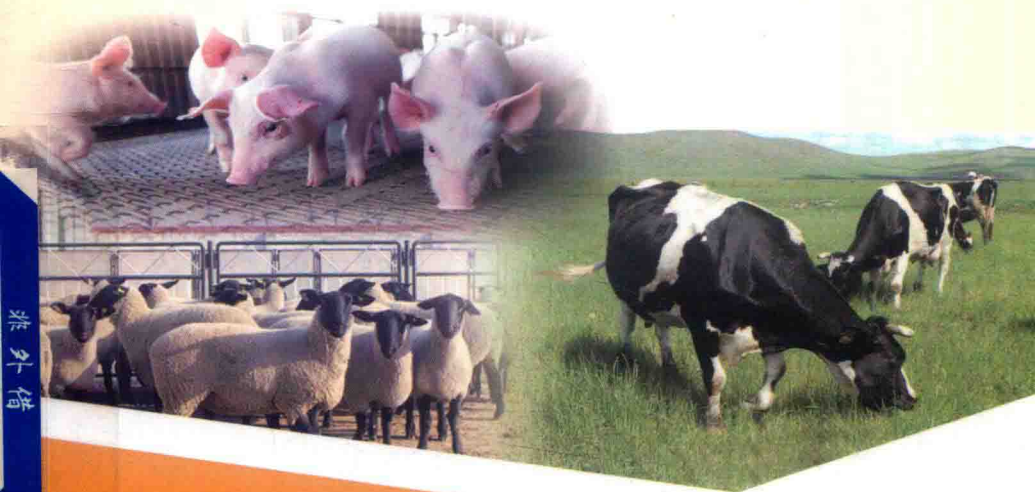


J IACHU HUANJING YU YINGYANG

家畜环境与营养

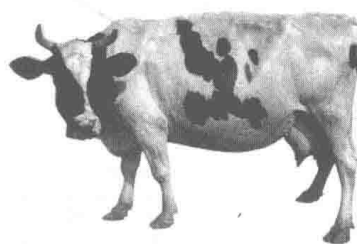
蒋林树 陈俊杰 熊本海 ○ 主编



非
外
借

 中国农业出版社

家畜



环境与营养

蒋林树 陈俊杰 熊本海 主编



中国农业出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

家畜环境与营养/蒋林树, 陈俊杰, 熊本海主编
·—北京: 中国农业出版社, 2018. 11
ISBN 978-7-109-25131-1

I. ①家… II. ①蒋…②陈…③熊… III. ①畜禽卫生—环境卫生学②家畜营养学 IV. ①S851.2②S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 005233 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 冀 刚

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 9.75

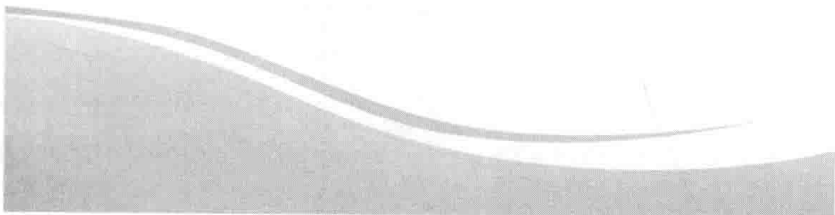
字数: 250 千字

定价: 26.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



奶牛营养学北京市重点实验室 / 北京农学院
中国农业科学院北京畜牧兽医研究所
国家“十三五”重点研发计划-智能农机装备-信息
感知与动物精细养殖管控机理研究(2016YFD0700200)
现代农业产业技术体系北京市奶牛创新团队
北京农林科学院农业信息与经济研究所





编写人员名单

主 编	蒋林树	陈俊杰	熊本海	
副 主 编	杨 蕾	熊东艳	王秀芹	苏明富
	刘长清	孙春清		
参编人员	(按姓氏笔画排序)			
	王 俊	方洛云	刘 磊	孙玉松
	李 旭	李 峥	李振河	张 良
	张 翼	张连英	贾春宝	郭江鹏
	黄秀英	童津津		

前 言



在全球性环境污染日趋严重的今天，人类已越来越深刻地认识到污染给人们带来的种种危机。而影响着人类环境污染的一切因素也无不影响着家畜的环境，给家畜的生存和生产带来更大的威胁。因为家畜无论是在自然环境还是在人为控制的环境下，其直接或间接受污染的程度都远远地大于人类。因此，在人类还要以家畜作为不可缺少的生产和生活资料的今天，我们不得不高度地关注家畜环境问题。

