

饲料配制基础

郑州粮食学院

饲料配制基础

江苏工业学院图书馆
藏书章

郑州粮食学院

一九八五年六月

饲料配制基础

目 录

序 言	1
第一章 饲料与营养	3
第一节 饲料的营养物质与一般功用	3
第二节 饲料营养成分的分析法	32
第三节 饲料营养的饲养分析	34
第四节 饲料的能量	39
第五节 饲料蛋白质的营养价值	45
第六节 饲料营养价值的其它衡量指标	49
第七节 饲料营养价值的评定	52
第二章 配合饲料的原料	53
第一节 能量饲料	56

第二节	蛋白质饲料	~~~~~	62
第三节	矿物质饲料	~~~~~	76
第四节	维生素饲料	~~~~~	85
第五节	饲料添加剂	~~~~~	90
第六节	青饲料、青贮饲料、粗饲料	~~~~~	114
第三章	饲料配方的设计原理	~~~~~	121
第一节	畜禽的营养需要与饲养标准	~~~~~	121
第二节	配合饲料的质量标准	~~~~~	128
第三节	饲料配方设计的原则与要求	~~~~~	130
第四节	饲料配方的设计方法	~~~~~	132
第四章	畜禽的营养需要与饲料配方	~~~~~	145
第一节	生长肥育猪的营养需要与饲料配方	~~~~~	145
第二节	繁殖猪的营养需要与饲料配方	~~~~~	151
第三节	鸡的营养需要与饲料配方	~~~~~	160

第四节	奶牛的营养需要与饲料配方	174
第五节	鱼饲料	184
第五章	饲料添加剂配方设计	191
第一节	矿物质预混添加剂配方设计	191
第二节	维生素预混添加剂配方设计	200
第三节	饲料添加剂配方举例	201
附录		
	中华人民共和国商业部部标准(试行)	211
	仔猪、生长鸡、鸭、奶牛配合饲料质量标准	
	中华人民共和国商业部部标准	214
	配合饲料质量标准及检验方法	
参考资料		240
编后语		242

序 言

饲料均能提供动物生活与生产所需营养而无有害作用的物质。这些物质中除了纯合成的添加剂之外，几乎都是动物、植物、微生物等生物体或由它们转变而来的。

饲料的种类繁多、化学组成也各不相同，它们能为动物提供的营养也差异较大，但又各具特点。动物营养研究表明，动物对各种营养素的要求有其特定的比例，当饲料中所供营养素的比例与其要求相一致时，可充分发挥动物的生长或生产性能，使饲养业得到最大的经济效益。这便是对动物饲料进行营养平衡的意义。由于单一饲料中的营养素即不齐全又不平衡，因而需要将两种以上的不同的饲料原料进行搭配，这便是饲料配制或日粮平衡。

进行饲料配制的基础工作有二。一是要查清各种动物在不同生活环境和生产条件下对各种营养素的需要量，也即要制定动物的饲养标准；二是要查清各种饲料原料的营养成分与营养价值，这便是饲料学的任务。随着科学技术的发现，动物营养学家已经制定出许多动物的饲养标准，也查清了许多饲料原料的营养成分和营养价值，因而使得饲料配合的水平日益得以提高。而电子计算机的应用，使“最低成本饲料配方”的设计成为可能，而“最低成本饲料配方”的广泛应用，给畜牧业带来了巨大的经济效益。

按照设计好的饲料配方的要求，选择原料并经过一定的加工工艺加工成的成品即为配合饲料。因此，配合饲料是动物营养学、饲养学、饲料学、饲料加工技术等有关现代科学技术共同

发展的产物和结晶。

《饲料配制基础》的目的和任务是阐明饲料与动物营养的关系，介绍评定饲料营养价值的基本方法；探讨各种饲料原料的营养特性或作用；阐明饲料配方设计的基本原理；介绍各类动物的营养需要与饲料配方；介绍饲料添加剂配方的设计方法。

通过本课程的教学，为学生进行配合饲料的配方设计打下初步的基础。

第一章 饲料与营养

在活的动物体内，不断地进行着新陈代谢作用。而要维持新陈代谢、保持动物健康，进行生产活动（泌乳、繁殖、生长发育、劳役等），就必须从体外摄取养分或称营养素。

所谓动物营养即为动物将食物转变为自身体组织和活动的各种化学反应和生理过程的总称，包括各种营养物质的采食、消化和吸收，将它们运送到体细胞的输送过程以及无用元素和代谢废物的排出。

