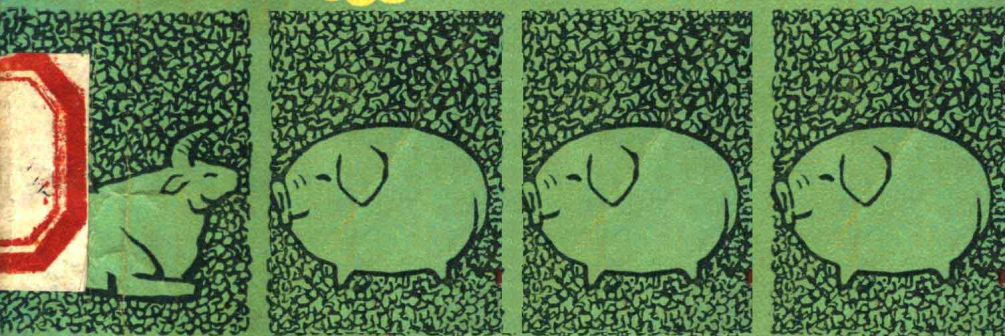


JIACHU DUI SILIAO DANBAIZHI DE LIYONG

家畜对饲料蛋白质的利用

〔苏〕H·B·库里洛夫等著 李兴和 杜全德译



河南科学技术出版社

家畜对饲料蛋白质的利用

[苏]H.B.库里洛夫等著

李兴和 杜全德译

梁毓纯 校

河南科学技术出版社

内 容 提 要

这是一本研究畜禽对饲料蛋白质利用的专门性著作。全书共分三大部分，综合了国外关于畜禽氮代谢和饲料氮有效利用的最新资料，特别注意到非蛋白氮和人工合成氨基酸在反刍动物和猪禽饲养中的利用问题，着重叙述了含氮物质在畜体内的吸收、转化和利用。此书为蛋白质饲料代用品的合理应用提供了理论基础和实践依据。本书内容丰富，取材新颖，可供农业院校畜牧系、综合大学生物系师生和有关科研单位、农牧场科技人员阅读参考。

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТЕИНА КОРМОВ ЖИВОТНЫМИ

Н.В.Курилов等著(苏)

家畜对饲料蛋白质的利用

〔苏〕Н·В·库里洛夫等著

李兴和 杜全德 译

梁毓纯 校

责任编辑 贺富生

河南科学技术出版社出版

河南第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米32开本 11.75印张 231千字

1983年5月第1版 1983年5月第1次印刷

印数：1—3,400册

统一书号16245·73 定价1.44元

译 者 的 话

蛋白质饲料是家畜、家禽生长发育和提高畜产品最重要的物质基础。由于蛋白质饲料常感缺乏，所以寻求蛋白质饲料代用品就成为进一步发展畜牧业的途径之一。本书综合了国外关于畜禽氮代谢和饲料氮有效利用的最新资料，特别注意到非蛋白氮源和人工合成氨基酸在反刍动物和猪禽饲养中的利用问题，着重叙述了含氮物质在畜体内的吸收、转化和利用。为蛋白质饲料代用品的合理应用提供了理论基础和实践依据。该书可供有关的大专院校生物专业、农业院校师生、科研单位和农牧场科技人员参考。

由于水平所限，译文不妥或失误之处，恳请读者批评指正。

1982. 8. 20

前 言

提高畜禽对营养物质，特别是对蛋白质的利用率，以增加其产品率是进一步发展畜牧业的亟待解决的问题之一。由于畜牧业逐渐转变为工厂化生产和畜禽饲养新技术的采用，所以解决这个问题就具有很大的现实意义……。

目前对各类家畜蛋白质和氨基酸营养的基础理论的研究已取得很大成绩。应用现代生物化学分析法—氨基酸的自动化分析、离子交换层析法，以及实验外科学的方法和广泛采用稳定的放射性同位素示踪法取得了许多新的资料：畜体内氮化物的转化；畜体和饲料的氨基酸成分；蛋白质的生物学价值、畜体对蛋白质的吸收和利用，日粮的能量对氮化物吸收的影响；利用人工合成的氨基酸和其他非蛋白含氮物对日粮进行平衡的可能性等。通过这些研究从根本上改变了人们关于动物对蛋白质及其质量的需要的看法，也改变了对氨基酸在各类家畜营养中的作用的概念。