家畜环境学是研究环境因素对家畜作用和影响的基本规律，并依据这些规律制定出利用、控制、保护和改造环境的技术措施。它不仅要创造出适合于家畜生理和行为特征所需要的生活和生产条件，保持家畜健康、预防疾病，充分发挥其生产潜力，实现高产高效，还应该制定出对畜牧生产中的粪、尿、臭气、污水、药物残留等畜产公害的控制措施，以保护人类的生存环境。人类食品中的动物性蛋白质，除水产品外，主要来自畜牧业。因此，一般国家的农业包括种植业和畜牧业，有些国家甚至以畜牧业为主。因此，本书的首要问题是认清环境因素。把影响家畜的环境因素简易分类，物理因素主要有温热、光照、噪声、地形、地势、海拔、土质、牧场和畜舍等。在物理因素中，牧场和畜舍

一般均为人工因素。在现代畜牧业中，这一因素的形成，大都是经过了大量科学试验的积累而刻意安排的，甚至包括舍内的光照与采暖。但随着家畜品种的变化、生产力水平的提高，必须有相应的变化才可适应家畜的营养需要。

人类组织家畜生产的目的是获得更多、更好的畜产品。动物营养过程是一个动态的，与动物本身、饲料原料及加工工艺和人息息相关的过程。因此，动物营养对环境的影响大小也取决于动物本身、饲料和人。而在家畜的生产过程中无时无刻不存在着环境因素的影响，动物最终表现出的生产性能取决于动物遗传性能与环境因素的互作。在环境因素对动物生产过程影响的众多方面中，最为引人注意的是环境与动物营养的关系。环境与动物营养的关系表现在3个方面：一是环境因素对动物营养需要和代谢的影响；二是动物在不同营养状态下对环境的反应会产生变化，特别是对应激的反应方面，对以上两个方面的研究可以揭示在控制的环境下提高肉、奶生产的营养物质代谢规律；第三个方面则是动物的生产活动对周围环境所造成的影响，特别是在饲料中添加的一些添加剂，如抗生素、重金属等，会对周围环境的生态平衡构成影响。

2017年8月18~20日，由国家重点研发计划“养殖环境对畜禽健康的影响机制研究”项目组主办，西北农林科技大学和中国农业科学院北京畜牧兽医研究所等单位联合承办的“2017家畜环境生理与健康养殖学术研讨会暨‘十三五’国家重点研发计划养殖环境对畜禽健康的影响机制研究年度交流推进会”在陕西杨凌西北农林科技大学国际交流中心成功召开。研讨会围绕“环

境·营养·健康”主题，就环境项目立项一年来的研究进展同各课题 300 余位骨干成员及国内外同行开展了交流。

随着我国农业现代化进程的发展，家畜养殖环境与营养对家畜健康的影响很大。规模化养殖场在家畜营养上基本满足不同生理阶段的营养需求和养殖场粪污的处理及资源化利用，但仍有部分小规模养殖户缺乏家畜营养需求的基本知识，环境污染较严重。为保障家畜产品供给、保障舌尖上的安全、保障养殖业生态绿色发展，我们将长期奋战在生产第一线、具有较深理论水平和丰富实践经验的专家组织起来，编写了此书。本书从家畜环境与营养的基本概念、营养成分、家畜在不同生理阶段对营养的需求、环境因素对家畜营养的影响、环境改善对家畜生产的影响、畜牧场的环境保护与管理等多方面对其进行了系统论述，希望广大养殖场（户）从业人员能从中得到帮助和启发。

因编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2018 年 5 月



目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 家畜环境与营养概述及 两者间关系	1
第二节 家畜环境基本内容	9
第三节 家畜营养基本内容	17
第二章 家畜营养需要	40
第一节 生长肥育营养需要	40
第二节 繁殖的营养需要	64
第三节 维持的营养需要	82
第三章 环境因素对家畜营养的影响	98
第一节 动物营养与环境的联系	98
第二节 环境应激对家畜营养的影响	101
第三节 温热环境对家畜营养的影响	112
第四节 空气环境对家畜营养的影响	126

第五节 水、土壤和噪声对家畜营养的影响	137
第四章 环境改善对家畜生产的影响	155
第一节 畜舍的基本结构	155
第二节 畜舍的类型	157
第三节 温度对家畜生产的影响	161
第四节 通风换气对家畜生产的影响	173
第五节 光照对家畜生产的影响	189
第六节 畜舍饮水设备及污水粪尿的排出	193
第七节 家畜生产中对污染的控制	203
第五章 畜牧场的环境保护与管理	209
第一节 畜牧场的环境污染	209
第二节 家畜粪便的污染、危害及其资源化处理	214
第三节 畜牧场废水对环境的污染、危害及其净化处理	237
第四节 畜牧场空气污染、危害及其控制	251
第五节 畜牧场环境污染的综合防治	256
第六节 畜牧场环境管理	260
第七节 畜牧场环境监测内容与评价方法	283
主要参考文献	297



