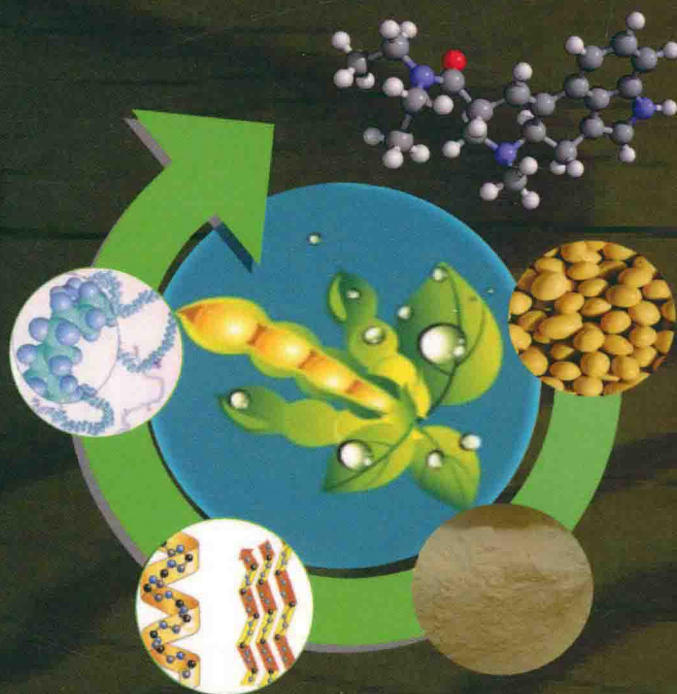


生物质材料丛书

大豆蛋白基高分子材料

高振华 等 编著



科学出版社

生物质材料丛书

大豆蛋白基高分子材料

高振华 等 编著

科学出版社
北 京

内 容 简 介

本书共 8 章,以大豆蛋白为对象,从材料科学的角度出发,阐述大豆蛋白的组成结构特性和大豆蛋白的改性技术,重点介绍大豆蛋白在各种不同材料领域中的应用,包括大豆蛋白基胶黏剂、大豆蛋白基塑料、大豆蛋白基复合材料、大豆蛋白基纤维材料、大豆蛋白基膜材料、大豆蛋白基发泡材料以及大豆蛋白基生物医用材料等的制备原理、制备技术、结构性能及应用。

本书对于从事大豆蛋白基高分子材料、生物质基材料研究和产品研发的专业技术人员和科技工作者具有很好的参考价值,同时适合高分子材料科学与工程、材料科学与工程等相关专业的高校教师、研究生和本科生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

大豆蛋白基高分子材料 / 高振华等编著. —北京: 科学出版社, 2016.11

(生物质材料丛书)

ISBN 978-7-03-050562-0

I. ①大… II. ①高… III. ①大豆-融合基因-高分子材料

IV. ①TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 269134 号

责任编辑: 周巧龙 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 耕者设计工作室

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>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 11 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2016 年 11 月第一次印刷 印张: 17 3/4

字数: 355 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

“生物质材料丛书”

编写委员会

主 编 王清文

编 委 (以姓氏汉语拼音为序)

邸明伟 高振华 王清文

王伟宏 谢延军 于海鹏

“生物质材料丛书”序

生物质 (biomass) 是由植物、动物和微生物的生命活动所产生的天然有机物质, 其总量之大可能超出人们的想象——据生物学家估算, 目前全球每年产生约 1500 亿吨生物质, 地球表面曾经存在过的生物体的总量大约是地球质量的数十倍! 植物以二氧化碳和水为原料通过光合作用所产生的生物质, 一般由纤维素、半纤维素和木质素三种主要高分子以及淀粉、果胶、蛋白质、抽提物等其他多种成分构成, 通常以各种形态的木材、竹材、藤材、秸秆、果壳等形式存在。生物质的巨大储量和自然再生、零碳排放属性, 决定了生物质资源是社会可持续发展和生态文明建设的重要物质基础。

生物质资源利用的主要途径, 一是通过热化学和生物技术等手段制备生物质能源和化学品, 包括固体、液体和气体状态的各种燃料与平台化合物, 是可永续利用的再生能源和基本化工原料; 二是通过物理化学改性、生物技术转化以及异质复合等方法制备生物质材料 (biomass materials), 作为典型的生态环境材料广泛服务于人们的住与行, 尤其在园林景观、绿色家居、集成建筑、物流交通等应用领域前景广阔。