对反刍动物消化道中氮化物转化特点的研究也取得了很大成绩。反刍动物前胃中微生物学过程的详细研究使有可能在其日粮中广泛采用非蛋白含氮物，因而其他动物也可节省相当数量的蛋白质饲料。

本书综合了国内外学者关于反刍动物、猪、禽氮代谢和营养的最新资料。本书作者及其同事们本身所研究的结果占了大量的篇幅。

书中内容包括：用全价蛋白质营养保障反刍动物等的需要及提高其对饲料蛋白质利用率的新的理论原理、建议和指导。

目 录

第一部分

反刍动物对氮化物的转化和利用	(1)
反刍动物瘤胃和肝脏中氮化物的转化和利用途径 ..	(2)
含氮物质在真胃和小肠中的消化和吸收	(61)
含氮物质在大肠中的消化和吸收	(108)
氮素在机体中的贮存及其对反刍动物生产性能的作用	(114)
人工合成的氮化物利用到反刍动物饲养中的理论根据和实际应用	(123)
反刍动物对饲料氮的利用效率	(161)

第二部分

猪的氮素营养	(181)
单胃动物对日粮含氮物质的吸收过程及影响其消化的因素	(181)
猪对含氮物质的需要量	(193)
氮素在猪胃肠道和肝脏中的代谢	(216)
不同氮源的有效性及影响其利用程度的因素	(240)

第三部分

家禽氮代谢特点及饲料氮的利用率	(263)
家禽营养中的非必需氨基酸和其他含氮物质	(263)
家禽对铵态氮的同化	(278)
氮代谢产物和催化相应反应的酶	(299)
决定禽类对氮素利用率的条件	(331)
激素对氮代谢的调节	(341)

第一部分

反刍动物对氮化物的转化和利用

反刍动物的消化器官在发育进化过程中适应了消化含大量粗纤维的植物性饲料。这种饲料的营养价值和化学成分要比动物性饲料低；在消化道中较难消化，机体也不能充分加以利用。因此为了消化大量的植物性饲料，单胃草食动物是由盲肠和结肠来实现这种机能的，反刍动物则是由前胃—瘤胃、网胃和瓣胃来实现。三种胃中瘤胃起主要作用。由于瘤胃中存在着大量各种微生物，主要的营养物质——碳水化合物、蛋白质和脂类在其中进行酵解，为营养物质在后部消化道中有效的消化和吸收创造条件。在瘤胃中有54—75%的饲料营养物质被酵解或者70—85%的干物质被消化。

由于瘤胃中细菌酵解的结果，产生挥发性脂肪酸、氨基酸、肽、氨、二氧化碳、甲烷和其他最终的或中间的代谢产物。瘤胃微生物不仅把某些饲料营养物质转化为动物本身能够吸收的形式，而且还能够合成许多在生命上很重要的物质：氨基酸、脂肪、维生素等。反刍动物前胃以下的消化道在营养物质进一步消化、吸收和代谢上同样具有很大的作用。反刍动物消化过程的特殊性，以及此时所产生的代谢物，都对这种动物机体的代谢过程、健康和生产性能有重要

影响。

反刍动物最重要的消化机能之一是饲料含氮物的转化和利用。本书的第一部分即将探讨这个问题。

反刍动物瘤胃和肝脏中氮化物 的转化和利用途径

随饲料进入瘤胃的氮化物

摄入瘤胃的动物性和植物性蛋白质很大一部分被微生物酶分解为肽、氨基酸和氨。这些产物可以进一步用于细菌蛋白质的再合成；部分经瘤胃壁进入血液；其余的进入下段消化道再得到进一步的消化。在瘤胃中非蛋白含氮物的水解产物被微生物合成氨基酸和生物学价值较高的蛋白质。因此，瘤胃在氮代谢方面的重要机能之一是使食入的饲料氨基酸成分发生变化或者得到补充，以及改变对动物有用的氮素的数量。含氮物质可以随同植物性或动物性饲料进入消化道；也可以通过内源性途径随消化腺分泌物或者从血液通过消化道壁因扩散的结果而进入消化道。

植物性饲料含有3—40%的粗蛋白(蛋白氮和非蛋白氮)。同时非蛋白氮是植物总氮的10—30%，其代表者有游离氨基酸、嘌呤碱和嘧啶碱、酰胺、硝酸盐和亚硝酸盐等。随着植物的成熟，其中非蛋白氮的数量有所减少。例如，如果在未成熟的玉米和大豆籽粒中非蛋白氮为总氮的30—40%，那么

