

7 现代生物农业
——畜牧 兽医

维生素与 现代动物生产

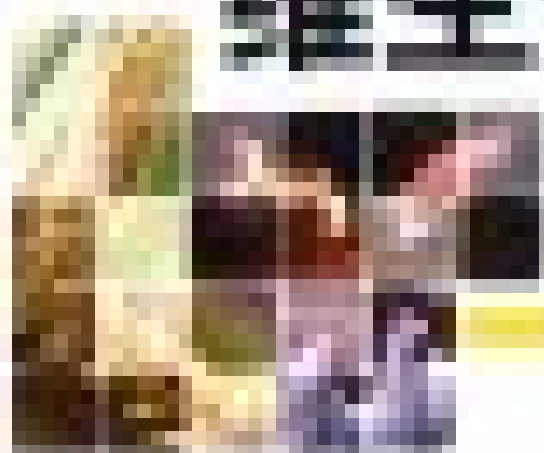


王 安 单安山 著

 科学出版社
www.sciencep.com

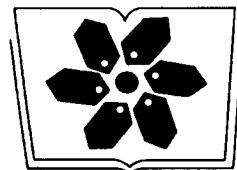


维生素与 现代动物生产



——

现代动物生产



中国科学院科学出版基金资助出版

维生素与现代动物生产

王 安 单安山 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

作者根据多年的科研、教学、生产中积累的资料,查阅了大量的国内外有关文献资料,精心著述了《维生素与现代动物生产》一书,希望本书既能阐明有关的基本理论,又能在内容上竭力体现科学性、系统性、先进性和实用性,充分反映国内外本学科最新的科技成果。内容包括维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K、维生素 C、维生素 B₁、维生素 B₂、泛酸、胆碱、烟酸、维生素 B₆、生物素、叶酸和维生素 B₁₂ 共 14 种维生素的化学结构及性质,在动物体内的代谢及生物功能,在家禽、猪、反刍动物生产中的研究及应用,维生素的来源以及饲料加工和贮存过程中对维生素稳定性的影响。在总论一章中,论述了维生素的历史及发现、维生素的概念及分类、维生素的需要量等。本书在形式上做到少而精,各章之间既有逻辑上的连贯性,又有一定的独立性,读者可以逐章阅读,也可以任选章节阅读。

本书的读者对象是大学本科生、研究生、大学教师和科研工作者。

图书在版编目(CIP)数据

维生素与现代动物生产/王安,单安山著. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-019080-2

I. 维… II. ①王…②单… III. 维生素-基本知识 IV. R151.2R151.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 084754 号

责任编辑:李秀伟 王 静 彭克里 席 慧/责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬/封面设计:福瑞来书装

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>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 7 月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—1 500 字数:351 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

维生素以其巨大的生物学功能及其在现代动物生产上的实用价值,引起了众多学者的关注与探索。我国维生素研究虽然起步较晚,与国外有一定差距,但其发展迅速,进展十分喜人,动物方面还略迟于人类。几十年来,我国在病因调查、维生素分析及需要量、缺乏、过量、发病机制和维生素利用及稳定性等方面,都进行了广泛深入的研究工作,并取得了丰硕的科研成果,为发展畜牧业和促进国民经济建设做出了积极贡献。

维生素与现代动物生产是动物科学技术中一门新兴的边缘科学,与营养学、医学、农学、化学、生理学等有密切的关系。东北农业大学动物营养研究所在我国著名的动物营养学家许振英教授的指导下,做了大量有关维生素与现代动物生产方面的科研工作,取得了显著成果,多次获得国家和省部级奖励。本书的编写人员经过长期的科研资料的积累,并收集大量的国内外资料,使《维生素与现代动物生产》一书在内容上竭力体现科学性、系统性、先进性和实用性,充分反映国内外本学科最新的科技成果;在结构上,各章之间既有逻辑上的连贯性,又有一定的独立性,读者可以逐章阅读,也可以任选章节阅览。

本书的写成并得以付梓,要感谢东北农业大学动物营养研究所徐孝义教授和同志们的大力支持,感谢国内外同行的专家、教授们提供的宝贵资料。没有这些热情的支持与真诚的帮助,本书是无法与读者见面的。然而,由于书中涉及的知识面比较广,有些问题尚在探讨之中,限于作者水平,错误和不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

我们深信,应用现代科学技术和方法系统研究维生素与现代动物生产,不仅在理论上会取得重大突破,而且也将为我国优质高效畜牧业的发展贡献力量。希冀本书的出版能够对教学、科研与畜牧生产部门的同行们有所裨益,那样我们将会感到莫大的欣慰。