绪 论

第一节 家畜环境与营养概述 及两者间关系

在整个地球的食物链中,各种生物都能按自己的生存方式摄取营养物质,以保障整个生态的平衡。而营养物质的流转过程就是动态的营养过程,在这个营养过程中由于主体不同,从而形成了微生物营养、植物营养和动物营养。当食物链中某种生物的营养过程的负担过重,整个生态平衡就会被打破,环境也会造成极大的破坏。

随着动物遗传育种学和动物营养学的发展,动物的生产水平和对营养物质利用率有了极大提高,这其中的 50%~75% 取决于营养研究的发展。半个世纪以来,动物与营养研究结合,使动物生产得到突飞猛进的发展,动物生产性能总体提高了 50%~200%。猪的生长速度和饲料转化率比 50 年以前提高了 1 倍以上;出栏时间缩短到 6 个月以下;奶牛产奶量比 50 年以前提高了 6~8 倍,最高达 15 倍以上;肉牛每增重 1kg 已从过去的耗料 8kg 以上,下降到 5~6kg。这样就使动物在生态链的营养过程中负担过重,而且近几年片面追求动物的高产,忽视了对生态环境的污染,这样就出现水体富营养化、酸雨和全球温室效应等现象。

一、动物营养中造成环境污染的原因

动物营养过程是一个动态的,与动物本身、饲料原料及加工

工艺和人息息相关的过程。因此，动物营养对环境影响的大小也取决于动物本身、饲料和人。

（一）动物因素

任何动物都不可能百分之百地利用所摄入的营养物质，且对营养物质的利用效率较低，这也是高等动物的生理特点和食物链所必需的。Kornegay 等（1997）综述了饲喂商品饲料猪的营养平均数据，下列养分的表观消化率分别为：氮 30%~55%、钙 30%~50%、磷 20%~50%、钾 5%~20%、钠 10%~25%、镁 15%~30%、铜 5%~30%、锌 5%~30%、锰 5%~10%和铁 5%~30%。从上面表观消化率看出，营养物质的排出量则高达：氮 45%~70%，钙和磷 50%~80%，钾、钠、镁、铜、锌、锰和铁 70%~95%。因而，动物排泄出的大量营养物质对环境造成污染，主要包括 3 个方面：土壤的营养累积、水质污染和有害气体。

1. 土壤的营养累积 饲料中的营养物质经动物消化吸收后，大量营养物质以粪尿的形式排出体外。由于粪尿中含有较高的氮、磷、钾及其他营养物质，因此，它是一种优质的土壤肥料。随着大型养殖场数目和饲养密度的急剧增加，在很小的土地面积上则生产出大量的粪尿，从而造成各种营养物质的富集。Mueller 等（1994）认为，用猪的粪尿施肥 3 年后，与作物的正常需要量相比，土壤 91cm 深处的磷和锌含量大约超出了 4 倍、钾超出约 1 倍、铜超出 3 倍。

2. 水质污染 由于动物体内缺乏有效利用植酸磷的植酸酶以及动物对蛋白质的利用不充分，这就造成动物的排泄物中富含磷和氮等营养物质。而粪尿中氮、磷和其他营养物质过多地排入土壤中，对包括地表水和地下水在内的整个水质均有不良影响。土壤中过量的氮经雨水的冲洗使地下水中硝酸盐含量增加，并有可能通过径流进入地表水；过量的磷会在土壤中大量聚集，当磷

被土壤颗粒吸收而不渗入地下水后，它会随着土壤颗粒一起进入溪流、湖泊和河流，并产生侵蚀作用。而且，磷是调节水生生物生长的最大限制性营养素（Pierzynski et al., 1994），它刺激藻类和其他水生植物的生长。这些生物的分解腐败引起水质的恶化，同时产生一些毒素和消耗大量的氧气。另外，过量的钙进入地下水和地表水中会引起水的硬化。

3. 有害气体 由于动物的排泄物中含有氮、硫、吲哚等物质，不但会产生大量的臭味影响环境，而且粪尿发酵后产生氨气、硫化氢等有毒有害气体，造成环境的日益恶化。

（二）饲料因素

饲料是动物营养所研究的主体，而饲料原料的来源主要是植物，它们中所含的抗营养因子也是动物营养对生态环境污染的原因之一。在生物进化过程中，植物为了抵抗外来的侵害，本身就含有微量的阻碍动物消化的物质。饲料中常见的影响动物对饲料消化利用的抗营养因子有蛋白酶抑制剂、凝集素、单宁、胀气因子、植酸、棉酚、非淀粉多糖等。