在成熟干燥的籽粒中只含 4—5 %。反刍动物从日粮中获得其他丰富的蛋白质饲料——油饼、鱼粉、肉骨粉等，此时这种饲料蛋白质的含量及其生物学价值就有很大差异。随着饲料在瘤胃中的消化，氮化物的成分和各个氮化物的对比关系会发生重大变化。瘤胃液中的含氮物质主要是最终的和中间的代谢产物、细菌蛋白质和包含在未消化的饲料微粒中的氮素。瘤胃中氮化物的浓度因饲养方式和观察时间而有所变化。据计算：瘤胃液中含有 60—500 毫克的总氮，15—60 毫克% 的非蛋白氮，10—50 毫克% 的氨态氮和 0.5—10 毫克% 的氨基酸氮。研究牛的瘤胃内容物发现其中含有 12% 的细菌氮，20.3% 的纤毛虫氮，9.1% 的瘤胃液氮，58.6% 的未消化饲料微粒所含的氮。在对绵羊试验中查明瘤胃中总氮的 62—82% 为微生物氮（细菌和原生动物），植物氮为 11—27%，瘤胃液含氮为 5—10%。

必须看到日粮成分对瘤胃中各种形式的氮的比例有重要影响。例如，当饲喂高氮水平的粗饲料时，可提高瘤胃中总氮的浓度，增高饲料氮和可溶性氮的水平（即提高对总氮的百分比），而且原生动物氮比细菌氮提高的要多。日粮中加入颗粒饲料会造成原生动物氮的急剧下降。当日粮中存在易溶性蛋白质时，液状内容和饲料微粒中氮的比例发生显著变化，此时氨态氮、原生动物氮和瘤胃液氮均有所增加。

瘤胃中蛋白质的水解和氨基酸的生成

蛋白质在瘤胃中转化的初期阶段，先分解为肽，然后再分解为氨基酸。氨基酸被瘤胃微生物用来合成细菌蛋白质和原生动动物蛋白质，或者分解为氨和含有碳、氢元素作为能源加以利用的剩余物。氨进一步再合成氨基酸，一部分氨则进入血液再到肝脏。瘤胃内容物水解蛋白的性能是在试管中以微生物悬液分解酪蛋白时首先发现的。尽管瘤胃液的蛋白水解作用很弱，也证明了微生物有这种功能。在其他试验中（尼基金，1939），当给瘤胃液加入蛋白胨时，发现后者也可酵解，并有相当数量的氮转化为气态。稍后（皮尔逊）等（1943）也证实瘤胃液具有蛋白水解活性。他们还证实瘤胃内容物培养2—4小时，非蛋白氮可转化为蛋白质。100克瘤胃内容物大约合成8毫克氮。蛋白质分解占优势或者合成占优势取决于培养时的条件，特别是取决于蛋白质来源。例如，培养含酪蛋白或明胶的瘤胃液就存在有蛋白质的水解，而培养含血粉的瘤胃液，则合成占优势。研究者把这种现象解释为被作用物的溶解性不同，因为血粉溶解度是很小的。在后来的研究中查明，饲料蛋白质性质是决定其在瘤胃中分解程度的主要因素。研究饲喂干草的绵羊瘤胃液中多种蛋白质分解速度时证实，酪蛋白分解最快，白明胶和青草蛋白分解较慢，再慢些的是大豆蛋白，最慢的是玉米胶蛋白。因为蛋白质溶解度不同，易溶性蛋白质氮由于在瘤胃中生成的氨多而快，吸

收的就少，有相当数量的氨态氮被机体丧失掉。由此有一种意见，瘤胃中氨的水平可以作为动物机体对氮的利用效率的指标之一。但是研究指出，饲料蛋白的良好溶解性，不一定就表明它们利用的就不好。例如，易溶解的酪蛋白氮比难溶的蛋白氮—肉粉、大豆和棉籽—吸收的要好得多。德米特罗钦科和莫罗兹（1963）也获得大致相同的数据。他们发现，饲喂向日葵饼时，瘤胃中氨的水平比喂花生饼时要高一些，尽管花生饼的粗蛋白在瘤胃中分解较慢，氨的水平也较低，但是喂花生饼的动物对氮的吸收和生产性能都较低。研究者另一种意见认为，瘤胃高水平的氨不是氮丧失的标志，而是说明微生物分解利用蛋白质的程度。同时必须注意的是，当瘤胃中氨的浓度迅速增加时，有大量的氨能进入血液中并且以尿素或铵盐形式从机体排出。

