

玉米和豆粕的蛋鸡净能值测定

王旭莉^{1,2}, 张广民², 王金全², 张恩平¹

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国农业科学院 饲料研究所, 北京 100081)

【摘要】【目的】测定玉米、豆粕的蛋鸡净能值,为蛋鸡饲料原料净能值的客观评定提供参考。【方法】采用交叉试验设计,将 96 只 65 周龄的健康来航蛋鸡,按照平均体质量相近的原则分为 2 个处理,通过消化代谢和呼吸测热试验,用差量法计算玉米、豆粕的蛋鸡净能值。【结果】玉米和豆粕的蛋鸡表观代谢能值分别为(14.70±0.45)和(10.61±0.52) MJ/kg;饲喂玉米-豆粕日粮和单一玉米日粮的蛋鸡,其代谢体质量产热量分别为(485.21±33.31)和(483.03±34.06) kJ/(kg·d);平均体质量为 1.44 kg 的蛋鸡,代谢体质量绝食代谢产热为(390.29±4.58) kJ/(kg·d)。【结论】玉米和豆粕的蛋鸡净能值分别为(11.97±0.36)和(8.15±0.32) MJ/kg,玉米和豆粕代谢能转化为净能的效率分别为 81%和 77%。

【关键词】 蛋鸡;玉米;豆粕;产热量;绝食代谢产热;表观代谢能;净能值

【中图分类号】 S831.5;S816.15

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)03-0071-06

Measurement on net energy value of corn and soybean meal for laying hens

WANG Xu-li^{1,2}, ZHANG Guang-min², WANG Jin-quan², ZHANG En-ping¹

(1 College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2 Feed Research Institute, Chinese Academic of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

Abstract: 【Objective】The study was conducted to establish a reasonable method for determining NE value of corn and soybean meal. 【Method】Crossover study design was carried out. A total of 96 65-week-old White Leghorn hens were allotted into 2 groups with the principle of equal body weight, and each group was raised in respiration chamber for digestion metabolism experiment and measurement heat production. Net energy value of corn and soybean meal for laying hens was cultivated by dispersion method. 【Result】Apparent metabolizable energy (AME) value of corn and soybean in laying hens was (14.70±0.45) and (10.61±0.52) MJ/kg, respectively. Laying hens heat production (HP) of corn-soybean diet and corn diet was (485.21±33.31) and (483.03±34.06) kJ/(kg·d), respectively. Fasting heat production (FHP) in laying hens with average body weight of 1.44 kg was (390.29±4.58) kJ/(kg·d). 【Conclusion】NE value of corn and soybean for laying hens was (11.97±0.36) and (8.15±0.32) MJ/kg, respectively. Conversion efficiency of AME to NE of corn and soybean was 81% and 77%, respectively.

Key words: laying hen; corn; soybean; heat production (HP); fasting heat production (FHP); apparent metabolizable energy (AME); net energy value (NEV)

饲料费用在家禽生产成本中约占 75%,而能量原料在饲料成本中有占相当大的比例。因此,准确

地评估饲料能值,可以在满足动物对能量需求的情况下,降低饲养成本,提高养殖利润。早在 1939 年,

* [收稿日期] 2009-09-15

[基金项目] 动物营养学国家重点实验室开放基金项目(2004DA125184F0905);陕西省科技攻关项目(2007K01-02-03)

[作者简介] 王旭莉(1984-),女,陕西咸阳人,在读硕士,主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: xwangxuli@163.com

[通信作者] 张恩平(1966-),男,陕西武功人,副教授,硕士生导师,主要从事动物营养研究。E-mail: zep126@126.com

Axelsson^[1]提出了以代谢能为基础评定家禽饲料营养价值的建议;1958年,Hill等^[2]在比较测定了肉仔鸡日粮代谢能值及生产能值后,又提出了家禽饲料表观代谢能(AME)的评定方法;此后,Sibbald^[3]提出了真代谢能TME体系。在随后的几十年中,代谢能一直是家禽能量评定的最佳体系。然而,Macleod^[4]的试验表明,以体增热(HI)形式散失的热量分别占蛋公鸡摄入总能和表观代谢能的12.42%和15.96%。可见,采用代谢能体系对鸡进行能量评定尚存在一定缺陷,而净能体系考虑到体代谢过程的能量损耗,因而更接近于动物维持和生长的能量需要。

