

HARVESTPLUS-CHINA

# 生物强化在中国

## ——培育新品种 提供好营养

BREEDING CROPS FOR BETTER NUTRITION



中国生物强化  
HarvestPlus-China

张春义 王磊 主编

中国农业科学技术出版社

HARVESTPLUS-CHINA

# 生物强化在中国

## ——培育新品种 提供好营养

BREEDING CROPS FOR BETTER NUTRITION



中国生物强化  
HarvestPlus-China

张春义 王磊 主编

中国农业科学技术出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

生物强化在中国: 培育新品种 提供好营养/张春义, 王磊编著.  
—北京: 中国农业科学技术出版社, 2009. 9  
ISBN 978-7-80233-969-9

I. 生… II. ①张… ②王… III. 作物育种—研究 IV. S33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 127755 号

责任编辑 莫小曼  
责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社  
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081  
电 话 (010) 82106630 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)  
(010) 82109703 (读者服务部)  
传 真 (010) 82106636  
网 址 [http:// www. castp. cn](http://www.castp.cn)  
经 销 者 新华书店北京发行所  
印 刷 者 北京华正印刷有限公司  
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16  
印 张 7.125 彩插 4  
字 数 120 千字  
版 次 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 30.00 元

## 《生物强化在中国》编委会

主 编 张春义 王 磊

副主编 徐妙云

编 委 (按姓氏笔画排序)

- 王 磊 中国农业科学院生物技术研究所, 博士, 研究员  
编写内容包括第1章, 第2章, 第3章3.4节, 附录1和附录2
- 刘祖阳 四川省疾病预防控制中心卫生检测研究所, 副研究员  
编写内容包括第1章1.1节和附录3
- 刘士平 浙江大学生命科学学院, 硕士  
编写内容包括第2章2.2节和第4章4.2节
- 寿惠霞 浙江大学生命科学学院, 博士, 教授  
编写内容包括第2章2.2节, 第3章3.2节和第4章4.2节
- 张春义 中国农业科学院生物技术研究所, 博士, 研究员  
编写内容包括第1章, 第2章, 第3章3.4节, 附录1和附录2
- 林 黎 四川省疾病预防控制中心营养与食品卫生安全所, 硕士,  
医师  
编写内容包括第3章3.1节、3.3节, 第4章4.1节、4.3节和4.5节
- 郑录庆 浙江大学生命科学学院, 硕士  
编写内容包括第3章3.2节
- 徐妙云 中国农业科学院生物技术研究所, 博士, 助理研究员  
编写内容包括第1章, 第2章, 第3章3.4节, 附录1和附录2
- 曾 果 四川大学华西医学院, 博士, 教授  
编写内容包括第1章1.1节, 第3章3.1节、3.3节, 第4章4.1节、  
4.3节、4.5节和附录3

人体保持健康除了需要碳水化合物、脂类、蛋白质等大量营养素之外，还需要包括铁、锌、硒、碘等 16 种矿物元素以及维生素 A、维生素 E、叶酸、维生素 B<sub>2</sub> 等 13 种维生素在内的必需微量营养素。在全世界的发展中国家，有超过 20 亿人口由于缺乏这些微量营养素而导致身体健康严重受损，如果这些必需微量营养缺乏或长期摄入不足，人体就会出现各种健康问题，甚至导致疾病，这种现象被称为“隐性饥饿”。例如维生素 A 缺乏可导致失明等眼部疾患、儿童生长迟缓、贫血、免疫力下降、感染性疾病的发病率和死亡率上升等；如果孕妇在妊娠早期缺乏叶酸，容易导致胎儿神经管发育畸形，叶酸缺乏还易引起动脉粥样硬化，并可能诱发结肠癌等疾病。“隐性饥饿”普遍存在于发达国家和发展中国家，也同样存在于城市和农村。