生物质材料拓展了传统木材加工产业的原料来源和产品应用领域, 木材竹材加工剩余物、低质木材、废旧木材、森林抚育采伐剩余物、农作物秸秆、果壳乃至城市固体有机垃圾等各种生物质纤维都是生物质材料的优质原料, 以改性功能化人工林速生材、生物质-聚合物复合材料 (俗称木塑复合材料)、生物质-无机质复合材料为代表的生物质新材料, 作为天然林优质珍贵木材的替代品和木质人造板、防腐木、家具与装饰材料、轻质保温建材以及交通工具用材等大宗材料的升级换代产品, 为传统产业升级和战略性新兴产业的形成开辟了新的途径, 从而推动生物质资源的高效率、高附加值利用。

十余年来, 在国家自然科学基金、“863”计划、国家科技支撑计划和国际科技合作专项等科研项目的资助下, 生物质材料科学与技术教育部重点实验室 (东北林业大学) 组织专家学者和研究生, 与企业密切配合, 针对生物质材料的结构设计、成型加工、性能评价和典型应用, 进行了较为系统的基础理论研究、共性关键技术创新和重点产品开发, 提出将现有两个孤立的生物质产业链 (生物质能源、生物质材料) 串联, 即以废旧生物质材料作为生物质能源的原料, 建立“生物质-生物质材料-生物质能源”产业链, 通过生物

质产业链条的叠加实现生物质资源利用效益的最大化，同时解决两个产业相互争夺原料的问题。

“生物质材料丛书”以团队的系列研究成果为主线，同时吸收相关研究的国内外优秀成果，力求通过对大量翔实数据、研究论文、专利文献、工程化研究和产业化经验的深入分析，经系统总结和理论概括形成规律性认识，编辑成书以飨读者。内容涉及生物质材料的改性功能化、塑性加工、界面科学与流变学、阻燃理论与技术，木塑复合材料及其表面处理与胶接，基于蛋白质、木质素、纤维素的生物基新材料，生物质材料应用工程，以及废旧生物质材料的能源化学品转化等，可供从事生物质材料研究、教学、生产和应用的人士以及相关专业学生阅读参考。

感谢科学出版社对本丛书出版工作的大力支持，作者们尤其要感谢周巧龙高级编辑的鼓励、帮助和在整个出版过程中付出的艰辛！

谬误和不足之处，敬请读者批评指正！

王清文

2016年3月于广州

前 言

合成高分子材料以其卓越的性能和适宜的价格,成为人们生产、生活不可或缺的一类材料,其消耗量居材料领域之首。但是,合成高分子材料的制备与生产高度依赖于储量有限、不可再生的石油资源,而且合成高分子大多难以降解,从而易于产生大量废弃物,带来严重的环境污染问题,并随着经济快速发展而日益严重。为了人类的可持续发展,能源问题和环境问题迫使人们不断地寻求和探究新型、环保、可再生且可降解的替代材料。蛋白质、淀粉、纤维素、木质素、甲壳素等生物质资源,具有储量丰富、可再生、可生物降解、环境友好等特性而受到人们的广泛关注。其中,蛋白质作为生命的物质基础和第一类营养素在天然高分子材料中占据重要地位。

大豆蛋白作为最丰富的植物蛋白,具有广泛的工业应用价值,不仅可用于生产豆浆、豆奶、豆腐、豆皮、蛋白质粉等食品和营养保健品,还可用于生产胶黏剂、塑料、纤维、复合材料等生物质基材料,并广泛应用于木材加工、农业、建筑、纺织、日用品甚至医学组织工程等领域之中,在推动经济社会发展和生态文明建设中具有十分重要而深远的意义。

本书从材料学角度出发,结合高分子科学理论和技术,阐述大豆蛋白的组成结构特性,详细总结大豆蛋白的各种改性方法和手段,系统地介绍了大豆蛋白基胶黏剂、大豆蛋白基塑料、大豆蛋白基复合材料、大豆蛋白基纤维材料及其他大豆蛋白基材料的制备原理和技术、材料结构与性能及其在材料领域中的各种应用。期望本书能为大豆蛋白领域及其相关领域的科研工作者提供参考与借鉴,共同推动大豆蛋白基高分子材料的发展,促进生物质材料的综合开发和高效利用。