有研究表明,对肥育猪应用净能体系可在不影响生产性能的前提下,节约饲料成本,减少氮的排出,提高经济效益和环保效益。如Rademacher^[5]研究发现,采用净能体系,生长猪和肥育猪日粮成本分别可以节省2.1和2.0美元/t。Pirgozlie^[6]通过比较屠宰试验,给出了62种家禽单个饲料原料的净能值。从20世纪70年代起,东欧国家开始使用产脂净能体系进行能量评价。De Groote^[7]、Hoffmann等^[8]、Emmans^[9]分别提出了以化学成分分析及能

量代谢模型为基础的有效能体系。在德国的Rostock饲料净能体系中,家禽饲料的净能值通过其与可消化蛋白、可消化脂肪、可消化淀粉、可消化糖、可消化无氮浸出物的正相关关系来估测^[10]。Sarmiento-Franco等^[11]通过强饲的方法,得到了茶叶和小麦的净能值。尽管在蛋鸡上的研究方法颇多,但至今仍缺少更为系统的研究。

在国内,有关鸡净能方面的研究报道很少。本试验采用差量法^[12-13],通过消化代谢和呼吸测热试验,得到玉米和豆粕的净能值,探讨了白来航鸡产蛋期的能量代谢规律,以期对蛋鸡饲养标准的制定提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物

65周龄健康来航蛋鸡,购自中国农业科学院畜牧所鸡场。

1.2 试验日粮

饲料原料粉碎后混合,冷压制粒,风干至干物质质量分数约为88%时分别装袋标号。试验日粮配方见表1。

表1 试验日粮组成及养分指标(风干基础)

Table 1 Composition and nutrition levels of diets (air-dry basis)

组成 Ingredient	含量/(g·kg ⁻¹)Content		营养指标 Index	营养水平 Nutrition level	
	日粮 1 Diet 1	日粮 2 Diet 2		日粮 1 Diet 1	日粮 2 Diet 2
玉米 Corn	625.8	869.0	粗蛋白/(g·kg ⁻¹)CP	157.3	67.8
大豆粕 Soybean meal	246.6	0	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)ME	10.9	11.7
膨润土 Bentonite	20.0	20.0	钙/(g·kg ⁻¹)Ca	34.8	35.1
石粉 Limestone	84.3	87.0	总磷/(g·kg ⁻¹)TP	6.0	5.2
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	15.7	16.0	有效磷/(g·kg ⁻¹)AP	3.9	3.8
食盐 Salt	3.0	3.0	蛋氨酸/(g·kg ⁻¹)Met	2.4	1.3
微量元素预混料 Premix	1.0	1.0	赖氨酸/(g·kg ⁻¹)Lys	8.0	2.0
三氧化二铬 Cr ₂ O ₃	4.1	4.0	苏氨酸/(g·kg ⁻¹)Thr	6.5	2.5
			色氨酸/(g·kg ⁻¹)Trp	2.0	0.5
			蛋氨酸+胱氨酸/(g·kg ⁻¹) Met + Cys	5.0	2.6

注:微量元素预混料(每kg饲料提供):锰60mg,锌80mg,铁60mg,铜8mg,碘0.35mg,硒0.3mg。

Note: The mineral premix provides the following staffs for per kilogram diet: Mn 60 mg, Zn 80 mg, Fe 60 mg, Cu 8 mg, I 0.35 mg, Se 0.3 mg.

