

家禽营养与饲料研究论文集

THESIS COLLECTION OF POULTRY NUTRITION
AND FEED RESEARCH

(1998——2002)



西北农林科技大学动物科技学院
陕西杨凌富仕特饲料有限公司

家禽营养与饲料研究论文集

(1998-2002)

姚军虎 主编

西北农林科技大学动物科技学院
陕西杨凌富仕特饲料有限公司

二〇〇三年三月

中国·杨凌

前 言

饲料资源匮乏、畜禽排泄污染、畜产品安全性差及动物生产效率低下,是未来畜牧业发展的主要限制性因素。在动物营养学基本理论的指导下,采用现代动物营养学手段,对动物生产全过程施行优化监控,是高效低污染畜牧业发展的有效技术途径。

为配合《家禽氨基酸高效利用模式研究》及《家禽用调控型绿色复合预混剂的完善与中试》两项成果的鉴定验收,特将项目组 1998 年以来相关论文收集整理成册。这两个成果分别受国家自然科学基金(39970550)、陕西省自然科学基金(99SM01)、陕西省火炬计划(99KH46)和杨凌示范区科研专项基金(99KG12)的资助。两项成果主要由西北农林科技大学和陕西杨凌富仕特饲料有限公司完成试验研究工作,由陕西杨凌富仕特饲料有限公司、深圳康达尔(高陵)饲料有限公司、陕西省饲料厂和西安达利饲料有限公司等完成中试推广工作。

两个项目的主要成果包括首次建立了一次注射小剂量同位素检测家禽内源氨基酸损失量的方法,提出了家禽氨基酸高效利用模式及技术要点,筛选出 60 余套优化饲料配方,制定了家禽调控型绿色复合预混剂配方设计及生产加工原则,摸索提出家禽高效饲养研究思路。

本项目是在各级领导及项目实施单位的高度重视和大力支持下完成的,是项目组全体成员科学求实、勤奋工作、精诚协作的结果。项目实施过程中,先后多次得到中国农大杨胜教授、四川农大杨凤教授、王康宁教授、周安国教授、东北农大韩友文教授、内蒙古畜牧科学院卢德勋研究员、浙江大学刘建新教授、陈安国教授、瑞士罗氏公司 Don Bushman 博士的有效帮助和指导。在此,一并表示诚挚的谢意!

本论文集的整理印刷受到陕西杨凌富仕特饲料有限公司的资助,在此表示感谢!

由于研究者的知识水平和实验条件所限,本项目研究及论文会有不少欠妥之处,敬请同行专家及读者批评指正,以便更好地提高我们的科研水平,为我国动物营养与饲料研究及家禽饲养业的健康高效发展做出应有的贡献。

编 者

二〇〇三年三月

第一篇 家禽氨基酸消化与利用

目 录

家禽氨基酸消化与利用

家禽日粮氨基酸的合理利用与日粮配方设计·····	姚军虎 (1)
一次注射 $^3\text{H}\text{-Leu}$ 检测家禽内源氨基酸损失量的方法学研究·····	姚军虎, 孟德连, 吴孝兵等 (6)
内源氨基酸损失量测定方法研究进展及效果评价·····	姚军虎, 孟德连, 吴孝兵 (13)
肉仔鸡内源氨基酸基本损失量测定方法的比较研究·····	姚军虎, 王康宁, 杨 凤等 (19)
肉鸡饲粮氨基酸表观代谢率与其摄入量间的关系·····	姚军虎, 王康宁, 李宏山等 (24)
一次注射 $^3\text{H}\text{-Leu}$ 测定肉仔鸡内源氨基酸损失量的方法学研究·····	姚军虎, 王康宁, 杨 凤等 (28)
肉仔鸡血浆游离氨基酸浓度变化规律的研究·····	姚军虎, 王康宁, 宋代军等 (33)
一次注射法适宜采血时间的确定·····	孟德连, 姚军虎, 吕金印等 (38)
一次注射 $^3\text{H}\text{-Leu}$ 检测家禽内源氨基酸损失量的方法学研究 (英文)·····	姚军虎, 孟德连, 吴孝兵等 (44)
肉仔鸡氨基酸排泄量变化规律的研究·····	姚军虎, 王康宁, 宋代军 (51)
回归法估测肉鸡内源氨基酸损失量的研究·····	姚军虎, 王康宁, 席联敏等 (55)
不同处理下蛋青鸡血浆游离 Leu 比放射性活度的变化·····	孟德连, 姚军虎, 杨公社等 (58)
猪禽饲料氨基酸消化率测定研究进展·····	姚军虎, 王康宁 (64)
日粮粗蛋白水平对肉鸡内源氨基酸损失量的影响·····	吴孝兵, 姚军虎, 习海波等 (67)
单胃动物消化道内源氨基酸损失量测定方法学研究进展·····	姚军虎, 王康宁 (73)
同位素稀释技术测定内源氨基酸损失量研究概况与进展·····	姚军虎, 王康宁 (77)
饲料因素对内源氨基酸损失量的影响·····	姚军虎, 王康宁, 褚 双 (81)
日粮组成对肉仔鸡生产性能及养分代谢率的影响·····	姚军虎, 郑春华, 段艳红 (84)
肉仔鸡蛋白质营养研究进展·····	宋宇轩, 姚军虎, 席联敏等 (88)

家禽预混剂设计与利用

家禽用调控型绿色复合预混剂配方设计与生产原则·····	姚军虎 (91)
复合微量元素添加水平对蛋鸡生产性能及养分代谢率的影响·····	姚军虎, 张新阳, 张 涛等 (97)
维生素组合对蛋鸡生产性能及鸡蛋品质的影响·····	孟德连, 姚军虎, 吴孝兵等 (103)
加藤菌对蛋鸡产蛋性能及鸡蛋品质的影响·····	姚军虎, 张长青, 邓留坤等 (108)
中草药复方制剂对鸡蛋胆固醇含量的影响·····	宋宇轩, 金 彪, 王杏利等 (112)
NH_4Cl 缓解肉仔鸡热应激效果试验·····	韩进诚, 姚军虎, 刘玉瑞等 (117)
酶制剂及微生态制剂对肉仔鸡生产性能的影响·····	韩进诚, 姚军虎, 刘玉瑞等 (121)
酶制剂及微生态制剂对蛋雏鸡生产性能的影响·····	韩进诚, 姚军虎, 刘玉瑞等 (124)
日粮营养水平及添加剂对蛋青鸡生长性能及养分表观消化率的影响·····	韩进诚, 姚军虎, 刘玉瑞等 (127)

