

高效饲料 配方及 配制技术

GAOXIAOSILIAOPEIFANGJIPÉIZHISHU

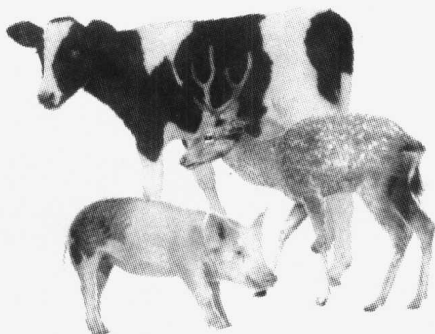
王 恬 丁晓明 主编

中国农业出版社



高效饲料配方及 配制技术

王 恬 丁晓明 主编



B1228246

中国 农业 出版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

高效饲料配方及配制技术/王恬, 丁晓明主编. —北京: 中国农业出版社, 2001.10

ISBN 7-109-07054-9

I. 高... II. ①王...②丁... III. 饲料-配方
IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 045384 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 刘博浩

北京东光印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 10

字数: 248 千字 印数: 1~8 000 册

定价: 14.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

具有能充分发挥动物生产潜力而又价格比较低廉的配合饲料，是饲料工业和养殖业成功的重要保证。这就需要掌握配制各种高效饲料配方的技术，了解科学的加工工艺，或至少能对一些现成的配方进行合理的选择和调整。有关这方面的出版物，过去曾经有过。但随着动物营养、饲料加工工艺研究工作和生产实践的不断发展，很多新的理论、技术和经验正不断涌现。本书汇集了这方面最新的科研、实践成果，从基础理论、应用技术、实用方例等各个方面，对高效饲料配方及其配制技术进行了系统的介绍。希望能对从事饲料和养殖工作的读者有所帮助。由于学术水平和实践经验的限制，书中所述难免会有不够完善的地方，真诚地欢迎指正。

本书各章的撰写人是：第一章庄苏；第二章王恬；第三章和第四章丁晓明；第五章刘强；第六章刘文斌、刘强；第七章周岩民。

编 者

2001年6月于南京农业大学



前言

第一章 高效饲料配方的基础营养知识

一、营养物质及非营养性调控物质	1
(一) 动物必需的营养物质	1
(二) 饲料配方中的非营养性调控物质	10
二、动物的消化道及养分消化代谢	11
(一) 动物的消化道	11
(二) 养分的消化代谢	13
三、动物的营养需要与饲养标准	17
(一) 维持需要	17
(二) 生产需要	19
(三) 饲养标准	26

第二章 高效饲料配方中常用饲料原料及添加剂

一、饲料及其养分含量	55
(一) 饲料类别	55
(二) 饲料的养分含量	57
二、饲料配方中常用饲料原料	80



(一) 能量饲料	80
(二) 蛋白质饲料	85
(三) 常量矿物质饲料	93
三、饲料配方中常用饲料添加剂	95
(一) 常用营养性添加剂	96
(二) 常用非营养性添加剂	103
(三) 使用饲料添加剂应注意的问题	110

第三章 高效饲料配方的设计

一、配合饲料的类别	119
(一) 全价配合饲料	119
(二) 添加剂预混料	119
(三) 浓缩饲料	120
(四) 精料补充料	121
二、饲料配方设计的基本原则与步骤	121
(一) 配方设计的基本原则	121
(二) 饲料配方设计的基本步骤	124
三、饲料配方设计方法	128
(一) 全价配合饲料和精料补充料的 配方设计	128
(二) 浓缩饲料的配方设计	142
(三) 添加剂预混料配方设计	145
(四) 用可编程序计算器和电脑设计 饲料配方	153
四、与饲料配方设计有关的一些问题	164
(一) 按可利用氨基酸设计饲料配方	164
(二) 配方中原料的替换	169
(三) 高温低温季节的饲料配方设计	179