本书共分8章,其中第1章、第8章由霍鹏飞编著,第2章、第5章由刘旸编著,第3章、第4章由高振华编著,第6章、第7章由张跃宏编著。本书由林业公益性行业科研专项(项目编号201504502)资助,同时在编写过程中,承蒙东北林业大学生物质材料科学与技术教育部重点实验室的大力支持,并在王清文教授的指导和关心下完成,在此一并致以深深的谢意。

鉴于本书内容广泛,加之作者水平有限,书中难免存在不足和疏漏,恳请广大读者不吝指正,以便我们进一步修订和完善。

编著者

2016年8月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 大豆的概述	1
1.1.1 大豆的种植生产简史	1
1.1.2 大豆的化学成分	4
1.1.3 大豆的加工利用	12
1.2 大豆蛋白的提取	14
1.3 大豆蛋白的分类	26
1.3.1 豆饼与豆粕	26
1.3.2 脱脂豆粉	27
1.3.3 大豆浓缩蛋白	28
1.3.4 大豆分离蛋白	29
1.3.5 大豆组织蛋白	30
1.4 大豆蛋白的应用	31
1.4.1 在食品工业中的应用	31
1.4.2 在营养保健中的应用	32
1.4.3 在材料工业中的应用	33
参考文献	34
第2章 大豆蛋白的化学组成、结构和主要特性	38
2.1 大豆蛋白的基本化学组成	38
2.2 大豆蛋白的主要级分及分子量	39
2.3 大豆蛋白的分子结构	49
2.3.1 一级结构	49
2.3.2 二级结构	51
2.3.3 超二级结构和结构域	53
2.3.4 三级结构	54
2.3.5 四级结构	54
2.4 大豆蛋白的物化特性	55
2.4.1 溶解特性	56
2.4.2 变性	58
2.4.3 水合特性	59

2.4.4 成膜性	59
2.4.5 乳化性	59
2.4.6 凝胶性	60
2.4.7 发泡性	61
2.4.8 化学反应活性	61
参考文献	62
第3章 大豆蛋白的改性	65
3.1 大豆蛋白的物理改性	65
3.1.1 机械辅助变性	65
3.1.2 化学试剂辅助变性	66
3.1.3 增塑改性	68
3.1.4 物理共混改性	69
3.2 大豆蛋白的化学改性	69
3.2.1 交联改性	70
3.2.2 酰化改性	72
3.2.3 接枝改性	74
3.2.4 其他化学改性	78
3.3 大豆蛋白的酶解改性	78
参考文献	81
第4章 大豆蛋白基胶黏剂	85
4.1 大豆蛋白基胶黏剂制备的基础改性	86
4.1.1 物理改性	87
4.1.2 化学变性处理	89
4.1.3 降解处理	91
4.1.4 化学改性	97
4.2 主要的大豆蛋白基胶黏剂	99
4.2.1 大豆蛋白基胶黏剂的分类	99
4.2.2 传统大豆蛋白基胶黏剂	102
4.2.3 醛系合成树脂共混改性大豆蛋白基胶黏剂	102
4.2.4 聚酰胺-环氧氯丙烷改性大豆蛋白基胶黏剂	104
4.2.5 多异氰酸酯改性大豆蛋白基胶黏剂	108
4.2.6 醛类交联改性大豆蛋白基胶黏剂	111
4.2.7 复合酰化改性大豆蛋白基胶黏剂	112
4.2.8 接枝共聚改性大豆蛋白基胶黏剂	115