1.3 试验设计

试验采用交叉试验设计,将96只来航蛋鸡按照平均体质量相近的原则,随机分配到2个呼吸室中。每室设3个重复,每重复16只鸡。

试验于2009-06-10-07-18在动物营养国家重点实验室北京昌平实验基地呼吸测热室(美国Columbus公司呼吸测热系统和库蓝公司空调制冷系统)进行。呼吸室温度控制在(23±0.5)℃,相对湿度为(80±2)%^[14]。

试验共分为3期,每期7d,其中适应期4d,适应期温度和湿度逐渐过渡,后3d为正试期(表2)。每期试验结束后,饲喂蛋鸡基础日粮,在鸡体况基本恢复后再进行下期试验。整个试验过程中,假定采食和绝食时,动物的活动产热量相等。

在试验I期和II期,每天用2h收集粪便、残余饲料及喂料,前4d为适应期,第5~7天连续3d测定产热(HP)^[14]。试验日粮在饲喂过程中每天取样,试验结束后混合均匀,以备分析。试验III期饲

喂蛋鸡基础日粮,先在呼吸室中适应4 d,第5天上午移除饲料,禁食2 d后,测定第7天禁食产热(FHP)^[14]。

表2 试验分期与饲喂的日粮类型

Table 2 Stage of trial and diets

试验阶段 Stage	呼吸室 1 Chamber 1	呼吸室 2 Chamber 2
I 期 Stage I	日粮 1 Diet 1	日粮 2 Diet 2
II 期 Stage II	日粮 2 Diet 2	日粮 1 Diet 1
III 期 Stage III	基础日粮 Basal diet	基础日粮 Basal diet

试验鸡只分别于预饲期、正式试验开始前和开始后空腹称体质量,试验期间以重复为单位准确记录采食量。在整个试验期,每天上午8:30喂料、加水、拣蛋、清粪。光照强度5.7 lx,光照时间14.5 h/d。

1.4 样品的收集与分析

1.4.1 样品收集 在代谢笼下设盘,盘上铺塑料布,及时吹走落散的皮屑,拣出羽毛和饲料等杂物。每次收集排泄物后立即称取鲜样质量,每100 g加10 mL体积分数10%的盐酸,置于4℃冰箱中保存。最后将3 d收集的粪样通过电动匀浆机混合均匀,采集样品400 g,于65℃烘箱摊开薄层烘干至恒质量,在天平室充分回潮24 h后称质量,粉碎过0.36 mm(40目)筛制成风干样品,以备分析。

1.4.2 样品分析 饲料原料和排泄物的能量,用长沙奔腾仪器有限公司生产的WZR-1TB氧弹分析仪进行测定;Cr₂O₃采用酸消化比色法测定(GB/T 14962-1994)。

1.5 评价指标的计算

1.5.1 产热量 产热量根据美国Columbus公司呼吸测热系统所给的公式计算,即:

$$HP(FHP)/kJ = 4.184 \times CV \times V_{O_2},$$

$$CV = 3.815 + 1.232 \times RER,$$

$$RER = V_{CO_2} / V_{O_2}.$$

式中:HP为产热量,FHP为绝食代谢产热量,V_{O₂}为消耗的氧气体积,RER为呼吸熵,V_{CO₂}为产生的二氧化碳体积。

1.5.2 体增热(HI) 计算公式为:

$$HI = HP - FHP.$$

1.5.3 能量 (1) 试验日粮表现代谢能(AME)计算公式如下:

$$AME/(MJ \cdot kg^{-1}) = \text{饲料总能} \times \text{饲料总能消化率},$$

$$\text{饲料总能消化率} = 1 - (\text{饲料中指示剂含量} / \text{粪中指示剂含量}) \times (\text{粪中能量含量} / \text{饲料中能量含量}) \times 100\%.$$

(2) 净能(NE),计算公式为:

$$NE = AME - HI,$$

$$NE(\text{总}) = AME(\text{总}) - HI(\text{总}),$$

$$NE_{\text{corn}} = NE_{\text{corn}}(\text{总}) / C_{\text{corn}2},$$

$$NE_{\text{soybean}} = (NE(\text{总}) - NE_{\text{corn}} \times C_{\text{corn}1}) / C_{\text{soybean}}.$$