王 安 单安山

2007年3月

目 录

前言

第一章 总论	1
一、维生素的发现及研究历史	1
二、维生素的命名及分类	2
三、维生素的需要量及供给量	5
四、影响维生素供给量的因素	6
主要参考文献	8
第二章 维生素 A 与胡萝卜素	9
一、维生素 A 和类胡萝卜素的化学结构及性质	9
二、维生素 A 和胡萝卜素的代谢	11
三、维生素 A 和胡萝卜素的功能	12
四、维生素 A 和胡萝卜素在家禽生产中的研究及应用	13
五、维生素 A 和胡萝卜素在猪生产中的研究及应用	19
六、维生素 A 和胡萝卜素在反刍动物生产中的研究及应用	22
七、影响维生素 A 和胡萝卜素稳定性及利用的因素	26
主要参考文献	29
第三章 维生素 D	33
一、维生素 D 的化学结构及性质	33
二、维生素 D 的代谢	34
三、维生素 D 的功能	34
四、维生素 D 在家禽生产中的研究及应用	35
五、维生素 D 在猪生产中的研究及应用	43
六、维生素 D 在反刍动物生产中的研究及应用	46
七、维生素 D 的来源	48
八、饲料加工和贮存对维生素 D 的影响	49
主要参考文献	51
第四章 维生素 E	54
一、维生素 E 的化学结构及性质	54
二、维生素 E 的代谢	55
三、维生素 E 的功能	56
四、维生素 E 在家禽生产中的研究及应用	58
五、维生素 E 在猪生产中的研究及应用	64
六、维生素 E 在反刍动物生产中的研究及应用	70
七、维生素 E 的来源	74
八、饲料加工和贮存对维生素 E 的影响	75

主要参考文献	77
第五章 维生素 K	81
一、维生素 K 的化学结构及性质	81
二、维生素 K 的代谢	81
三、维生素 K 的功能	82
四、维生素 K 在家禽生产中的研究及应用	83
五、维生素 K 在猪生产中的研究及应用	86
六、维生素 K 与反刍动物生产	88
七、维生素 K 的来源	88
八、饲料加工和贮存对维生素 K 的影响	90
主要参考文献	92
第六章 维生素 C	94
一、维生素 C 的历史	94
二、维生素 C 的化学结构及性质	94
三、维生素 C 的代谢	95
四、维生素 C 的功能	96
五、维生素 C 在家禽生产中的研究及应用	97
六、维生素 C 在猪生产中的研究及应用	104
七、维生素 C 与反刍动物生产	106
八、维生素 C 的来源	106
九、饲料加工和贮存对维生素 C 的影响	107
主要参考文献	109
第七章 维生素 B₁	112
一、维生素 B ₁ 的化学结构及性质	112
二、维生素 B ₁ 的代谢	112
三、维生素 B ₁ 的功能	113
四、维生素 B ₁ 在家禽生产中的研究及应用	114
五、维生素 B ₁ 在猪生产中的研究及应用	117
六、维生素 B ₁ 的来源	119
七、饲料加工和贮存对维生素 B ₁ 的影响	121
主要参考文献	123
第八章 维生素 B₂	125
一、维生素 B ₂ 的化学结构及性质	125
二、维生素 B ₂ 的代谢	126
三、维生素 B ₂ 的功能	126
四、维生素 B ₂ 在家禽生产中的研究及应用	127
五、维生素 B ₂ 在猪生产中的研究及应用	132
六、维生素 B ₂ 的来源	135
七、饲料加工和贮存对维生素 B ₂ 的影响	137