(四) 饲料能量的估算	182
-------------------	-----

(五) 饲料氨基酸含量的估算	183
----------------------	-----

第四章 猪与家禽高效饲料配方

一、猪的饲料配方	185
----------------	-----

(一) 乳猪料	185
---------------	-----

(二) 生长育肥猪	187
-----------------	-----

(三) 种用猪	189
---------------	-----

二、鸡的饲料配方	189
----------------	-----

(一) 蛋鸡的饲料配方	189
-------------------	-----

(二) 肉鸡的饲料配方	191
-------------------	-----

三、鸭的饲料配方	193
----------------	-----

四、鹅的饲料配方	197
----------------	-----

五、肉鸽的饲料配方	199
-----------------	-----

六、鹌鹑的饲料配方	202
-----------------	-----

第五章 反刍动物和单胃草食动物高效饲料配方

一、反刍动物饲养基础	205
------------------	-----

(一) 反刍动物的营养特点	205
---------------------	-----

(二) 反刍动物的饲料组成特点	206
-----------------------	-----

(三) 反刍动物的饲养类型	207
---------------------	-----

(四) 反刍动物的饲料配制过程	208
-----------------------	-----

二、奶牛的饲料配方	210
-----------------	-----

(一) 犊牛人工乳和代乳料配方	210
-----------------------	-----

(二) 育成母牛典型饲料配方	212
----------------------	-----

(三) 泌乳牛饲料配方示例	214
---------------------	-----

三、肉牛的饲料配方	216
-----------------	-----

(一) 育成肉牛饲料配方示例	217
----------------------	-----



(二) 育肥期肉牛饲料配方示例	219
四、羊的饲料配方	222
五、兔的饲料配方	226

第六章 特种经济动物及水产动物高效饲料配方

一、特种经济动物饲料配方	229
(一) 水貂的饲料配方	229
(二) 梅花鹿的饲料配方	232
(三) 狗的饲料配方	238
二、水产动物高效饲料配方	240
(一) 鱼的饲料配方	240
(二) 虾、蟹饲料配方	245
(三) 甲鱼饲料配方	246
(四) 牛蛙饲料配方	247

第七章 高效配合饲料的配制技术

一、配合饲料与预混料的配制技术	248
(一) 加工工艺	248
(二) 加工前处理	256
(三) 加工工序及设备	258
(四) 配合饲料的包装及仓储	290
二、高效配合饲料的质量管理	295
(一) 原料的质量管理	295
(二) 加工中的质量管理	295
(三) 储运中质量管理	297
三、高效配合饲料的质量评价	298
(一) 取样方法	298



(二) 感官检验	299
(三) 化学成分	299
(四) 加工质量	301
(五) 卫生质量	302
(六) 饲养效果	304
主要参考文献	306

第一章

高效饲料配方的基础营养知识

一、营养物质及非营养性调控物质

(一) 动物必需的营养物质

畜、禽、鱼等动物为了维持生命活动、自身的生长、繁殖和形成畜产品（肉、乳、蛋、皮毛等），就必需从饲料中摄取所需的营养物质。它们所需的营养物质的基本营养源主要来自于植物或其副产品及少量的动物产品。这些物质为维持动物的生命活动、生长、繁殖和生产提供了所需的营养素。动物必需营养素一般可分为蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机元素、维生素、水分等几类。

1. 蛋白质 蛋白质是一种复杂的高分子有机化合物，是生命活动的物质基础。它在动物生命活动中具有特殊的重要作用。动物的各种组织均含有蛋白质，一般动物体内除水分外，蛋白质含量最高。乳、肉、蛋、皮毛等畜产品中最主要的成分是蛋白质。蛋白质是动物体组织更新的必需物质，也是动物体内许多重要的功能物质，如酶和激素等。

蛋白质主要由碳、氢、氧、氮四种元素组成，多数蛋白质含有硫，少数含有磷、铁、铜和碘等。其中氮含量一般占蛋白质的16%左右，故人们通常用凯氏定氮法测得的氮乘以6.25计算粗蛋白质量。

