

应用回归分析评定饲料表现

代谢能值的研究*

张子仪 长光藻 吴同礼 赵雪秀 李文英

(中国农业科学院营养研究所)
(1981年11月15日收稿)

提要

在许多鸡的AME(表观代谢能)值和一些常用的营养价值(NM)或营养价值(NM)含量。用同时公式去估测饲料的能量利用率是近十几年来引起人注意的方法。鸡饲料中的粗纤维(CF)是一般比较清楚的NM。早在40年代前后Menzel(1934),Halcon(1946)等人员就此问题进行过研究。以后Pettet(1960)、Hile(1968)、Begin(1961)、Sibbold(1961)等的工作都证实肉类不能成为消化纤维,Aransson(1961)指出,饲料中的CF含量与消化率和其有密切关系,达33%。Mitchell(1961)也分析了牛,猪,鸡肉中的CF含量及其有密切消化率的影响后指出,鸡最慢,猪次之,牛又次之,最近麦克斯等(1979)曾对各种鸡饲料中的CF及粗性纤维(LDF)的代谢率进行了测定。结果指出,两者都不能或很少被鸡消化吸收利用。由此可见,通过鸡饲料中的CF,LDF等NM含量从反面去估测代谢能值(AME)是比较容易的。具有营养价值的各种谷物,对饲料,Lesslie(1973)曾报道了通过鸡饲料中的化学或物理测定饲料的AME值的回归公式。作者等(1978)在研究饲料中CF含量对AME值影响时,也曾发现各类型饲料中的CF含量与AME值无例外地呈强负相关。随着电子计算机技术在畜牧业上的广泛运用,近十几年来不少学者在应用回归分析方法评定饲料营养价值方面进行了大量的研究,为了寻求适合于测定AME肯定方法,作者等设计了模式试验,并就所得实数据用差算法、联立方程法、插值法四种估测法等不同评定体系所规定的方法处理后进行了对比分析。

前言

通过饲料中的非营养价值(NM)或营养价值(NM)含量,用同时公式去估测

饲料的能量利用率是近十几年来引起人注意的方法。鸡饲料中的粗纤维(CF)是一般比较清楚的NM。早在40年代前后Menzel(1934),Halcon(1946)等人员就此问题进行过研究。以后Pettet(1960)、Hile(1968)、Begin(1961)、Sibbold(1961)等的工作都证

实肉类不能成为消化纤维,Aransson(1961)指出,饲料中的CF含量与消化率和其有

密切关系,达33%。Mitchell(1961)也分析了牛,猪,鸡肉中的CF含量及其有

密切消化率的影响后指出,鸡最慢,猪次之,牛又次之,最近麦克斯等(1979)曾对

各种鸡饲料中的CF及粗性纤维(LDF)的代谢率进行了测定。结果指出,两者都不能

或很少被鸡消化吸收利用。由此可见,通过鸡饲料中的CF,LDF等NM含量从反面去

估测代谢能值(AME)是比较容易的。具有营养价值的各种谷物,对饲料,Lesslie

(1973)曾报道了通过鸡饲料中的化学或物理测定饲料的AME值的回归公式。作者等

(1978)在研究饲料中CF含量对AME值影响时,也曾发现各类型饲料中的CF含量与

AME值无例外地呈强负相关。随着电子计算机技术在畜牧业上的广泛运用,近十几年来

不少学者在应用回归分析方法评定饲料营养价值方面进行了大量的研究,为了寻求适合

于测定AME肯定方法,作者等设计了模式试验,并就所得实数据用差算法、联立

方程法、插值法四种估测法等不同评定体系所规定的方法处理后进行了对比分析。

*本工作承王维国、姚长生、李玉吉同志大力支持和帮助。

试验方法

一、试验与饲养

选用只数及试验设备，用甲基氯基酸盐和福尔马林，一周龄后进行断翅试验及发音训练，喂给全价饲料，4周龄时称重，按体重、公母，挑选并带标记号，6周龄时从接种中市按体重、强弱、公母等条件选育140只，分成14个单元，每单元三组二公两母，随机分组。

正式试验期为7天，在试验前三天，一次精确定全试验所需饲料分别装袋并标号。每只每只限给混合料40克，均为自由采食量的30—40%，分三次定量喂给。自由饮水，每类估计饮水量并在饮水中添加适量的钙、镁、锌、钾、硒等微量元素，室温 $22\pm2^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $58\pm3\%$ 。