瘤胃中蛋白质的分解是一种酶解过程，这一过程是由微生物蛋白水解酶来完成，部分地由植物性饲料酶来实现。瘤胃的原生动物和细菌都具有蛋白水解活性。瘤胃液蛋白水解活性在很大程度上与原生动物数量有关。但是瘤胃完全失去原生动物时，蛋白水解作用也不会停止，这表明细菌在此过程中有重要作用。研究犊牛蛋白水解作用时发现，一周龄的犊牛瘤胃中拟杆菌属和链球菌属两种细菌占优势；从6周龄开始瘤胃中的蛋白水解作用大都由栖瘤胃拟杆菌、新月形单胞菌属和丁酸弧菌属细菌来实现。根据某些研究者的资料，成年反刍动物下述细菌具有蛋白水解活性：栖瘤胃拟杆菌、瘤胃新月形单胞菌、嗜淀粉拟杆菌、多对毛螺菌、溶纤维丁酸

弧菌和地衣芽胞杆菌。

大部分细菌蛋白水解酶属于细胞内酶，当细菌被破坏后才释放出来。但是微生物排出的蛋白水解酶至少30%是外源性的。出现在瘤胃中的蛋白水解酶是蛋白酶和肽酶，它们与消化腺分泌的和在弱硷性环境中使蛋白质水解的酶区别甚小。可见，细菌酶没有特异性，基本上不随瘤胃微生物群而改变。水解进行的速度与瘤胃微生物群的组成比较，主要决定于蛋白质的性质，它的物理结构和溶解性。因此不管饲料怎样，此时微生物群的组成虽然有重要变化，而蛋白质在瘤胃中将受到水解。

蛋白质水解通常分两个阶段，起初饲料蛋白质在水解肽键的蛋白酶作用下分解为多肽，多肽进一步被肽酶分解为游离的氨基酸。肽酶分解肽键只有在游离肽键存在时才有可能；有游离氨基存在时，氨基肽酶才起作用；同样当存在游离羧基时，羧基肽酶也才起作用。

蛋白酶和肽酶的活性在很大程度上取决于pH值。pH为7左右细菌酶的作用最好；pH为5.5—7时，肽酶的作用最佳。蛋白质分解后生成的肽和游离氨基酸迅速地被细菌用于合成蛋白质，因此其浓度在瘤胃液中是不高的。瘤胃内容物中常见到下列氨基酸：谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丝氨酸、苏氨酸、精氨酸、酪氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸和胱氨酸。其中前三种氨基酸一般经常存在于瘤胃中。在不含微生物的瘤胃滤液中发现（按微克分子/升计）：谷氨酸0.028、天门冬氨酸0.022、丙氨酸

0.025、缬氨酸0.021、甘氨酸0.008、脯氨酸0.007、苏氨酸0.006、丝氨酸0.011。瘤胃中游离氨基酸水平取决于许多因素：首先决定于日粮中蛋白质性质，其次是饲喂后的时间。饲喂前游离氨基酸浓度最低，饲后稍有提高，2—4小时后浓度最高。饲后3小时瘤胃液中游离氨基酸含量见表1。

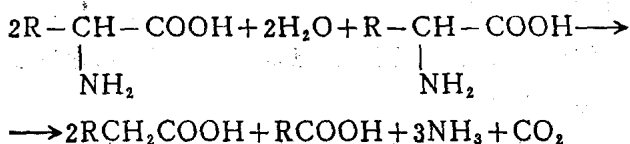
表1 绵羊瘤胃液游离氨基酸浓度（毫克%）

氨基酸	浓度	氨基酸	浓度
氨基酸	0.63	甘氨酸	0.56
组氨酸	0.30	丙氨酸	0.66
精氨酸	0.60	缬氨酸	0.68
天门冬氨酸	0.92	蛋氨酸	0.10
苏氨酸	0.42	异亮氨酸	0.70
丝氨酸	0.36	亮氨酸	0.86
谷氨酸	1.37	酪氨酸	0.37
脯氨酸	0.38	苯丙氨酸	0.41