家禽营养与饲料研究动态

择食饲喂对肉鸡生产性能、胃肠道发育及养分代谢的影响·····	田晓燕, 姚军虎, 吴孝兵等 (131)
饲粮麦麸含量对肉仔鸡生产性能、养分利用及胫骨质量的影响·····	周庆安, 姚军虎, 习海波等 (142)
日粮蛋白质水平及添加尿素对肉鸡主要经济性状的影响·····	宋宇轩, 姚军虎, 王继龙等 (150)
动物体蛋白合成与降解规律研究进展·····	宋宇轩, 王杏利, 姚军虎等 (157)
家禽营养与饲料研究相关论文题录·····	(161)

CONTENTS

DIGESTION AND UTILIZATION OF FEED AMINO ACID BY POULTRY

- Diet Design and Efficient Utilization of Dietary Amino Acid by Poultry.....*Yao Junhu* (1)
- Methodological Study on Determining Endogenous Amino Acid Losses of Poultry by Single Intravenous Injection of ^3H -Leucine (Chinese)*Yao Junhu, Meng Delian, Wu Xiaobing et al.* (6)
- A Review on the Methodological Aspects of Determining Endogenous Amino Acid Losses*Yao Junhu, Meng Delian, Wu Xiaobing* (13)
- Comparative Research on the Methods for Measuring Basal Endogenous Amino Acid Losses of Broiler Chickens.....*Yao Junhu, Wang Kangning, Yang Feng et al.* (19)
- Effect of Broiler Dietary Amino Acid Content on Its Apparent Metabolizability*Yao Junhu, Wang Kangning, Li Hongshan et al.* (24)
- Methodological Study on Determining Endogenous Amino Acid Losses of Broiler Chickens by Single Intravenous Injection of ^3H -Leucine.....*Yao Junhu, Wang Kangning, Yang Feng et al.* (28)
- Effects of the Content of Dietary Amino Acids and the Time After Feeding on the Content of Plasma Amino Acids.....*Yao Junhu, Wang Kangning, Song Daijun et al.* (33)
- Determination of the Optional Time for Taking Blood Samples by Single Intravenous Injection of ^3H -Leucine.....*Meng Delian, Yao Junhu, Lü Jinyin et al.* (38)
- Methodological Study on Determining Endogenous Amino Acid Losses of Broiler Chickens by Single Intravenous Injection of ^3H -Leucine (English)*Yao Junhu, Meng Delian, Wu Xiaobing et al.* (44)
- Research on the Change Regularity of Amino Acid Excretion of Broiler Chickens*Yao Junhu, Wang Kangning, Song Daijun* (51)
- Research on Determining Endogenous Amino Acid Losses of Broiler Chicks by Regression Analysis*Yao Junhu, Wang Kangning, Xi Lianmin et al.* (55)
- Change Regularity of Special Radioactivities of Plasma Free Leucine of Young Chicks at Different Treatments.....*Meng Delian, Yao Junhu, Yang Gongshe et al.* (58)
- Progress of the Research on Determining Amino Acid Digestibility of Swine and Poultry Diets*Yao Junhu, Wang Kangning* (64)
- Effect of Crude Protein Level on Endogenous Amino Acid Losses of Broiler Chicks*Wu Xiaobing, Yao Junhu, Xi Haibo et al.* (67)
- A Review on the Methodological Aspects of Determining Endogenous Amino Acid Losses in Monogastric Animals.....*Yao Junhu, Wang Kangning* (73)
- General Situation and Progress of the Research on Measuring Endogenous Amino Acid Losses by Isotope Diluting Technology.....*Yao Junhu, Wang Kangning* (77)

- Effect of Feed Factors on Endogenous Amino Acid Losses.....Yao Junhu, Wang Kangning, Chu Shuang (81)
- Effect of Diet Composition on Broiler's Growth Performance and Nutrient Metabolization
.....Yao Junhu, Zheng Chunhua, Duan Yanhong (84)
- Progress of the Research on Protein Nutrition of Broiler Chickens
.....Song Yuxuan, Yao Junhu, Xi Lianmin et al. (88)

DESIGN AND UTILIZATION OF POULTRY PREMIX

- Design and Production Principle of Green Compound Premix of Poultry.....Yao Junhu (91)
- Effect of Dietary Content of Trace Elements on the Performance and Nutrient Apparent Metabolizability
of Laying Hens.....Yao Junhu, Zhang Xinyang, Zhang Tao et al. (97)
- Effect of Vitamin Combination on Laying Hens' Performance and Egg Quality
.....Meng Delian, Yao Junhu, Wu Xiaobing et al. (103)
- Effect of Probiotics on Laying Hens' Performance and Egg Quality
.....Yao Junhu, Zhang Changqing, Deng Liukun et al. (108)
- Effect of Medical Herb Supplement in Layer Diet on Cholesterol Content of Eggs
.....Song Yuxuan, Jin Biao, Wang Xingli et al. (112)
- Experiment of Ammonium Chloride Mitigating Hot Stress of Broiler Chickens
.....Han Jincheng, Yao Junhu, Liu Yurui et al. (117)
- Effect of Enzymes and Probiotics Preparation on Growth Performance of Broiler Chickens
.....Han Jincheng, Yao Junhu, Liu Yurui et al. (121)
- Effect of Enzymes and Probiotics Preparation on Growth Performance of Chickens
.....Han Jincheng, Yao Junhu, Liu Yurui et al. (124)
- Effect of Nutrition Level and Additive on Growth Performance and Apparent Digestibility
of Young Chicks.....Han Jincheng, Yao Junhu, Liu Yurui et al. (127)

