

维生素传

顾君华◎著

中国农业科学技术出版社

维生素传

顾君华◎著

 中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

维生素传 / 顾君华著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2018. 12
ISBN 978-7-5116-3780-2

I. ①维… II. ①顾… III. ①维生素—基本知识 IV. ① Q568

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 253272 号

责任编辑 李冠桥 闫庆健
责任校对 贾海霞

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) 82109705 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)
传 真 (010) 82106625
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 全国各地新华书店
印 刷 者 北京科信印刷有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 27.75
字 数 515千字
版 次 2019年1月第1版 2019年1月第1次印刷
定 价 298.00元

— 版权所有 · 翻印必究 —

献给我的父亲顾春兰(1916-2012)母亲徐月香(1920-2015)

前言

维生素伟大宝库的非凡之处在于挖掘利用维生素营养价值和对缺乏症的研究，探索维生素在饲料畜牧领域的广泛应用。论从史出，从缺乏症到治疗，维生素生理功能等基础性研究永无止境，有着很多意想不到的发现和匪夷所思的结果。为适应维生素事业发展进程，需要对维生素的认识找一个全景性的话题，传播30年来维生素新知识和未来发展趋势。本书总结脂溶性、水溶性和类维生素的概述、历史与发现、理化性质、产品质量标准与生产工艺、生理功能、人和养殖动物缺乏症、维生素食物来源和在饲料畜牧业的应用。哪些食物含什么种类维生素？如何选择与摄取维生素？本书为获取相关知识的人而写，为了解维生素营养与健康关系的人而写；为饲料畜牧行业的专业人士而写。

维生素应用领域饲料畜牧业约占80%，除极少数品种外，全球80%维生素被养殖动物吃掉了，因此，维生素饲料添加剂在养殖业中的应用是一个绕不过去的话题。人选择食物就是选择维生素，选择余地很宽泛。动物摄取维生素没有选择，在饲料中已经添加了维生素，动物吃食的每一粒饲料都含维生素。因此，动物吃得吃，不吃也得吃，其目的在于动物尽快出栏上市。

感谢下列各位专家、同事和朋友一如既往的关注与鼓励。

美国辉宝有限公司（Phibro Animal Health Corporation）副总经理、技术总监陈燕军教授、北京华思联认证中心高级评审员张一平、中国农业科学院北京畜牧兽医

研究所副研究员饶正华、国家饲料质量监督检验中心（北京）副研究员李兰、北京博农利生物科技有限公司董事长陆世焯、陕西秦云农产品检验检测有限公司董事长雷浩、光大畜牧（北京）有限公司董事长王俐斌和总经理孙艳杰、赛恩斯（北京）仪器有限总经理刘斌、农业农村部饲料质检中心（西安）主任李胜、中国农业大学动物科技学院博士生导师张丽英教授、上海市兽药饲料监察所副所长王蓓、大北农集团饲料产业总经理应广飞、大北农养猪科技平台技术总监俞云涛、山东丰沃新农农牧科技有限公司董事长张帆。

特别感谢北京博农利生物科技有限公司技术研发中心总经理冯自科博士，十多年来他专注于饲料原料价值评估，在维生素原料营养应用领域为本书很多章节增添了新内容。感谢著名的动物营养及维生素学领域专家，荷兰泰高中国动物营养技术总监张若寒博士。本书很多理念遵循并得益于他厚重的学术观点。

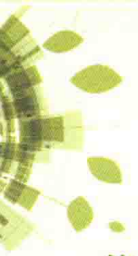
物换星移，时过迁境。维生素科技日新月异。本书相关考证、疏漏、谬误之处难免，敬祈广大读者不吝赐教，以利遵循更正，敬请明鉴。