主要参考文献·····	138
第九章 维生素 B₆ ·····	140
一、维生素 B ₆ 的化学结构及性质 ·····	140
二、维生素 B ₆ 的代谢 ·····	140
三、维生素 B ₆ 的功能 ·····	141
四、维生素 B ₆ 在家禽生产中的研究及应用 ·····	142
五、维生素 B ₆ 在猪生产中的研究及应用 ·····	145
六、维生素 B ₆ 的来源 ·····	147
七、饲料加工和贮存对维生素 B ₆ 的影响 ·····	149
主要参考文献·····	150
第十章 维生素 B₁₂ ·····	152
一、维生素 B ₁₂ 的化学结构及性质 ·····	152
二、维生素 B ₁₂ 的代谢 ·····	153
三、维生素 B ₁₂ 的功能 ·····	153
四、维生素 B ₁₂ 在家禽生产中的研究及应用 ·····	154
五、维生素 B ₁₂ 在猪生产中的研究及应用 ·····	156
六、维生素 B ₁₂ 与反刍动物生产 ·····	158
七、维生素 B ₁₂ 的来源 ·····	159
八、饲料加工和贮存对维生素 B ₁₂ 的影响 ·····	160
主要参考文献·····	161
第十一章 泛酸 ·····	163
一、泛酸的化学结构及性质·····	163
二、泛酸的代谢·····	163
三、泛酸的功能·····	164
四、泛酸在家禽生产中的研究及应用·····	165
五、泛酸在猪生产中的研究及应用·····	168
六、泛酸的来源·····	170
七、饲料加工和贮存对泛酸的影响·····	171
主要参考文献·····	172
第十二章 叶酸 ·····	173
一、叶酸的化学结构及性质·····	173
二、叶酸的代谢·····	174
三、叶酸的功能·····	175
四、叶酸在家禽生产中的研究及应用·····	176
五、叶酸在猪生产中的研究及应用·····	179
六、叶酸的来源·····	183
七、饲料加工和贮存对叶酸的影响·····	185
主要参考文献·····	186

第十三章 烟酸	188
一、烟酸的化学结构及性质.....	188
二、烟酸的代谢.....	189
三、烟酸的功能.....	189
四、烟酸在家禽生产中的研究及应用.....	190
五、烟酸在猪生产中的研究及应用.....	194
六、烟酸与反刍动物生产.....	196
七、烟酸的来源.....	197
八、饲料加工和贮存对烟酸的影响.....	199
主要参考文献.....	201
第十四章 胆碱	204
一、胆碱的化学结构及性质.....	204
二、胆碱的代谢.....	204
三、胆碱的功能.....	205
四、胆碱在家禽生产中的研究及应用.....	206
五、胆碱在猪生产中的研究及应用.....	211
六、胆碱与反刍动物生产.....	212
七、胆碱的来源.....	214
八、胆碱的稳定性及稳定化处理.....	216
主要参考文献.....	218
第十五章 生物素	220
一、生物素的化学结构及性质.....	220
二、生物素的代谢.....	220
三、生物素的功能.....	221
四、生物素在家禽生产中的研究及应用.....	222
五、生物素在猪生产中的研究及应用.....	226
六、生物素与反刍动物生产.....	230
七、生物素的来源.....	231
八、饲料加工和贮存对生物素的影响.....	234
主要参考文献.....	236

第一章 总 论

一、维生素的发现及研究历史

维生素与现代动物生产和其他学科一样，是在人类生产实践知识积累的基础之上，随着科学的进展而发展起来的。它属于一门边缘学科，伴随着若干先驱学科而扩展。它的发展虽然是 20 世纪的事，但孕育于 19 世纪，实践总结则可远溯到上古。纵观维生素的研究历史，可将其分为三个阶段：第一个阶段是用特定食物经验治愈某些疾病及推测对生命必需的未知物（维生素）的存在；第二个阶段是用实验动物诱发缺乏症与治愈；第三个阶段是必需营养因子的发现、分离及合成。

（一）用特定食物经验治愈某些疾病及推测生命必需物的存在

开始于许多世纪以前，例如，世称医药之父的 Hippocrates（希腊人），在耶稣诞生前 400 年就提倡把肝脏作为治疗夜盲症的药物。在很早的时候，中国人也用富含维生素 A 的混合物作为治疗夜盲症的药物。很久以前，虽然人们还不知道佝偻病病因，但已知道用鱼肝油来治疗和预防这种病。1747 年，英国海军军医 Lind 在研究船上患坏血病的水手时提出，柑橘汁可以治疗坏血病。1881 年，Dorpat 大学的 Lunin 认为，某些食物（如牛奶）除主要成分外，还含有少量的对生命必需的未知物。

（二）用实验动物诱发缺乏症与治愈

Eijkman（1890）研究发现，用去皮大米为主要成分喂鸡，会诱发多发性神经炎。荷兰内科医生 Grijns（1901）报道，稻米外层的水和乙醇提取物含一种未知物质，这种物质可以预防人的脚气病和家禽的多发性神经炎。另一位荷兰人 Pekelharing（1905）发现，用含有酪蛋白、鸡蛋白蛋白、米粉、猪油和食盐的食物饲养老鼠仅活了 4 个星期。但是，当他在这种混合物中加牛奶时，老鼠保持了健康。英国的 Mellanby（1918）证实，佝偻病是一种营养缺乏症。他用小狗做佝偻病试验，然后再给它喂鱼肝油治愈。