SITUATION OF THE RESEARCH ON POULTRY NUTRITION AND FEED

- Effect of Choice Feeding on Performance, Gastrointestinal Development and Feed Utilization of Broilers
.....Tian Xiaoyan, Yao Junhu, Wu Xiaobing et al. (131)
- Effects of Dietary Wheat Bran Level on Growth Performance, Nutrient Utilization and Tibia Quality in
3 to 6 weeks Broilers.....Zhou Qingan, Yao Junhu, Xi Haibo et al. (142)
- Effect of Protein Level and Adding Urea on the Primary Economic Characters of Broiler Chicks
.....Song Yuxuan, Yao Junhu, Wang JiLong et al. (150)
- An Outline of Research Development on the Body Protein Synthesis and Degradation
.....Song Yuxuan, Wang Xingli, Yao Junhu et al. (157)
- Titles of the Relative Thesis.....(161)

家禽饲料氨基酸高效利用模式研究技术总结报告(一)

家禽日粮氨基酸的合理利用与日粮配方设计

姚 军 虎

(西北农林科技大学, 陕西杨凌, 712100)

单胃动物的蛋白质营养研究与应用已经历了粗蛋白质(CP)、可消化粗蛋白质(DCP)、可利用粗蛋白质(ACP)、氨基酸(AA)、氨基酸的化学比分(CS)、必需氨基酸(EAA)等阶段,目前正在研究并逐步应用于生产的包括理想蛋白质氨基酸模式(IAAP)、理想蛋白质可消化氨基酸模式(DIAAP)及小肽营养,这一发展过程揭示了单胃动物蛋白质营养实质,为准确衡量猪禽的氨基酸需要及高效利用饲料氨基酸奠定了基础。

本系列研究采用同位素示踪试验、代谢试验、饲养试验、中试推广试验等方法,摸索建立了家禽内源氨基酸损失量(EAAL)的检测方法(见技术总结报告二),观测确定了蛋鸡、肉鸡适宜的氨基酸需要量,提出家禽饲料氨基酸高效利用原则,优选出60多套西北地区典型日粮配方。

1 家禽蛋白质氨基酸营养与日粮配方设计

1.1 日粮粗蛋白质与能量关系

国内(尤其是西北地区)家禽日粮普遍存在的问题是,能量浓度偏低,而粗蛋白质含量相对较高。例如,西北地区产蛋鸡典型日粮的粗蛋白质水平为15.5%-16.5%,代谢能为2550-2650Kcal/kg,而营养标准的相应建议水平为13%-15%和2750-2900Kcal/kg。这种典型日粮的实际采食量较高(一般为120-140g/h.d),代谢能和粗蛋白的绝对采食量均已超过需要,其中粗蛋白超标更为突出,能量与蛋白质之比明显偏低(表1),两大主要养分浪费严重。

表1 白壳蛋鸡能量、蛋白质采食量比较

项 目	NRC 标准	实际典型日粮		
		适温季节	高温季节	低温季节
采食量(g/d.h)	100	125	115	135
粗蛋白含量(%)	15.0	16.0	15.8	15.5
代谢能含量(kcal/kg)	2900	2600	2580	2550
代谢能含量(Mj/kg)	12.13	10.88	10.80	10.67
粗蛋白采食量(CPI, g/d.h)	15.0	20.0	18.2	20.9
代谢能采食量(MEI, Mj/d.h)	1.21	1.36	1.24	1.44
能蛋比(MEI/CPI, Mj/kg)	80.67	68.00	68.13	68.90

产生这种现象的主要原因是:①国内能量饲料(主要是玉米)品质较差且相对价格较高;②多数饲养工作者,甚至某些研究人员过分强调蛋白质或氨基酸的营养作用,而忽略能量在家禽生产中的作用;③饲料有效能量水平不易监测,而粗蛋白质含量易监测且倍受重视,因此,有些饲料厂商超量使用价格相对较低、卫生质量指标及利用率差、粗蛋白质含量较高而氨基酸组成不平衡的劣质饲料原料(如羽毛粉、血粉、肉粉等),加剧了能量蛋白质(氨基酸)间的不平衡;④盛行的浓缩饲料市场,不

利于合理利用饲料,大多数情况是以降低配合饲料能量浓度为代价;⑤实践中给饲料加油脂不方便,且不易保存。

日粮能量蛋白质比例失调,给养禽业造成的实际后果是:①饲料能量及蛋白质都不能高效利用,饲料转化率低下。本课题组给 3-6 周龄肉仔鸡配制其它主要营养成分含量相同,而粗蛋白为 17.0%、18.5%及 20.0%的三种日粮,表明日粮代谢能 (Mj) 与蛋白质 (kg) 比为 65.84 时饲料及日粮蛋白质的利用率最高 (表 2)。②家禽生产性能差,主要表现是生长发育慢,体重不达标,产蛋率低而不稳。③日粮粗蛋白质水平相对较高,影响家禽正常代谢和生命活动,例如,日粮部分蛋白质充当能量,饲料氨基酸脱氨分解,血氨升高,增加肝肾负担,饮水量增加,抵抗力下降,易患禽痛风、脂肪肝、肾肿等,粪便含水量增加。例如本研究在主要养分含量相同情况下,设计粗蛋白质分别为 19%和 21%两种日粮饲喂 0-3 周龄肉仔鸡,排泄物含水量分别为 74.67%和 75.89% ($P>0.05$)。表 2 中也可以看出,降低日粮粗蛋白水平可明显降低肉仔鸡粪便含水量。蛋白质的食后体增热比脂肪或碳水化合物高,高温季节高蛋白质日粮会加剧热应激;大黄或双黄蛋比例增加,易发脱肛或啄肛现象。④饲料成本较高,本课题组试验表明,在保持其它养分含量不变前提下,降低 0.5-1 个百分点粗蛋白质,每吨饲料成本可减少 25-75 元。