饲料即指禽兽能够食用的含营养素的物质。

第一节 饲料的营养物质与一般功用

在已知的100多种化学元素中，至少有20种参与了各种必需营养素的构成，这些基本元素是：碳[C]、氢[H]、氧[O]、氮[N]、磷[P]、钾[K]、硫[S]、碘[I]、钙[Ca]、铁[Fe]、镁[Mg]、钠[Na]、氯[Cl]、钴[Co]、铜[Cu]、锰[Mn]、锌[Zn]、钼[Mo]、氟[F]、硒[Se]。它们构成了各种营养物质见表一。

通常所说的营养素有六大类：即蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素和水分。

一. 蛋白质

1. 蛋白质的构成：

蛋白质主要由碳、氢、氧、氮以及少量的硫所组成，有些还含有微量的磷、铁、碘等元素，其特征性元素是氮。

仅由氨基酸构成的蛋白质称为纯蛋白质，纯蛋白与其它非蛋白质物质结合而成的蛋白质称为复合蛋白质。属于前者的如清蛋白、球蛋白等，属于后者的如核蛋白质和糖蛋白质等。天然蛋白质经物理和化学处理而变性和部分分解的蛋白质称为衍生蛋白质。

组成蛋白质的氨基酸基本有20余种，即：甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、苏氨酸、半胱氨酸、胱氨酸、鸟氨酸、赖氨酸、精氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、组氨酸、色氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸等。

饲料中除了蛋白质外，还含有某些非蛋白态氮化合物(NPN)，包括有脲、游离氨基酸、胺盐以及含氮配糖体等物。这些非蛋白态氮化合物与纯蛋白质总称为粗蛋白。

2. 必需氨基酸、非必需氨基酸和限制性氨基酸。

动物所需的，但在动物体内不能自身合成或是合成速度极慢而必须从饲料中提供的氨基酸称为必需氨基酸。与此对应，能够在体内由其它物质合成的而不必专门从饲料蛋白质中提供的氨基酸便称为非必需氨基酸。

各类动物的必需氨基酸种类有所差异。除反刍动物外，非反刍动物共同需要的必需氨基酸有下列8种。即亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸。此外，组氨酸、精氨酸对于幼畜是必需的。甘氨酸对于家禽特别是幼雏也是必需的。胱氨酸与酪氨酸虽是非必需氨基酸，但由于它们的存在，可以分别降低畜禽对蛋氨酸和苯丙氨酸的需求量。因而也被称为半必需氨基酸。

动物对蛋白质的需要实质是对各种氨基酸的需要，动物食

入饲料蛋白质后，在体内将其消化，分解成游离氨基酸，再根据自身需要，将各种氨基酸按特定的比例合成体蛋白。当饲料中提供的各种氨基酸的种类、数量，比例恰好与动物所需相一致时，这便是理想的氨基酸平衡。若把氨基酸的需要比作一只木桶，各种氨基酸就是桶板，理想的氨基酸平衡便是一个完整相桶（图1）。但天然饲料中氨基酸的含量不可能达到理想状态，就象由高低不同的桶板做成的木桶（图2）。饲料中与动物需要量相差甚大的必需氨基酸称为限制性氨基酸。事实上，必需氨基酸中任何一种不足，都将限制其它氨基酸的利用。而与营养需要量相比，差距最大者被称为第一限制性氨基酸，依差距大小，还有第二、第三……限制性氨基酸。



图 1

理想的氨基酸平衡



图 2

限制性氨基酸

当氨基酸不平衡时，不能被动物作为合成蛋白质原料的氨基酸在体内被分解，脱氨基后，作为能量物质利用，脱下的氨，在肝中形成尿素，随尿排出体外，造成蛋白质浪费。

对于反刍动物如牛、羊等，由于它们的胃、肠道中的微生物能合成各种氨基酸供牛、羊营养所用，所以对它们进行划分必需与非必需氨基酸不具有实际意义。

3. 蛋白质的营养功能

在动物生命活动中，蛋白质对机体具有重要的营养作用。

1). 蛋白质是构成体组织、体细胞的基本原料

动物的肌肉、神经、结缔组织、皮肤、血液等，均以蛋白质为基本成分。例如球蛋白是构成动物体组织的原料，白蛋白是构成体液的原料，而血液中的血红蛋白是由蛋白质和铁化合而成，肝脾中的肝糖原是由蛋白质和铁化合而成，血清蛋白是由蛋白质和铜化合而成，蛋白质与油脂化合，形成油脂蛋白，存在于细胞核、血液、乳液中，卵磷脂蛋白是其中之一。动物体表的各种保护组织如发、毛、羽、蹄、角等，均由角质蛋白所构成。蛋白质也是家畜体内的酶、激素、抗体、色素及肉、乳、蛋、毛等畜产品的组成成分。

