

家畜蛋白质营养代谢 研究进展

卢德勋 张 晔 主编

内蒙古畜牧科学 编辑部

家畜蛋白质营养代谢研究 进 展

卢德勋 张 晔 主编

《内蒙古畜牧科学》编辑部

1989.5

前 言

蛋白质饲料短缺，一直是发展畜牧生产的一个重要制约因素。动物蛋白质营养和代谢的研究是世界范围内一个引人关注，且又十分活跃的科学领域。最近几十年国际上在这一领域内已经取得了飞速的发展。这些科学成就对合理利用蛋白质饲料，提高畜牧生产水平已经并正在发挥着越来越巨大的作用。

同样，最近十年内我国的动物蛋白质营养和代谢的研究也取得了显著的成绩。一九八七年九月我国首次派出代表出席了在民主德国罗斯托克召开的第五届蛋白质营养和代谢国际学术会议并发表了论文。过去十年我国有不少中青年科学工作者在美国、英国、加拿大、澳大利亚、日本和丹麦等国已经或正在从事有关这一方面的研究，取得了可喜成果。我们高兴地看到，近十年内我国动物营养科学工作者所取得的一些成果，无论在学术水平还是在研究技术方面都已经跨入了世界的先进行列。本书的出版目的就是为了解阅我国最近几年在蛋白质营养和代谢研究方面所取得的成果，以推动我国动物营养学的发展。

本书主要汇集了北京农业大学教授、我国著名的动物营养学家杨胜及其学生近年来在蛋白质营养和代谢方面所取得的研究成果。它从一个侧面反映了我国动物蛋白质营养和代谢研究的发展趋势。本书的出版也是所有作者向即将到来的我们伟大的社会主义祖国建国四十周年奉上的一件菲薄的礼物和一片热爱祖国、振兴中华的赤子之情。

今年一月一日是杨胜教授七十大寿。杨先生作为我国动物营养学的前辈之一，他对发展我国动物营养学的贡献是众所周知的。近五十年来，他一直在为推动和发展我国动物营养科学特别是蛋白质营养科学辛勤地、默默地耕耘着。他几十年所培养的学生今天可谓“桃李满天下”了。作为他的学生我们愿藉此机会深深地感谢他的谆谆教诲，衷心地祝愿他老人家健康长寿。为了庆祝杨胜教授七十大寿，我们特地请杨胜先生为本书做序“七十有感”，以资纪念。

本书在编辑出版过程中，内蒙古畜牧科学院的领导同志给予了鼎力支持，《内蒙古畜牧科学》编辑部郝福楼和其它同志做了大量工作，中国畜牧兽医学会动物营养研究会也给予了支持和关怀，对此我们一并表示感谢。

由于本书编辑出版时间匆忙和我们的水平所限，书中的不足和错误之处，敬请诸位同行给予指正。

卢德勋 张 晔

一九八九年三月

序

在《家畜蛋白质营养代谢研究进展》编辑出版之际，同志们让我做序，说些什么好呢？我想还是从自己的感想谈起吧。

“人生七十古来稀”，这是一句老话，但时至今日，国家政治稳定、科学发展、经济繁荣和人民生活日上，七十、八十乃至九十、一百岁也不算稀奇了。

我出生于五四运动年间，经历过民国的战乱和抗日战争的洗礼，目睹过“大后方”、“乱西北”的年景，曾受师辈们“科学救国”思想的熏陶，在恩师虞宏正教授的指引下，走上了攻研动物生化营养的道路。在祖国南郑（郑集教授）北吴（吴宪教授）营养大师的教导下，走过了这四、五十年的路程。随着祖国科技振兴的步伐，昔日落后的农业科学园地，也迎来了一大批年青一代的动物营养专家。“青出于蓝而胜于蓝”，我为之高兴，也为他们的成长感到无限欣慰。他们是幸福的一代，也是任重而道远的一代。

我才疏学浅，且没有做到应该做的一切，在营养科学上，我仍差之甚远。但可喜的是希望正在年青一代身上体现，特别是在有为之士身上体现。他们奋发努力，正在动物营养科学的各个领域辛勤耕耘。我坚信祖国动物营养科学必将在他们手中展现出更加美好的前景，与祖国的其它学科一样跻身于世界先进之林。但是，我还必需告诉我的学生——可爱的年青人，你们一定要以“振兴祖国”为己任，以最大努力、最高热情、百折不挠、团结奋斗，组成一支精干的梯队，不断进取，去开拓新的领域。知识学问浩瀚如大海，个人的知识和学问只是沧海一粟；谦虚使人进步，有志者事竟成。这些愿与同学们共勉。