式中:NE(总)、NE_{corn}(总)分别为试验日粮1和试验日粮2的净能值,NE_{corn}、NE_{soybean}分别为玉米和豆粕的净能值,C_{corn1}、C_{soybean}分别为试验日粮1中的玉米和豆粕含量,C_{corn2}为试验日粮2中的玉米含量。结果计算均在干物质的基础上完成。

1.6 试验数据的统计与分析

所有数据采用EXCEL软件进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 2种日粮对蛋鸡采食量和产热量的影响

表3结果表明,2种日粮在同一试验期(I期和II期)的产热量和产蛋率均比较接近;但同一日粮在试验I期与试验II期的产热量差别较大,且随着采食量的增加而增大,产蛋率差别亦较大。

表3 2种日粮对蛋鸡采食量和产热量的影响

Table 3 The effects of two diets on feed intake and HP

日粮 Diet	阶段 Stage	鸡只数 Number of hens	总体质量/kg Weight	平均体质量/kg Average weight	平均采食量(DM)/(kg·d ⁻¹) Average feed intake
日粮 1 Diet 1	I	48	77.67	1.61±0.16	85.63
日粮 1 Diet 1	II	47	75.64	1.61±0.19	70.43
日粮 2 Diet 2	I	48	75.39	1.60±0.17	79.58
日粮 2 Diet 2	II	47	73.66	1.57±0.16	60.89

日粮 Diet	阶段 Stage	产蛋率/% Egg production	总产热量/(kJ·d ⁻¹) HP	产热量/(kJ·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) HP	代谢体质量产热/(kJ·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) HP	平均代谢体质量产热量/(kJ·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) Average HP
日粮 1 Diet 1	I	58.33±0.00	34 904.12±303.17	449.39	508.76	485.21±33.31
日粮 1 Diet 1	II	42.55±6.38	31 012.41±904.89	410.00	461.66	
日粮 2 Diet 2	I	52.78±3.87	34 628.47±534.42	459.32	507.11	483.03±34.06
日粮 2 Diet 2	II	43.26±4.43	30 254.28±402.68	410.73	458.95	

注:此表及后面提到的代谢体质量即W^{0.75}。

Note:Metabolism weight in this table and mentioned later is W^{0.75}.

绝食代谢产热试验在呼吸室 3 号舱和 4 号舱中进行,试验结果见表 4。蛋鸡平均体质量为 1.44 kg,代谢体质量绝食代谢产热量分别为 387.05 和 393.53 kJ/(kg·d)。

表 4 试验鸡的绝食代谢产热量

Table 4 FHP of the experimental hens

舱号 Number of chamber	鸡只数 Number of hens	总体质量/kg Weight	平均体质量/kg Average weight	绝食代谢产热量/(kJ·d ⁻¹) FHP
3	47	67.88	1.44	23 963.14
4	47	67.61	1.44	24 288.45

舱号 Number of chamber	产热量/(kJ·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) FHP	代谢体质量产热量/ (kJ·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) FHP W ^{0.75}	平均产热量/(kJ·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) Average heat production	
			FHP	FHP W ^{0.75}
3	353.02	387.05	356.13±4.41	390.29±4.58
4	359.25	393.53		

2.2 试验日粮及原料的表观代谢能和净能值

2 种试验日粮的表观代谢能值和净能值测定结果见表 5。由表 5 可知,日粮 1、日粮 2 的表观代谢能值分别为 (11.76±2.0) 和 (12.66±0.39) MJ/kg,净能值分别为 (9.45±0.30) 和 (10.30±0.31) MJ/kg,2 种日粮净能值较为接近。豆粕和玉

米的表观代谢能值和净能值测定结果见表 6。表 6 表明,玉米、豆粕的表观代谢能值分别为 (14.70±0.45) 和 (10.61±0.52) MJ/kg,净能值分别为 (11.97±0.36) 和 (8.15±0.32) MJ/kg,二者净能值差别较大。

表 5 试验日粮表观代谢能和净能的测定(干物质基础)

Table 5 AME and NE of tested diets (DM basis)