我国是一个人口众多的农业大国，是世界上营养不良人数最多的国家之一，虽然改革开放以来，随着我国经济的快速发展，人们的营养水平有了显著地改善。特别是通过实施扶贫攻坚计划，我国政府在消除贫困方面已取得卓越的成就。但是，根据《中国营养与健康状况调查》报告，1995～2005 年十年间除缺碘问题得到有效解决外，其他微量营养缺乏（铁、锌、维生素 A、钙、叶酸等）现状仍相当严重，微量营养缺乏所造成的成年人生产力下降，给中国经济造成巨大的损失。良好的营养和健康状况既是社会经济发展的基础，也是发展的重要目标。如何解决几亿人群中的微量营养缺乏问题是我国面临的一个重大挑战。



1994年，国际生物强化项目开始着力于通过育种手段，培育富含3种人体必需营养素的粮食作物新品种，从而改善部分人群微量营养素摄入不足的状况。目前，很多国家和地区都在积极发展本国的生物强化计划。中国生物强化项目的目的是通过作物遗传育种和人体营养学研究，提高作物中的微量营养素含量和人体摄入量，减少我国人群尤其是贫困人群中广泛存在的微量营养缺乏。近期目标是提高水稻、玉米、小麦、甘薯等作物中铁、锌、维生素A含量。

生物强化是作物育种的一个新方向和新的闪光点，中国生物强化项目目标的实现不仅将使中国3亿营养不良人群（特别是农村人口）受益，也将为人民健康水平的提高、国民经济的持续发展、扶贫工作和“三农”问题的解决以及社会的和谐发展做出新的贡献。在此形势下，借鉴国际最新进展，总结国内研究成果，宣传中国生物强化项目，提高公众认知度，显得十分必要。然而目前国内还没有关于生物强化项目的专著。《生物强化在中国》一书全面介绍了中国生物强化工作开展的背景、现状、进展和研究意义，并结合作者的科研经验，较系统地介绍生物强化的研究技术和方法，其特点是：以需要强化的营养素为主题，人体和植物体为线索，并举例说明，循序展开；原理与技术相结合，具有较强的理论性和实用性；深入浅出，通俗易懂。

该书作者多年来从事作物育种、营养及生物技术等方面的教学、研究和研究生的培养工作，收集了大量的国内外文献资料，结合自己的科研工作体会编著了这本图书。我相信，该书的出版将有助于更多的人了解中国生物强化项目及其研究进展。

中国工程院院士  
中国农业科学院生物技术研究所研究员

2009年6月

# 前言

生物强化就是通过育种手段提高现有农作物中能被人体吸收利用的微量营养素的含量，减少和预防全球性的尤其是发展中国家（贫困人口）普遍存在的人体营养不良和微量营养缺乏问题。生物强化直接从作物育种上解决微量营养缺乏的问题，是从最根本的角度解决问题。国际生物强化（HarvestPlus）项目经过多年的研究，已选育出多个富含铁、锌、维生素 A 的作物新品种，并在世界许多国家开始种植，取得明显进展。目前很多国家和地区，尤其是发展中国家都在积极参与和发展本国的生物强化计划。

我国人口众多，其中 80% 以上属于农村人口，是世界上营养不良人数最多的国家之一，正承受着营养摄入不足和营养结构失衡两类营养不良带来的双重负担，迫切需要培育生物强化作物，从根本上解决这一问题。目前我国的生物强化项目研究工作已蓬勃展开，涉及作物资源学、土壤肥料学、遗传育种学、农业经济学、营养学、疾病预防和控制等多学科交叉研究，已经研究出富含类胡萝卜素或微量元素（铁、锌）的水稻、玉米、小麦、甘薯等作物新品种和新品系。中国生物强化项目取得的研究进展已经得到国内外专家的认可，同时，我们也希望该项计划的实施进一步获得国家政府有关部门的支持，使该项技术得以在贫困地区及广大农村进行推广，从而改善中国处于隐性饥饿的贫困人群的营养状况。

为更好地宣传中国生物强化，进一步提高政府和公众对其的



关注度与认知度，需要相关学术专著的出版。本书的编写旨在将生物强化作为重点扶贫计划，把中国的生物强化研究进展及其可能对贫困地区人群提供的帮助介绍给读者，从而推动此项目的进行。

