

国外农业科技交流资料(82)—7

家畜飼料营养

美国加州大学 普兰·沃拉教授主讲

农牧渔业部科技司
华南农学院

一九八二年十月

前 言

应我部邀请，美国加利福尼亚大学戴维斯校区家禽系普兰·沃拉 (Pran Vohra) 教授，于一九八二年六月廿日至八月四日来华讲学期间，在我司委托华南农学院举办的全国饲料分析实际操作培训班上，系统讲授了饲料分析及有关动物营养问题。现将其讲授内容编印成册，以交流经验，有不妥之处，请予指正。

对组织和参加这一学术活动的以及参加翻译、编印的同志在此一并致以谢意。

农牧渔业部科技司

1982年10月

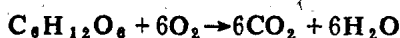
目 录

一、水分.....	(1)
二、蛋白质类及其评价.....	(5)
三、脂类的评价.....	(13)
四、碳水化合物及其测定.....	(19)
五、矿物质和维生素测定.....	(27)
六、能量的概念.....	(31)
七、饲料及它们所起的作用.....	(40)
八、家禽日粮的配合.....	(86)
九、家禽的纯养分饲粮.....	(96)
十、在有效地利用饲料资源方面，单胃动物与反刍动物的作用.....	(104)
十一、满足人类平衡食谱的需求.....	(121)

一、水 分

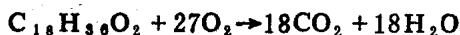
水是一种必需的营养成分。鸡蛋含水65%，刚出壳的雏鸡含水约85%，成年鸡约55%。鸟类可以释放几乎全部的体脂肪和50%的体蛋白还能生存，然而机体的水分损失10—20%，就可导致死亡。

家禽获水途径有三：1. 饮用水，占75%；2. 饲料中的水，占6%；3. 代谢水，占19%。



180

108



268

324

即在体内氧化时，每克葡萄糖产生0.6 (108/180) 克代谢水，每克硬脂酸产生1.2 (324/268) 克代谢水。

水作为营养物质的溶剂和废物的携带者，作为润滑剂和参与维持体温方面是必须的。

家禽饮水量为饲料量的两倍。

饮水量 (升/每千鸡/每日, 在21℃)

周 龄	肉 用 型	蛋 用 型	火 鸡
1	23	19	37
3	67	45	113
5	140	83	189
7	207	105	283
8	235	113	359
12	(出售)	151	567
20		170	605
35		270(产蛋期)	♂ 700 ♀ 450

NRC 1977

环境温度每升高 1℃, 饮水量增加 7%。某些品种的消耗高于比值。

水是怎样损失和平衡复原的?

周龄	环境温度 (℃)	相对湿度 (%)	饮水量 (克/日)	饲料中 水(克)	代谢水 (克)	生长贮 留水 (克)	排泄物 中水 (克)	蒸发损失 的水(克)
2	25	70	11.8	2.4	5.0	4.6	4.1	7.3
4	23	70	48.8	4.8	9.3	15.0	12.8	35.1
6	20	75	90.2	7.4	17.7	15.9	19.3	80.0
8	20	67	114.7	9.0	21.5	20.4	23.9	100.8

Kerslens

高的蒸发损失显示通风的重要性。

1000只产蛋鸡每天饮水270升。禽类的饮水量在32℃时比16℃高两倍。

如果停止供水24小时，产蛋率会下降80%，而且需要25—30天才能恢复正常(图1)。对于种鸡，下列的资料是有用的：

一周饲料采食量(克/头)

周 龄	水的限制程度(控制%)					
	0	10	20	30	40	50
2	200	168	168	150	168	141
4	363	358	322	327	308	290
6	603	531	494	472	440	431
8	776	667	644	612	572	522
八周合计	3516	3170	3052	2836	2740	2581

水的质量(硬度并不造成问题)