感谢同学们为刊印这本集子所付出的辛勤劳动，祝大家在发展和提高祖国动物营养科学的事业上，再接再厉，不断前进。

杨 胜

1988年12月22日

目 录

综 述

猪的蛋白质、氨基酸营养及其利用率	杨 胜 (1)
机体内稳衡控制和羊消化道内内源蛋白质的周转规律	卢德勋 (8)
蛋白质在骨骼肌的代谢	伍国耀 (17)
“理想蛋白质”的概念与生长猪的日粮氨基酸平衡	张 晔 (27)
建立生长猪氮沉积模型的设想	邵根伙 (29)
有关棉籽饼利用的研究	任发政等 (33)

氨基酸利用率的研究

向猪大肠中灌注淀粉对血粉、肉骨粉的氨基酸利 用率及氮代谢的影响	张若寒 杨 胜 (40)
生长猪对动物性蛋白饲料(血粉、肉骨粉)中氨基酸 利用率的研究	张若寒 杨 胜 (49)
猪饲料中氨基酸表观消化率的测定	倪可德 (59)
加热处理对大豆粕(溶剂浸提)的氨基酸有效率的影响	郑元策 (67)
棉籽饼氨基酸利用率的研究	任发政等 (72)

猪的蛋白质需要量的研究

瘦肉型猪营养需要的研究——长白×北京黑 F_1 代商品 瘦肉猪饲料粗蛋白质与赖氨酸适宜水平的探讨	牛文生 杨 胜 (79)
长白×北京黑杂交猪氮沉积规律的研究	张 晔等 (86)
断奶仔猪营养需要的研究	陈衍仁等 (90)
日粮蛋白质、赖氨酸水平对长白×北京黑 F_1 代商品瘦肉猪生长 肥育性能及胴体品质的影响	锡 林等 (96)

反刍动物蛋白质营养研究

稿秆和干草的采食量与瘤胃内纤维物质的消化及对瘤胃 内微生物养分供应的关联	刘建新 (102)
添加瘤胃降解度不同的蛋白质对青贮饲料的消化率和氮利用的影响	刘建新 (106)

蛋白质饲料资源的开发和研究

生大豆粉和大豆粕对母猪的营养价值(摘要)	李德发等 (109)
生长猪对双脱正烷醇蛋白质的利用	丁角立 朱钟麟等 (110)
非蛋白含氮物对生长猪氮代谢影响的探讨	李德发等 (113)

其它方面的研究

甜菜渣在生长猪大肠中发酵时的甲烷和挥发性脂肪酸产量	朱锦前等 (117)
AIA法与常规法测定猪日粮消化率的比较和评价	崔宝珊等 (122)

Contents

Reviews:

Protein and amino acid nutrition and its availability	Yang sheng (1)
Homeostasis and endogenous Protein turnover in the Gastrointestinal tract of sheep	Lu De Xun (8)
Protein metabolism in skeletal muscles	Wu Guo—Yao (17)
“Ideal protein” and dietary amino acid balance of the growing pigs	Zhang Yan (27)
A tentative model for nitrogen retention of the growing pigs	Shao Geng—Huo (29)
The use of cotton seed meal in animal feeds	Ren Fa—Zheng et al (33)

Amino Acid Availability

Effects of infusion of starch into the large intestine of pigs on the availability of amino acids in blood and meat—bone meals	Zhang Re—Han and Yang Sheng (40)
Study on the amino acid availability of blood and meat—bone meals in the growing pigs	Zhang Re—Han and Yang Sheng (49)
Determination of apparent availability of amino acids in pig feeds	Ni Ke—De (59)
Effects of heat treatment on amino acid availability of soybean meal solvent extracted	Zheng Yuan—Che (67)
Study on the availability of amino acids in cotton seed meal	Ren Fa—Zheng et al (72)

Protein requirement of Pigs

Research into the optimum levels fo dietary proteins and amino acids for landrace xpeking Black (F ₁) swine crossbreed breed	Niu Wen—Shen and Yang Sheng (79)
Study on nitrogen retention in landrace x peking Black Swine Crossbreed	Zhang Yan et al (86)
Study on nutrient requirement of the Weaning Pigs	Chen Ye—Ren et al (90)
Effects of dietary Protein and Lysine Levels on Performance and Carcass quality of Landrace X Peking Black (F ₁) Swine Crossbreed	

Ruminant Protein nutrition

- Relationship between voluntary intake of straws and hays, ruminal
CWC digestion and the supply of nitrogen and energy source to the
Microbes in the rumen..... Liu Jian—Xin (102)
- Effects of ruminal degradability of protein Suppelments on nutrient
digestion and nitrogen utilization in lambs fed grass or corn silage
..... Liu Jian—Xin (106)

Protein feed resources,

- Nutritive values of raw soybean and solvent extracted meals for sows
.....Li Defa et al (109)
- Use of alkene—Cultured yeast Protein in the diets of growing pigs
.....Ding Jiao-Li et al (110)
- Effects of NPN on nitrogen metabolism of the growing pig
.....Li Defa et al (113)

Other Papers,

- The production of methane and volatile fatty acids resulting from the
fermentation of sugar beet pulp in the Gut of growing pigs
..... Zhu Jin—Qian et al (117)
- Evaluation and Comparision With the routine procedures for
determination of digestibility of swine.....Cui Bao—Hu et al (122)