本书为高新技术科普图书，通过介绍中国生物强化项目计划使读者概括了解生物强化的定义及其背景情况，书中以需要强化的营养素为主线介绍生物强化研究技术和方法，并以作物新品种实例加以补充说明。为方便读者更全面地了解中国生物强化项目计划，书后还增加了附录，如中国生物强化机构、中国生物强化项目大事记和国外相关食物与营养政策。

本书的目标读者主要是关注生物强化研究动态的研究人员和技术人员，国家和地方政府扶贫项目的决策者，农业技术推广人员，关注健康和营养的人群。

感谢国际生物强化（HarvestPlus）项目和“948”项目的资助。感谢中国生物强化项目主任范云六院士、国际生物强化项目主席 Howarth Bouis 博士、中国农业科学院作物科学研究所万建民研究员、美国康奈尔大学雷新根教授、顾问委员会主席陈春明研究员及顾问委员会其他成员 5 年来对中国生物强化项目的大力支持。中国农业科学院作物科学研究所徐建龙研究员、何中虎研究员、张世煌研究员、张勇博士、谢传晓博士、中国农业大学李建生教授、中国科学院遗传与发育生物学研究所凌宏清研究员、中国科学院农业政策研究中心黄季琨研究员、李路平博士、浙江大学吴平教授、杨肖娥教授和寿惠霞教授及项目组其他成员为本书提供了图片和大量翔实的数据。在本书的编著中，还参考了大量国内外同行们撰写的书籍、期刊和论文资料，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在不足和疏漏之处，诚请读者批评指正。

编者

2009 年 7 月

# 目 录

---

## 第一章 绪论

- 1.1 为什么要重视营养 \ 2
- 1.2 我国人群营养现状与存在的主要营养问题 \ 4
- 1.3 与营养不良战斗的犀利武器——生物强化 \ 9
- 1.4 国际生物强化 (HarvestPlus) 项目 \ 11

## 第二章 生物强化之中国行动

- 2.1 中国生物强化 (HarvestPlus-China) 项目的启动 \ 14
- 2.2 “中国生物强化项目”研究进展 \ 16
- 2.3 培育生物强化农作物的意义 \ 26
- 2.4 展望 \ 28

## 第三章 金色粮食作物

- 3.1 维生素 A 与人体健康 \ 30
- 3.2 植物——维生素 A 前体合成的工厂 \ 36
- 3.3 金色作物对人体维生素 A 营养的改善作用 \ 46
- 3.4 经济效益分析 \ 48

## 第四章 富铁锌粮食作物

- 4.1 铁与人体健康 \ 52
- 4.2 铁在植物中的吸收和转运 \ 55
- 4.3 锌与人体健康 \ 66
- 4.4 锌在植物中的吸收和转运 \ 68
- 4.5 富铁锌作物对人体铁锌缺乏的改善作用 \ 80

附录 1 “中国生物强化项目”机构 \ 82

附录 2 中国生物强化大事记 \ 86

附录 3 国外相关食物与营养政策 \ 92

参考文献 \ 95

# Contents

---

## **Chapter 1 Introduction**

- 1.1 Why is nutrition important? \ 2
- 1.2 Nutritional status and problems of Chinese population \ 4
- 1.3 HarvestPlus – a powerful weapon fighting against malnutrition \ 9
- 1.4 HarvestPlus program \ 11

## **Chapter 2 HarvestPlus-China**

- 2.1 Initiation of HarvestPlus-China program \ 14
- 2.2 Progress of HarvestPlus-China program \ 16
- 2.3 Importance of biofortified crops \ 26
- 2.4 Future perspectives \ 28

## **Chapter 3 Golden Food Crops**

- 3.1 Vitamin A and human health \ 30
- 3.2 Plants – the factory producing vitamin A precursors \ 36
- 3.3 Improvement of human vitamin A status by golden crops \ 46
- 3.4 Benefit-cost analysis of biofortified crops \ 48