二、饲料及样品的收集与准备

正式试验前定量分装饲料的同时，用相应精度的天平称重在小容器内按配比比例混合配制，同时平行测定干物质含量。

称重饲料的准备是在通风橱下完成，盖上干燥塑料布，每日拂拭4小时前收集样品，称样前用皮老虎除去毛和皮屑，再用镊子仔细地挑去毛屑将洗净的称重饲料与称重器皿充分混匀，然后称净重准确至0.5克于其后洒以风干秤称存，称示读数的差别在 10°C 以下称重后废弃，重量往不称入样品中。每日称重量按下列式求出：

$$\text{称重干物质}(\text{克}/\text{日}) = \text{净称重物风干重}(\text{克}) \times \text{称重物风干物质}(\%) + 10^{\circ}\text{C} \text{ 称干风干率}(\%)$$

干物质重量计算公式：
粗蛋白质量计算公式：
粗纤维AOAC法。
ADF用VanSoest氏法(去灰)。

三、设计：

干物质重(克)	配方合成分(%)											
	N ₁			N ₂			D ₁			D ₂		
粗蛋白质量(%)												
0	BR	14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
DF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A	BR	65	65	88	85	50	70	75	70	80	70	
DF	25	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
B	BR	70	70	75	70	80	50	50	54	50	50	
DF	30	30	25	30	20	20	30	30	30	30	30	
C	BR	55	55	64	55	70	65	65	65	65	70	
DF	45	45	38	45	45	45	45	45	45	45	45	
D	BR	48	48	52	48	50	60	60	60	60	50	
DF	52	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52	

本试验用五种类型日粮，分别估量能量
饲料(玉米、麸皮、蛋白质饲料(大豆、豌豆))，
粗蛋白(瘦肉粉)及粗纤维(玉米、麸皮、残
然后将其分组与玉米、麸皮、大豆、豌豆、残
叶按不同比例混合后分4组饲喂。(参考表
1)。

注：(1)半水二号、麸皮、仔猪麦麸、(2)人玉粉
(3)玉米大麦粉、高粱粉、(4)米面以米糠
(5)麸皮粉、(6)玉米下脚料大于玉米、当量于粗
纤维，含粗蛋白30%。(7)米面为米糠30%，(7)DD为
粗蛋白。

按下式求AME值

$$\left. \begin{array}{l} I_1 = \frac{a_1 b_1 - a_2 b_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \\ I_2 = \frac{a_1 b_1 - a_2 b_2}{a_2 b_2 - a_1 b_1} \end{array} \right\} \text{式④}$$

(三)插值法:

在测定某种饲料时,事先进行被测饲料与基础日粮按不同比例组成的混合日粮的代谢试验(设计方案见表3)。实质上也是一种回归分析法,因各类型日粮(B组1,2,3,4,...10)中被测饲料的比例不同,所以可用被测饲料在总日粮中所占比例(α)为自变量(x)以不同比例的AME实测值为因变量(y)求出一线性公式,然后将 $x=100$ 代入式⑤

表3. 插值法设计示意图:

日粮编号	1	2	3	4	5	...	10	
日粮 组成	ME (%)	100	90	80	70	60	...	0
	DF (%)	0	10	20	30	40	...	100
AME实测值DF	AME ₁	AME ₂	AME ₃	AME ₄	AME ₅	...	AME ₁₀	

注: ME: 营养素; DF: 测量值。

$$y = ax + b \quad \text{式⑤}$$

即可求得被测饲料的外推AME值。

(四)公式预测法:

以饲料中所含NFM为自变量(x)以及AME实测值为因变量设计模式试验,将某饲料的AME测值看做是表示于营养素饲料的直线上的一点,通过实验室化着手将表中的NFM值代入式⑥即可求得AME值。(见表4)

$$AME = a + bx \quad \text{式⑥}$$

表4. 插值法设计示意图及试验方案

干重中的NFM (%)	ME (%)
干重中的AME值(各组%)	100.00 ± 0.00

注: x<0<x<x<1—非蛋白氨基酸; y>y>y>y>y—非蛋白氨基酸。

试验结果

一、营养计算法处理的AME实测值

根据经典的营养法原则进行数据代谢试验数据报告。随着被测饲料比例的增加而代谢率递减,按不同比例的被测饲料基质日粮代表速率(见式③)平均值计算出的能量饲料AME值也递减趋势(见表1),玉米中的AME值随着在日粮中的比例的零增加到6%,而AME值由1.31兆卡/公斤下降到1.08兆卡/公斤,两者相差为0.23兆