表 2 日粮粗蛋白水平对 3-6 周龄肉仔鸡生产性能的影响

项 目	A	B	C
日粮粗蛋白, %	17.0	18.5	20.0
日粮代谢能, Mj/kg	12.18	12.18	12.18
日粮能蛋比, Mj, ME/kg, CP	71.65	65.84	60.90
日增重, g/d.h	52.20 ^a	59.45 ^b	54.74 ^a
饲料/增重	2.48 ^a	2.06 ^b	2.13 ^b
排泄物含水量, %	73.18 ^a	78.37 ^b	78.78 ^b
风干排泄物粗蛋白含量, %	25.45 ^a	30.00 ^b	38.78 ^b
日粮粗蛋白表观代谢率, %	59.62 ^c	51.55 ^b	39.99 ^a
日粮蛋白质沉积率, %	61.74 ^b	49.79 ^a	48.87 ^a

经本课题组近年研究,认为改变这一现象的现实措施有:①饲料中添加 1%-3%的油脂,尤以豆油、玉米油、菜油最好,添加油脂具有多方面营养及保健作用,可有效提高日粮能量浓度(特殊增能效应),减缓高温季节热应激,补充必需脂肪酸,增加免疫力和蛋重。②添加复合酶制剂,研究表明,成年产蛋鸡或肉仔鸡对习用日粮能量表观代谢率为 76.24%-77.43%或 72.22%-75.80%,肉仔鸡日粮中添加 0.1%复合酶后日粮能量表观代谢率由 75.80%提高至 78.84%,可见选用高质量酶制剂是目前提高家禽日粮有效能含量的可行措施之一。③改变目前饲料市场习惯,推广预混料或全价饲料,或者改变“631”的产蛋鸡浓缩饲料使用习惯,推广 35%浓缩饲料。④采用氨基酸或可消化氨基酸指标设计日粮,保持主要氨基酸间平衡,适当降低日粮粗蛋白质含量。

1.2 日粮粗蛋白质与氨基酸之间关系

家禽需要的是氨基酸而不是粗蛋白质本身,因此,只要能满足氨基酸需要,日粮粗蛋白质水平可降低 1-3 个百分点。本研究在其它主要养分含量相同情况下,设计粗蛋白质含量为 17.0%、18.5%和 20.0%三种日粮饲喂 3-6 周龄肉仔鸡 (表 2),日增重分别为 52.20、59.45 克和 54.74 克 ($P<0.05$),饲料增重比为 2.48、2.06 和 2.13 ($P<0.05$);用粗蛋白质水平为 18%和 17%的两种日粮饲喂 1-42 日龄蛋雏鸡,全期增重为 231.27 克和 244.42 克 ($P>0.05$),饲料增重比为 2.81 和 2.56 ($P>0.05$)。可见,只要保证日

粮氨基酸含量,降低粗蛋白质水平可维持生产性能,并趋于改善饲料利用率。

以氨基酸或可利用氨基酸含量设计日粮,尤其是保持主要有效氨基酸的平衡(即理想蛋白),有利于杂粕(饼)类饲料的利用。目前,有些地区对产蛋鸡使用纯豆粕型日粮,且日粮粗蛋白质含量多在16.5%-17.5%之间,同时为了降低成本又很少添加蛋氨酸,日粮粗蛋白质及赖氨酸过高,而蛋氨酸较低,氨基酸间比例失调,日粮总体成本较高、饲料利用率低。按有效氨基酸含量设计日粮,既可保证生产性能,又能降低饲料成本。例如,本课题组在日粮代谢能、可利用氨基酸、矿物质及微量成分含量相同情况下,将后期产蛋鸡日粮棉、菜粕各5%增加至各10%,产蛋率分别为71.2%和69.98%($P>0.05$),料蛋比为2.72和2.80($P>0.05$),饲料成本明显降低。

1.3 季节与日粮主要养分含量

动物采食饲料首先用于维持生命和保证正常代谢及其健康,多余养分才用于生长或生产。家禽具有根据饲料能量浓度决定采食量的能力,且采食量与环境、季节(气温)密切相关。本系列研究及推广试验表明,高温季节蛋鸡的能量进食量往往是维持高产蛋率,达到最佳蛋重和蛋壳质量的限制性因素,即使在较低的饲料进食量情况下,必需氨基酸的进食量也较易满足,而能量进食量不易满足,因此,高温季节家禽日粮宜保持高能低蛋白、高氨基酸、高有效磷、高维生素、低纤维,此时添加植物油脂的效果最明显;低温季节可适当增加杂粕(饼)用量和日粮粗蛋白质及粗纤维含量,此时采食量相对较高,其余养分含量可为高温季节的80-95%。

1.4 生理阶段与日粮养分含量

各生理(生产)阶段平衡供给养分是家禽高效生产的基本前提,任何一种养分的缺乏或过量不仅影响该养分的高效利用,而且会限制其它养分的合理利用及动物生产性能。家禽体小,抵抗力及自身调节能力相对较差,日粮养分的不平衡供给对其影响较大。

营养需要量标准是设计日粮的基本依据,但还应根据生理阶段作适当调整。本课题组观测发现,蛋雏鸡(0-6周龄)对氨基酸比代谢能的反应更为敏感;能量进食量对蛋青鸡(7-18周龄)的影响比氨基酸大;能量进食量是决定产蛋率的最重要营养素,而蛋白质进食量对蛋重的影响最大(其中蛋氨酸的影响更为突出);低能量进食量时,增加蛋白质进食量趋于增加产蛋率;低蛋白质进食量时,增加能量进食量不影响蛋重或趋于降低蛋重;添加植物油可增加蛋重;产蛋后期产特大蛋较多的品系,降低日粮蛋白质水平,有助于稍减小蛋重,提高鸡蛋的均匀度;产蛋后期宜适当降低日粮有效磷含量而增加钙含量;为了增加蛋壳强度宜提高日粮钙含量;轻型蛋鸡(白壳蛋鸡)比重型蛋鸡(褐壳蛋鸡)体格小,采食量低,日粮主要营养素含量高5-8%。