## **Chapter 4 Food Crops with High Iron and Zinc**

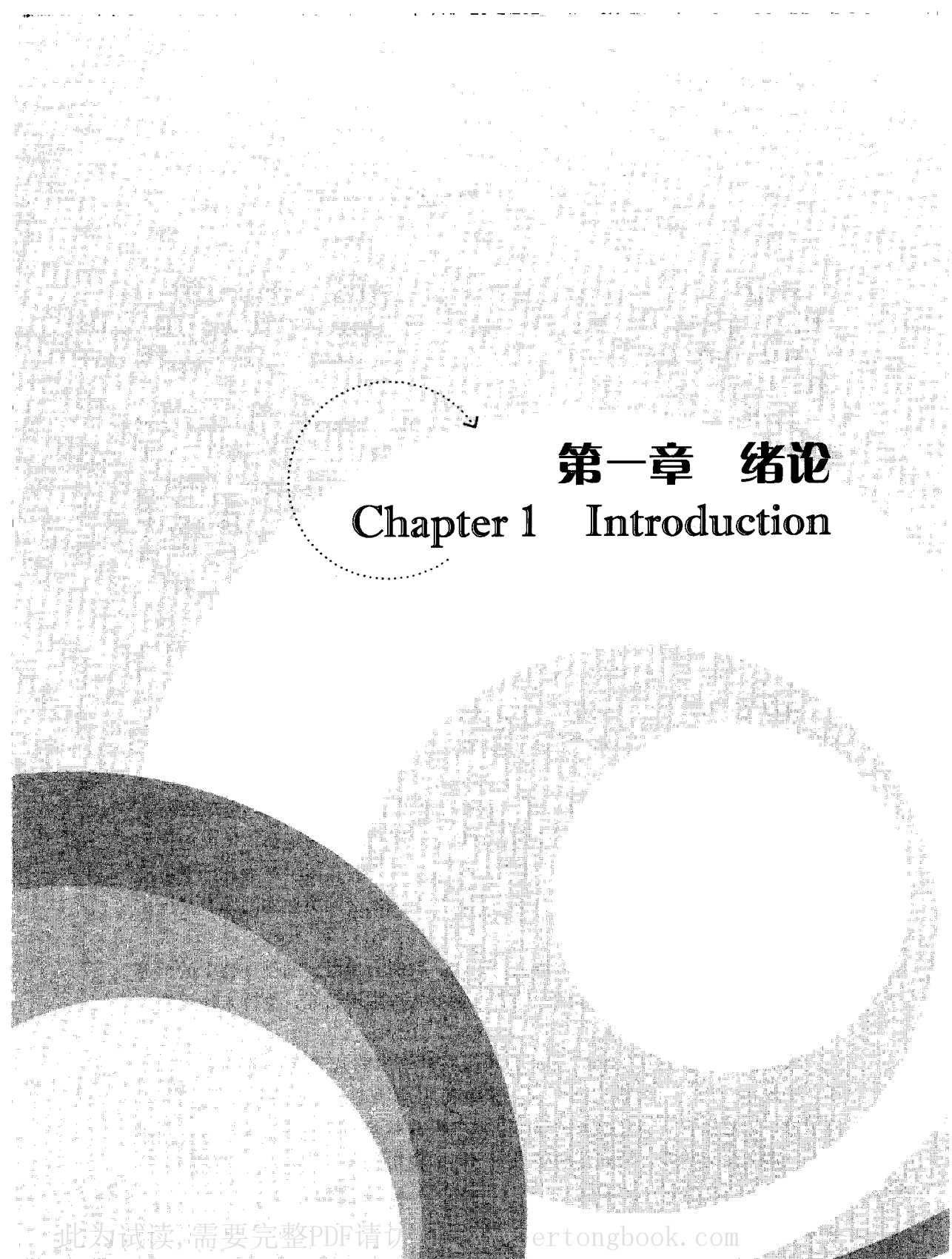
- 4.1 Iron and human health \ 52
- 4.2 Absorption and transport of iron in plants \ 55
- 4.3 Zinc and human health \ 66
- 4.4 Absorption and transport of zinc in plants \ 68
- 4.5 Improvement of human Fe/Zn status with high Fe/Zn crops \ 80