猪的蛋白质、氨基酸营养及其利用率

杨 胜

(北京农业大学畜牧系)

近年来,有关蛋白质代谢的研究资料很多,对于我们认识蛋白质在动物体内的代谢变化有不少新的观点可以参考。兹就消化吸收、肝脏与肌肉调节以及动态平衡等问题作一些简要介绍;进而就氨基酸的消化率、利用率、吸收氨基酸的净合成以及蛋白质、氨基酸营养在养猪生产实践上的应用前景谈一些看法。错误之处请同志们指正。

一、蛋白质的消化和吸收

1.胰蛋白酶和消化的蛋白质结合在一起,游离胰蛋白酶很少,从胰腺陆续分泌至游离胰蛋白酶蓄积起来时就停止分泌(图1)。

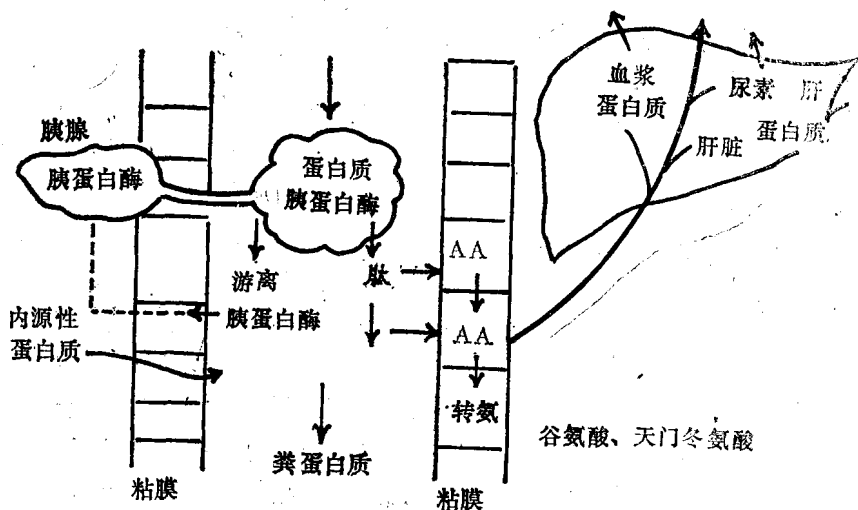


图1 蛋白质的消化与吸收

2.过去认为蛋白质分解的最终产物是氨基酸(AA),进而被小肠粘膜吸收,现在认为吸收的还有肽,肽在粘膜细胞内分解为AA。

3.肠胃道除消化功能外,还有许多代谢功能,如谷氨酸和天门冬氨酸的转氨基作用,使之转变为相应的酮酸。

4.内源性蛋白质的分泌有相当大的数量,它主要来自脱落的粘膜细胞,肠液只占一

小部分。这表明动物消化道内N的再循环有一种非常活跃的现象。它在维持内环境稳定,调节物质代谢方面具有重要意义。以人的情况为例,估计每日有70克;一头40kg的猪,如每日进食40克N,每日排入消化道内的内源N可达18.1克。

二、骨骼肌在蛋白质代谢中的作用

1.肌肉是保存AA的主要场所(它占体内游离AA的80%),也是动物体蛋白质的主要成分,所以肌肉内的AA代谢是体内整个蛋白质代谢极其重要的一部分。肌肉蛋白质的每日周转率,如以丙氨酸、谷氨酰胺和其他AA释放到血浆的速度来估计,以人为例,大约每禁食24小时,每日75克。3-甲基组氨酸是组成两种肌肉蛋白(肌动蛋白和肌球蛋白)的一种成分,这两种蛋白差不多占肌肉蛋白的50%;它是由多肽链中组氨酸的甲基化作用形成的。在肌肉蛋白合成时,这两种蛋白中的组氨酸发生甲基化(提供甲基),在肌肉蛋白分解代谢过程中,游离出的3-甲基组氨酸定量地随尿排出,不再参与蛋白质合成因而不能再被利用。所以测定尿中3-甲基组氨酸的排出量就提供了反映蛋白质周转率的一个灵敏指标,它是一种估计活体内肌肉蛋白分解代谢既简便又无破坏性的方法。这个方法并可用来鉴别单纯蛋白质缺乏还是蛋白质和热能都缺乏;因为对蛋白质缺乏是分解减少;而对热量缺乏是分解增加。图2是肌肉中蛋白质代谢的示意图。