蛋白质是氨基酸的聚合物。氨基酸的数量、种类和排列顺序



不同而组成不同的蛋白质。因此，蛋白质的营养实际上是氨基酸的营养。植物蛋白质含有 22 种氨基酸并能自己合成。动物体仅含有 20 种，但机体不能全部合成。我们把动物不能合成，或合成量不能满足动物生长需要，必需由饲料供给的这一类氨基酸称为必需氨基酸。动物共有 13 种必需氨基酸，其中生长动物 10 种，雏禽 11 种，鱼为 10 种。它们主要是赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、精氨酸、甘氨酸等。而限制性氨基酸是指饲料或日粮中的某一种或几种必需氨基酸的含量低于动物的需要量，而且由于它们的不足限制了动物对其他必需氨基酸和非必需氨基酸的利用，其中缺乏最严重的称为第一限制性氨基酸，依次为第二、第三……限制性氨基酸。赖氨酸和蛋氨酸在植物性饲料中最易缺乏，常视为限制性氨基酸，日粮中应注意补充。反刍动物机体虽不能合成某些氨基酸，但瘤胃微生物能合成机体所需的全部氨基酸。因此，在成年反刍动物饲料中一般不添加必需氨基酸，但对幼年和高产反刍动物应加以补充。

理想蛋白质是近年来对饲料蛋白质品质评定的新概念，它所含各种必需氨基酸的比例与动物的生长、妊娠、繁殖、泌乳、产蛋时的各种氨基酸需要量之比相符，一般以赖氨酸需要量为 100 或以色氨酸需要量为 1，其他必需氨基酸则是它们的相对比例。根据理想蛋白质模式，单一饲料中氨基酸的比例往往不适当。如果各种必需氨基酸之间比例不平衡，即使日粮蛋白质水平很高，也不可能满足动物的需要。因此，在配制日粮时，要根据饲料原料中必需氨基酸的含量进行合理搭配，对缺乏的氨基酸以通过补加合成氨基酸加以补充，使饲粮的氨基酸保持合理的配比，这样可以极大地提高饲料蛋白质的利用率和动物的生产效率。

蛋白质是动物机体氮的惟一来源，若蛋白质供应不足，动物生产力下降，健康受损，严重时消瘦死亡，它是其他营养物质如脂肪、碳水化合物所不能代替的。对于鱼类，蛋白质则是体内主



要的能量来源之一，这也是鱼类饲料蛋白质较高的一个重要因素。

2. 脂肪 脂肪包括中性脂肪和类脂物质。在饲料分析中把乙醚浸出物称为粗脂肪，它含有脂肪及一些溶解于乙醚的非脂物质如树脂、色素和脂溶性维生素等。

脂肪的营养功能很多，主要是为动物提供能量，其能值最高，是碳水化合物和蛋白质的 2.25 倍。它是动物体的组成成分和修补的原料；能提供动物体必需脂肪酸；并作为脂溶性维生素的溶剂，促进其吸收与转运；也是畜产品的组成成分。

中性脂肪是由一分子甘油与三分子脂肪酸构成的酯类化合物，称为甘油三酯。其中脂肪酸的烃基可以相同，也可不同。脂肪酸由于碳键的饱和程度不同又分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。棕榈酸和硬脂酸是最普遍的饱和脂肪酸，油酸、亚油酸和亚麻油酸则是最常见的不饱和脂肪酸。植物脂肪主要是不饱和脂肪酸所形成的甘油酯，熔点低，常温下呈液态。亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸等不饱和脂肪酸为维持动物正常生理机能和健康所必需，但动物体内不能合成，必需由日粮供给称为必需脂肪酸。由于成年反刍动物瘤胃微生物能合成上述必需脂肪酸故无需从饲料中供给。