1. 蛋白酶抑制剂 饲料中的蛋白酶抑制剂不但能抑制动物对蛋白质的消化利用，同时使动物分泌更多消化蛋白质的蛋白酶。这样就使动物体内代谢加速、负担加重，氮的排泄量就上升。

2. 植酸 植酸是普遍存在于饲料中的抗营养因子，它不仅与磷形成动物难以消化的植酸磷，也可与蛋白质和各种矿物质形成络合物。这样就影响动物对饲料中磷、蛋白质和各种矿物质的利用，从而排出体外对生态环境造成影响。

谷类籽实中植酸磷含量占总磷的 59%~79%，小麦麸中占 76%，而细米糠中可高达 86%，油饼类达 58%~70%。由于动物体不能分泌水解植酸的植酸酶，只能依靠肠道中的微生物分泌的酶来水解。因此，动物对植酸磷的利用率很低。一些研究表

明,猪只能利用玉米中磷的 10.2%,利用豆粕中磷的 25%~35%。不能被利用的植酸磷从粪便中排出体外,从而也造成严重的环境污染。

由于植酸的肌醇环上磷酸根(均)带负电荷,因此植酸具有极强的螯合能力。在微酸性至碱性这一较宽的 pH 范围内,可与消化道内多种金属阳离子,如钙、镁、锌、铁、锰、铜、铬离子络合形成不溶性复合盐,不能被消化吸收。因此,植酸导致动物对钙、铁、锰、铜、铬等元素的利用率降低。同时,当 pH 较低时,植酸与蛋白质分子结合形成蛋白质-金属离子-植酸盐复合物,这种结合降低了蛋白质的消化吸收。植酸也能与消化酶结合形成不溶性复合物,结果降低了多种消化酶的活性,包括蛋白质水解酶、淀粉水解酶和脂肪酶,使蛋白质、淀粉及脂肪消化与利用受到影响。

3. 非淀粉多糖 在家畜饲料中使用的所有禾谷类原料都含有不同水平的非淀粉多糖,还存在于一些豆科植物中,包括扇豆和木薯中。非淀粉多糖可增加食糜黏性,阻碍内源消化酶对食糜消化和消化酶的扩散速度,导致养分吸收率降低。另外,非淀粉多糖可以通过改变水、蛋白质、电解质和脂类的内源分泌而改变消化道功能,使肠道机械混合内容物的能力减弱,脂肪乳化作用降低,肠道食糜中脂肪颗粒变大,消化率下降。

总之,当饲料中含较高水平抗营养因子时,会严重影响动物对营养物质的消化利用。这不仅造成营养物质的流失和浪费,而且会造成严重的氮、磷及多种元素的生态环境污染。

(三) 人为因素

为了保证动物的身体健康、促进动物的生长速度和满足人们的消费需求,营养学家在饲料中添加过量的营养物质是导致排出比例增加的直接原因。另外,饲料中添加的各种抗生素、违禁药物、高铜、高锌、砷等物质会在动物体内残留或不能利用的经动

物排出体外对生态环境造成污染。

1. 营养物质过量 在饲料的配制过程中, 营养学家都会增加对某些营养物质的含量, 以提供安全系数, 用来弥补因饲料成分变异或不能确定所用原料养分利用率对饲养效果的影响。据 Cromwell (1989) 对几所大学和饲料公司的磷推荐量进行的调查结果表明, 大学推荐量是 NRC (1988) 的 110%~120%, 而饲料公司磷的推荐量的平均值是 NRC (1988) 的 120%~130%。这使得过量的营养物质排出体外对生态环境造成污染。

2. 高铜、高锌 铜和锌都是动物必需的营养元素, 自从英国学者 Braude 首次发现饲料中高剂量铜对生长猪有促生长作用以来, 大量的研究表明, 高铜、高锌对仔猪、中猪和大猪都有明显的促生长作用。因此, 饲料中添加高铜、高锌风靡一时。然而, 高剂量的铜和锌会增加猪肉和肝中铜、锌的蓄积, 显著增加动物对铜和锌的排泄量。Apgar 等 (1996) 研究发现, 给 71kg 的阉公猪饲喂含铜分别为 218mg/kg 和 32mg/kg 的日粮, 前者铜的排泄量比后者高 6~7 倍; Adeola 等 (1995) 给 15~18kg 的猪饲喂分别含锌为 23mg/kg 和 123mg/kg 的日粮, 结果饲喂低锌日粮的猪每天锌排出量为 16mg, 而高锌日粮的猪每天锌排出量为 61mg, 提高了 3.8 倍。所以, 饲料中添加高铜、高锌, 不但增加了动物的代谢负担, 降低了动物的福利, 而且增加土壤中铜锌的积累, 加重了土壤和生态环境的负担。