卡/公斤，麸皮则由1.839块/公斤下降到1.372块/公斤，粗粮由3.367条卡/公斤，另从大豆的AME测值分析尽然大于物质中的总能为5.63块卡/公斤，但数据和D组比绿豆的AME值过低，显然与营养数据不完全符合，再从粗料的营养值看和质量饲料相似，粗料在试验中的比例愈大其算出的AME值反而增高(见表五)，由此可见，用这种方法求得的数据只能反映出它局限于一系列测试条件范围内的一个类型值。

二、用统计法处理的AME实测值

用二元一次联立方程法处理代数数据时不会由于基期饲料的营养水平或被测饲料数量多少而给AME测值带来误差的困难，从本试验所测各种饲料的AME值分

表5. 周转系数及各种饲料的AME
实测值比较(单位：块卡/公斤) 及饲料的AME量级(见表6)随营养量

饲料 营养组合 变 因 素 比例的增加AME值仍然有规律地下降的趋势

饲料 营养组合 变 因 素 从这一现象分析对某些不小于大量食用

D—A 4.09 4.442 4.310 4.358 鸡精料来说，用统计法求得的AME值仍

D—B 4.15 4.291 4.304 4.338 为代数法不够。

D—C 4.15 4.115 4.124 4.133 表6. 周转系数及各种饲料

D—D 4.09 4.055 4.042 4.027 AME实测值(单位：块卡/公斤)

平均 4.128 4.198 4.139 4.139

营养量最大 4.179 4.387 4.324 4.329

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

平均 4.128 4.189 4.170 4.170

营养量最大 4.128 4.197 4.137 4.137

营养量最小 4.074 4.235 4.230 4.239

营养量中等 4.125 4.195 4.135 4.135

营养量适中 4.165 4.660 4.570 4.588

营养量适高 4.138 4.160 4.170 4.177

三、用缩算法处理的AME实测值

用缩算法可以将饲料实践中欲求AME测定的若干主要营养物质水平，精粗比例，采食量等等条件归结在试验设计条件下，因此有可能使AME值具有更大的代表性。从测定结果分析(见表1)也似乎不像缩算法的测定那样读数不稳，但每一种饲料需要化验算盐及碳过多设8~10个试验组，除了探讨某些专题研究外，作为一种常规研究方案则嫌失之于繁琐。

四、用公式法计算的AME值

以目前中C或ADF为自变量，以类同目的的AME值为因变量分别求出目标公式，再将试验数据归类，求出大麦，豌豆，精肉中的C或ADF值代入上述公式，所求得的AME值与上述几种方法求得的AME值基本近似(见表2)从简算易于行这一角度看却具有很大的优越性。另据史密斯等(1979)的研究，鸡饲料中的CP值与ADF值呈高度正相关，两者均不能或很少简化利用。从两者含量求出的预测值也较近似。因此，作者认为对某些试验者宜采用一个可称为预测AME值的NNM指标。另类本试验结果分析，尽管C或ADF含量与AME值呈负相关，但从蛋白饲料结构预测值分析，可能AME与NNM并不完全简单相关。因此对这类饲料似乎在通过细胞质植物蛋白含量、蛋白质水平、粗纤维水平等综合因素多回归进行分析。

小 结

将饲料的AME值肯定方法上一直存在着许多悬而未决的问题，因为它不仅受各种测试条件的影响，即使在同一测试条件下获得的数据也可立论不同，数据处理方法不同，而得到不同的AME值。作者对比了直接法，联立方程法，数据拟合法和缩算法求得的AME值。试验结果指出：套算法因摄入量不同，而AME精度变动较大；联立方程法近似，但同样的不够稳定；缩算法不够经济，同时由于某些饲料如植物的适口性或营养浓度如蛋白质饲料等营养的限制而不能搭配过多。回归法预测是一种省力的方法，在合理的条件下得出的回归公式的精度通过C或ADF与NNM的回归与上述三种方法求预测值近似的结果。(见表3)。但对蛋白质饲料，数据拟合来预测AME与NNM并不存在简单直线相关关系，对此问题将在另文作详细讨论。