必需脂肪酸参与磷脂合成。磷脂是细胞生物膜的组成成分，是体内合成生物活性物质的先体。因此，日粮中缺乏时，可导致动物生长停滞，繁殖率下降，抗病力下降，生产水平低下。

类脂肪包括磷脂与糖脂等，在动物营养中也具有重要的作用。

3. 碳水化合物 碳水化合物是另一类有机营养素，是植物体的主体，占动物日粮的一半以上，是动物生产中最重要能量来源。在常规营养分析中分为无氮浸出物和粗纤维两部分。

碳水化合物是动物生命活动的主要能量源，是合成体脂、乳糖和乳脂的重要原料，也是合成氨基酸的原料之一。



碳水化合物可分为单糖、低聚糖和多糖三类。

单糖是组成碳水化合物的基本单位。单糖以戊糖和己糖最为重要。日粮中含有的戊糖主要以戊聚糖的形式存在于各种粗饲料中，动物可通过消化道的微生物发酵将其分解作为能源加以利用。己糖则是单糖中最重要的一类，是碳水化合物主要的构成成分，其中以葡萄糖、果糖、半乳糖、甘露糖最重要。葡萄糖是淀粉、糖原和纤维素的构成单位，是碳水化合物在动物消化道中重要性的分解尾产物，并作为主要能量物质被动物利用。半乳糖则在动物乳腺中用以合成乳糖。

低聚糖是由 2~6 个单糖失水而成，它又能经水解而生成单糖。低聚糖中以二糖最重要，其中又以蔗糖、麦芽糖、纤维二糖和乳糖最重要。

多糖由 10 个以上单糖分子脱水以苷键结合而成。从营养上讲，多糖可分为营养性多糖和结构性多糖两类。植物中的淀粉与动物体内的糖原为营养性多糖，是能量的贮存物质，又称贮存多糖。而纤维素、半纤维素、果胶等都为结构多糖，常称为非淀粉多糖（NSP）。纤维素是植物中含量极为丰富的一种碳水化合物，是构成植物细胞壁的主要成分，它是葡萄糖以 β -1, 4 键相连的长链物质。半纤维素则是由聚戊糖和聚己糖组成，也是细胞壁的组成成分之一；果胶则为细胞间粘接物。另外木质素并非碳水化合物，它是苯基—丙烷衍生物的聚合体，由于其与纤维素或半纤维素伴随存在，作为植物细胞壁的结构物质，一般也被列入多糖之中。单胃动物体内没有分解纤维素和半纤维素的酶，不能消化这类物质。但上述这些物质在动物盲肠和结肠中可借助微生物消化加以部分分解并被动物吸收利用。反刍动物对碳水化合物的消化与吸收主要是在瘤胃微生物作用下，将碳水化合物分解成挥发性脂肪酸如乙酸、丙酸和丁酸等后加以吸收与利用。因此，粗纤维是反刍动物主要的能量来源，在能量代谢中具有十分重要的意义。



4. 无机元素 矿物质是一类无机营养物质。它们有的是动植物的组成成分,有的是动物进行代谢活动不可缺少的物质。根据矿物质元素在动物体内的含量多少,将其分为常量元素和微量元素。常量元素是指占动物体重 0.01% 以上的元素,包括钙、磷、钾、钠、氯、硫和镁;微量元素则指体内含量小于 0.01% 的元素,包括铁、铜、锰、锌、碘、硒和钴等。

(1) 钙与磷:钙、磷是体内含量最多的矿物质元素,占体重 1%~2%,主要存在于骨骼和牙齿中,同时也是蛋壳的主要成分。钙对凝血和调节神经肌肉兴奋有重要作用,也是维持动物体各种组织的正常生理状态所必需。磷除了构成骨骼、牙齿外,其生物学功能较多,参与体内能量代谢,是细胞膜和一些酶的成分,也是体内蛋白质合成不可缺少的物质。动物长期缺乏钙、磷时,幼年动物发生佝偻病,成年动物出现骨质疏松症。产蛋禽缺钙时产软壳蛋、薄壳蛋,产蛋率下降,种蛋孵化率低。当日粮缺磷时,动物会出现异嗜;消瘦,繁殖异常等现象。

钙、磷一般占日粮的 0.6%~1.0% 和 0.5%~0.8% 左右。动物需要的钙磷之比一般为 2:1,产蛋禽为 4~5:1。因此,在配制日粮时应注意钙、磷之间的比例关系。