顾君华

2018年11月

目 录

第一章 维生素概论	1
第一节 维生素概述	1
第二节 维生素的定义	5
第三节 维生素的历史与发现	7
第四节 维生素命名与分类	15
第五节 维生素共性特征	31
第六节 维生素需要量和缺乏症及其应用	36
第七节 维生素营养与养殖动物	56
第八节 维生素与养殖业	62
第二章 维生素A	74
第一节 概 述	74
第二节 生理功能	81
第三节 人和养殖动物缺乏症	87
第四节 维生素A的来源	93
第五节 胡萝卜素	95



维生素传

第三章 维生素D	103
第一节 概 述	103
第二节 生理功能	111
第三节 人和养殖动物缺乏症	114
第四节 维生素D的来源	121
第四章 维生素E	124
第一节 概 述	124
第二节 生理功能	131
第三节 人和养殖动物缺乏症	134
第四节 维生素E的来源	140
第五章 维生素K	142
第一节 概 述	142
第二节 生理功能	148
第三节 人和养殖动物缺乏症	151
第四节 维生素K的来源	154
第六章 维生素B ₁	156
第一节 概 述	156
第二节 生理功能	162
第三节 人和养殖动物缺乏症	165
第四节 维生素B ₁ 的来源	171
第七章 维生素B ₂	174
第一节 概 述	174
第二节 生理功能	179
第三节 人和养殖动物缺乏症	182
第四节 维生素B ₂ 的来源	186
第八章 维生素B ₆	188
第一节 概 述	188

第二节 生理功能	192
第三节 人和养殖动物缺乏症	196
第四节 维生素B ₆ 的来源	201
第九章 维生素B₁₂	203
第一节 概 述	203
第二节 生理功能	208
第三节 人和养殖动物缺乏症	211
第四节 维生素B ₁₂ 的来源	215
第十章 泛酸	217
第一节 概 述	217
第二节 生理功能	221
第三节 人和养殖动物缺乏症	225
第四节 泛酸的来源	228
第十一章 烟酸	230
第一节 概 述	230
第二节 生理功能	235
第三节 人和养殖动物缺乏症	236
第四节 烟酸的来源	242
第十二章 叶酸	244
第一节 概 述	244
第二节 生理功能	248
第三节 人和养殖动物缺乏症	251
第四节 叶酸的来源	255
第十三章 胆碱	257
第一节 概 述	257
第二节 生理功能	261
第三节 人和养殖动物缺乏症	264

第四节 胆碱的来源	267
第十四章 生物素	269
第一节 概 述	269
第二节 生理功能	274
第三节 人和养殖动物缺乏症	276
第四节 生物素的来源	282
第十五章 维生素C	283
第一节 概 述	283
第二节 生理功能	294
第三节 人和养殖动物缺乏症	302
第四节 维生素C的来源	307
第十六章 类维生素物质	310
第一节 生物类黄酮	312
第二节 肉 碱	320
第三节 辅酶Q	326
第四节 肌 醇	329
第五节 苦杏仁苷	333
第六节 硫辛酸	338
第七节 对氨基苯甲酸	341
第八节 牛磺酸	344
第九节 潘氨酸	348
第十节 其他类维生素物质	352
附录 1 维生素研究获得诺贝尔奖的科学家	357
附录 2 维生素历史与发现参考年表（按年份排序）	359
附录 3 农业部公告第2625号	371
附录 4 维生素汇总表	383
附录 5 部分维生素饲料添加剂显微镜下晶体照片（未加染色剂）	403

第一章

维生素概论

第一节 维生素概述

一、寻根维生素

中国人称维生素为“维他命”，意思是没它就没命，维生素是生命的源泉。英文Vitamin中的“Vita”意指“生命的”，“amine”是指“胺”，英文解释为“生命胺”。维生素一词的前缀“Vita”由28岁的美籍波兰裔生物化学家卡西米尔·冯克（Kazimierz.Funk）博士1912年命名。几个世纪以来，人们对维生素的认识从一种表面的缺乏症现象到充分利用，最经典的范例源于与膳食相关的坏血病、脚气病和佝偻病3种疾病以及与之相应的维生素C、维生素B₁和维生素D，这些物质不同于已知的碳水化合物、脂肪、蛋白质和无机盐，其重要性可见一斑。