（三）必需营养因子的发现、分离及合成

英国剑桥大学的 Hopkins（1906）报道，喂给老鼠含纯蛋白质、碳水化合物、脂肪和全部已知必需矿物质的饲料，结果老鼠生病并死亡。但是，每天把不到 1/3 汤匙的牛奶补充到每只老鼠的饲料中，结果老鼠没有死亡现象。如果饲料中添加奶粉或某些干菜的乙醇提取物也没有老鼠死亡现象，而牛奶和蔬菜的灰分是无效的。对此，Hopkins 指出某些饲料中存在的那些必要的未知物质是自然界的有机物（而不是无机物），可能溶解在乙醇中。他把这些物质叫做“附加食物要素”，即我们现在称之为维生素的物质。1913 年，威斯康星大学的 McCollum 和 Davis 发现乳脂和蛋黄中含有维生素 A。康涅狄格实验站的 Osborne 和 Mendel 发现鱼肝油中含维生素 A。他们认为这种物质对辅助纯

合食物是必要的，并称之为脂溶性 A。一位瑞士研究员 Karrer (1931) 从鱼肝油中分离出并测定了维生素 A 的化学式，首先建立了维生素 A 的化学结构。1947 年，人工合成了维生素 A。

维生素的发现不可能归于任何一个人，而是广大的科研工作者共同劳动的结果（表 1-1）。维生素的发现、合成和商品化生产开创了营养学的新纪元，大大促进了动物生产的进展。

表 1-1 维生素研究的历史年代⁽¹⁾

维生素	首次分离来源	发现	分离	阐明化学结构	合成年代
A ⁽²⁾	鱼肝油	1909	1931	1931	1947
D	鱼肝油、酵母	1918	1932	1936	1959
E	小麦胚芽油	1922	1936	1938	1938
K	苜蓿	1929	1939	1939	1939
B ₁	米糠	1897	1926	1936	1936
B ₂	鸡蛋白蛋白	1920	1933	1935	1935
泛酸	肝脏	1931	1938	1940	1940
胆碱	猪胆汁	1829	1849	1866	1866
烟酸	烟草、米糠	1867	1912	1937	1937
B ₆	米糠	1934	1938	1938	1939
生物素	肝脏	1931	1935	1942	1943
叶酸	肝脏	1941	1941	1946	1946
B ₁₂	肝脏	1926	1948	1956	1972
C	肾上腺皮质、柠檬	1912	1928	1933	1933
胡萝卜素	胡萝卜	—	1831	1930	1950

(1) 历史年代久远，难找到原始资料，引用文献中对年代报道有差异，此表仅供参考。

(2) 维生素 A 的另一详述年表是：1913 年，维生素 A 是由 McCollum 和 Davis、Osborne 和 Mendel 发现的；1931 年，Karrer 测出它的化学结构式。由 Isler 在 1947 年合成。

二、维生素的命名及分类

波兰生物化学家 Funk 在 1912 年创造了维生素这个词。他假设脚气病、坏血病、糙皮病和佝偻病是由于食物中缺乏特殊的物质而引起的，这些物质是天然的有机物，称为维生素 (vitamine)，它是维持生命所必需的，在化学上是天然的胺（含氮的）。命名引起研究者的赞赏并保留下来，后来，天然胺的假设被证明是错误的，1920 年，这个词最后的“e”被省去了。从此就用 vitamin 这个词。

（一）维生素的经典概念

不同学者提出的维生素概念不完全相同。Scott 等 (1982) 提出，维生素是一类有机化合物：①存在于天然食物或饲料中，与碳水化合物、脂肪、蛋白质和水分不同；②存在量少；③为正常组织发育以及健康、生长和维持所必需；④在日粮中缺乏或吸收、利用不当时，会导致特定的缺乏症或综合征；⑤不能由动物合成，必须由日粮供给。