游离氨基酸进一步的去向在很大程度上决定于瘤胃中形成的条件。氨基酸的一部分，特别是必需氨基酸立即被微生物用之于合成蛋白质，其余的被分解；只有少量的被瘤胃壁吸收并为机体在以后的过程中加以利用。例如，在试管中的实验证实，至多1%的胱氨酸和14%左右的蛋氨酸未经分解就进入细菌蛋白质中，而其余氨基酸被分解，硫通过形成硫化氢才参与代谢。

瘤胃内容物中的氨基酸主要的分解反应为脱氨基作用。脱氨基作用的速度是各不相同的。天门冬氨酸和谷氨酸很快脱去氨基，而丝氨酸、胱氨酸和精氨酸脱氨基较慢。脱氨基

作用的最终产物是氨、二氧化碳和挥发性脂肪酸。脱氨基作用是在细菌脱氨酶作用下进行的。产生脱氨酶的细菌有：栖瘤胃拟杆菌、瘤胃新月形单胞菌、埃尔斯丹尼消化链球菌、丁酸弧菌属、新月形单胞菌属和梭菌属。既然氨基酸的脱氨作用较蛋白水解作用稍慢一些，那么饲喂后就会立即发现瘤胃内氨基酸和肽的含量增加。由于脱氨基活性迅速增强，所以在喂后 3 小时就发现瘤胃内氨的浓度最高。已查明大多数脱氨酶最适反应的 pH 为 7 左右。某些脱氨酶的活性在稍偏硷性环境中也能表现出来。用冲洗的细菌悬液研究某些氨基酸的脱氨基作用时取得了有趣的资料。例如，酪蛋白的水解产物氨基酸就是在厌氧条件下被冲洗的瘤胃微生物悬浮液所分解，反应产物是氨、碳酸和挥发性脂肪酸（醋酸、丙酸、丁酸及带直链和侧链的 5 碳原子脂肪酸）。同时还查明，如果丙氨酸和脯氨酸与冲洗的细菌悬浮液一起培养，那么氨要比单独培养时产生的快。基于此，即可断定氨基酸的转化是在瘤胃微生物作用下按斯季克列特反应来进行。这一反应的实质是两种氨基酸双双脱去氨基，其中之一作为供体，另一个作为受氢体：



据推测，亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸和色氨酸是促进瘤胃形成还原的条件，

以便保证氢的供应。精氨酸、甘氨酸、羟脯氨酸、脯氨酸和鸟氨酸均为受体。一般认为瘤胃内容物脱氨基能力随饲料蛋白的进入而同时增加。还有这样的资料，即在绵羊瘤胃内酪蛋白分解过程中产生大量未脱去氨基的氨基酸。用乳牛瘤胃微生物悬浮液实验证实，22种氨基酸中能够脱氨基和脱羧基的只有天门冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、精氨酸和胱氨酸。由于上述氨基酸转化的结果，经常可见二氧化碳、氨、醋酸、丙酸和丁酸存在于瘤胃。脱氨基作用最适pH为6.9，近似瘤胃中氢离子通常的反应。

值得注意的是，不同的氨基酸进入瘤胃时获得的下述资料，即进入绵羊瘤胃的蛋氨酸、甘氨酸、丙氨酸和谷氨酸分解为氨。一些氨基酸的混合物脱氨基较快，这就表明脱氨基作用是按斯季克列特反应进行的。除此之外，还发现日粮成分影响到微生物脱氨基作用的强度。例如，从饲喂含有酪蛋白日粮的绵羊瘤胃中获取的细菌对天门冬氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、缬氨酸、甘氨酸、蛋氨酸、精氨酸等的脱氨基速度明显地大于饲喂干草的绵羊瘤胃中的细菌。

某些氨基酸培养瘤胃细菌悬浮液的实验还表明，不仅氨基酸L-异构体能够脱去氨基，而D-异构体也能部分地脱去氨基。DL-氨基酸短时间培养，也能很快地脱掉氨基。这在饲养反刍动物时广泛利用合成的氨基酸上有一定重要的意义。氨基酸脱去氨基的产物中，还能产生不饱和脂肪酸，以及带有侧链的挥发性脂肪酸-异丁酸和异戊酸，正如亮氨酸和缬氨酸脱氨基的结果那样。