维生素是人和养殖动物为维持正常的生理功能而必须从食物或饲料中获得的一类微量有机物质，在生长、代谢、发育过程中发挥着重要的作用。这类物质在体内既不是构成身体组织的原料，也不是能量的来源，维生素不参与构成人体和动物细胞，而是一类调节物质，是保持人体和养殖动物健康成长重要的活性物质，在物质

代谢过程中起着不可替代的作用。人体如同一座极为复杂的化工厂，不断地进行着各种与酶的催化作用有密切关系的生化反应。酶要产生活性，必须有辅酶参加。已知许多维生素是酶的辅酶或者是辅酶的组成分子。因此，维生素是维持和调节机体正常代谢的重要物质。可以认为，最好的维生素是以“生物活性物质”的形式存在于人体组织中。

维生素在体内含量极少，又不可或缺。多数维生素在机体内不能合成或合成量不足，不能满足机体需要，由食物或饲料通过外源添加获取。人和养殖动物对维生素需要量很少，日需要量或添加量以克（g）、毫克（mg）、微克（ μg ）计。因此学界反复表述某维生素是“必需的”（Essential）的意指必不可少。养殖动物离不开碳水化合物、蛋白质和脂肪三大类物质，维生素在饲料原料中占比极少，但不能缺少，起着四两拨千斤的作用。养殖动物缺乏维生素对其的损伤可能非常巨大，现代饲料行业早已把维生素、氨基酸、矿物质作为最主要的添加剂应用到畜牧业，因此，现代养殖动物不会产生缺乏症。与养殖动物不同，人都可能存在维生素缺乏症，一旦缺乏就会引起相应病症，对生长与健康不利，主要表现在：一是单一的食物可能供应不足，摄入不足、储存不当、烹饪破坏等，如叶酸受热损失而丧失作用；二是吸收利用降低，消化系统疾病或摄入脂肪量过少从而影响脂溶性维生素的吸收；三是特殊时期特殊需要，妊娠和哺乳期妇女、儿童、特殊工种、特殊环境下的人群维生素需要量相对增高；四是生病或恢复时期使用抗生素会导致维生素的需要量增加。

检索维生素发展史有一个表述很令人回味，史书或文献记载从来都说某个年代某维生素被某一个人“发现”而从不说“发明”。从发现一个病症状现象开始寻找缘由，探索解决办法，包括类维生素物质在内，每一种维生素的发现几乎都经历了漫长的过程。每一个故事都有着现代人无法体会的，解密过程的艰辛与他们耐人寻味的坚持。每一种维生素的故事起源与非凡的发现都不属于某一个国家，神奇的“小东西”发展进程中都应该归功于伟大的“发现”和这项发现的前驱者。在当时通信条件非常低下，沟通不畅、信息分散的时代，几个国家，多个领域的科学家独自开展研究都源于人的好奇与用心，一波又一波先贤们最初各自的发现是模糊的、表观的、猜测的、朦胧的。从发现一个奇特的缺乏症现象开始，从采集自然界动植物某个物质入手，解码这种物质治疗的有效性，再合成提取，建立结构，成品结晶，命名等过程中经历数十年甚至上百年，有的经历了跨世纪的等待才公诸于世。这些疑问被一一解密得益于他们的坚持，以及后人在前人工作的基础上前赴后继潜

行研究。我们现在习惯用现代高精尖设备来分析某一种物质的结构、图谱、DNA片段的碱基序列等，我们却无法想象百年前的科学技术手段是如何做到的，我们应该对无数维生素发现与研究的先驱者表示尊重。