4.2.9 无机纳米粒子改性大豆蛋白基胶黏剂	117
4.2.10 环氧树脂改性大豆蛋白基胶黏剂	119
4.2.11 仿生改性大豆蛋白基胶黏剂	120
4.2.12 其他改性大豆蛋白基胶黏剂	121
4.3 大豆蛋白基胶黏剂的胶接及其影响因素	121
4.3.1 大豆蛋白基胶黏剂的胶接机理	122
4.3.2 胶接接头的结构与破坏	125
4.3.3 影响大豆蛋白基胶黏剂胶接性能的主要因素	127
4.4 大豆蛋白基胶黏剂的防腐	130
4.5 大豆蛋白基胶黏剂的应用及发展前景	130
参考文献	132
第5章 大豆蛋白基塑料	135
5.1 大豆蛋白基塑料的加工工艺	137
5.1.1 模压成型	137
5.1.2 挤出成型	138
5.2 增塑改性大豆蛋白基塑料	139
5.2.1 增塑改性大豆蛋白基塑料的原因	139
5.2.2 小分子增塑的大豆蛋白基塑料	140
5.2.3 合成大分子增塑的大豆蛋白基塑料	143
5.3 大豆蛋白基塑料耐水性改善方法	145
5.3.1 物理改性大豆蛋白基塑料	145
5.3.2 酸改性大豆蛋白基塑料	146
5.3.3 交联改性大豆蛋白基塑料	146
5.3.4 功能性单体接枝改性大豆蛋白基塑料	148
5.3.5 填充改性大豆蛋白基塑料	148
5.4 纳米粒子改性大豆蛋白基塑料	149
5.4.1 纳米硅酸盐改性大豆蛋白基塑料	150
5.4.2 纳米金属氧化物改性大豆蛋白基塑料	152
5.4.3 碳纳米管改性大豆蛋白基塑料	153
5.4.4 纳米二氧化硅改性大豆蛋白基塑料	154
5.4.5 纳米碳酸钙改性大豆蛋白基塑料	155
5.5 大豆蛋白基塑料的应用及发展前景	155
参考文献	156
第6章 大豆蛋白基复合材料	159

6.1 植物纤维增强大豆蛋白基复合材料	159
6.1.1 大豆蛋白/非木质基纤维复合材料	160
6.1.2 大豆蛋白/木纤维复合材料	169
6.1.3 影响植物纤维增强大豆蛋白基复合材料性能的因素	172
6.2 植物纤维增强大豆蛋白基复合材料的界面概述	176
6.2.1 大豆蛋白基复合材料界面作用机理	176
6.2.2 影响大豆蛋白基复合材料界面结合强度的因素	177
6.2.3 提高界面相容性途径	178
6.3 其他纤维增强大豆蛋白基复合材料	182
6.3.1 纤维素纳米纤维增强大豆蛋白基复合材料	182
6.3.2 甲壳素纳米晶须增强大豆蛋白基复合材料	183
6.4 天然高分子共混改性大豆蛋白基复合材料	184
6.4.1 大豆蛋白/淀粉复合材料	184
6.4.2 大豆蛋白/天然橡胶复合材料	185
6.4.3 大豆蛋白/木质素复合材料	185
6.4.4 大豆蛋白/纤维素复合材料	186
6.4.5 大豆蛋白/甲壳素复合材料	187
6.4.6 大豆蛋白/琼脂复合材料	188
6.5 合成高分子共混改性大豆蛋白基复合材料	189
6.5.1 大豆蛋白/聚乙烯醇复合材料	189
6.5.2 大豆蛋白/聚乳酸复合材料	190
6.5.3 大豆蛋白/聚己内酯复合材料	192
6.5.4 大豆蛋白/聚氨酯复合材料	193
6.5.5 大豆蛋白/聚羟基酯醚复合材料	197
6.6 大豆蛋白基复合材料的降解性研究	197
6.6.1 大豆蛋白基复合材料的降解机理	197
6.6.2 影响大豆蛋白基复合材料降解的因素	199
6.6.3 大豆蛋白基复合材料的降解性实验方法	201
6.6.4 大豆蛋白基复合材料降解性的常见评价指标	202
6.7 大豆蛋白基高分子材料存在的问题及发展前景	209
参考文献	210
第7章 大豆蛋白基纤维材料	214
7.1 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维	214
7.1.1 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维及其纺丝工艺	215