由于饲料产地、品种、自然及耕作条件、加工及测试方法等不同,饲料营养价值的变异很大,尤其是有效能、氨基酸及有效氨基酸等指标的变异最大。目前饲料营养价值表中列出的数据仅是样本平均值,依此设计日粮会造成某些养分的不足或过剩,严重影响配合饲料质量。本课题组总结认为,实际生产中的实用解决措施有:①实测每批饲料原料中水分、灰分、钙、磷、粗蛋白质等易测指标含量,依据回归公式估测有效能、氨基酸及有效氨基酸含量。②添加复合酶制剂,减少饲料原料批次间差异对家禽生产性能的影响,使饲料质量、家禽生产性能稳定。例如,本系列研究中给4-7周龄肉仔鸡日粮中添加0.1%复合酶制剂,7周龄末体重变异系数由17.71%降至7.71%($P<0.05$)。

2 家禽主要营养素需要量标准

根据试验研究及大面积中试推广,本课题组总结出西北地区家禽主要营养素需要量标准(表3和表4),供生产实际应用时参考。理论上讲,真可利用氨基酸指标更为准确,但目前有关饲料真可利用氨基酸资料不足且不够准确,需要量表中仅列出了氨基酸及表观可利用氨基酸需要量。

表 3 肉仔鸡、肉杂鸡日粮主要养分含量 (风干基础)

养 分	肉仔鸡前期 (0-3 周龄)	肉仔鸡后期 (4-7 周龄)	肉杂鸡前期 (0-4 周龄)	肉杂鸡后期 (5-12 周龄)
代谢能, kcal/kg	2950-3000	3000-3100	2850-2900	2900-2950
代谢能, Mj/kg	12.35-12.55	12.55-13.00	11.92-12.13	12.13-12.35
粗蛋白质, %	20.0-21.0	17.0-19.0	18.0-19.0	16.5-17.5
钙, %	0.90-1.00	0.80-1.00	0.90-1.00	0.80-1.00
有效磷, %	0.45	0.35	0.40	0.35
赖氨酸, %	1.05-1.10	0.90-1.00	0.90-1.00	0.80-0.85
表观可利用赖氨酸, %	0.95-1.00	0.80-0.90	0.80-0.90	0.72-0.76
蛋氨酸, %	0.45-0.50	0.35-0.40	0.35-0.40	0.28-0.32
表观可利用蛋氨酸, %	0.40-0.45	0.30-0.35	0.30-0.35	0.25-0.29
蛋+胱氨酸, %	0.80-0.90	0.65-0.70	0.65-0.70	0.60-0.65
表观可利用蛋+胱氨酸, %	0.72-0.80	0.60-0.65	0.60-0.65	0.54-0.60
苏氨酸, %	0.75-0.80	0.70-0.75	0.70-0.75	0.65-0.70
表观可利用苏氨酸, %	0.68-0.72	0.63-0.68	0.63-0.68	0.60-0.63

表 4-1 未成年白壳蛋鸡日粮主要养分含量 (风干基础)

养 分	蛋雏鸡 (0-6 周龄)	蛋青鸡 (7-12 周龄)	蛋育成鸡 (13-18 周龄)	预产期蛋鸡
代谢能, kcal/kg	2600-2750	2750-2850	2800-2850	2750-2850
代谢能, Mj/kg	11.0-11.5	11.5-11.9	11.7-11.9	11.5-11.9
粗蛋白质, %	17.0-18.0	15.0-16.0	14.0-15.0	15.0-16.0
钙, %	0.90-1.00	0.80-0.90	0.80-0.90	2.00-2.50
有效磷, %	0.40	0.35	0.30	0.35
赖氨酸, %	0.80-0.85	0.55-0.65	0.45-0.50	0.50-0.55
表观可利用赖氨酸, %	0.72-0.76	0.50-0.60	0.43-0.45	0.45-0.50
蛋氨酸, %	0.30-0.32	0.25-0.28	0.20-0.25	0.20-0.25
表观可利用蛋氨酸, %	0.27-0.29	0.23-0.25	0.18-0.23	0.18-0.23
蛋+胱氨酸, %	0.60-0.65	0.50-0.56	0.40-0.50	0.40-0.50
表观可利用蛋+胱氨酸, %	0.54-0.60	0.45-0.50	0.36-0.45	0.36-0.45
苏氨酸, %	0.65-0.70	0.55-0.60	0.35-0.40	0.45-0.50
表观可利用苏氨酸, %	0.60-0.63	0.50-0.54	0.32-0.36	0.43-0.45

表 4-2 产蛋期白壳蛋鸡日粮主要养分含量 (风干基础)

养 分	高产蛋鸡	产蛋鸡	低产蛋鸡	产蛋后期
代谢能, kcal/kg	2600-2700	2550-2600	2500-2550	2550-2600
代谢能, Mj/kg	10.9-11.3	10.7-10.9	10.5-10.7	10.7-10.9
粗蛋白质, %	15.0-16.0	14.5-15.5	14.0-15.0	14.0-14.5
钙, %	3.50-3.80	3.30-3.60	3.00-3.30	3.60-4.00
有效磷, %	0.35-0.40	0.30-0.35	0.25-0.30	0.20-0.25
赖氨酸, %	0.70-0.75	0.65-0.68	0.55-0.60	0.55-0.60
表观可利用赖氨酸, %	0.63-0.68	0.59-0.61	0.50-0.54	0.50-0.54
蛋氨酸, %	0.34-0.37	0.32-0.34	0.30-0.32	0.25-0.30
表观可利用蛋氨酸, %	0.31-0.34	0.29-0.31	0.27-0.29	0.23-0.27
蛋+胱氨酸, %	0.60-0.65	0.55-0.60	0.50-0.55	0.50-0.55
表观可利用蛋+胱氨酸, %	0.54-0.60	0.50-0.54	0.45-0.50	0.45-0.50
苏氨酸, %	0.50-0.55	0.45-0.50	0.40-0.45	0.35-0.40
表观可利用苏氨酸, %	0.45-0.50	0.41-0.45	0.36-0.41	0.32-0.36