事实上，目前人们认为属于维生素的某些物质并不符合维生素的经典概念。争议最大

的是胆碱，赞成将胆碱划为一种带有类似维生素性能的基本营养要素而不是维生素有下列事实：①动物体内能合成相当量的胆碱，因此可减少日粮补充的量；②胆碱的需要量比任何一种已知的维生素都多，胆碱以毫克（mg）计量，其他维生素以微克（ μg ）或 IU 计算；③胆碱是脂肪和神经组织的一种结构组分而不具有维生素特性的催化作用。另一方面，赞成将胆碱划为维生素有下列事实：①尽管某些动物对胆碱的需要尚不确定，但是许多幼畜生长需要它，缺乏胆碱会有肝脏和肾脏损害的迹象。②在维生素 B_{12} 和叶酸作为辅酶因子帮助下，胆碱能够在体内由丝氨酸和蛋氨酸合成，但对于许多种动物，这种合成不够快且不能满足需要，特别是对于幼畜。再者，需要有充足的构成物质如丝氨酸、蛋氨酸、维生素 B_{12} 和叶酸存在体内才能合成胆碱。③胆碱是磷脂类卵磷脂的主要成分，而且存在于鞘磷脂里，是胆碱的主要结合形式，并一起构成体内磷脂的 70%~80%。卵磷脂在肝的脂肪代谢方面是重要的，而鞘磷脂存在于大脑和神经组织里。胆碱也是乙酰胆碱的前体物，乙酰胆碱在神经脉冲传播方向具有重要生理作用。此外，维生素 D 通过紫外线照射可在皮肤表层合成。烟酸在一定程度上可由色氨酸合成。

（二）维生素分类

维生素是“人和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”。维生素彼此间没有内在的关系，它们并不是化学性质和结构相近似的一类化合物，之所以归为一类，是基于其生理功能和营养意义有类似之处。它们都是以本体的形式或可被机体利用的前体形式存在于植物性和动物性饲料中。维生素与其他营养素不同之处在于它既不供应热能也不构成机体组织，只需要少量即能满足需要，一般不能在动物体内经自身的同化作用合成，其中有的以辅酶或辅酶前体的形式参与酶系统的工作。

维生素的种类很多，化学结构与生理功能各异，因此无法按照化学结构或功能分类。维生素的最早分类是在 1913 年，由 McCollum 和 Davis 提出的，维生素分为两大类——“脂溶性 A”和“水溶性 B”，按照在脂肪或水中的溶解性进行分类的方法，现在仍然使用。脂溶性维生素有维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 四大类。水溶性维生素有维生素 B 族和维生素 C 两大类。维生素 B 族包括硫胺素（维生素 B_1 ）、核黄素（维生素 B_2 ）、泛酸（维生素 B_3 ）、胆碱、烟酸（维生素 PP）、维生素 B_6 、生物素、叶酸、维生素 B_{12} 共 9 种。脂溶性和水溶性维生素的特性见表 1-2。

表 1-2 脂溶性和水溶性维生素的特性*

脂溶性维生素	水溶性维生素
1. 分子中含碳、氢、氧三元素，均为异戊二烯衍生物	1. 含碳、氢、氧，有的还含有钴、硫等其他元素
2. 溶于脂肪和脂溶剂，疏水	2. 溶于水，亲水
3. 有前体和前维生素	3. 一般无前体
4. 需要脂性环境和胆盐帮助才易吸收	4. 易吸收
5. 吸收入淋巴系统	5. 吸收入血液
6. 体内可以大量贮存，过量可引起中毒	6. 体内有一定周转存留量，但不贮存，多余随尿排出，一般不会积蓄中毒
7. 不需要每日供给	7. 宜每日供给
8. 缺乏时症状发展缓慢	8. 缺乏时症状发展较为明显

* 引自蔡美琴，2001

(三) 维生素的命名

维生素有三种命名系统：①按发现历史顺序，以英文字母顺序命名，如维生素 A、维生素 B（族）、维生素 C、维生素 E 等；②按其特有的生理功能和治疗作用命名，如抗干眼病因子、抗癞皮病因子、抗坏血酸等；③按其化学结构命名，如视黄醇、硫胺素、核黄素等。但是在使用上并无严格规范，常常三类名称混合使用。表 1-3 是脂溶性和水溶性维生素及主要同义词。本书将讨论表中所列的 14 种维生素。

表 1-3 脂溶性和水溶性维生素及主要同义词*

维生素	主要同义词
脂溶性维生素	
维生素 A ₁	视黄醇、视黄醛、视黄酸
维生素 A ₂	脱氢视黄醇
维生素 D ₂	麦角钙化醇
维生素 D ₃	胆钙化醇
维生素 E	生育酚
维生素 K ₁	叶绿醌
维生素 K ₂	Menaquinone
维生素 K ₃	甲萘醌
水溶性维生素	
硫胺素	维生素 B ₁
核黄素	维生素 B ₂
烟酸	维生素 PP
维生素 B ₆	吡哆醇、吡哆醛、吡哆胺
泛酸	遍多酸
生物素	维生素 H
叶酸	叶精、维生素 M、维生素 Bc、Folate
维生素 B ₁₂	钴胺素
胆碱	Gossypine
维生素 C	抗坏血酸