7.1.2 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维的组成	216
7.1.3 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维的结构特性	216
7.1.4 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维的性能	218
7.1.5 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维漂白	219
7.1.6 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维的应用特性	219
7.2 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维与其他纺织纤维的比较	220
7.2.1 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维与其他纤维的结构比较	220
7.2.2 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维与其他纤维的湿膨胀性能比较	221
7.2.3 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维与其他纤维的聚集态结构比较	221
7.2.4 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维与其他纤维的燃烧特性比较	221
7.2.5 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维与其他纤维的力学性能比较	222
7.2.6 大豆蛋白改性聚乙烯醇纤维与其他纤维的化学性能比较	223
7.3 大豆蛋白改性天然高分子纤维	224
7.3.1 大豆蛋白改性酪素纤维	225
7.3.2 大豆蛋白改性海藻酸钠纤维	226
7.4 大豆蛋白改性合成高分子纤维	227
7.4.1 大豆蛋白改性尼龙纤维	227
7.4.2 大豆蛋白改性聚氧化乙烯纤维	230
7.4.3 大豆蛋白改性聚丙烯腈纤维	235
7.5 大豆蛋白基纤维材料存在的问题	237
参考文献	238
第 8 章 其他大豆蛋白基材料	240
8.1 大豆蛋白基膜材料	240
8.1.1 大豆蛋白基膜材料的成膜机理及制备工艺	241
8.1.2 大豆蛋白膜的特性及其影响因素	242
8.1.3 大豆蛋白基膜材料的应用	248
8.2 大豆蛋白基发泡材料	250
8.2.1 大豆蛋白发泡性的影响因素及改善方法	250
8.2.2 大豆蛋白基发泡材料的种类	252
8.3 大豆蛋白基生物医用材料	256
8.3.1 大豆蛋白基生物医用材料的发展简介	256
8.3.2 大豆蛋白基生物医用材料的应用	257
参考文献	264

第1章 绪 论

随着社会不断发展,经济增长率不断上升,随之而来的环境污染以及能源消耗日益严重。人类赖以生存的社会进步基础——化石燃料正逐步迈向枯竭的深渊。同时,基于石油等原料的合成高分子材料也因资源紧张、环境污染等原因受到了严重影响。所以,人们将目光投向了环境友好的可再生资源。其中,天然高分子,例如蛋白质、纤维素、淀粉、木质素和甲壳素等因来源丰富,具有可再生、可降解、环境友好等特点而受到广泛关注。天然高分子及其改性产品在塑料、纺织、造纸、食品化工、医药、建筑和生物化学等领域的开发和应用成为人类可持续发展的重要保证。

在众多的天然高分子材料中,蛋白质是自然界中最重要的天然高分子之一。蛋白质是生命的物质基础,是构成细胞的基本有机物,是与生命和各种形式的生命活动紧密联系在一起的物质。蛋白质占人体总重量的16%~20%,占人体干物质总量的45%,占肌肉总量的70%,与人类的一切生命活动(如新陈代谢、体液平衡、抗病免疫、遗传信息传递等)息息相关。因此,蛋白质又被称为人类的第一营养素或者生命素。自然界中与我们生活密切相关的一些蛋白质主要来源于动物体和植物体中,例如,动物体中的胶原蛋白、牛奶蛋白、鸡蛋蛋白、鱼蛋白、丝素蛋白、角蛋白等;来源于植物体中的蛋白质包括:大豆蛋白、玉米醇溶蛋白、小麦蛋白等。在众多的蛋白质中,大豆蛋白是最为丰富的植物蛋白,指大豆中所含蛋白质,其含量约为38%以上,是谷类食物的4~5倍。随着食品加工技术的进步,大豆蛋白逐渐出现在保健食品、方便食品、休闲食品中,走进人们的生活^[1]。但是,随着科技进步以及人们生活质量的提高,对于大豆蛋白的需求不断增加,大豆蛋白的功能和应用也逐渐被研究和开发出来,已经不仅仅局限于食品和营养保健等行业中的应用,还逐渐向胶黏剂、塑料、纤维材料、膜材料和复合材料等领域发展,广泛应用于木材加工、农业、建筑、纺织、日用品甚至医学等领域之中^[2-4]。因此,大豆蛋白作为一种来源丰富、环境友好的天然高分子材料能够在生产生活中的不同领域得以广泛应用,而且,在将来的新兴行业中同样展现出广阔的应用前景,促进社会不断地发展和进步。