说明: (1) 产蛋率, 高产蛋鸡>90%, 产蛋鸡 80-90%, 低产蛋鸡<80%; (2) 褐壳蛋鸡日粮养分含量比上表中相应阶段低 5-8%; (3) 高温季节粗蛋白质含量宜取下限, 其余养分含量宜取上限; (4) 考虑成本及采食量因素, 低温季节日粮养分含量可取下限。

3 典型日粮配方

依据上述原则，本课题组已优选出 60 多套典型日粮配方，表 5 仅列出 4 套（A-D）优选高产蛋鸡典型饲料配方，以及 3 套（E-G）实践中常用且满足养分需要但不尽合理的配方，供生产实际中参考。

表 5-1 高产白壳蛋鸡典型饲料配方（模式）

原料名称及规格	原料价格 (元/kg)	优选配方（%）				对照配方（%）		
		A	B	C	D	E	F	G
玉米（CP8.7%）	0.90	64.98	64.38	64.28	65.04	62.40	63.00	63.36
麸皮（CP15.5%）	0.80	3.60	5.00	5.00	5.00	5.00	3.00	-
豆粕（CP44%）	2.10	11.50	10.00	15.30	14.50	22.30	13.50	15.80
棉粕（CP42%）	1.30	4.00	5.00	-	5.00	-	5.00	5.00
菜粕（CP36.5%）	0.90	5.00	5.00	5.00	-	-	5.00	5.00
石粉（Ca36.5%）	0.10	8.50	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.60
磷酸氢钙（P16%）	1.30	1.30	0.45	0.50	0.50	0.50	0.43	1.35
食盐	0.80	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
赖氨酸（CP95%）	17.00	0.17	0.19	0.11	0.13	-	0.11	0.06
蛋氨酸（CP58%）	25.00	0.12	0.13	0.11	0.13	0.10	0.11	0.10
禽用多矿	2.50	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
蛋鸡多维	65.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
氯化胆碱（45%）	3.80	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
复合酶制剂	15.00	0.15	0.15	-	-	-	0.15	0.15
罗氏植酸酶	42.00	-	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

说明:为了进一步改善生产性能和健康水平，建议添加 0.5-1.0%植物油脂。

表 5-2 高产白壳蛋鸡典型饲料配方成本及养分含量

项 目	优选配方				对照配方		
	A	B	C	D	E	F	G
配方营养成分含量							
代谢能 ¹ (Kcal/kg)	2600	2600	2627	2634	2634	2600	2600
粗蛋白质（%）	15.00	15.00	15.10	15.10	16.10	16.00	16.50
钙（%）	3.47	3.47	3.49	3.47	3.48	3.48	3.50
总磷（%）	0.58	0.46	0.45	0.44	0.43	0.45	0.59
有效磷（%）	0.36	0.35	0.36	0.35	0.36	0.35	0.38
赖氨酸（%）	0.72	0.74	0.73	0.74	0.75	0.75	0.74
蛋氨酸（%）	0.36	0.37	0.37	0.38	0.37	0.37	0.37
蛋+胱氨酸（%）	0.65	0.66	0.65	0.65	0.65	0.68	0.68
苏氨酸（%）	0.56	0.55	0.59	0.57	0.65	0.61	0.64
可利用赖氨酸（%）	0.63	0.62	0.63	0.63	0.65	0.63	0.63
可利用蛋氨酸（%）	0.34	0.34	0.34	0.35	0.34	0.34	0.34
可利用蛋+胱氨酸（%）	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	0.57	0.58
可利用苏氨酸（%）	0.49	0.47	0.52	0.50	0.58	0.52	0.55
配方成本（元/吨）	1091.5	1082.6	1087.5	1106.0	1151.4	1108.8	1128.4

家禽饲料氨基酸高效利用模式研究技术总结报告(二)

一次注射³H-Leu 检测家禽内源氨基酸损失量的方法学研究姚军虎¹, 孟德连¹, 吴孝兵¹, 王康宁², 周安国², 杨 风²

(1 西北农林科技大学 陕西杨凌 712100; 2 四川农业大学 四川雅安 625014)

摘要: 通过绝食法(FAS)、强饲无氮饲粮法(NFD)、NFD+3.20%酶解酪蛋白(EHC)、以豆粕为唯一氮源的饲粮粗蛋白(CP)水平为5%和20%,以及棉粕为氮源的CP20%半合成饲粮,证明给家禽皮下一次引入30 μCi [³H] Leu/kg 体重(BW)后,48hr内排泄物内源Leu比放射性强度(SR_e)与相应血浆Leu比放射性强度(SR_p)之比为一恒值,根据此定律并依据NFD时内源氨基酸组成模式可测定采食实际饲粮时的内源氨基酸损失量(EAAL)。

关键词: 家禽 内源氨基酸 方法学 同位素示踪

中图分类号: S831.5; Q517

文献标识码: A

METHODOLOGICAL STUDY ON DETERMINING ENDOGENOUS AMINO ACID LOSSES OF POULTRY BY SINGLE INJECTION OF ³H-LEUCINE

YAO Jun-hu¹, MENG De-lian¹, WU Xiao-bing¹,
WANG Kang-ning², ZHOU An-guo², YANG Feng²

(1 Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, 712100, Shaanxi;

2 Sichuan Agricultural University, Yaan, 625014, Sichuan)

ABSTRACT: Three sets of young hens and broilers received six diet treatments. The diets were on fast (FAS), and force-fed nitrogen-free diet (NFD), NFD+3.20% enzyme hydrolysed casein (EHC), semi-synthesized diets with 5% and 20% crude protein (CP) in which soybean meal (Sol.) was the sole nitrogen source, and semi-synthesized diet with 20% CP in which cotton seed meal (Sol.) was the sole nitrogen source. After force-fed, 30 μCi [³H]Leu/kgBW was injected subcutaneously, the excreta in the following 48hr were totally collected, and venous blood samples were taken at 5 min, 30 min, 4 hr, 24 hr, 36 hr and 48 hr. The study showed that the ratios between specific radioactivity (SR) of endogenous leucine in excreta (SR_e) and SR of free leucine in plasma (SR_p) kept constant, no matter what kinds of diets the birds ate. This made it possible to determine the endogenous amino acid losses (EAAL) of practical diets when NFD or FAS was taken as the reference.