* 引自 McDowell, 2000

(四) 类维生素物质

某些物质被认为不是维生素，但是符合维生素定义，仅少数动物需要，通常称它们为“类维生素物质”。主要有生物类黄酮、肉毒碱、辅酶 Q、肌醇、硫辛酸、对氨基苯甲酸、乳清酸等。本书不讨论类维生素。

三、维生素的需要量及供给量

图 1-1 是 McDowell (2000) 提出的日粮维生素水平与动物反应的坐标图。横轴代表日粮中各种来源的某种维生素总供给水平, 纵轴代表动物对维生素水平的反应。临界供给量是指发生缺乏症的供给量 ($a \sim b$), 需要量是指防止动物出现缺乏症的最低供给量 ($b \sim c$), 最适量是指可使动物的遗传潜力得到充分发挥, 以达到最佳生产性能时的供给量 ($c \sim d$), 过量一般是指维生素供给水平是安全的, 但不经济的维生素供给量 ($d \sim e$)。下面我们结合这个图来讨论现代动物生产中维生素的需要量和供给量。

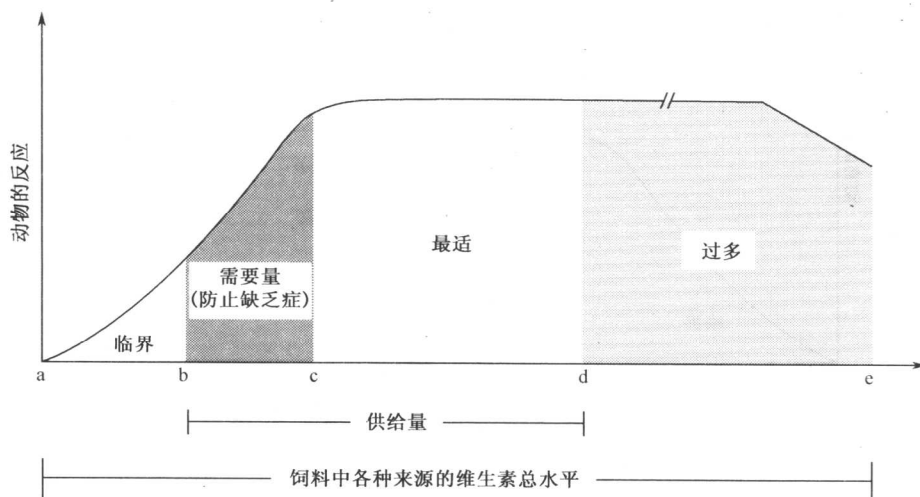


图 1-1 日粮维生素水平与动物反应坐标图

(一) 维生素的需要量

营养需要是指动物在最适宜环境条件下正常、健康生长或达到理想生产成绩对各种营养物质种类和数量的最低要求。这个数量是一个群体平均值, 不包括一切可能增加需要量而设定的保险系数。同品种或同种动物即便地区不同, 这种需要量的差异也不大。所以, 营养需要量在不同地区可相互通用。为了保证相互通用的可靠性和经济有效地饲养动物, 一般都按最低需要量给出。许多学者认为美国国家研究委员会 (NRC) 和英国农业研究委员会 (ARC) 提出的维生素的需要量为接近于防止临床缺乏症的最低供给量。在养殖生产中的缺乏症, 主要为临床缺乏症状, 在科研中, 不但可观测到临床症状, 而且还可观测到亚临床症状。

(二) 供给量

供给量是在实际生产条件下为满足动物的需要, 对日粮中应供给的各种营养素的数量的规定。它在需要量的基础上加了一定的保险系数。保险系数主要基于如下理由: 动物个体差异对需要量的影响, 饲料及其营养素含量和可利用性变化对需要量的影响, 饲

料加工贮藏中的损失，环境因素，需要量评定的差异，非特异性应激因素如亚健康状况等。上面已经讲过，最适量是指可使动物的遗传潜力得到充分发挥，以达到最佳生产性能时的供给量。但是在现代养殖生产实践中，生产性能最佳，有时经济效益并非最佳，而人们重视的往往是达到最佳经济效益时的日粮维生素供给量（b~d）。影响维生素供给量的因素太多，情况也非常复杂，只能在特指的生产条件下适时调整。