固体不超 1500~3000ppm

PH 6.0~8.5

Na、K、Cl 500 ppm

SO₄²⁻ 1000 ppm

Mg²⁺ 200 ppm

亚硝酸盐及硝酸盐 低于50 ppm

饲料的水分含量若在13—14%时，霉菌能够生长。

防止霉菌生长可在每吨饲料中加入1.8~3.7公斤丙酸钙或7.5克龙胆紫。

在100℃测定水分会使易挥发的物质蒸发和使某些有机物质（短链脂肪酸）分解。

最好的方法是溶剂（甲苯）蒸馏法。

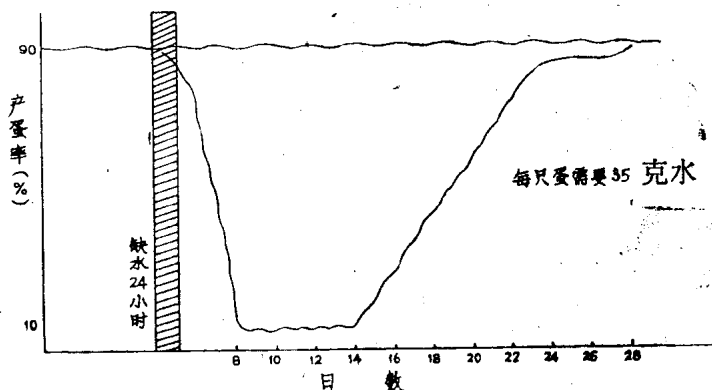


图1 缺水对母鸡产蛋率的影响

(张继译)

二、蛋白质类及其评价

蛋白质是氨基酸类以肽键形式, $-\text{CO}-\text{NH}_2-$, 连结在一起的化合物。蛋白质的分类是基于形状、溶解度及化学组成等。

1. 纤维状蛋白质:

胶原蛋白 (Collagen): 胶原蛋白分布在骨骼及结缔组织中富含羟脯氨酸并含有羟赖氨酸, 但缺半胱氨酸及色氨酸。胶原蛋白与水共煮可得白明胶。

弹性蛋白 (Elastin): 弹性蛋白分布在腱及动脉中, 但不生成明胶。它短缺多种必需氨基酸。

角蛋白质 (Keratins): 角蛋白质类分布在羽毛、头发、爪、禽嘴、蹄及角中, 含有15%胱氨酸并且是难于消化的。加压15至20磅水蒸气蒸煮1小时可提高角蛋白的消化性能, 消化率可以提高到70%, 但胱氨酸的可利用率仅为5%。

2. 球状蛋白质 (Globular Proteins):

(1) 清蛋白类 (Albumins): 清蛋白类可溶于水, 但加热就凝固, 例如: 蛋白的清蛋白 (egg albumen), 血清的清蛋白 (serum albumin), 小麦中的麦清蛋白 (Leucosin) 及豌豆中的豆清蛋白 (Legumelin)。

(2) 球蛋白类 (Globulins): 能被5~10%氯化钠溶液溶浸出, 这类包括有血清球蛋白, 血纤维蛋白 (fibrinogen)。肌浆蛋白 (myosinogen), 大麻仁球蛋白 (edestin)。豌豆中的豆球蛋白 (legumin), 刀豆中的伴刀豆球蛋白 (Concanavalin) 及巴西坚果中的巴西果蛋白 (excelsin)。

(3) 谷蛋白类 (Glutelins): 小麦中的麦谷蛋白 (Glute-

nin)，玉米中的谷蛋白 (Corn Glutenin) 及大米中的米谷蛋白 (Oryzenin) 等均属之。谷蛋白类可溶于稀酸或碱。

(4) 醇溶谷蛋白 (Prolamines)：这类蛋白质可溶于70~80%乙醇中，包括有小麦中的麦醇溶蛋白 (Gliadin)，玉米中的玉米醇溶蛋白 (zein)，黑麦中的麦醇溶蛋白及大麦中的大麦醇溶蛋白 (Hordein) 等。

(5) 组蛋白类 (Histons)：这类蛋白质富含碱性氨基酸如精氨酸及赖氨酸，并不溶于稀氨水中。包括有血红蛋白中的珠蛋白 (globin)，鲑鱼精子中的鲑精蛋白 (Scombine) 及鲭组蛋白 Scombron)。