**Appendix 1 Organization of HarvestPlus-China program \ 82**

**Appendix 2 Major events of HarvestPlus-China program \ 86**

**Appendix 3 Food and nutrition policy in foreign countries \ 92**

**Reference \ 95**



# **第一章 绪论**

## **Chapter 1 Introduction**



## 1.1 为什么要重视营养

营养水平是一个国家发展的重要标志，与社会经济发展和稳定、食物的生产与供给、销售及消费等密切相关，对维持人体生理需要与功能具有重要作用，影响人体身体健康、工作能力与效率、就业及生存状态等方面，与人民生活休戚相关。

蛋白质-能量营养不良、营养性贫血、维生素 A 及碘缺乏症是当前全球面临的最为严重的营养问题。联合国儿童基金会的统计数字表明：全世界 5 岁以下儿童中大约 1.5 亿人为低体重儿童，2 000 多万儿童受到严重营养不良的困扰，大约 3.5 亿妇女患有营养性贫血，4 000 万儿童患维生素 A 缺乏症，超过 25 万的儿童由于维生素 A 缺乏而造成双目失明，碘缺乏症影响和威胁着 2 亿~3 亿人的健康，约 600 万人患因缺碘造成的克汀症。在发展中国家，几乎 1/3 的儿童发育不良，身高远远低于同龄正常儿童的标准，这是长期营养不足所致。发育不良与低出生体重一样，容易患病和死亡，并导致儿童期智能和入学率低，乃至成年期生产力和终生收入低下。如果在生命期的头五年出现发育不良情况，其对身体和智力发育的损害通常是不可逆转的。母亲因营养不良生出低出生体重婴儿，健康和机会受损的代价不仅会影响受害者的一生，而且会影响到下一代。

饥饿和营养不良给个人和家庭、社区及国家造成重大损失。全球每年有 500 多万儿童因营养不足、缺少基本维生素及矿物质而失去生命，发展中国家中的家庭成员因营养不良而丧失 2.2 亿多年的生产寿命，因生产力和消费下降而损失成百上千亿美元。因此，营养问题是各个国家必须关注的问题，是国家发展战略的核心之一。

营养是机体摄取食物，经过消化、吸收、代谢与排泄，利用食物中的营养素和其他对身体有益成分构建组织器官、调节各种生理功能，维持人体正常生长发育需要与身体健康。

人类从胚胎形成到生命终止都必须依靠食物中的营养素（如蛋白质、脂质、碳水化合物、无机盐与维生素）来维持生命活动，在胚胎与哺乳期靠母体供给，以后由自身通过摄取食物来获取各种营养素，以维持生长发育、新陈代谢、调节生理功能，增强抗病能力。不同的食物所含的营养素不尽相同，各

种营养素对人体具有不同的生理功能。营养的功用主要体现在以下几个方面。

### 1.1.1 维持人体组织构成

营养素是人的物质基础，人的生长发育、组织修复、维持机体功能都与营养有关，从胎儿时期起直至成年，营养对组织器官的正常发育尤为重要。孕妇的营养状况直接关系到胎儿的发育，胎儿发育不良会影响到成年期慢性病的发生。在成年期，细胞也是处于不断更替的过程中，需要正常的营养素供给。充足的营养素可使体内有所贮备，以应付各种特殊情况下的营养需求。

### 1.1.2 维持人体生理功能

首先要保证能量的供给，其中基础代谢消耗的能量是生命活动所必需的。各种器官的正常功能均有赖于营养素通过神经系统、酶、激素来调节，其中脑功能、心血管功能、肝肾功能、免疫功能尤为重要。营养代谢需要上述系统的调节，保持平衡状态，它们之间相互依赖、相互依存。现在发现食物中含有许多生物活性物质，具有调节多种生理功能的作用，如茶多酚能清除活性氧自由基，阻断脂质过氧化过程，提高人体内酶的活性，抑制和阻断人体内源性亚硝化反应，防止癌变和基因突变。