二、问鼎与展望

历史上，缺乏维生素是引发疾病、不健康和死亡的主要原因。糙皮病、坏血病和脚气病曾毁灭过整个船队、整支军队和一个部落，士兵们没有倒在敌人的刀枪棍棒下，却死于维生素缺乏症。在人类历史的某个阶段，维生素甚至改变了历史发展的方式与进程。18世纪，人们开始认识到膳食因素缺乏因子与疾病存在因果关系。但是，直到20世纪初期，科学家采用生物学方法并取得满意的结果时，这些观察报告的意义才被充分理解与认可。当时生物学方法基础是大白鼠、小白鼠、豚鼠和鸡为实验动物，给它们饲喂纯蛋白质（如酪蛋白或白蛋白）、纯脂肪（如猪油）和纯碳水化合物（如糊精）的食物加上矿物质，以便测定食物价值时进行补充化学分析。这些由蛋白质、碳水化合物、脂肪和矿物质纯营养物质构成，很大程度上排除了某些不曾被辨别的关键因素。所有的研究人员都得到一个共同的结果，这些提纯食物饲喂动物不仅不能使得动物茁壮成长，如果延长实验时间，动物就不能生存。初始阶段，许多研究人员认为这种失败是因为食物不可口且又单调造成的，后来才认识到这些提纯的食物缺乏微量的、科学上尚未知其特性的某些核心要素，该要素对于有效利用食物的主要成分和维持健康及生命是必需的。这些研究伴随着维生素的发现、合成，推进维生素商品化生产取得了突飞猛进的发展，展示了维生素时代与现代营养学技术的到来。

其实早期维生素实验者饶有兴趣的发现都不太完美。这些研究手段都源于动物实验结果，以及那些为人类健康“死得其所”的实验动物。正是那些不太完美的早期科学实验延续了今日维生素营养和应用新纪元。莎士比亚戏剧《暴风雨》有句经典台词：“凡是过去，皆为序章”（What's past is prologue）。如何去勾勒生命胺的每一步进程？怎样来评价数百年上千年来维生素每一次伟大发现的非凡之处？这些发现又是如何被后人延续和利用的？为什么每一种维生素“个性独特”很难替代？为什么缺乏症往往不是单一的？它们之间协同关系？这里不存在丰腴或贫瘠。翻开每一个维生素品种的“履历与背景”，人们无不赞叹它悠久的历史，独特的功效，首先要归结于伟大的发现。

在维生素家族中，脂溶性、水溶性、B族维生素相互交汇融合，它们既像兄弟手

足，它们又像工匠手下的作品，共同展示维生素之间精准的榫卯结构和独特的协同功效，很多维生素必需协同才能发挥效能，这些功效很值得我们好好继承发扬和深挖利用。

没有维生素，人类健康和现代动物饲料营养学、临床治疗都不能立足。对维生素的价值利用研究绝非渐行渐远，可挖掘的东西远远没有结束。维生素作为人类和动物营养学圣地，归功于几代人长期科学实验数据积淀和文献记载，很多发现既在意料之外，又在情理之中。在传承的过程中科学家确立了各种维生素的化学结构、分子式、分子量、生理功能、化学性状，维生素造福于现代人和动物的营养新需要还在进行中。

无止境的发现是推进今天社会进步的开始，继续启程是成就明天的序章。维生素宝库的核心是对维生素生理功能等基础性研究的探索。这项工作是无止境的，也是迷人的。对于挖掘利用维生素价值，研究维生素在人类健康意义重大。人们所料未及的是，维生素强大的生理功能在养殖动物应用领域有很多意想不到和匪夷所思的结果。

进入2018年，人们对维生素的认识与应用面临“提质升级”的历史阶段，如何认知维生素，充分利用好维生素的营养功能，为中国人强健身体服务，为饲料畜牧养殖业服务，需要多一点了解维生素，有些认知空白亟待补充完善。如今，典型的维生素缺乏病已不多见，“快节奏、快生活、高效率”导致维生素摄入不足或缺乏依然存在“隐性饥饿”，维生素摄入不足或缺乏的认识与慢性病高发而广受关注。现在每年有大量研究成果问世，期待更多的维生素科研成果服务中国人（主要维生素汇总表见附录4）。