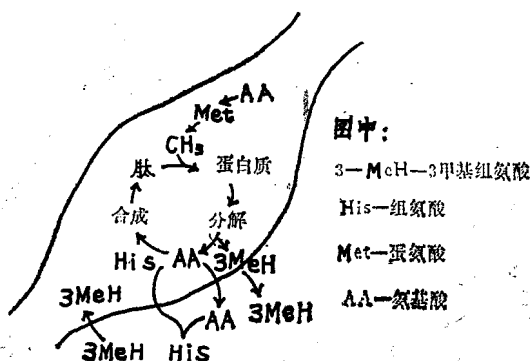


图2 肌肉中蛋白质的代谢

2.肌肉中蛋白质分解成的AA是提供新生葡萄糖的主要来源。损伤后尿中N的大量排出形成机体负N平衡,其机制直至最近才完全弄清。这些N的丢失并非损伤部位蛋白质破坏的结果,而是全身蛋白质代谢变化的表现。损伤伴随着疼痛,出血和紧为成张应激因素,对于下视丘发生作用,使交感神经——肾上腺系统的活性增强,分泌过多的儿茶酚胺(由交感神经末梢,交感神经节和肾上腺髓质分泌),促使代谢增强,最严重时,可增加75—100%。这种超高代谢所消耗的热能单纯依靠膳食是不能满足的,但体内糖的贮备很少,还要保证重要器官的功能,于是只能依靠脂肪和蛋白质。例如,大脑组织每天正常消耗100—125克葡萄糖,而肝糖元可供应脑组织的只有75克,所以很快就用完了。需要依赖葡萄糖异生作用和限制脑外葡萄糖的氧化来维持葡萄糖的内平衡。而儿茶酚胺分泌的增加也促进葡萄糖异生作用,使蛋白质不断破坏。

但是,各种器官中蛋白质的分解代谢不完全一致。如心脏、肝脏将保持一定的蛋白质量,所以肌肉先被消耗。肌肉虽也含有糖元,但不能直接变为葡萄糖,须酵解为乳酸,再在肝脏中变为葡萄糖。因此,糖元异生物质主要来自肌肉的AA。

由上述可见:肌肉蛋白质加速分解代谢的目的是;

(1) 提供AA以合成葡萄糖, 供脑组织等生命必需的生理活动。

(2) 提供AA以合成急性期蛋白质反应物。

(3) 大约供基础热能消耗的12—22%。这种组织蛋白质的分解, 正如摄食蛋白质后额外产热一样, 是一种内源性的特殊动力作用, 可以表现为超高代谢。所以, 肌肉蛋白质分解代谢是为了合成的需要, 而并不是只为了供应热能(过去曾认为蛋白质分解主要是为了提供热能)。

3、支链AA(异亮、亮、缬氨酸)在肌肉蛋白质代谢中极为重要。它是肌肉蛋白质合成的限制因素, 为合成肌肉蛋白质时所特别需要, 且只能在肌肉中氧化或利用而提供热能。

三、蛋白质代谢的动态平衡

蛋白质代谢的动态平衡包括两个代谢库, 即蛋白质库和氨基酸库。

1、在细胞水平上, 蛋白质的合成是按照每一种蛋白质特有的、确定的顺序, 将各种AA连接起来而实现的。这个过程需要AA, 也需要能量。AA的合成需要一个N源、C架的前体和ATP; 某些AA还需要一个S的来源。对于动物组织, 至少必须供给予先形成的某些AA(即EAA)的C架, 因为动物组织本身不能合成这些AA。

在组织水平上, 蛋白质的净合成是AA合成蛋白质与蛋白质降解为AA的总合。此二过程是分别受到调节的。因此, 组织蛋白质表现明显的周转, 并且损失一些能量, 因合成过程需要ATP, 而降解过程不产生ATP。肝和肠粘膜的蛋白质周转率大于肌肉的。快速生长能够促进此周转率。

关于动物体全身蛋白质的代谢经同位素示踪实验(^{15}N), 对它的认识已比过去更清楚了。以人为例, 每人每日合成的蛋白质有300克, 而摄入的量则仅有100克, 其差别表示AA被重新利用的数量。这300克蛋白质也是每日周转率, 即蛋白质不断合成的同时又不断分解。

过去对蛋白质的分解代谢的含义不够明确, 实际上包括蛋白质分解(指多肽链被水解)为AA和AA进一步氧化的两部分。前者为Breakdown, 后者为Catabolism。正常动物处于N的平衡一直认为是进入N和排出N之间的平衡。实际上, 应该看成是蛋白质合成和破坏之间的平衡, 也就是蛋白质不断分解为AA和AA不断合成蛋白质, 二者处于平衡。图3表示N代谢的中心是AA; 图4是蛋白质平衡的一个示意图。