(2) 氯、钾、钠:钾是动物细胞内液的主要阳离子,钠则是血浆和细胞外液的主要阳离子。氯、钾和钠与碳酸盐离子一起对调节体液的渗透压和体内的酸碱平衡,控制体内代谢起重要作用。钠对调节肌肉神经兴奋及营养物质的吸收具有重要作用;钾则参与调节神经肌肉的兴奋性,参与体内碳水化合物代谢。氯则以盐酸的形式作为胃液的构成成分,参与消化代谢。日粮中缺乏氯、钾、钠时,动物食欲不振,生长缓慢,消瘦,生产力下降,严重时出现异嗜现象。一般情况下,日粮不缺乏钾,氯化钠的含量约占日粮 0.35% 左右为宜。

(3) 镁:动物体内镁 70% 以磷酸盐和碳酸盐形式参与骨骼和牙齿的构成,其余存在于软组织中。镁作为体内酶的活化因子



或成分参与机体代谢，同时调节维持神经肌肉的兴奋性。一般情况，非反刍动物需镁量低不易发生缺镁症，但反刍动物需镁高，易出现缺镁症状。缺镁时，动物生产受阻，过度兴奋、痉挛、厌食，严重时昏迷死亡。在生产实际中，反刍动物常由于在早春季节采食大量的幼嫩牧草后出现缺镁性“草痉挛”。

(4) 硫：硫主要存在于含硫氨基酸（蛋氨酸、胱氨酸和半胱氨酸）、含硫维生素（硫胺素、生物素）和胰岛素中。因此，硫主要是通过上述氨基酸、维生素和激素在体内产生生理功能作用，参与机体代谢。动物缺硫时，生长缓慢，羽毛发育不良。当反刍动物日粮中添加非蛋白氮时应考虑添加硫元素，一般氮：硫以 10~14:1 左右为宜。

(5) 铁：在动物体内含量虽少，但它是血红蛋白、肌红蛋白及许多酶（细胞色素、氧化酶）的必需组成成分，在机体内参与氧的转运、交换及组织的吸收过程。初生动物尤其是初生仔猪易发生缺铁性贫血。幼畜缺铁时补饲硫酸亚铁、葡萄糖酸铁或酒石酸铁均可取得良好的效果。青草、糠麸类饲料中富含铁。

(6) 铜：铜是体内许多酶的组成成分，参与机体营养代谢，参与骨骼的构成，红细胞的生成，对动物被毛色素的沉积具有重要意义。缺乏时，引起动物贫血，生长缓慢，骨质疏松和生长不良，绵羊被毛褪色。而过量时，可引起动物溶血症。适量高铜对生长猪具有明显的促生长作用。饲料中一般补饲硫酸铜。

(7) 锌：锌是体内金属酶中最的一种微量元素，体内有 200 多种酶含有锌，如碱性磷酸酶、碳酸酐酶等；锌是蛋白质合成与代谢所必需，为胰岛素的成分，在营养中起着十分重要的作用。缺乏时，动物食欲下降，生长受阻，发育不良，皮肤发生不完全角化症，同时动物的繁殖率和免疫力下降。高钙日粮下可诱发缺锌症的发生。硫酸锌为常用的补锌源。

(8) 锰：锰作为体内一系列酶的激活剂参与体内三大有机物的代谢和胆固醇的代谢，是形成骨骼的必需元素，对动物的生长



繁殖起作用。缺乏时，动物采食量下降，饲料的利用率降低，生长缓慢，骨骼异常，运动共济失调。禽类缺锰产生滑腱症和软骨症。过量时，动物生长同样受阻、贫血，有时会出现神经症状。日粮补锰可采用无机锰化合物如硫酸锰等。