### 1.1.3 保障人体正常的生长发育

人从胎儿到成人要经历几个不同的生长发育阶段，在这几个阶段所需要的营养不同。在婴儿最初的阶段，婴儿只靠吃母亲的乳汁就可以满足身体的需要。但到了6个月后，母乳已经不能满足儿童生长发育的需要，需逐渐添加米、面、鸡蛋、肉、奶、水果等食物，以满足人体对蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素等的需求。如果不及时添加这些辅食，或者添加食物的种类与量没有达到国家所推荐的食物摄入量，在一定的时期内极易发生营养不良、缺钙、缺铁性贫血等疾病。

### 1.1.4 满足各类特殊人群的营养需要

对于青少年、孕妇、老年人，因其生理状况不同而对营养有特殊需求。如蛋白质、能量与矿物质的摄入影响青少年的体力状况，维生素A摄入影响儿童的视力，叶酸对孕妇预防胎儿先天性神经管畸形有较好的作用，适量摄入含钙的食物可以预防老年性骨质疏松的发生。

### 1.1.5 增强特殊环境下人群的抵抗力、耐受性与适应性

在恶劣环境或特殊劳动（如感染、中毒、缺氧、高温、失重、深潜等）条件下，人的整体营养状况及某些个别营养素对增强抵抗力、耐受性、适应性有重要作用。

### 1.1.6 促进身体健康，预防疾病发生

人体摄入足量含有多种营养素的食物，在食物的品种与搭配上达到合理膳食，能够维持人体的生理需要与生理功能。如果人体摄入的营养素不足或不均衡，就易导致疾病的发生。如蛋白质-能量营养不良、佝偻病、维生素 A 缺乏、缺铁性贫血、碘缺乏病、硒缺乏病等。

### 1.1.7 辅助各种疾病的治疗

营养状况影响人体免疫功能，对于患者抗感染，减少并发症，加速康复有重要作用。创伤类患者在愈合过程中的营养状况影响组织的再生与修复。



## 1.2 我国人群营养现状与存在的主要营养问题

自新中国成立，特别是改革开放以来，我国人群的营养状况发生巨大变化，但由于人口众多，其中 80% 以上属于农村人口，目前而言，我国属于世界上营养不良人数最多的几个国家之一。我国正承受着营养摄入不足和营养结构失衡两类营养不良带来的双重负担。在农村和广大的西部地区，营养素（尤其是微量营养素）摄入不足在相当范围内存在，成为这些地区经济社会发展的重要制约因素。研究表明，营养不良不仅是贫困的结果，也是贫困的原因。另外，在我国城市和东部地区营养素摄入结构失衡成为社会经济发展新阶段中的突出问题，与微量营养元素相关的慢性病如肥胖、冠心病、癌症、糖尿病、高血压、中风等发病率明显提高，带来严重的经济损失。

### 1.2.1 我国贫困人群中微量营养素缺乏相当严重

人体保持健康需要 40 多种营养素，除了需要大量营养素之外，还有必需的微量营养素，包括铁、锌、铜、锰、铬、硒、碘以及 13 种维生素。尽管每

天的需求量很小,但对人体健康十分重要,如果这些营养素长期摄入不足,就会出现各种营养问题,甚至导致疾病,世界卫生组织在 2005 年提出“隐性饥饿”的概念。隐性饥饿对许多人来说还很陌生,它是由于人体所必需的维生素和微量元素(如铁、锌、维生素 A 等)摄入量不足或严重缺乏而导致人体发育不全,出现体力下降的现象。它普遍存在于发达国家和发展中国家,也同样存在于城市和农村。外表健康状况良好的人可能同样存在着“隐性饥饿”。《中国营养状况十年跟踪(1990—2000)》以及 2004 年 10 月 12 日国务院公布的“中国居民营养与健康现状”研究报告认为,铁、维生素 A 等微量营养缺乏是我国城乡居民普遍存在的问题,我国居民贫血患病率、维生素 A 和锌缺乏率具体见表 1-1。全国城乡钙摄入量仅为 391mg,相当于推荐摄入量的 41%。城市人口有条件在超市购买富含微量营养素的食品作为弥补,但对于农村贫困人口来说,他们不具备这样的条件。截至 2007 年,我国农村绝对贫困人口为 1 479 万人,低收入人口为 2 841 万人。4 320 万庞大的贫困人口大多生活在偏远地区,生活条件恶劣,购买力低下,长期饮食结构单一,造成微量营养缺乏,我国处于隐性饥饿的人口大约有 6 400 万人,是世界上隐性饥饿人数最多的几个国家之一,微量营养元素摄入不足已成为制约经济社会发展的重要因素之一。目前,我国人群尤其是农村和贫困地区居民中隐性饥饿所造成的危害相当严重,由此而引起的疾病也在不断蔓延。