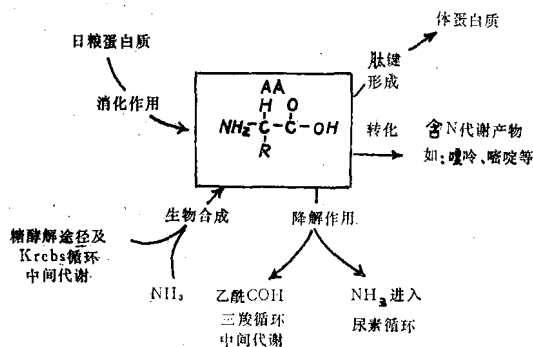


图3 N代谢的中心是AA

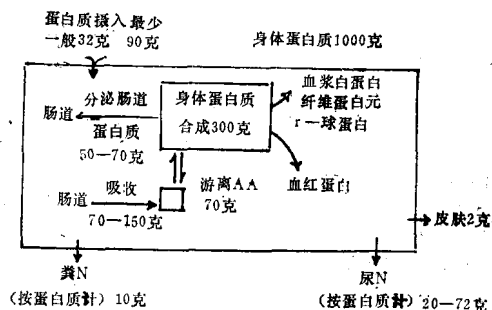


图4 蛋白质平衡示意图

如以Q为进入和离开代谢库的AA的速度，则代谢库的AA假设是常数，入和出将是相当的。因此：

$$Q = S + E = B + I$$

式中：S——蛋白质合成率

E——N排出（AA氧化率）

S + E——离开代谢库的AA

B——蛋白质破坏率

I——N摄入（AA摄入率）

B + I——进入代谢库的AA

$$S + E = B + I$$

$$\text{亦即 } S - B = I - E$$

因此，N平衡变负值可以从两种方式产生：即S的减低和B的增加；或两者联合。因AA不能贮存，所以如蛋白质合成受阻，则未被利用的AA将被氧化而排出N。这样合成的减低将伴之以AA分解代谢的增强，而不一定需要有蛋白质破坏的增加。

因为I和E是可以测定的，因此，如果知道了Q。就可计算出B和S。根据输注 ^{14}C 标记的AA后，测定血浆中该AA的比放射性，或者输注 ^{15}N 标记的AA后。测定尿中尿素 ^{15}N 的排出率，都可以计算出蛋白质的合成率。

2、损伤后N的分解性代谢增加（尿N排出增加），而使N大量丢失的原因，主要是由于蛋白质合成的阻抑，甚于蛋白质破坏率的增加。

由以上可知：

损伤主要使蛋白质合成降低了，而蛋白质破坏率并无变化。

肌肉的蛋白质主要反应了蛋白质的合成率。

肝脏的蛋白质变化主要反应了蛋白质的破坏率。

体内蛋白质的重新分配是机体对应激产生的多种代谢变化，有利于正常功能的恢复和组织的再生。

四、吸收氨基酸的净蛋白质合成

过去十多年来已经十分清楚，组织中蛋白质的净合成，事实上是两个过程的总合：即AA合成蛋白质与蛋白质降解为AA。即使在成年动物处于等N平衡时，这两个过程都存在。大部分蛋白质不断更新，表现出一个明显的周转率。不同蛋白质和组织中的周转率是不相同的。

关于中间代谢中净蛋白质合成效率，可从两方面考虑：一方面是来自吸收AA的给量中所生成的蛋白质数量。这种效率主要决定于在中间代谢过程中所提供的EAA（见图5B）^⑤；另一方面是能量效率，导致能量损失的主要过程是蛋白质的合成和尿素及其它尿成分的形成。因此，蛋白质沉积的能量效率决定于生产每一克蛋白质时，蛋白质合成的数量和必需脱氨基的那些氨基酸的数量。

因此，净蛋白合成或蛋白质生成指的是细胞蛋白合成的AA减去细胞蛋白降解的AA，再加上奶蛋白或鸡蛋蛋白合成的AA的总和。这主要受到动物遗传潜力的控制。这

蛋白质与能量利用的综合效率随生产水平的提高而提高, 因为维持饲料消耗占总饲料消耗的比例减小。但由于遗传决定了奶、蛋、肉等蛋白质生产的上限, 因之增加蛋白质进食量超过一定水平就不能再增加蛋白质的净合成。此外, 此上限随动物内分泌状况而异。为了避免供给过多或太少, 在畜牧生产中达到高效率地利用蛋白质进行蛋白质净合成, 了解这些遗传与生理方面因素的极限是很重要的。一般认为, 为达到这些目的, 其它营养素为能量、矿物质、维生素等也必须充足与平衡, 动物必须健康, 处于中立温度区, 且没有不利环境因素。但是, 目前关于蛋白质净合成潜力的科学资料还不多。特别是关于反刍动物的, 往往还不够清楚。此外, 还由于正确评价所用饲料来生产蛋白质的价值上的困难。事实上, 在所有动物血液水平上, EAA的供给量, 特别是第一限制AA, 决定最大蛋白质净合成量是否可能。对非反刍动物(如猪、鸡)来说, 采用表观可消化蛋白质含量, 和一个或一个以上的限制AA含量来预测此血中AA的供应量。经常是足够的。然而, 已经有许多试验证明, 在粗纤维含量较高的饲料中, 限制AA的消化率可能低于总蛋白

Diagram illustrating the nitrogen metabolism in a cow (牛):