日粮 Diet	干物质/% DM	表观代谢能/(MJ·kg ⁻¹) AME	净能/(MJ·kg ⁻¹) NE	净能/表观代谢能 NE/AME
日粮 1 Diet 1	90.66	11.76±0.20	9.45±0.30	0.80±0.03
日粮 2 Diet 2	91.08	12.66±0.39	10.30±0.31	0.81±0.01

表 6 玉米和豆粕的表观代谢能和净能

Table 6 AME and NE of corn and soybean

原料 Feed stuff	干物质/% DM	表观代谢能/(MJ·kg ⁻¹) AME	净能/(MJ·kg ⁻¹) NE	净能/表观代谢能 NE/AME
玉米 Soybean	88.61	14.70±0.45	11.97±0.36	0.81±0.01
豆粕 Corn	90.26	10.61±0.52	8.15±0.32	0.77±0.07

3 讨论

采用代谢能评价体系,往往高估了蛋白质或粗纤维原料的能量利用率,低估了淀粉、脂肪的能量利用率。而净能体系有其独特的优势,其考虑了粪能、尿能、气体及体增热(产热量与绝食代谢产热量之差)的损失,能更准确地描述净能与产品的关系,即根据动物生产需要直接估计饲料用量,或根据饲料用量直接估计产品量。因此,采用净能体系能更准确地评定动物能量需要和饲料能量价值。目前,欧美已采用净能体系配制猪的日粮。生产实践表明,采用净能体系不

仅可以保持较高的生产性能,而且还能降低饲料成本。目前,关于家禽净能体系的报道较少,本研究测定了玉米和豆粕作为蛋鸡饲料的净能值,为净能体系在家禽上的应用奠定了基础。

净能是代谢能与体增热之差。与中国鸡饲养标准(2004)和中国饲料数据库(2008)相比(表 7),本试验测定的豆粕和玉米的表观代谢能值(AME)偏低。相比较而言,玉米的 AME 与蒋守群等^[15]的报道值基本一致,豆粕的 AME 与中国鸡饲养标准(2004)和黄世仪等^[16]的报道值比较接近,由此说明体增热对净能值影响很大。

表 7 国内鸡饲料原料表观代谢能值的比较(干物质基础)

Table 7 AME of chicks in ingredients (DM basis)

MJ/kg

项目 Item	本试验结果 This study	蒋守群等 ^[15] Jiang S Q, et al	黄世仪等 ^[16] Huang S Y, et al	翟少伟等 ^[17] Zhai S W, et al	中国鸡饲养标准 Feeding standard of chicken in China	中国饲料数据库 Feed database in China
玉米 Corn	14.70	14.76	14.13	14.41	15.48~15.81	15.48~15.81
豆粕 Soybean	10.61	12.04	10.32	—	11.04	11.24
试验鸡种 Breed	来航蛋鸡 White Leghorn hen	岭南黄羽肉公鸡 Lingnan yellow rooster	石岐杂公鸡 Shiqi hybrid rooster	海兰褐种公鸡 Brown adult rooster		

对产热量的影响因素很多,主要有温度、产蛋率、采食量、光照等。Shannon 等^[18]、O'Neill 等^[19]和 Valencia 等^[20]的研究表明,鸡产热量受环境温度的明显影响。Li 等^[21]报道,光照时间对产热量有一定影响,在 20 °C 温度条件下,有光照时的代谢体质量产热量较无光照时高 16.7 kJ/(kg·h)。O'Neill 等^[14]报道,鸡的体质量、个体差异均会影响其产热量。在相同温度、光照条件下,选用体质量接近的试验鸡,可降低其对试验结果的影响。本研究发现,产蛋率、采食量低的试验组,产热量相应较低,这与 O'Neill 等^[14]和任建军等^[22]的研究结果一致,即蛋鸡的产热量与产蛋率相关,不产蛋蛋鸡的产热量低于产蛋蛋鸡,且随着摄食量的减少,产热量明显下降。