2). 蛋白质是修补体组织的必需物质

动物体组织器官的蛋白质通过新陈代谢不断更新。据示踪原子法研究，家畜机体的全部蛋白质约经6~7个月，就有半数为新合成的蛋白质所更替。因此，即使对于休憩的家畜，也应供给必需量的蛋白质。

3). 能提供热能

在动物体内，当供给热能的碳水化合物及脂肪不足时，蛋白质也可以在体内分解，氧化释放热能，以补充碳水化合物及脂肪的不足，多余的蛋白质可以在肝脏血液及肌肉中贮存一定数量，或经脱氨作用，将不含氮的部分转化为脂肪，贮积起来，以备营养不足时重新分解，供应家畜的热能需要。

4). 因粮中蛋白质不足的后果

(1). 动物体内蛋白质代谢变为负平衡, 体重减轻, 产乳量及生长率均降低。饲料的利用率亦降低。

(2). 影响动物繁殖, 公畜精子数量减少, 品质降低, 母畜发情及性周期异常, 不易受孕。即使受孕, 胎儿发育不良, 甚至产死胎, 死胎等。

当饲料中蛋白质过多时, 对动物(特别是牲畜)同样有不利影响, 不仅造成饲料浪费, 而且长期饲喂将引起机体代谢紊乱。

二、脂 肪

1. 脂肪的构成:

在动植物体内存在的成分中, 凡不溶于水, 而溶于乙醚、氯仿、苯等溶剂的, 总称为脂肪或脂质。除了极少数复杂的脂肪外, 大多数脂肪均由碳、氢、氧三种元素组成。根据其结构的不同, 脂肪可分为单纯脂肪和类脂两大类。

(1). 单纯脂肪或油脂

单纯脂肪由1分子甘油和3分子脂肪酸结合而成。由于结合的脂肪酸的种类和性质的不同, 油脂的种类和数量性质也各不相同。常温下呈液态的脂肪叫油, 常温下呈固态的叫做脂。表征油脂的性状常用指标有以下几项:

(1). 熔点: 一般说, 分子量小的, 含不饱和脂肪酸程度高的脂肪, 熔点低, 多呈液态, 根据脂肪的熔点, 可以了解各种油脂的状态或畜产品的品质。

(2). 碘值: 即指100g油脂中所吸收的碘的克数, 可测脂肪酸的饱和程度, 由此了解其氧化性。

(3). 皂化价: 中和1g油脂水解产生的脂肪酸所需的碱的毫克数, 称为皂化价。皂化价大的油脂含有大量分子量小的脂肪酸。

(4). 酸价: 为中和 1g 油脂内所含游离脂肪酸所需羟基毫克数。可根据酸价的高低来区分油脂的品质, 腐败变质的油脂, 贮存期长的油脂酸价高。

(5). 过氧化物价: 该价可表示油脂内所存在的活性氧的含量。

一般使用的测定方法是用碘化钾(KI)作用于油脂, 其过氧化物所游离的碘以 $\sqrt{I_2}$ 或 S_2O_3 标定, 以其含量表示过氧化物价。

2). 脂肪酸与必需脂肪酸

脂肪酸是形成一切脂肪的重要成分。脂肪酸的种类很多, 存在于一般油脂内以及在动物营养上值得注意的有:

(1). 饱和脂肪酸. 这类脂肪酸中在天然油脂中含量较多的有月桂酸($C_{11}H_{23}COOH$), 豆蔻酸($C_{13}H_{27}COOH$), 棕榈酸($C_{15}H_{31}COOH$)、硬脂酸($C_{17}H_{35}COOH$)、花生酸($C_{19}H_{39}COOH$)等熔点高而至固态的脂肪酸, 还有辛酸($C_7H_{15}COOH$)、己酸($C_5H_{11}COOH$)、丁酸(C_3H_7COOH)等熔点低的挥发性脂肪酸。