- Feed (饲料)** enters the **Digestive Tract (消化道)**.
- Amino acids (氨基酸)** are absorbed from the digestive tract into the **Blood (血液)** (labeled B).
- Amino acids (氨基酸)** are transported from the blood to the **Cell (细胞)**.
- Inside the cell, a cycle labeled **转换 (Conversion)** involves **氨基酸 (Amino acids)** and **蛋白质 (Protein)**.
- Energy (能量)** is supplied to the cell.
- Urea (尿素) / Uric acid (尿酸)** is produced in the cell and excreted in the **Urine (尿)**.
- Ammonia (NH₃)** is also produced and excreted in the **Feces (粪)**.
- The cell also produces **Milk, Protein, Egg Protein, etc. (奶, 蛋白, 鸡蛋蛋白等)**.

图5 蛋白质的中间代谢示意图

五、在畜牧生产中获得饲料蛋白质高利用效率的必要性

• 5 •

是取决于饲料蛋白质转化为动物性蛋白质的效率。

在饲料数量一定的前提下，为获得最多的动物性蛋白质食物，则必须考虑到畜牧业生产中畜禽种类的合理结构，即各种畜禽的饲养比例，因为不同畜禽种在转变饲料蛋白质养分成为人类动物性蛋白质食物时的相对效率是不一样的。一般讲，奶牛在转化蛋白质的效率方面是最高的，可达25—30%；蛋鸡生产在把饲料蛋白质转变为人类可食动物性蛋白质食物方面，是居第二位(转化效率为24—27%)；肉用仔鸡居第三位为18—23%；而猪肉生产则相对较少，依瘦肉型品种猪论，饲料中蛋白质转变成猪肉蛋白质的效率约为14—15%。

因之，在畜牧生产中，进一步限制不必要的蛋白质损失；利用具有较高的蛋白质净合成潜力的家畜，即利用反刍类动物（特别是奶牛）在日粮中采用较多的不适于人食用的饲料，将能提高动物转化饲料蛋白质养分的增益，即提高“产出/投入”的比值，从而增加对人类蛋白质食物的供应。

就猪而论，瘦猪肉的生产在饲料利用方面比肉脂型猪或脂肪型猪都有明显的经济效益。试验证明，猪沉积一公斤脂肪组织相当于生长2.6倍肌肉组织所消耗的能量。瘦肉型猪对蛋白质的利用效率，比脂肪型猪高约20—30%。

综上所述，由于经济效益的理由，为了生产人类所需的动物性蛋白质食物，投入的饲料蛋白质的利用效率必须很高。而我们动物营养工作者的最终目的也应该是以尽可能低的成本，配合出能获得最大生产性能的畜禽日粮。这一目的已导致了借助电子计算机线性规划的广泛应用。但是，目前电子计算机在畜禽日粮配方上的应用还有待改进。例如，在猪禽日粮的配方中，较好的选择可通过：

- (1) 采用直接地满足猪对10种EAA的需要，而不是考虑粗蛋白质的最低水平；
- (2) 采用各种饲料原料中EAA的有效率来进行日粮配方的计算，那么，生产效率的进一步改进是完全可能的。
- (3) 采用EAA的一定比例，即平衡性来满足AA的需要量（理想蛋白质）。与各种AA的最低需要量一样，总AA比例也是重要的。

由于改善了最佳选择的信息输入，有效AA配方的优点，已在养猪生产上逐渐被人们所认识，这是因为：

- (1) 考虑了猪对EAA的真需要量。
- (2) 饲料原料是以每单位有效AA来计算其成本，而不是以粗蛋白质的成本来评定和选择的。
- (3) 尽管对营养限制因素增加了，但对原料水平的限制因素则是减少了。
- (4) 能配合低浓度的饲料，而对饲料采食量或动物生长率没有任何有害的影响。

根据有效氨基酸(AAA)进行猪日粮配方的计算，它可以尽量减少氨基酸的过量和蛋白质养分的浪费；如按AAA饲养体系来饲养的猪，每头猪从出生到出售上市，大约可少用3.75kg饲料蛋白质，从而大大地减少养猪的成本；而采用AAA饲料喂养的猪，其瘦肉含量都比采食相等效能的常用饲料的猪高。这些已经是在生长、育肥猪的试验资料上所表明；在断奶仔猪、种母猪方面、少数试验，也同样说明了在提高猪的生产性能和降低饲料成本方面的经济效益。例如，当喂饲AAA配合饲料时，每头母猪每年约可

节省蛋白质饲料达16kg左右。从而可见在猪的蛋白质、氨基酸、营养及其利用率的研究方面，对于在畜牧生产中获得饲料蛋白质高效率的利用上，是十分重要的。但是，到目前为止，我们自己的工作还刚刚开始，系统的资料还有待于进一步去积累。正如在“猪的氨基酸营养与需要量”一文中所阐明的那样，当前，关于猪的蛋白质、氨基酸营养方面的研究工作，正围绕着四个相互有关的主题进行。它们是。