(9) 硒：硒是谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-P_x）组成成分，对机体内氢和脂的过氧化物有较强的还原作用，保持细胞膜结构完整和功能正常。在抗氧化方面，硒与维生素 E 具有协同作用，维生素 E 可以减轻缺硒症的表现。缺硒时可导致动物生长受阻，心肌、骨骼肌萎缩，肝脏坏死以及出现水肿等一系列症状；缺硒明显降低繁殖率，动物出现白肌病，鸡表现为渗出性素质症。我国缺硒具有明显的地区性，在缺硒地区，动物日粮中应补充硒以保证动物健康。亚硒酸钠是常用补硒源。

(10) 碘：碘构成甲状腺素，是调节机体新陈代谢的重要物质，对动物体的健康、生长、繁殖均有重要作用。缺乏时，动物出现甲状腺肿大，妊娠母猪可引起胎儿发育受阻，出现弱胎、死胎。饲料中一般加入碘化钾（钠）或碘酸钙来补碘。

5. 维生素 维生素是动物代谢所必需的需要量很微的低分子有机化合物。缺乏时，动物的生长、繁殖、健康均受到影响。维生素按其溶解性分为脂溶性和水溶性维生素两大类。脂溶性维生素包括维生素 A、D、E、K；水溶性维生素包括维生素 B 族和维生素 C。饲料中脂溶性维生素多时能在动物体内贮存，若短时间缺乏，不会立刻出现病症。而水溶性维生素则需要每天供给。绿色植物含有多种维生素和维生素前体物，是动物维生素很好的来源。肠道微生物能合成各种维生素，阳光照射动物皮肤能合成维生素 D。因此，放牧条件下饲养的动物一般不易缺乏维生素，而在集约化饲养条件下，若不接触土地，缺少阳光，吃不到青绿饲料，动物很容易发生维生素缺乏症。因此，必须在饲料中补充维生素，以保证动物的身体健康和动物生产需要。各种维生素主要功能、缺乏症及来源见表 1-1。



表 1-1 维生素的主要功能、缺乏症与来源

维生素	主要功能	缺乏症	来源
A	促进骨骼生长, 保护呼吸、消化、泌尿生殖道上皮和皮肤的健康, 促进生长发育	干眼病, 夜盲症, 上皮组织角化, 抗病力下降, 繁殖率下降	绿色饲草, 胡萝卜, 黄玉米, 鱼肝油, 合成的维生素 A
D	促进钙、磷的吸收与利用, 为骨骼和胚胎的正常发育所必需	幼畜佝偻病, 成年动物骨质疏松症, 生长缓慢, 软壳蛋和孵化率低	动物日光照射生成维生素 D, 鱼肝油、干草, 合成的维生素 D
E	维持正常的生殖机能, 防止肌肉萎缩, 抗氧化作用	肌肉萎缩, 白肌病、肝脏坏死, 繁殖率下降, 鸡渗出性素质病	植物油, 绿色植物, 小麦麸, 合成的维生素 E
K	促进肝脏合成凝血酶原及凝血因子	凝血时间延长, 皮下肌肉和肠道出血	绿色植物, 肠道微生物, 合成的维生素 K
B ₁ (硫胺素)	参与能量代谢, 为碳水化合物代谢所必需, 保证神经、肌肉、胃肠正常活动	食欲减退, 体重减轻, 多发性神经炎(头颈强直后仰)	谷物外皮, 青绿饲料
B ₂ (核黄素)	参与体内能量、蛋白质和脂肪代谢, 是体内生物氧化所必需	生长迟缓, 被毛粗乱, 曲趾, 神经麻痹	青绿饲料, 酵母, 发酵饲料
烟酸 (尼克酸)	为辅酶 I 和辅酶 II 的成分, 为体内生物氧化所必需, 保证皮肤、消化和神经系统功能正常	生长缓慢, 食欲减退, 皮炎, 坏死性肠炎	谷实, 糠麸及动物性饲料
B ₆ (吡哆醇)	参与蛋白质代谢, 参与红细胞的形成, 在内分泌中起作用	幼畜生长缓慢或停止, 繁殖力下降, 动物运动失调	谷实、豆类、动物性饲料, 酵母