KEY WORDS: poultry; endogenous amino acid; methodology; isotope dilution

内源氨基酸损失量(EAAL)是动物生命活动过程中不可避免的最低损耗(姚军虎等, 2000)。测定采食实际饲粮时EAAL的根本障碍是无法准确区分排泄物中内、外源氨基酸。姚军虎等(1998)将迄今提出的EAAL测定方法划分为三大类,第一类属于非正常生理条件下的测定方法,包括绝食法(FAS)、无氮饲粮法(NFD)、NFD+合成氨基酸(AAs)、NFD+静脉注射AAs以及蛋白梯度回归法;第二类属于模拟实际饲粮时的检测方法,包括胍基化法、酶解酪蛋白法(EHC)及体外法;第三类为

同位素稀释法。Biosen 等 (1996)、Nyachoti 等 (1997)、姚军虎等 (1998) 和孟德连 (2001) 等曾全面综合了上述方法的原理及其优缺点。依据单代谢区理论和 EAAL 来源、分布规律以及同位素示踪的意义, 我们提出静脉或皮下一次注射 $[^3\text{H}]\text{Leu}$ 法 (SIIL), 以测定采食实际饲料时 EAAL, 本文旨在综合研究 SIIL 法的可行性。

1 材料与方 法

1.1 一次注射法的原理分析

理论分析认为, 给强饲不同饲料的家禽皮下一次注射相同剂量 $[^3\text{H}]\text{Leu}$:

$$\frac{SR_{e0}}{SR_{p0}} = \frac{SR_{ei}}{SR_{pi}} = k \quad (1)$$

式 (1) 中 SR_{ei} 、 SR_{pi} 分别表示强饲含氮饲料 i 时排泄物内源 Leu 及血浆游离 Leu 比放射性强度, SR_{e0} 、 SR_{p0} 分别表示强饲 NFD 时排泄物及血浆游离 Leu 比放射性强度, k 表示恒值。公式 (1) 是一次注射法的核心及实质意义所在。

SR_{p0} 和 SR_{pi} 可直接测定。强饲 NFD 时, SR_{e0} 也可直接测定。强饲实际含氮饲料 i 时, SR_{ei} 不能实测, 只能测定一定时间内总排出 Leu 比放射性强度 (SR_{ti})。如果实际含氮饲料 i 时, 总排出的 Leu 为 W_{ti} (mg/kgDMI), 内源 Leu 为 W_{ei} (mg/kg DMI), 则 SR_{ei} 为:

$$SR_{ei} = \frac{SR_{ti} \cdot W_{ti}}{W_{ei}} \quad (2)$$

将公式 (2) 代入公式 (1) 并整理后, 就有:

$$\frac{W_{ei}}{W_{ti}} = \frac{SR_{ti} \cdot SR_{p0}}{SR_{pi} \cdot SR_{e0}} = \frac{SR_{ti}}{SR_{pi}} \cdot \frac{1}{k} \quad (3)$$

W_{ei}/W_{ti} 表示内源 Leu 占总排出 Leu 的比例。假定内源 AA 的组成相对稳定, 那么, 可由公式 (3) 计算的内源 Leu 损失量, 借助于内源 AA 模式 (即 NFD 模式) 估算其它 AA 的内源损失量 (mg/kg DMI)。

1.2 强饲同一饲料时, 蛋鸡血浆及食糜比放射性强度变化规律

选择体重接近 ($1.10 \pm 0.06\text{kg}$) 的健康青年莱航公鸡 16 只, 随机分为四组。正强饲以豆粕为唯一氮源的 CP20% 半合成饲料 (30g DM/kg BW) 后, 立即由皮下注射 30、60、90 及 $120 \mu\text{Ci}[^3\text{H}]\text{Leu/kg BW}$, 于注射后 4hr 准时采集每只鸡静脉血液于经抗凝处理的离心管内, 全血经 3000rpm 离心 10min, 分离出血浆弃沉淀。血浆按 1:1 (V/V) 的比例加入 10% 三氯乙酸 (TCA), 再离心 10min, 弃沉淀, 得到去蛋白血浆样品, 低温 (-20°C) 密封保存。

注射 4 hr 之后注射戊巴比妥钠局部麻醉, 取回肠后 15cm 段内的全部食糜, 100g 鲜食糜加入 3ml 10% H_2SO_4 和适量甲醛, 然后置于 $65^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ 的恒温烘箱中干燥。烘干后取出, 室温下回潮 1hr, 两次干燥称重相差 $< 5\%$ 视为恒重。粉碎后, 密封装袋, 低温保存。

1.3 强饲不同饲料时, 蛋鸡血浆及排泄物比放射性强度变化规律

选择体重接近 (1.5kg 左右) 的健康尼克红蛋鸡 24 只, 随机分为 4 个处理, 每处理 3 个重复, 每重复 2 只鸡。除绝食处理外, 给另三组试鸡强饲 NFD、CP20% (豆粕) 及 CP20% (棉粕) 饲料 (表 1)。试验鸡肛门处缝制空心塑料瓶盖, 以安装集粪袋。试验鸡单笼饲喂。预试前自由采食以豆粕为唯一氮源的半合成饲料 5 天, 绝食 36hr 之后, 除绝食组外, 按每公斤体重 30gDM 预强饲相应的饲料, 再绝食 48hr, 然后正式强饲同样数量的相应日粮。绝食组预绝食 48 hr 后, 进入正式绝食期 (48 hr)。整个绝食期间, 试验鸡自由饮水, 每天 16hr 光照。

