吸收养料，同时叶片退化或者发育不全，或较少，因此自己不能独立制造有机物。这类植物必须寄生或半寄生在其他植物体(寄主)上，用构造特殊的根伸入寄主体内的薄壁组织和维管束中，吸取生活所需要的一切养料，这种营寄生生活方式的植物，称为寄生植物。例如菟丝子、槲寄生、列当科植物等。

附生植物(epiphyte)：指植物体与土壤接触，其根群附着在其他植物的枝干上生长，利用雨露、空气中的水汽及有限的腐殖质(腐烂的枯枝残叶或动物排泄物等)为生，如蕨类、兰科的许多种类，都属附生植物。

腐生植物(saprophyte)：指不能进行光合作用合成有机物，而靠从其他生物体，如尸体、动物组织或是枯萎的植物身上获得养分的植物，真菌为典型的腐生植物，种子植物如水晶兰、天麻等。

1.3 植物与环境

1.3.1 环境与生态因子

植物从种子(孢子)脱离母株落到地面时起，便在固定的地点开始了它的生命过程。它从周围环境获取生活资源，进行伴以能量流动的物质交换，既受环境影响又影响环境。这里所说的环境(environment)是指植物周围一切事物及现象的总和，也包括毗邻生长的其他植物个体。

环境的各种组成要素称为环境因子，其中一些可对植物产生一定影响的特称为生态因子(ecological factor)。也有些学者强调生态因子仅指那些对植物产生直接影响作用的环境因子，依此则把地形条件等排除在生态因子之外。

为了强调生态意义，常常把环境中全部生态因子综合组成的那一部分，称为生态环境(ecological environment)。此外，为了区别一般的、广泛的环境与植物体周围具体而直接的环境，把后者称为植物的生境(habitat)。如河谷环境分为河床、河漫滩、牛轭湖等不同生境。有时特别划出小环境(microenvironment)，以示直接影响植物的那些局部状况，如森林的树冠内部和表层的小环境在数厘米距离内就有很大差别，也不同于外面大环境。

按照传统分类，可以把生态因子(广义)分成两类六个基本类型：