表 1-1 我国人群缺铁性贫血、维生素 A 和锌的缺乏状况

Table 1-1 The status of iron deficiency anemia, vitamin A and zinc deficiency in China

|           |                |       |       |                |        |
|-----------|----------------|-------|-------|----------------|--------|
| 缺铁性贫血率    | 6 个月以下         | 5 岁以下 | 育龄妇女  | 成年男人           | 60 岁以上 |
| 城镇        | 28%            | 21.7% | 27.5% | 10.6%          | 20.6%  |
| 农村        | 50%            |       | 41.2% |                |        |
|           |                |       |       |                |        |
| 维生素 A 缺乏率 | 3 ~ 12 岁儿童严重缺乏 |       |       | 3 ~ 12 岁儿童边缘缺乏 |        |
| 城镇        | 3.0%           |       |       | 29.0%          |        |
| 农村        | 11.2%          |       |       | 49.6%          |        |
|           |                |       |       |                |        |
| 锌缺乏率      | 6 岁以下儿童（男）     |       |       | 6 岁以下儿童（女）     |        |
| 城镇        | 31.3%          |       |       | 38.3%          |        |
| 农村        | 32.6%          |       |       | 40.8%          |        |

注:血清中维生素 A 含量小于  $0.7\mu\text{mol/L}$  为严重缺乏;  $0.7 \sim 1.04\mu\text{mol/L}$  为边缘缺乏。

这些微量营养素的缺乏产生的后果十分严重。如维生素 A 缺乏可造成视觉功能的损伤,引起干眼病、夜盲症,降低儿童的免疫功能和抗感染力,影响骨骼及软组织增长,导致发病率和死亡率增高。缺锌的孩子食欲降低,味觉减退,生



长发育迟缓，身材矮小，抵抗力差，易患病。缺铁性贫血对于育龄妇女和儿童的健康影响非常严重，重度缺铁性贫血可增加儿童和母亲的死亡率。缺铁会损害儿童智力发育，还造成儿童、青少年学习能力、记忆力异常。据统计，维生素 A 缺乏和锌缺乏会危及免疫系统，每年导致大约 100 万幼童死亡，而严重缺铁性贫血是导致每年 6 万名妇女分娩死亡的罪魁祸首，叶酸缺乏每年可导致 25 万新生儿严重残障。2006 年 4 月，四川大学华西公共卫生学院对陕西省淳化县官庄镇中学初一年级 422 位学生的贫血和智力状况作了调查，结果表明，这里的学生维生素 A、铁、锌、铜等微量营养素的摄入均不足，由此导致该校初一学生贫血发病率高达 37.3%，智力中下和缺陷者比例居高不下，占 40.5%。

由于这些微量营养素的缺乏所产生的病症表现往往不是很明显而容易被人们忽略，实际上微量营养元素缺乏除了直接导致人体的智力和体质低下外，还是很多其他疾病的诱因。

### 1.2.2 慢性非传染性疾病患病率上升迅速

我国 18 岁及以上居民高血压患病率为 18.8%，估计全国患病人数 1.6 亿多人。与 1991 年相比，患病率上升 31%，患病人数增加 7 000 多万人。农村患病率上升迅速，城乡差距已不明显。我国人群高血压知晓率为 30.2%，治疗率为 24.7%，控制率为 6.1%；与 1991 年的 26.6%、12.2% 和 2.9% 相比有所提高，但仍处于较差水平。我国 18 岁及 18 岁以上居民糖尿病患病率为 2.6%，空腹血糖受损率为 1.9%。估计全国糖尿病患病人数 2 000 多万人，另有近 2 000 万人空腹血糖受损。城市患病率明显高于农村，一类农村明显高于四类农村。