(6) 鱼精蛋白类 (Protamines)：这类蛋白质类似于组蛋白类但分子量较低，分布在鱼的精子中，鱼精蛋白缺酪氨酸，色氨酸及含硫氨基酸类。

3. 结合蛋白质类：

(1) 核蛋白类是与核酸结合的蛋白质。

(2) 粘蛋白类含有4%以上粘多糖。

(3) 糖蛋白类含有约4%碳水化合物。

(4) 脂蛋白类是与磷脂类结合的蛋白质。

(5) 色蛋白类含有呈色的辅基。

蛋白质及氨基酸的供应：

仅植物及微生物能够利用无机氮合成蛋白质，动物仅能将植物及微生物合成的蛋白质转变成动物组织蛋白质，并且这种转变效率是很低的。对饲料蛋白质的需要，就是要从饲料中供应足量的必需氨基酸及非必需氨基酸。在饲料配合中，我们不仅要注意蛋白质总量，更应注意氨基酸特别是必需氨基酸的含量。不用饲料蛋白质，仅用合成的氨基酸也能组

合成平衡的饲粮，但这种饲粮极昂贵不能用于商业畜牧生产上。而现已有合理价格的赖氨酸及蛋氨酸可供用于平衡由谷实类、动物付产类及油饼类组成的饲粮。

蛋白质的质量：

蛋白质的营养价值，基于所含氨基酸数量及的相对比例。蛋白质所含氨基酸数量及比例与家畜对氨基酸需要相比较得出关于营养上是否平衡的概念。比例值最低者称为第一限制性氨基酸。比例值第二低者称第二限制性氨基酸。这项描述有助于安排合适的补充以提高整体的营养价值。首先要补充的就是第一限制性氨基酸，否则这第一限制性氨基酸的短缺将愈来愈明显，限制性氨基酸限制了其余氨基酸能被利用上。限制性氨基酸的概念，可以用含48.5%及43.8%蛋白质的大豆麸及芝麻麸各别单独配成含23%蛋白质雏鸡饲粮时，各种必需氨基酸EAA与雏鸡饲粮需要EAA之间的比例来说

	①		②		③ = ② × $\frac{23}{48.5 \text{ 或 } 43.8} \times \frac{1}{①}$	
	雏鸡 饲粮 需要 量 %	48.5% 蛋白质 的大豆 饼粉含 EAA 量 %	43.8% 蛋白质 的芝麻 饼粉含 EAA 量 %	调整至23%蛋白质的比例		
				大 豆 麸	芝 麻 麸	
精氨酸	1.44	3.68	4.93	1.20	1.78	
组氨酸	0.35	1.32	1.09	1.77	1.61	
亮氨酸	0.80	2.57	2.12	1.51	1.38	
赖氨酸	1.20	3.18	1.30	1.25	0.56	
蛋氨酸	0.50	0.72	1.20	0.68	1.25	
色氨酸	0.23	0.67	0.82	1.37	1.85	

明,例如:上列数据指出了,大豆饼粉的唯一限制性氨基酸是蛋氨酸;而芝麻饼粉的唯一限制性氨基酸是赖氨酸。

经常,全部氨基酸必需同时存在于饲料中供有效地利用,限制性氨基酸能被充分地利用而是很少会贮备作以后利用。

蛋白质的生物学价值,净的蛋白利用率,及净蛋白值等名词是没有实用意义的,因为由不同饲料所组成混合饲料中的混合蛋白质的营养价值是不能用这类指标或资料来综合表示的。上述这些项目仅在用单一来源蛋白质来组成饲料进行研究时才有价值。

过量的氨基酸同样是有害的,因为某一种氨基酸过量,会增加对另一种氨基酸的需要。已知有下列氨基酸之间有相互作用:

赖氨酸——精氨酸,甘氨酸

色氨酸——苏氨酸

蛋氨酸——甘氨酸

亮氨酸,缬氨酸——异亮氨酸

食入过多量赖氨酸所产生的毒性,可以用增加精氨酸或甘氨酸的食入水平来克服,苏氨酸可以缓和过量色氨酸所产生的毒性。

在生产实践中,偶尔会发生这些氨基酸轻度过量的情况,这是由于汇合各种来源的蛋白质以图平衡限制性氨基酸时发生的结果,在这种情况下可以不予理会。

有关氨基酸含量的资料是很有用的。蛋白质用酸水解后用层析法分离并测定。在酸水解过程中破坏了色氨酸,氨基酸的总量不等于可利用的氨基酸。在有碳水化合物存在的条件下,将蛋白质用过度热处理会降低赖氨酸的可利用性能。