此外, 碳数少的甲酸、乙酸、丙酸等虽不形成天然油脂, 但在反刍动物的营养上有很重要的意义。

(2). 不饱和脂肪酸: 脂肪酸若含有较少的氢原子, 因而有两个以上的碳原子互以双键相结合, 这种脂肪酸称为不饱和脂肪酸, 碳链上双键越多, 不饱和程度越大。重要的不饱和脂肪酸有油酸($C_{17}H_{33}COOH$)、亚油酸($C_{17}H_{31}COOH$)、亚麻酸($C_{17}H_{29}COOH$)、花生四烯酸($C_{19}H_{31}COOH$)等。油酸存在于几乎所有的油料内。

(3). 必需脂肪酸. 不能在体内由碳水化合物和脂肪形成, 必须从饲料中提供的脂肪酸称为必需脂肪酸, 属于必需脂肪酸的有亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸三种。其中花生四烯酸能由亚麻酸合成, 所以当亚油酸缺乏时, 必须由饲料中补充花生四烯酸。

(4). 类脂：类脂中主要有蜡、固醇、磷脂类、糖脂等，除了蜡外，其它类脂在动物营养上都有重要的作用，并且广泛存在于各种动、植物性饲料中和动物体中。

2. 脂肪的营养功能

1). 脂肪是构成动物体组织的重要成分。

动物体的各种器官和组织如神经、肌肉、骨骼及血液等的组织中均含有脂肪，主要为卵磷脂、脑磷脂、脑糖脂和胆固醇。参与构成各种组织的细胞膜原生质。细胞脂肪与贮存脂肪不同，它有恒定的成分，在任何情况不受食入饲料脂肪的影响。

2). 脂肪是动物热能来源的主要原料。饲料脂肪被动物吸收后，可以氧化生热。由于脂肪中含氢原子比例高，因而具有很高的能量。1g脂肪可以产生9kcal的热量。当脂肪多余时，多余的部分可转为体脂肪贮存。

3). 可供给幼畜以必需脂肪酸。

4). 脂肪是脂溶性维生素的溶剂。饲料中的脂溶性维生素A、D、E、K，被家畜采食后，必须溶于脂肪中，才能被畜体消化、吸收和利用。当缺乏脂肪时，会发生脂溶性维生素的代谢障碍，出现维生素A、D、E、K的营养缺乏症。

5). 脂肪是畜产品的组成成分。家畜的产品如肉、乳及卵中均含有一定量的脂肪，乳汁中约含1.6~6.8%的脂肪；肉中约含16~29%的脂肪；一个鸡蛋约含5克脂肪。当饲料中缺乏脂肪时，会影响畜产品的形成。

此外，脂肪在畜体内是一种绝缘物质，具有维持体温的作用。同时，脂肪填充在动物组织器官的周围，具有使器官定位、保护器官的作用。

三. 碳水化合物

碳水化合物是碳、氧、氢形成的化合物，约占植物性饲料

总干物质重量的 $\frac{3}{4}$ 。它是动物所需能量的主要来源。但在动物体内，碳水化合物的含量甚少，主要以糖原的形式存在于动物的肝和肌肉中。

1. 饲料中碳水化合物的构成。

碳水化合物可分为无氮浸出物和粗纤维两大类。从化学结构上，碳水化合物又可区分为单糖、双糖、三糖和多糖类。

1). 单糖类：单糖是构成碳水化合物的基本单位。主要有两种，即戊糖和己糖，属于前者的如木糖、阿拉伯糖等，属于后者的如葡萄糖、果糖、半乳糖、甘露糖等。己糖做为动物体内的代谢物质在营养上起着重要作用，其中以葡萄糖最为重要，因为动物在消化碳水化合物时，先要将其分解变成葡萄糖后才能利用，或是贮存起来。在天然饲料中，单糖含量极少，多以多糖形式存在。

2). 双糖：由两个单糖分子脱水结合而成的糖称为双糖，营养上重要的有麦芽糖、蔗糖、乳糖三种，它们都易溶于水。蔗糖由葡萄糖和果糖结合而成，麦芽糖仅由葡萄糖结合而成，而乳糖则由葡萄糖结合而成。它们在各自属性的酶的作用下可分解成相应的单糖。