代谢能转化为净能的效率取决于 3 个因素的相互作用^[23]:(1)含有代谢能的化合物的性质;(2)家禽利用代谢能的目的(生产或维持);(3)生产水平或生产率。饲料净能是由营养成分以及化学组成决定的,不同养分代谢能转化为净能的效率并不完全相同,转化效率由低到高依次为纤维素等结构性碳水化合物 < 蛋白质 < 糖类和淀粉 < 脂肪。Noblet 等^[24]测定了 61 种日粮在 45 kg 大白猪中的代谢能(ME)和净能值,结果发现,ME 转化为 NE 的效率为 74%,可消化养分如蛋白质、淀粉、脂肪的净能转化效率分别为 60%,82%和 90%。随着饲料原料中粗蛋白和粗纤维含量的增加,其代谢能转化为净能的效率随之降低。Sarmiento-Franco 等^[11]和 Carre 等^[25]的研究表明,家禽代谢能转化为净能的效率,受日粮中酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)、粗灰分和半纤维素含量的影响。本研究中,玉米和豆粕 ME 转化为 NE 的效率分别为 81%和 77%,玉米的转化率高干豆粕,该结果与 Noblet 等^[24]在猪上的报道比较接近。Reid 等^[26]研究表明,来航蛋鸡日粮 ME 转化为 NE 的效率为 62.35%;Macleod^[4]报道,蛋公鸡日粮 ME 转化为 NE 的效率为 93.18%。本试验中,玉米-豆粕日粮和单一玉米日粮 AME 转化为 NE 的效率分别为 80%和 81%,可见 ME 转化为 NE 的效率与日粮及原料的营养成分和化学组成有关,但其对转化效率的具体影响机制,还有待于进一步研究。

4 结 论

本试验条件下,玉米和豆粕的蛋鸡表现代谢能值分别为(14.70±0.45)和(10.61±0.52) MJ/kg;

玉米-豆粕日粮和单一玉米日粮蛋鸡的代谢体质量产热量分别为(485.21±33.31)和(483.03±34.06) kJ/(kg·d);平均体质量为 1.44 kg 蛋鸡代谢体质量绝食代谢产热量为(390.29±4.58) kJ/(kg·d);玉米和豆粕日粮的蛋鸡净能值分别为(11.97±0.36)和(8.15±0.32) MJ/kg,玉米和豆粕代谢能转化为净能的效率分别为 81%和 77%。

[参考文献]

- [1] Axelsson J. Die bestimmung des allgemeinen naehrwertes (energiewertes) der futtermittel nach der chemischen zusammensetzung [J]. F Agr Chem, 1939, 10: 238.
- [2] Hill F W, Anderson D L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks [J]. Journal of Nutrition, 1958, 64: 587-603.
- [3] Sibbald I R. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs [J]. Poultry Science, 1976, 55: 303-308.
- [4] Macleod M G. Effects of feeding by crop intubation on energy metabolism and physical activity in domestic cockerels [J]. British Poultry Science, 1991, 32: 1089-1095.
- [5] Rademacher M. Net energy system may have benefits for performance [J]. Feedstuff, 2004, 26: 34-35.
- [6] Pirgozlie V, Rose S P. Net energy systems for poultry feeds: a quantitative review [J]. World' d Poultry Science Journal, 1999, 5: 23-26.
- [7] De Groote G. A comparison of a new net energy system with the metabolisable energy system in broiler diet formulation, performance and profitability [J]. British Poultry Science, 1974, 15: 75-95.
- [8] Hoffmann L, Schiemann R. Vonder calorie zum joule; Neue grosenbeziehungen bei messungen des energieumsazes und bei der berechnung von kennzahlen der energetischen futtermittelbewertung [J]. Archiv Tiererernahrung, 1980, 30: 733-742.
- [9] Emmans G C. Effective energy: a concept of energy utilization applied across species [J]. British Journal of Nutrition, 1994, 71: 801-821.
- [10] 张广永,译. Rostock 饲料评估体系: 饲料净能参考值及净能需要 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2008. Zhang G Y, Translated. Rostock feed evaluation system: reference numbers of feed value and requirement on the base of net energy [M]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- [11] Sarmiento-Franco L, Macleod M G, Menab J M. True metabolisable energy, heat increment and net energy values of two high fibre foodstuffs in cockerels [J]. British Poultry Science, 2000, 41: 625-629.
- [12] Noblet J, Fortune H, Dupire C, et al. Digestible, metabolizable and net energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: effect of energy system [J]. Animal Feed Science and Technology, 1993, 42: 131-149.
- [13] 赵江涛,赵 峰,张宏福,等. 直接法与差量法测定豆粕鸭代谢