1.1 大豆的概述

1.1.1 大豆的种植生产简史

大豆,学名为 *Glycine max* (L.) Merrill, 英文名称为 soybean 或 soya, 又称

黄豆,属豆科蝶形花亚科菜豆族大豆属一年生草本植物,是世界上最重要的豆类。大豆起源于中国^[5],是我国古老而重要的栽培植物。我国许多古书中曾称为“菽”。早在《史记·五帝本纪》中就有记载:“炎帝欲侵陵诸侯,诸侯咸归轩辕。轩辕乃修德振兵,治五气,鞠五种,抚万民,庆四方。”郑玄曰:“五种,黍稷菽麦稻也。”在《诗经》等诗篇和书文中记有“中原有菽,庶民采之。”公元前5世纪,《墨子》文章中载有:“耕家树艺,聚菽粟。是以菽粟多,而民足乎食。”从这个时期的书文中常见菽粟连称,也说明当时菽粟种植的面积在增加,菽粟也成为百姓的主要粮食。在公元前5~公元前3世纪间,已有对大豆的分布、形状、种类等较细致的描述^[6]。如《周书》中《职方解篇》记有“菽属北方”;《管子》中记有“有种大菽、细菽,多白食”;《吕氏春秋》中记有“得实菽菽,长茎而短足,其荚二、七为簇,多枝数节。”秦汉以后,“大豆”一词代替了“菽”字并广泛应用了;西晋杜预对菽字注释:“菽,大豆也”。“大豆”一词最先见于《神农书》的《八谷生长篇》,其中载:“大豆生于槐。出于汨石云山谷中,九十日华,六十日熟,凡一百五十日成。”《汜胜之书》载:“谨计家口数种大豆,率人五亩,此田之本也”,强调多种大豆的重要性。当时,我国的大豆种植面积已占全部农作物的十分之四。自汉代以后,我国大豆的种植面积不断扩大,产量也不断增加。依此可见,我国的大豆植物栽培已有近5000年的历史了。

世界上其他地方的大豆植物都是直接或间接从中国传入或引进的。大约在公元前200年的秦朝时代,中国大豆自华北传至朝鲜,而后自朝鲜或中国华东地区传至日本。公元17世纪逐渐传入印度尼西亚,自此,韩国、菲律宾、越南、泰国、缅甸、尼泊尔等国家也开始种植大豆。1712年,德国植物学家将大豆由日本引入欧洲;1740年,由中国传入法国,并在巴黎试种;1790年传入英国,最初在皇家植物园种植,后来逐渐转入生产;在美国,1765年大豆首次被当作“中国的野豌豆”(Chinese vetches)介绍到北美殖民地,但是,美国较大规模的生产性种植是从1882年开始的,并于1920年开始大面积栽培;1855年时,法国再次从中国引种大豆,并经巴黎远方植物学会推荐,在欧洲推广;1874年,俄国也开始种植大豆;1875年大豆引入澳大利亚和匈牙利;1908年,巴西开始引进大豆,并很快进入生产性种植和推广;到目前为止,南美洲的大豆栽培也具有近百年的历史。20世纪30年代,大豆栽培已遍及世界各地^[6-8]。

直到第二次世界大战时期,我国都一直是世界上大豆生产量最高的国家,约占据世界大豆产量的90%。虽然直到20世纪40年代,大豆农业才在美国真正起飞,但是,美国却在接下来的50年中主导了世界的大豆生产^[9]。图1-1给出了1961~2011年之间世界各国的大豆产量分布。1961年时,作为大豆种植起源国家,我国的大豆产量所占份额已经降至23.3%,反观美国的大豆产量已经远高于世界其他国家,产量份额已经高达68.7%;但是到了20世纪70年代,大豆农业在巴西等拉丁美洲国家飞速发展起来,并于1974年大豆产量超过了中国。1998