根据氨基酸粗测所得的是总的赖氨酸量而不是可利用的赖氨酸量。蛋白质经过度的热处理也降低了精氨酸，组氨酸及色氨酸的可利用性能。

蛋白质加工对消化率的影响：

消化率的测定如下：

$$\text{蛋白质的表观消化率}\% = \frac{100 \times (\text{食入蛋白质} - \text{粪中蛋白质})}{\text{食入蛋白质}}$$

加工方法影响蛋白质消化率。例如：生料大豆麸粉（未经加热就用溶剂提取的）含有外源凝集素（lectin），即“血球凝集素”（hemagglutinins）；抗酶、即抗胰蛋白酶因子；尿素酶；皂素类；雌激素类（遗传素，genestin）及肌醇六磷酸酯。抗酶干扰了食物的消化，喂饲生料大豆麸的家畜的生长速度慢于喂饲经热处理的大豆麸者，当大豆麸加热处理时，外原凝集素及抗酶被转变为无害的。

尿素酶活力的测定是简单的，当未经热处理生料大豆饼粉与经热处理的饼粉之间的差异为0.05至0.2PH单位时，这饼粉可以被认为是经过适度的热处理或者被认为是具有低的抗酶活力的饼粉。具有这种差值是需要的，因为经过度加热处理时这值等于零。经过度热处理的饼粉中某些氨基酸，其中包括有赖氨酸在内的可利用率下降，这就产生了“可利用的赖氨酸”问题和测定方法。对于一种良好的蛋白质而言，其中总赖氨酸量与可利用的赖氨酸量之间的差异不应大。

蛋白质与橙色G染料结合的试验是另一种简单的测试蛋白质是否经过度加热处理的方法，经过度加热处理的蛋白质与橙色G染料的结合力低于经适当加热处理的蛋白质。

蛋白质的消化率可以用胃蛋白酶在试管中进行测定。

酶的相对效能或活力在测试中对于获得可重复性的结果方面是很重要的，消化率高的蛋白质比较好，消化率高并不是优等营养价值的指示，氨基酸平衡就更为重要，所以平衡而又消化率高的蛋白质才是优质蛋白质。

肉粉：

在肉粉中的一个特出问题是制肉粉原料的高度变异性。粗蛋白值具有某种意义，但对于消化性能没有提供资料，实际上没有简单的测试可以有效地提供有关蛋白质的质量资料。已有多种测定方案例如可利用的赖氨酸，或染料结合，蛋氨酸含量，色氨酸含量，胃蛋白酶消化率及灰分含量等。灰分含量能指出在肉粉中是否存在骨粉。肉粉中是否含有骨粉也可以将蛋白质浮在氯仿中来鉴定，骨粉是下沉的。即使合并使用上述多种方法，对于评定肉粉的质量还是不够的。

棉籽饼粉：

棉籽饼粉会含有棉籽酚，这将影响长期贮存蛋的质量，棉籽饼粉中含自由棉籽酚量不得高于0.04%。棉籽的加工如果是先用压榨法然后用溶剂提取时，有一部分棉籽酚与赖氨酸相似的氨基酸结合。结合棉籽酚引起的问题少于自由棉籽酚。

棉籽饼会含有残留的环丙烯脂肪酸如苹婆酸(Sterculic acid)及锦葵酸(malvalic acid)。这两种酸都对Halphen氏反应呈红色，但如果样本经热处理后则不呈这个反应，但环丙烯脂肪酸的有害性质仍然存在于产品中。尚没有其他试验方法。能检出它的存在。

任何由于掺入尿素以提高凯氏氮。都可以用检查蛋白质样本中的含尿素量方法检查出来。

饲料中的胰蛋白酶抑制因子的活力，有助于决定给饲单

胃家畜前是否需要加工，在经过干热处理或湿热处理如蒸气或加压蒸煮后会使抑制因子的活力下降。

禾谷类蛋白质：

禾谷类的总蛋白质含量受农艺因子如环境条件，土壤，肥料及灌溉等及植物的遗传性能等所影响。农艺因子主要影响储存蛋白质如醇溶谷蛋白类。淀粉粒是包在蛋白质基质中，并由结构蛋白质、谷蛋白粘在一起。这类蛋白质的积聚发生在淀粉的沉积之前并且在营养上较好地平衡。在籽实的成熟期间碳水化合物沉积时，在胚乳中的储存蛋白质也同时增加，这类储存蛋白质的营养价值比不上结构蛋白质。禾谷类饲料中的总蛋白质含量可以由于氮肥而增加，并且主要是增加醇溶谷蛋白类。在高粱蛋白质中，质量较好的球蛋白类及谷蛋白类与质量较差的醇溶性谷蛋白类的氨基酸含量比较：