①关于EAA的需要量；②关于饲料中氨基酸的有效率；③关于合成氨基酸的应用以及④在猪的生产性能（特别是瘦肉量的生产性能）和饲料转化效率方面，氨基酸的平衡与不平衡，EAA的比例等的作用。

为此，结合我国国情深入探讨研究关于我国瘦肉型猪的氨基酸营养与饲料蛋白质营养问题，就具有十分重要的意义。

机体内稳衡控制和羊消化道内内源蛋白质的周转规律

卢德勋

(内蒙古畜牧科学院)

近十多年来,对动物机体内部稳衡作用(Homeostasis)和营养调配(Nutrient partition)的研究正在受到世界各国越来越多的科学家们的极大关注^{①-③}。动物营养科学这一重要的发展标志着系统科学的思维和方法正在向这门科学渗透;传统的营养学中间孤立地、静止地研究营养物质净利用的理论模式和方法正在受到挑战。目前,这项研究的初步成果正在深刻地改变着科学家们的思维方式。随着时间的推移,它对整个动物营养学发展的巨大影响必将会越来越清楚地显示出来。

对于动物生理学家来说,“稳衡作用”这一术语并不生疏。早在十九世纪中叶,法国著名生理学家Claude Bernard就曾指出复杂的生物体生活在两种环境内:一是外环境;另一个是内环境。外环境对生物和非生物都是一样的,而内环境则是处于相对稳定的状态之中。这位法国科学家对于生物的内环境的重要作用曾给予了高度评价^④。他指出:“内环境的稳定性乃是自由和独立生命的条件”。“一切生命机制不管它们怎样变化,只有一个目的,即在内环境中保持生活条件的稳定^⑤”。遗憾的是 Bernard 这样闪烁着智慧光辉的科学思想除法国外,当时鲜为人知,一直被忽略了近七十多年之久。后来到了本世纪初,美国生理学家Cannon(1929)重新提出机体内稳恒机制对生命系统的重要意义,并正式将“稳衡作用”这个术语应用到一些共济的生理过程的叙述上。当时他把体液基质,特别是血液内基质的稳定状态的维持称之为“稳衡作用^⑥”。Cannon的贡献在于:第一,他发现内稳衡作用是机体生命系统的重要共性,是人类揭开生命秘密的突破口;第二,他第一次明确定义所谓适应性正是源于内稳衡机制。但是最后揭示内稳衡机制并不是这位生理学家所能胜任的。他面临的领域是如此广阔。几十年后数学家维纳和他的助手罗森勃吕特迈出了另一关键性的一步,这就是负反馈调节机制的发现^⑦。后来,由于高级神经活动和激素调节代谢学说的发展,特别是系统科学的渗透,极大地丰富了内环境稳衡作用的理论。时至今日,“稳衡作用”这个术语的概念已经远远地超出了其创立者当时的理解。负反馈调节理论给“稳衡作用”提供了坚实的理论基础。

生物系统是一个结构复杂和高度活跃的开放系统。它不仅在系统内部,而且在与周

围环境间也存在着物质、能量和信息的不断交换及流动，从而使系统处于动态变化的过程之中。稳衡作用正是生物系统在这种经常的动态变化中间维持机体内环境动态稳衡的一种自我调节的功能。它的机制就是机体内部的负反馈调节。这种功能是生物界在系统发育或个体发育中间发生和发展起来的。它是生物能在变化万千的外界环境条件下生存下来最必需的生理机制之一。正因为有了这样的机制，家畜才能适应外界环境的巨大变异，在多种多样的饲料和气候条件下，生长发育、繁殖后代，为人类提供畜产品。在自然界，机体本身就是一个最绝妙的内稳衡器。在机体内部，各个子系统的变量之间，由各种正反馈回路和负反馈回路交织成许多复杂的自我调节机制，使机体的内环境维持在一种动态稳衡的状态之中，使各种生命功能得以正常执行。在一般情况下，这种稳衡状态的维持是强而有力的。如果机体受到接连不断的内外因素的巨大干扰。一些子系统的变化就可能超越出某个阈值，从而导致代谢紊乱，以致出现病态。探索与掌握机体内这种超稳衡机制的奥妙乃是生物科学工作者最活跃，最引人入胜的领域。

最近几十年来，动物营养学家们把“稳衡作用”的现代概念成功地运用到微量元素的代谢和研究领域，取得了引人注目的成就^①。已知动物正常的生产性能的发挥，一些微量元素在组织内的浓度必须维持在一个相对窄小的范围内。可是在家畜饲草、饲料内，微量元素的含量变化却相当大，往往相差几十倍，甚至上百倍。正是由于机体内存在着一种强大的超稳衡机制，所以动物才能有这样变异极大的饲料微量元素的营养条件下，正常地生长发育、繁殖和提供畜产品。现在，内稳衡作用的理论已经广泛地被用于阐述和研究许多矿物质元素的营养代谢规律。但在蛋白质代谢方面的研究报导却很少见(Nasset, 1972)^②。