年，阿根廷的大豆产量也超过了中国；到了 2011 年，中国大豆产量仅仅占世界总产量的 5.55%，而美国的份额是 31.88%，巴西所占比例上升至 28.67%，阿根廷的份额达到 18.73%，就连本来不怎么生产大豆的其他国家，份额也达到历史新高 15.16%，其中，印度的产量达到 1170 万吨，比 2004 年几乎翻了一番，产量已达到中国的 85%。我国 2012 年的大豆产量进一步降低，已经降至 1305 万吨。根据美国农业部于 2015 年 6 月发布的报告（*Oilseeds: World Markets and Trade*），2014 年全球大豆产量为 31860.3 万吨，其中，我国产量为 1235 万吨，大豆播种面积相比于 2013 年也减少了 9.13%。表 1-1 中给出了 2012~2014 年全球各国大豆产量。预计全球 2015 年大豆产量在 31892.3 万吨左右，中国产量将下降至 1150 万吨。反观我国大豆的表观消费量，2014 年达到了 8354.7 万吨（图 1-2）。为了满足如此大的需求，导致我国大豆进口总量逐年攀升，2014 年，我国大豆进口总量为 7140.4 万吨。

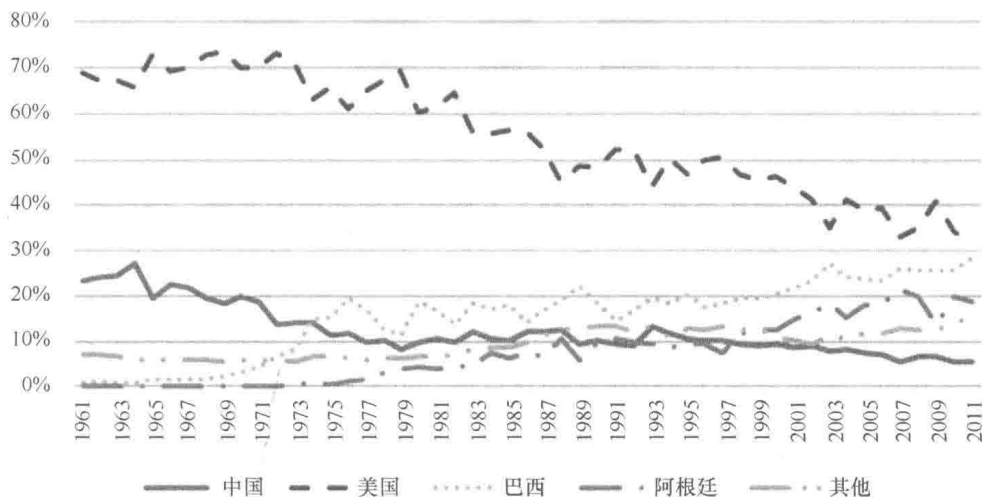


图 1-1 1961~2011 年世界各国大豆产量比例分布

表 1-1 2012~2014 年全球大豆产量 (单位：千吨)

国家或地区	2012 年	2013 年	2014 年
中国	13 050	12 200	12 350
美国	82 791	91 389	108 014
巴西	82 000	86 700	94 500
阿根廷	49 300	53 500	60 000
印度	12 200	9 500	9 800
巴拉圭	8 202	8 190	8 400

续表

国家或地区	2012 年	2013 年	2014 年
加拿大	5 086	5 359	6 050
其他	16 195	16 405	19 489
全球	268 824	283 243	318 603

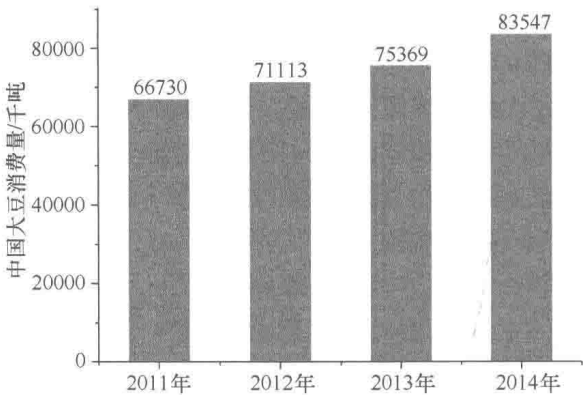


图 1-2 2011~2014 年中国的大豆消费量

大豆需求量的增长说明了大豆对于人类生产生活的重要性。如今大豆品种繁多，根据种皮颜色和粒形分为五类：黄大豆、青大豆、黑大豆、其他大豆（种皮为褐色、棕色、赤色等单一颜色的大豆）、饲料豆（一般籽粒较小，呈扁长椭圆形，两片子叶上有凹陷圆点，种皮略有光泽或无光泽），现在全国普遍种植，在东北、华北、陕西、四川及长江下游地区均有出产，以长江流域及西南栽培较多，以东北大豆质量最优。大豆还可以根据季节不同分为春大豆、夏大豆、秋大豆和冬大豆：春大豆主要分布于东北、华北和西北地区；夏大豆主要分布于黄淮、长江流域；秋大豆主要分布于浙江、江西、湖南、福建和广东；冬大豆主要分布于广东、广西以及云南的南部。