3. 砷制剂 饲料中所使用的砷制剂一般为有机砷, 它们具有广谱杀菌作用, 并对肠道寄生虫有杀死和抑制作用。因此, 对动物有很强的促生长作用。有机砷虽然不像无机砷那样有毒, 但长期使用后向环境中排出量会增加, 造成环境污染。

4. 抗生素和违禁药物 抗生素作为动物防病治病药物已使用了几十年, 其不仅可以防病治病, 而且可以使肠道壁变薄, 有利于养分的消化吸收, 具有明显的促生长作用。但是, 由于使用抗生素会在动物产品中残留, 且长期使用抗生素会对细菌产生抗

药性。因此，抗生素的残留会使人类健康受到威胁，而抗生素的耐药性会打破生物界的生态平衡。同时，可能还有少量的抗生素随着粪便排出直接影响微生物的生存。这样在饲料中添加抗生素不但污染生态环境，而且可能破坏生态平衡。

违禁药物对生产者来说会有巨大的利润可图，不法生产者在饲料中添加各种违禁药物如“瘦肉精”“雌激素类”，不但威胁人类健康，而且也影响生态环境。

二、动物营养学调控方法

在动物饲养过程中，由于动物本身、饲料及加工技术和人为的因素造成生态环境的污染。因此，营养学者在研究与生产中应采取相应的措施以减轻动物的负担，提高动物的福利，最终减轻对生态环境的污染。

（一）确定日粮中动物最佳吸收率的营养物质含量

动物对营养物质的最佳吸收率并不是动物的最大生长率时，随着营养物质供给量的增加，动物的生长速率趋于平稳，而动物对营养物质的利用率则降低。在吸收率最大时，动物的生长速度却还没有达到最佳。因此，营养学家设计配方时以达到最大生长速度的 95%~98% 日粮为目标。这样就可以使动物对营养物质的吸收率达到最大，以减轻排泄物对生态环境的影响。这种方法符合 Heady 等（1954）和 Gahl 等（1995）的猪的生产效率服从营养物质回报递减原理的观点。Heady 等（1954）报道，用这个原理配制猪的日粮与追求最大增重而配制的日粮相比，氮和磷的排泄量下降。

（二）精确设计饲料配方，确保饲料营养平衡

动物并不能利用原料或饲料中的全部氨基酸，而氨基酸平衡可以减少氮的排泄量。利用理想蛋白模式，特别是以可消化氨基

酸为基础的理想蛋白模式来配制日粮，可使饲料中的可利用氨基酸的水平和动物对可利用氨基酸的需要量更加接近，提高氨基酸的利用率，减少某些过量氨基酸的代谢对动物造成的营养代谢负担，更能降低氮的排泄量。

（三）合理降低饲料中蛋白质的水平和添加合成氨基酸

合理降低饲料中的营养水平可明显增加动物对营养物质的利用，减少营养物质的排泄量。Caner 等（1996）研究表明，饲喂蛋白质水平降低 4% 并添加了合成赖氨酸、苏氨酸、色氨酸和蛋氨酸的玉米-豆粕型日粮，氮的排出量减少了 30%~40%。Kerr 等（1999）研究表明，添加合成氨基酸后，日粮中粗蛋白质每降低 1%，总氮的排出量降低约 8%。

（四）阶段性饲养

动物对营养物质的需要量随着年龄、生理状况和环境等因素而改变。因此，在生产中应根据此区别采取特定的饲养方法。阶段性饲养能最大限度地满足动物不同条件下的实际营养需要，从而有利于提高饲料转化率，减少营养物质尤其是氮、磷的流失。例如，在猪的饲养中，要将非必需氮的损失降到最低限度，氨基酸的添加量就必须不断调整。而分阶段饲养可达到以上目的，大约提高 70% 的饲料转化率并减少 12% 的氮和磷排泄量。阶段性饲养对繁殖母猪氮排出量的减少也能起到作用。据报道，妊娠期和哺乳期饲喂不同饲料的母猪与使用同一种饲料相比，其氮的排出量分别减少了 15% 和 21%。

（五）研究开发高品质的饲料原料

开发高品质的饲料原料是提高动物消化利用率、减少排泄物质对生态环境污染的最佳方法之一。现今有很多研究报告认为，通过遗传育种方法培育出的高赖氨酸、高有效磷玉米，其磷的相