三、维生素在饲料畜牧业的应用

维生素产品在饲料畜牧、医药化妆品和食品饮料3个领域应用广泛，在对接三大应用方面，根据后加工工艺分为不同产品剂型。在全球维生素应用构成中，80%维生素作为饲料添加剂用于饲料畜牧行业，即80%的维生素被养殖动物吃掉了（含氯化胆碱）。其余12%用于医药化妆品，8%用于食品饮料。除了维生素B₁₂、维生素B₁、维生素C、肌醇等少数品种外，大部分维生素品种在饲料畜牧中的应用所占比例超过70%，这个用量非常惊人。在饲料配比中维生素是不可或缺的也是最昂贵的重要原料。

动物营养界对维生素用量按照养猪动物需求逐级加大分为以下5个层次：基础添

加量/无临床缺乏症→生产需要量/维持正常生长性能→最大酶活动和免疫反应→最大生长和生产性能→特殊或功能性需要。从饲料维生素产业链传递关系及附加值看,经历了石油/玉米→初加工产品→中间体→维生素饲料添加剂→多维预混料→复合预混料→浓配料→养殖场,这个过程牵引维生素附加值递增。维生素上游涉及医药化工,下游衔接饲料养殖业,在配合饲料中维生素添加比例为0.05%~0.08%,占产品成本的比重为2%~5%(价格随行就市,比例有变化),维生素处于价值链传递上游端。饲料畜牧添加维生素来满足养殖动物生长需要,使得饲料生产效率大大提升,动物养殖成本大幅下降,实现维生素价值最大化,很少有人知道在丰富的肉禽蛋奶背后维生素的支撑作用。新形势下饲料畜牧业集中度提升,维生素刚性需求不仅会增长,使用比重还会加大,动物生长性能需要一定水涨船高,维生素在饲料畜牧业的发展空间会更加广阔。

第二节 维生素的定义

美国营养界对维生素的定义是:维生素是一种或多种动物的健康、生长、繁殖和生活必需的有机物质。在食物中虽然含量少,但必须有这些物质,因为它们既不能在身体内合成,又不能在体内充分储存。每种维生素履行着特殊的功能,同时一种维生素不能代替或起到另一种维生素的作用。通常,人体是不能合成维生素的,起码不能合成足量的维生素来满足人体的需要。然而,维生素D例外。当人体暴露在紫外线下时,这种维生素会由它的前体合成,这种前体存在于皮下。动物所需要的维生素,但也有一些由动物自身消化系统生长的微生物供给,如在牛、绵羊、山羊,动物的瘤胃,或马、兔子的大肠中。

一、五个关键词

要想成为维生素家庭,应符合维生素的经典定义,即“一种少量存在于食物中,维持生命所必需的有机物,缺少这种物质时会发生特定的疾病”的基本要求。学界对维生素的定义“描述意思不同内容相似”。其五要素关键词为“必需、缺乏、代谢、少量、敏感”,通常包含下列内容。

(1) 必需。维生素是人和动物营养、生长所必需的有机化合物,对机体的新陈代谢、生长、发育、繁育、健康有极重要作用。

(2) 缺乏。长期缺乏某种维生素会引起生理机能障碍而发生某种疾病。在食物和饲料中虽然含量很低，却是必不可少的核心微量物质。它们在体内不能合成，也不能在体内充分储存。

(3) 代谢。维生素参与人体代谢必不可少的有机化合物，与酶的催化作用有密切关系，已知许多维生素是酶的辅酶或者是辅酶的组成分子。维生素不是构成机体组织和细胞的组成成分，它也不会产生能量，它的作用主要是参与机体代谢，是维持和调节机体正常代谢的重要物质。