1.1.2 大豆的化学成分

通常所说的大豆指的是大豆种子，并不是指大豆植物（图 1-3）。由于它的营养价值很高，被称为“豆中之王”、“田中之肉”、“绿色的牛乳”等，是数百种天然食物中最受营养学家推崇的。其主要由蛋白质（称大豆蛋白）、脂肪、碳水化合物、膳食纤维、水分等物质组成。每 100g 大豆约含有大豆蛋白 36.3g，蛋白质含量较高，相当于小麦、稻米、玉米等谷类作物中蛋白质的 2~3 倍，甚至高于肉类、蛋类和奶类（瘦猪肉中含量为 16.7%，鸡蛋含量 14.7%，牛奶含量 3.3%）（表 1-2），脂肪含量 18.4%，碳水化合物含量 25.3%；此外，大豆中还含有钙（367mg），磷（571mg），铁（11.0mg）等无机元素。

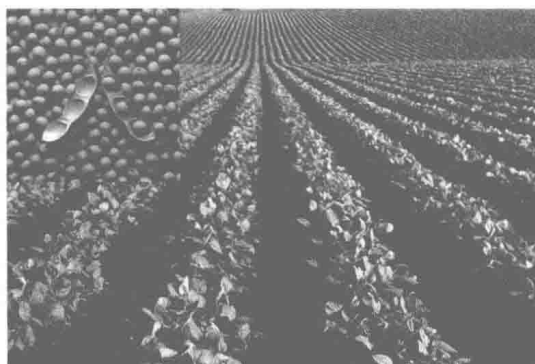


图 1-3 大豆植物与大豆种子

表 1-2 大豆与其他食物中成分含量对比 (100g 食物中成分含量)

食物种类	蛋白质/g	脂肪/g	碳水化合物/g	粗纤维/g	钙/mg	磷/mg	铁/mg
大豆	36.3	18.4	25.3	4.8	367	571	11.0
稻米(粳)	7.3	1.4	77.2	0.3	16	183	2.3
小麦粉	9.9	1.8	74.6	0.6	38	268	4.2
玉米(黄)	8.5	4.3	72.2	1.3	22	210	1.6
牛肉(瘦)	20.3	6.2	1.7	0	6.0	233	3.2
猪肉(瘦)	16.7	28.4	1.0	0	11.0	177	2.4
鸡蛋	14.7	11.6	1.6	0	55.0	210	2.7
牛奶	3.3	4.0	5.0	0	120	93	0.2

1. 大豆蛋白

大豆中的蛋白质含量高, 大约为 40%, 且消化吸收率高, 是一种很优质的植物蛋白, 是大豆中含量最高的成分。大豆蛋白含有八种人体必需的氨基酸, 其含量接近联合国粮农组织 (FAO) 和世界卫生组织 (WHO) 推荐的理想构成, 能够充分满足人类的营养需要。大豆蛋白具有多种功能特性, 如乳化性、保水性、保油性等, 被应用于肉类制品、饮料、冰淇淋及各种保健食品中。然而, 大豆目前多用作饲料, 很少一部分大豆蛋白用于传统的大豆食品、蛋白配料以及生产高附加值产品。因此, 大豆蛋白并没有被充分开发利用。

2. 大豆脂肪

大豆脂肪的主要成分是脂肪酸与甘油所形成的酯类。大豆脂肪中的不饱和脂肪酸含量高达 80% 以上, 饱和脂肪酸除脂肪酸甘油酯外其余含量较低, 大豆脂肪中含有 1.1%~3.2% 的磷脂及 0.5%~1.6% 的不皂化物, 如醇类、类胡萝卜素、植