四、影响维生素供给量的因素

图 1-2 是 McDowell（2000）提出的影响维生素供给量的因素坐标图。美国 NRC 推荐的维生素需要量是防止动物出现缺乏症的最低供给量。

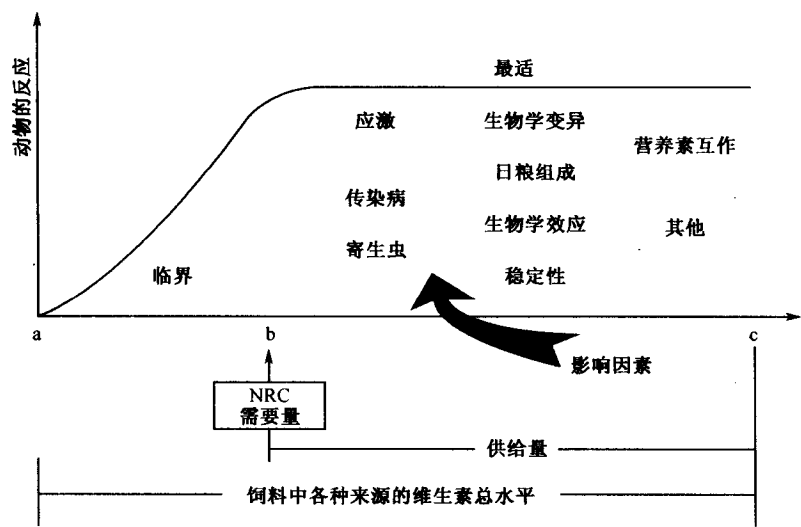


图 1-2 影响维生素供给量坐标图

在现代养殖生产实践中，以美国 NRC 的推荐量为基础，考虑到在实际养殖条件下的影响因素，再确定维生素的供给量（b~c）。影响维生素供给量的主要因素有应激、传染病、寄生虫、日粮组成、生物学效应、稳定性、营养素互作及其他。

（一）饲料加工与贮存

制粒过程中，最重要的因素是摩擦（磨蚀）、压力、热量、湿度和调质时间。摩擦和压力使较多的维生素分子暴露于化学破坏作用中，热和湿度对多数化学反应有加速作用，调质时间延长了氧化还原及其他化学反应。Shields 等（1982）测试了粉料和颗粒饲料中维生素 A 的稳定性。贮存 3 个月后，维生素 A 在粉状饲料中保存率从低温时的 50% 至高温时的 39%，在颗粒饲料中保存率从低温时的 65% 变至高温时的 20%。

（二）应 激

在畜牧兽医界，随着畜牧生产的迅速发展，集约化程度的不断提高，现代育种技术

对畜禽生产力的高强度选择，为追求高生产水平对畜禽的高强度利用，高密度饲养和机械化生产工艺的采用，缺乏运动、组群过大、频繁转群、过早断奶、更换日粮、小气候状况恶化等，违背了畜禽在系统发育中形成的生物学特性，应激造成的生产力下降、产品品质变差、发病率和死亡率提高，已成为制约畜牧生产的重要因素。因此，关于畜禽应激的研究，涉及了育种学、营养学、兽医临床等广泛领域，并取得了显著进展，如环境高温时的热应激。在高温季节，由于鸡采食量降低，需要提高日粮营养素的浓度，包括维生素。另外，处于高温条件下的鸡会出现组织内维生素 C 水平降低、肾上腺皮质激素升高等症状，这时对维生素 C 的需要量明显增加。

(三) 疾病及抗菌药物的使用

疾病感染会影响动物肠道对维生素的吸收。例如，感染寄生虫的家禽常出现维生素 A 缺乏。鸡患球虫病时，会对维生素 K 产生三重应激：①球虫病降低采食量，使维生素摄入量减少；②球虫病损害肠道，减少维生素 K 的吸收；③用抗球虫药物会使鸡对维生素 K 的需要量增加。某些药物可通过改变肠道微生物群落和抑制某些维生素合成而增加动物的维生素需要量。Perry (1978) 报道，磺胺喹噁啉影响维生素 K 吸收，氨丙嘧啶影响硫胺素吸收，磺胺类物质影响叶酸吸收。