### 1.2.3 儿童与孕产妇营养状况堪忧

2006 年，我国有关部门对 14 个省 48 个市县进行“中国儿童与孕产妇营养健康状况调查”。

(1) **5 岁以下儿童** 全国 5 岁以下儿童的中、重度低体重率为 5.9%，生长迟缓率为 9.9%。在三大经济地带，中东部地区 5 岁以下儿童营养不良率最低，而西部地区最高，其分布与中国其他的相关研究结果基本一致。城市和农村儿童的营养不良率差距依然较大。与近年开展的全国性调查比较，5 岁以下儿童低体重率、生长迟缓率都呈现逐年下降的趋势。

(2) **维生素 A 缺乏状况** 5 岁以下儿童维生素 A 缺乏率为 9.1%，其中城市为 4.4%，农村为 11.9%；同 1998 年全国儿童维生素 A 缺乏状况调查结果相

比, 2006 年 5 岁以下儿童的维生素 A 缺乏率有所下降, 全国从 11.2% 下降至 9.1%。5 岁以下儿童维生素 A 边缘缺乏率为 41.8%, 其中城市为 33.7%, 农村为 45.2%, 说明城市和农村处在维生素 A 边缘缺乏阶段的儿童仍然较多, 他们是可能发展成维生素 A 缺乏的主要危险人群。

**(3) 3 岁以下婴幼儿家长知识普及率** 全国 3 岁以下婴幼儿家长科学喂养知识普及率为 65.8%, 三大经济地带中东部最高为 70.6%, 其次为中部 63.7%, 西部为 62.5%。与《中国儿童发展纲要》制定的至 2010 年达到 85% 相比较还有一定的差距。从城乡状况分别看, 城市婴幼儿家长科学知识普及率为 89.3%, 明显高于农村的 60.2%。家长对科学知识的认识直接关系到儿童的科学喂养, 与儿童的生长发育状况之间具有明显的相关性。

**(4) 新生儿低出生体重率和巨大儿发生率** 新生儿低出生体重率为 4.59%; 新出生巨大儿发生率为 6.5%。

**(5) 孕产妇贫血患病率** 孕产妇贫血患病率为 42%。其中东部为 33.7%, 中部为 43.9%, 西部为 52.1%; 城市为 32.5%, 农村为 45.4%。从孕妇和产妇来看, 中国孕产妇贫血患病率为 37.7%, 产妇贫血患病率为 49.6%, 均处于较高水平。与其他国家比较, 中国妇女的贫血患病率低于东南亚、中亚、非洲等国家, 但仍然高于美国等发达国家。中国孕产妇贫血患病情况不容忽视。

#### 1.2.4 微量营养素缺乏造成巨大的社会、经济损失

以上数据表明中国的微量营养缺乏以及由此带来的后果相当严重, 主要表现在以下两个方面。

**(1) 人力资源损失严重** 人类自身的发展是最根本的发展, 是经济、社会等各方面发展的终极目标和原动力。营养素缺乏对人体造成的危害主要有以下几个方面: 第一、体力不足, 劳动能力降低。如缺乏维生素 A 将导致双目失明, 缺铁则造成贫血。联合国儿童基金会的研究显示, 儿童 2 岁以前生长发育迟缓, 成年后劳动生产率将平均下降 9%, 直接影响人体生长发育。第二、智力受损, 受教育的能力低下, 创新能力不足。如儿童铁缺乏可以使认知测验分低 0.5 个标准差, 儿童听力减弱、视力减弱, 上课思想不集中。贫血儿童这种智力发育的不足, 即使以后补充铁剂纠正了贫血, 但学习潜能仍然不能完全复原, 不能达到正常儿童应有的水平。第三、营养缺乏与急性、传染性疾病互为因果, 形成恶性循环。联合国儿童基金会统计, 1999 年发展中国家 5 岁以下的儿童死亡 1 700 万名, 其中 49% 与营养不良有直接或间接的关系。需要指出的是, 由于人们能够观察和统计的儿童死亡原因往往是诸如腹泻、麻