一般情况下，乳糖比其它糖类需要更长时间才能被吸收，所以一时采食乳糖过多时，动物会发生下痢。

除了少数种饲料外，大多数饲料中的天然双糖并不多。

3). 多糖：由很多单糖分子结合而成的糖称为多糖。多糖类是自然界分布最广的碳水化合物，是植物性饲料中所含的最重要的养分。

(1). 淀粉。淀粉是多糖类的代表物，是动物和人最主要的能量来源。为谷实类饲料的主要成分，淀粉由D-葡萄糖结合而成，受酸和酶的作用而水解时，变成糊精，然后变

或麦芽糖，最后分解成葡萄糖。

(2) 糖原：是动物体内贮存的碳水化合物，亦称动物淀粉。糖原主要贮存于动物的肝、肌肉等组织中，其最终分解产物为葡萄糖。虽然糖原在营养上有较大的意义，但动物性饲料中含量很少，而植物性饲料中不存在。

(3) 纤维素：纤维素是构成植物细胞壁的主要成分，它是由葡萄糖以 β -1,4 键结合而成的一种长链高分子化合物。纤维素结晶性能非常好，理化稳定性强。家畜消化液中并没有分解纤维素的酶，但纤维素可被一些细菌作用后分解，这些微生物对反刍动物的营养有着重要作用。

(4) 戊聚糖 戊聚糖由戊糖结合而成，在酸的作用下，能生成戊糖。戊聚糖可分为阿拉伯树胶、木聚糖等。戊聚糖在植物体内常与纤维素共存，同纤维素类似，戊聚糖不受消化液中酶的作用，但也可被瘤胃等肠道中的微生物所分解，戊聚糖在精饲料(如谷类、豆类)中含量很少，但在干草中含量较高，约占干草碳水化合物的20%。

(5) 半纤维素 半纤维素不是一种单一的化合物，其组成很复杂，主要包括戊聚糖、甘露聚糖、多孔聚糖、树脂等。其中以戊聚糖为最多。半纤维素是植物纤维性物质中易溶解的部分，也易被一般细菌所利用，所以反刍动物对半纤维素的消化率较高，非反刍动物亦能利用半纤维素。

(6) 木质素 木质素是一种高分子的稠环芳香烃，可看作是苯基丙醇的取代物或肉桂酸(3-苯基丙烯酸)的衍生物。木质素的结构单位是一个苯环上有烷氧基的丙苯基。各结构单位之间，用不可能水解分裂的键牢固地结合在一起。

木质素不能被动物的消化酶所分解，也不能被瘤胃和肠道微生物所分解。特殊的霉菌和土壤细菌可以破坏木质素的结构。

木质素是植物的已木质化部位所含的物质，且与纤维素紧密结合，在分析上把它归入粗纤维。饲料中木质素含量越高，饲料的营养价值越低。

2. 碳水化合物的营养功能

1). 碳水化合物是动物最主要的能量来源。畜禽营养过程中所需要的能量，大部分是由碳水化合物特别是无氮浸出物如淀粉所提供的。1克可消化碳水化合物可提供约4千卡的热量。如役畜在劳役中，肌肉的运动是通过ATP的转化将肝糖元经丙酮酸而分解为 CO_2 与水，产生热能。

2). 碳水化合物是体液和组织的重要组成部分，如葡萄糖是血液中血糖的成分，五碳糖是细胞核酸的组成成分，半乳糖与类脂肪是神经组织的必需物质，许多糖类与蛋白质合成糖蛋白。低级羧酸还是氨基酸的合成原料。

3). 饲料碳水化合物在供应活动所需的热能之外，多余部分被转变为体脂肪，提高增重，并能改善肉的品质。

4). 乳用家畜在泌乳期间，除需要用含淀粉较多的饲料以合成乳中的乳糖外，还需要有一部分碳水化合物，供作乳脂肪的合成。

5). 在畜体内，部分多余的碳水化合物可以转变为糖原贮存于肌肉和肝中备用。

四. 维生素

维生素是维持动物健康，保证机体正常生理活动所必需的一类微量有机营养物质。各种维生素均由碳、氢、氧组成，个别的还含有一种或几种矿物元素。除少数几种维生素可在动物体内合成外，一般均需由饲料中供给。

按照维生素是溶于脂肪溶剂还是溶于水溶剂，维生素被分为脂溶性维生素和水溶性维生素两大类。各种维生素的营养功