表3. 用公式法计算的AME
值(毫克·克⁻¹/公斤)

全蛋白质氨基酸组成表

表3. 用公式法计算的AME
值(毫克·克⁻¹/公斤)

参考文献

- (1) 张长生, (1971). 畜禽营养需要的测定—猪的营养需要与饲养方法。《农业出版社》。
- (2) 姚子英, (1970). 猪的营养需要的测定方法与饲养管理。《中国科学院集刊》。
- (3) 姚子英等, (1959). 目标价值饲养法的营养需要量的测定(第1), 《中国科学院集刊》。
- (4) 姚子英等, (1959). 猪的营养需要的测定方法与饲养管理。《中国科学院集刊》。
- (5) 姚子英等, (1959). 猪的营养需要的测定方法与饲养管理(第2)。
- (6) 吴惠康, (1971). 猪的营养需要的测定方法与饲养研究(第3)。《农业出版社》。
- (7) 吴惠康, (1970). 猪的营养需要的测定方法与饲养研究(第4)。《农业出版社》。
- (8) 周文生等, (1981). 猪的营养需要的测定方法与饲养研究(第5)。
- (9) 周文生, (1970). 猪的营养需要的测定方法与饲养研究(第6)。
- (10) 周文生, (1980). 猪的营养需要的测定方法与饲养研究(第7)。
- (11) 周文生等, 张惠基, (1985). 猪的营养需要的测定方法与饲养研究。
- (12) 周文生, (1971). 猪的营养需要的测定方法与饲养研究(第8)。
- (13) 中华人民共和国家畜营养需要量表(上册), 《农业出版社》。
- (14) Hill, F. W., et al.(1980). *J. Anim. Sci.*, 50(4); 387-408.
- (15) Dugan, J. J. (1980). *Poultry Sci.*, 59(3); 671-676.
- (16) Frederick, P. T., and C. F. Harris, (1981). First International Symp. Prod. Competit., Animal Nutrit. Requirements and Confrontation of Data, Utah, U.S.A.
- (17) Hansen, E. T.(1949). *Zool. Indic.*, 8; 16.
- (18) Harris, L. B.(1981). *J. Anim. Sci.*, 51; 387-408.
- (19) Hansen-Hansen, (1970). *Poultry Sci.*, 49; 1085-1095.
- (20) Janzen, W. M. N. A. et al. (1971). *Adv. Symbiosis on Energy Metabolism*, PAAF.
- (21) Mangold, E. (1961). *Nutrition Rev.*, 19; 46.
- (22) Michael, R. H. (1961). *Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals*. Vol. 2. And. Press, N. Y.
- (23) Shiffman, I. R., et al. (1980). *Poultry Sci.*, 59(1); 54-58.
- (24) Shiffman, I. R., et al. (1981). *Poultry Sci.*, 60(1); 38-48.
- (25) Shiffman, I. R., et al. (1981). *Poultry Sci.*, 60(4); 69-78.
- (26) Shiffman, I. R. (1980). *Poultry Sci.*, 59; 109-111.

A COMPARISON OF EVALUATION METHODS OF THE APPARENT

METABOLIZABLE ENERGY (AME) OF FEEDS IN CHICKEN

BY MEANS OF ANALYSIS OF REGRESSION

Zhang Zhipi Wu Kejian Wu Teqili Chen Xuetian Li Weiyang

(Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences)

ABSTRACT

There are many complications for the methods of evaluating the AME of the feeds for chickens. The present study was conducted to compare the values of AME of five different feeds by four evaluating methods, namely the methods of substitution (ST), quality simultaneous equation (DS), extrapolation (EP) and formula prediction (FP). It showed that: (1) The value of AME determined by the ST method will be affected by the amount of substitution in the basal ration; (2) The DS method and the EP method were time-consuming; (3) The FP method was labor-saving and seemed to be useful for evaluating the AME values of chicken feeds under the ideal experimental conditions. The results were comparable to those obtained by the traditional method which had been conducted in well planned experiments.