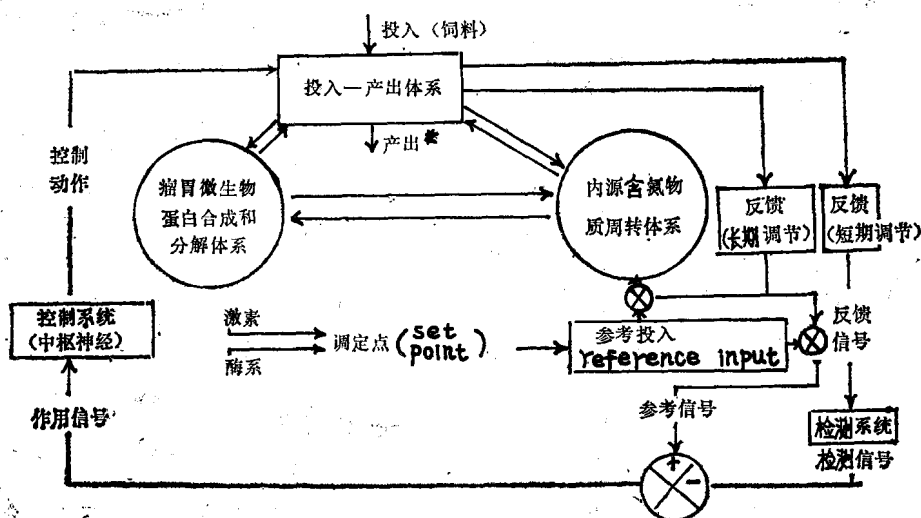
蛋白质营养和代谢的稳衡控制

英国著名的动物营养学家Waterlow (1981)曾指出“在机体内部存在一个强大的稳衡机制来节约用氮”^③。机体的蛋白质代谢是相当复杂的。应该说，到目前为止，这一强大的稳衡机制到底如何运转仍然是一个未能完全揭开的自然奥妙。不过，有一点是可以肯定的：不同营养素的代谢和营养的稳衡控制都有自己独特的特点。就蛋白质营养和代谢而言，鉴于体内蛋白质缺乏储备，它不能象脂肪和碳水化合物那样主要通过体储来对外界的应激因素和日粮进食量的不适宜进行自我调节，所以以下三个体系可能是反刍动物蛋白质营养代谢稳衡控制的主要途径：投入——产出体系、内源含氮物质周转体系和瘤胃微生物蛋白质合成和分解体系。这三个体系之间又是相互影响，相互制约，密切相关联着的。而它们又是在神经——体液系统的调节下，通过负反馈机制来实现对蛋白质营养和代谢的稳衡状态的整体性控制的（如图所示）。

投入——产出体系

反刍动物的蛋白质营养和代谢的投入——产出体系在稳衡控制中间的作用可通过以下途径的变化来实现：

- (1) 改变饲料采食量；



图一 反刍动物蛋白质营养和代谢稳恒控制系统示意图

- 产出途径有五个方面：①粪尿排出；②乳氮分泌；③妊娠产物；④汗和皮肤损失；⑤羊毛生长。

- (2) 改变消化道内含氮物质的吸收率；
- (3) 改变粪尿含氮物质的损失量；
- (4) 改变乳蛋白质的分泌量；
- (5) 改变羊毛的生长量。

通过这个体系把动物与环境以及机体内部各个层次之间紧密地联接起来，使含氮物质的输入和输出之间达到稳衡，使其在营养系统的各个层次的转化效率及周转速度呈稳衡状态。

瘤胃微生物蛋白质合成分解体系

众所周知，瘤胃微生物分解和利用饲料的含氮物质以及通过血液扩散进入瘤胃的非蛋白氮合成了大量的微生物蛋白质。通过这个营养代谢过程不仅使反刍动物大量利用非蛋白氮饲料变成为现实和可能，而且使进入动物体内的饲料蛋白质的品质获得了很大的提高。这就是所以反刍动物对饲料蛋白质来源具有较强的适应能力的主要原因。特别是由于瘤胃内微生物之间的共养平衡以及瘤胃内环境的稳恒控制体系的存在，使这一体系就更具有强大的稳衡控制能力。不过，在高产乳牛和快速生长的牛羊方面，单靠这一体系的作用，则很难达到稳衡控制的目的。另外，瘤胃微生物还分解并利用由血液扩散而进入瘤胃的非蛋白氮以及脱落的上皮细胞的蛋白，合成了大量内源性微生物蛋白。这就使这一体系和内源含氮物质周转体系能保持着密切的关联，互相耦合，彼此协作，共同执行着对反刍动物蛋白质营养代谢进行稳衡控制的重要功能。

内源含氮物质周转体系

就不同层次而言，内源含氮物质周转体系则包括机体内在细胞水平上的含氮物质的