(四) 日粮组成

①原料成分及利用率。日粮中天然维生素的含量因原料组分不同而有很大的差异，而维生素的利用率差异也较大。例如，玉米中胆碱的可利用性为 100%，大豆粕仅 60%~75%；大豆粕中烟酸的生物学可利用性为 100%，小麦和高粱为 0，玉米为 0~30%；大豆粕中维生素 B₆ 的生物学可利用性为 65%，玉米为 45%~56%。禾谷类籽实及其副产品中的烟酸以结合形式存在，几乎不能被猪和雏鸡利用。苜蓿粉、玉米、棉仁粕和大豆粕中生物素的生物学可利用性估计为 100%，而其他饲料中则变异很大，大麦为 20%~50%，玉米面筋粉为 62%，鱼粉为 30%，高粱为 20%~60%，燕麦为 32%，小麦为 0~62%。可见，不但要对原料中维生素进行准确性分析，还要知道生物学可利用情况，方可正确调整维生素供给量。②维生素的拮抗物。维生素拮抗物能裂解代谢物分子，或使代谢物复杂化，或占据反应部位而干扰维生素的活性。在调整维生素供给量时应考虑日粮中的拮抗物。普遍存在于日粮中的拮抗物有硫胺素酶，它存在于生鱼中，是硫胺素的拮抗剂，硫胺素的另一拮抗剂是吡啶硫胺素；双香豆素，它存在于某些植物中，通过阻滞维生素 K 的作用而干扰血液凝集；卵白素，它含于生蛋清中；链霉卵白素，它含于链霉菌中，是生物素的拮抗剂。③饲料酸败及霉变。酸败性脂肪可使生物素失活，破坏维生素 A、维生素 D、维生素 E 等；饲料中的黄曲霉毒素能引起消化紊乱，从而干扰维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 的吸收。

(五) 限制饲养

草地中青绿多汁牧草是良好的维生素来源，其中的维生素 A 和维生素 E 多为可利用形式。青绿多汁牧草中含有丰富的 β -胡萝卜素和 α -生育酚。猪和家禽在完全限制饲养时，不能接触草地。同时，限制饲养也使猪和家禽通过食粪获取 B 族维生素的机会减

少。此时，生产者更应注意维生素的供给量。

(六) 日粮中其他营养素水平

低脂肪日粮会使与碳水化合物代谢有关的硫胺素和生物素的需要量提高 (Whitehead, 1992)。低脂肪日粮进而影响脂溶性维生素的吸收。高水平的不饱和脂肪酸日粮会增加对维生素 E 的需要量。微量元素硒与维生素 E 在生化方面有着复杂的补偿与协同作用关系，两者均以对方的存在作为其发挥生理效应的先决条件。吕于明等 (1998) 研究报道，当产蛋种鸡日粮中只补加维生素 E 4mg/kg 时，将日粮亚硒酸钠的硒水平由 0.2mg/kg 提高到 0.35~0.50mg/kg 可使血浆 α -生育酚含量由 0.50 μ g/ml 上升到 1.0 μ g/ml 左右。还有维生素 D 与钙和磷、胆碱与蛋氨酸、烟酸与色氨酸之间的关系均会分别影响维生素的供给量。

总之，在现代养殖生产实践中，生产性能最佳，有时经济效益并非最佳。多数研究者及生产者认为，以美国 NRC 的推荐量为基础，考虑到在实际养殖条件下的影响因素，达到最佳经济效益时的日粮维生素供给量，影响维生素供给量的因素多而复杂，只能在特指的条件时调整。本书收集近年来国内外在这方面的研究成果及有关的理论知识，概括地介绍给读者，试图对认识、研究与解决这些问题有所裨益。

主要参考文献

- 蔡美琴. 2001. 医学营养学. 上海: 上海科学技术文献出版社. 59~60
- 李震钟. 1999. 家畜环境生理学. 北京: 中国农业出版社. 75
- 王安, 单安山. 2001. 饲料添加剂. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社. 46
- 王安, 单安山. 2003. 微量元素与动物生产. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社. 165
- 王和民, 齐广海. 1993. 维生素营养研究进展. 北京: 中国科学技术出版社. 1~9
- 王璋等. 2001. 食品化学. 北京: 中国轻工业出版社. 241, 260
- 中国营养学会. 2001. 中国居民膳食营养素参考摄入量. 北京: 中国轻工业出版社. 261
- Iiegler E E. 1999. 现代营养学. 第 7 版. 闻芝梅等译. 北京: 人民卫生出版社. 105
- McDowell L R. 2000. Reevaluation of the metabolic essentiality of the vitamins. Asian-Aus J Anim Sci, 13 (1): 115~125
- Shields R G, et al. 1982. Researchers study vitamin a stability in feeds. Feedstuffs, Nov 15. 22
- Scott M L, et al. 1982. Nutrition of the chicken. Ithaca New York, 119~276
- Whitehead C C. 1992. Feed additives and supplements, Proc. 3rd spring conference. Edinburgh, 77~92