高粱蛋白质中的氨基酸含量 (%)

氨基酸	球蛋白	醇溶谷蛋白	谷蛋白
精氨酸	6.14	0.66	5.91
半胱氨酸	1.99	痕量	1.21
组氨酸	1.45	0.67	3.12
异亮氨酸	3.45	5.04	4.07
亮氨酸	6.72	15.33	12.49
赖氨酸	3.36	0.14	3.12
蛋氨酸	2.24	1.33	—
苯丙氨酸	4.77	5.84	4.90
缬氨酸	6.46	5.88	5.50
谷氨酸	15.80	25.07	24.08

这些蛋白质类并不是单一的实体，在电泳中，上述每一类蛋白均产生若干条带，来自其他禾谷类及豆类的蛋白质具有类似的情况，在这些蛋白质中有些是与抗酶性质有关，这就是适当地强调称为蛋白质复合物的复杂性。

(赵文祺译)

三、脂类的评价

脂类是指用乙醚或石油醚提浸出的化合物，脂类的完全浸出还可以用热的甲醇，苯或氯仿——甲醇（2:1）混合溶剂。脂类可以分类如下：

1、简单的脂类：是脂肪酸类与醇类结成的酯类。

脂肪：是脂肪酸与甘油结合成的酯，液状脂肪称为油。

脂肪可以是单肪酸，双脂酸或三酯酸甘油酯。

腊：是脂肪酸与长链的醇结合成的酯。

2、复合的脂类：除脂肪酸及醇外、还含有其他基团者。

磷脂类：甘油磷酸衍生物含有甘油、磷酸，脂肪酸及胆碱或乙醇胺卵磷脂或丝氨酸脑磷脂。

神经鞘磷酸酯含有神经鞘氨醇取代了甘油如神经鞘磷脂。（Sphingomyelin）

脑苷脂类（Cerebrosides）或糖脂类（Glycolipids）是神经鞘氨醇的衍生物含有脂肪酸及一个已糖分子。

神经节苷脂（Gangliosides）是神经鞘氨醇（Sphingosin）的衍生物并含有脂肪酸，已糖胺，已糖及唾液酸（Sialic acid）’

其他复合的脂类为硫酸脑苷脂（Sulfolipids）。氨基脂类（Aminolipids）及脂蛋白类（Lipoproteins）。

3、脂类衍生物是来自上述脂类化合物的水解产物，包括有自由脂肪酸，甘油，固醇类，及某些其他醇类。

命名：

在自然界中的脂肪酸有饱和的及不饱和的二大类。在日内瓦国际命名法（Genevan system）中，脂肪酸的命名是将

相同碳原子数的碳氢化合物最后的e用oic代。例如,一种含有3个碳原子的脂肪酸称为丙烯酸(propenoic acid)者,它是从含有3个碳原子碳氢化合物丙烯(Propene)衍化而来的。羧基的碳原子排位为1位碳原子,邻接的第2位碳原子亦称 α 碳原子。顺序第3位,碳原子亦称 β 碳原子。如此按顺序到最末位碳原子称为 ω 碳原子,通常是甲基(CH_3-)。

油酸; $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

后来认为双键的位置及其定位数目以 ω 末端的甲基碳原子为1比较好。用这种定位法时,亚油酸可以写成18:2 ω 6即含有18碳及2个双键分别在6位与9位碳原子上的脂肪酸。而油酸则可以写成: $\Delta^9\text{C}_{18}$;18:1 ω 9; C_{18} :1 ω 9;或简成18:1:9

脂肪及油类的燃烧热比碳水化合物高出很多,下列是某些营养上重要的三脂酸甘油脂的燃烧热值及代谢能值(千卡/克):

	燃烧热 (总能) (GE)	代谢能(ME)
猪脂	9.3	8.60
牛羊脂	9.5	7.01
棉籽油	9.5	
椰籽油		8.60
鱼油(饲料用)		8.18
家禽脂		8.20
玉米、大豆、向日葵及其他植物油		8.95
经酸化的不皂化物 Acidulated soapstock		7.72