- 能值的比较研究 [J]. 动物营养学报, 2008, 20(3): 242-248.
- Zhao J T, Zhao F, Zhang H F, et al. Comparison of direct method and difference method in determining metabolizable energy of soybean meal in ducks [J]. China Journal of Animal Nutrition, 2008, 20(3): 242-248. (in Chinese)
- [14] O'Neill S J B, Jackson N. The heat production of hens and cockerels maintained for an extended period of time at a constant environmental temperature of 23 °C [J]. Journal of Agricultural Science, 1974, 82: 549-552.
- [15] 蒋守群, 林映才, 丁发源, 等. 黄羽肉鸡饲料代谢能的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2002, 38(5): 26-27.
- Jiang S Q, Lin Y C, Ding F Y, et al. Study on feed metabolizable energy in yellow broiler [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2002, 38(5): 26-27. (in Chinese)
- [16] 黄世仪, 聂青平, 周中华, 等. 用肉鸭和肉鸡测定饲料代谢能值的对比试验 [J]. 饲料工业, 1993, 12(8): 14-15.
- Huang S Y, Nie Q P, Zhou Z H, et al. Comparison study of feed metabolizable energy between meat duck and broiler [J]. Feed Industry, 1993, 12(8): 14-15. (in Chinese)
- [17] 翟少伟, 曹平华. 优质蛋白玉米和普通玉米的代谢能比较 [J]. 上海交通大学学报, 2005, 23(2): 134-137.
- Zhai S W, Cao P H. Comparison of Metabolizable Energy values of quality protein maize and normal corn [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2005, 23(2): 134-137. (in Chinese)
- [18] Shannon D W F, Brown W O. Calorimetric studies on the effect of dietary energy source and environmental temperature on the metabolic efficiency of energy utilization by mature Light Sussex cockerels [J]. Journal of Agricultural Science, 1969, 724: 79-89.
- [19] O'Neill S J B, Balnave D, Jackson N. The influence of feathering and environmental temperature on the heat production and efficiency of utilization of metabolizable energy by the mature cockerel [J]. Journal of Agricultural Science, 1971, 77: 293-305.
- [20] Valencia M E, Mairorino P M, Reid B L. Energy utilization by laying Hens. III: Effect of dietary protein level at 21 and 32 °C [J]. Poultry Science, 1979, 59: 2508-2513.
- [21] Li Y Z, Ito T, Yamamoto S. Use of limited access to food in measuring the heat production associated with food intake in laying hens [J]. British Poultry Science, 1991, 32: 829-839.
- [22] 任建军, 高文婷, 邱泽文, 等. 肉仔鸡生长过程中行为与产热的变化 [J]. 畜牧与兽医, 2004, 36(1): 12-14.
- Ren J J, Gao W T, Qiu Z W, et al. Effects of growth on behavior and heat production in broilers [J]. Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2004, 36(1): 12-14. (in Chinese)
- [23] John M. Understanding net energy [J]. Pig International, 1996, 10: 33-35.
- [24] Noblet J, Shi X S, Dubois S. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs [J]. Journal of Animal Science, 1994, 72: 648-657.
- [25] Carre B, Prevotel B, Leclercq B. Cell wall content as a predictor of metabolisable energy value of poultry feeding stuffs [J]. British Poultry Science, 1984, 25: 561-562.
- [26] Reid B L, Valencia M E, Mairorino P M. Energy utilization by laying hens. I: Energy of maintenance and production [J]. Poultry Science, 1978, 57: 461-465.