(4) 添加。人体和养殖动物不能合成维生素或合成量不足，一般在食物和饲料中添加取得。

(5) 敏感。维生素对环境敏感，高温、高湿、日光，与金属结合容易失去功效，或效价降低。

二、四大特点

(1) 外源性。人体自身不能合成维生素。但维生素D是个例外，人体晒太阳可以少量合成维生素D。由于较重要，仍被作为必需维生素，通过食物和饲料补充。

(2) 微量性。作为“必需”的日粮成分，需要量却很少，作用发挥巨大。通常以毫克(mg)、微克(μg)计。它与常量概念不同，常量营养素至少是它们的1000倍。

(3) 调节性。维生素能够调节人体新陈代谢或能量转变。

(4) 特异性。每一种维生素分别承担各自特殊的功能，互不替代，但具有协同作用。缺乏某种维生素，人和动物将呈现特有的病态。

根据这四个特点，人体一共需要13种维生素，也就是通常所说的13种必需维生素。

人体不能合成维生素，起码不能合成足量的维生素来满足健康需要。维生素是合成或降低过程的调节者，其本身不是身体的结构物质。维生素是有机化合物，与微量元素铁、锰、锌、碘无机物不同，尽管后者也是必需的营养素，无机物营养素添加量要远远超过维生素。

维生素D例外，当人体暴露在紫外光下时，维生素D会由它的皮下前体完成合成作用。这就是人们需要户外活动晒太阳，享受日光浴的基本保健道理。另一个例外是绵阳、山羊、牛等瘤胃动物通过消化系统过程中的微生物供给，以及马、兔子等通过大肠供给很少部分维生素D。

三、养殖动物维生素需求

我国维生素研究与应用专家，著名动物营养学者张若寒博士概括认为，植物和微生物可以自身合成维生素，但人类和大部分动物无法自身合成维生素，需要通过外添加补充获取。张若寒博士认为饲料中添加剂维生素具有以下4方面特点：

维持动物健康、生长、繁育和生产所必需的有机微量养分；

在通常情况下，动物自身不能合成或合成量不能满足正常生长需要；

必须通过日粮提供；

迄今尚未发现维生素替代品。

在氨基酸、维生素和矿物质三大饲料添加剂中，维生素饲料添加剂的重要性不可替代。它是动物机体正常生长、繁殖、生产及维持自身健康所需的微量有机物质，也是维持正常代谢机能所必需的一类低分子有机化合物，是动物重要的营养素之一。维生素饲料添加剂对于提高动物抗病或应激能力、促进健康生长以及改善畜产品的产量和质量作用巨大。维生素在动物体内主要起催化作用，促进一些营养素的合成与降解，从而调节和控制机体代谢。维生素的需要量虽然不多，但是动物机体缺乏时，动物的生长发育以及繁殖机能就会受到影响，严重时可出现特殊的疾病。动物本身不能合成或者合成数量不能满足自身需要，必须从饲料中添加或饮水中补充。

第三节 维生素的历史与发现

论从史出。透过每一种维生素被发现的历史过程，探索、挖掘、借鉴维生素可利用的应用价值。本书检索300年间全球约150位专家学者发现和探索维生素研究的历程（见附录2维生素历史与发现参考年表）。其中20世纪30年代是维生素研究的黄金时代，据不完全统计，从1927年至1960年维生素研究领域19位科学家分享14项诺贝尔奖（见附录1维生素研究获得诺贝尔奖的科学家）。

直至20世纪初期，如果膳食中含有蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质和水的食物，这种食物就被人们认为是全价膳食。然而几个世纪以来，这些缺乏症疾病一直被认为是由于病原体引起消化道中的有毒物质或细菌作怪，不认为是食物中维生素营养缺乏症。人们开始怀疑人的食物营养和动物生长可能需要某些极微量的物质。最后还是由生物学方法解开这个神秘的故事，采用实验动物进行控制性饲养实验。