正式绝食及正式强饲后, 立即皮下注射 $30 \mu \text{Ci} [^3\text{H}]\text{Leu} / \text{kgBW}$ ($1 \text{ml} / \text{kgBW}$)。分别于注射后 5min、30min、4hr、24hr、36hr、48hr 在对侧翅静脉采集血液 ($1.5 \sim 2.0 \text{ml} / \text{次}$)。注射 $[^3\text{H}]\text{Leu}$ 后, 准确无损地收集排泄物 48hr。血液及排泄物的预处理同 1.2。

1.4 强饲不同饲料时, 肉仔鸡血浆及排泄物比放射性强度变化规律

选择体重接近的艾维茵肉仔鸡 40 只, 随机等分为四组, 每组 5 个重复 (每重复 2 只), 分别强饲 NFD、NFD+3.20%EHC 及 CP5% (豆粕) 和 20% (豆粕) 的饲料 (表 1)。强饲、注射 $[^3\text{H}]\text{Leu}$ 、采血及收集排泄物等方法及其预处理同 1.3。

表 1 试验饲料组成 (%)
Table 1 Composition of the experimental diets (%)

饲料	Item	NFD	NFD+ 3.20%EHC	CP5	CP20 (豆粕) CP20(Soybean meal)	CP20 (棉粕) CP20(Cottonseed meal)
淀粉	Starch	59.98	62.16	67.85	46.18	44.70
豆粕	Soybean meal	—	—	11.62	46.51	—
棉粕	Cottonseed meal	—	—	—	—	47.60
蔗糖	Sugar	31.45	26.08	12.93	—	—
菜油	Rapeseed oil	—	—	—	2.60	4.32
纸纤维	Paper fiber	4.20	4.20	3.50	1.41	—
磷酸氢钙	CaHPO_3	2.22	2.22	2.01	1.37	1.30
碳酸钙	CaCO_3	1.22	1.22	1.16	1.00	1.15
EHC	Enzymatically hydrolyzed casein	—	3.20	—	—	—
食盐	Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
禽用多维	Vitamin premix	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
微量元素	Trace elements	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
氯化胆碱	Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

说明: (1) 所有饲料按 MEn12.30MJ/kg, Ca 0.96%, 有效磷 0.38%, 粗纤维 4.2% 的标准配制。(2) 禽用多维 (每 kg): V_A 5600 万 IU、 V_{D_3} 1100 万 IU、 V_E 3 万 IU、 V_{K_3} 5g、 V_{B_1} 2g、 V_{B_2} 12g、 V_{B_6} 6g、 $V_{B_{12}}$ 30mg、叶酸 500mg、烟酸 35g 及泛酸钙 25g。(3) 微量元素中含 (每 kg): Fe 16.72g、Cu 1.64g、Mn 12.09g、Zn 8.11g、Se 33.53mg 及 I 75.70mg。

1.5 化学分析及放射性测定

按 100g 食糜或排泄物样品加入 10ml 6 N HCl, 110°C 封管水解 22hr。水解液过滤弃沉淀, 将滤液定容至 25ml。取滤液 2ml 置于坩埚中蒸干, 加入柠檬酸钠的乙醇溶液 3ml, 溶解坩埚中残渣, 取溶解液于离心管内, 3000rpm 离心 5min, 用 Beckman 121MB 型氨基酸分析仪测定 AA 含量。

准确移取去蛋白血浆样品 0.5ml 试管中, 加入 6N HCl 8ml, 封管 110°C 水解 22hr, 将水解液置于坩埚中蒸干, 然后加入柠檬酸钠的乙醇溶液 3ml, 溶解坩埚中的残渣; 将溶解液移至离心管内, 3000rpm 离心 5min, 用 Beckman 121MB 型氨基酸分析仪测定 AA 含量。

准确称量风干食糜或排泄物 2g 或去蛋白血浆 2ml, 按样品 (g 或 ml): 高氯酸 (ml, 分析纯): H_2O_2 (ml, 分析纯) = 1 : 4 : 6 的比例于带塞三角瓶内消化上述样品 ($75^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$), 5hr 后准确吸取上述消化液 0.2ml 于闪烁瓶内, 加入 8ml 闪烁液 (0.6% 的对联三苯的二甲苯溶液) 和适量的乳化剂 (聚乙二醇辛基苯基醚, OP), 拧紧瓶盖, 摇匀后静置 24 hr, 用 Tri-CARB 2000CA 液体闪烁分析仪 (Packard, USA) 计数, 用外标准源进行淬灭校正, 每种消化液作 3 个样品的重复测定。

1.6 资料处理

利用 SPSS 软件包对所有观测数据进行统计分析。

2 试验结果

2.1 强饲同一饲料时蛋公鸡血浆及食糜比放射性强度变化规律

回肠食糜与去蛋白血浆 Leu 比放射性强度间呈极显著的正相关关系 ($r=0.8157$, $n=16$, $p=0.0001$), 表明血浆样品可准确反映食糜 (或排泄物) 中比放射性强度的变化规律 (表 2)。因是同一饲料, 内源 AA 损失量在不同 $[^3\text{H}]\text{Leu}$ 引入剂量间应相同, 因此, 食糜中比放射性强度可以完全相同变化趋势反映食糜中内源 Leu 的比放射性强度变化规律。本试验中, 各组 SR_d/SR_p 无显著差异 ($P>0.05$), 表明对同一种饲料, $[^3\text{H}]\text{Leu}$ 的引入剂量不影响公式 (1) 中的 k 值。本试验中按 $30 \mu\text{Ci/kgBW}$ 注射 $[^3\text{H}]\text{Leu}$ 即可检测到较理想的比放射性强度, 因此, 此后试验中均采用此注射剂量。

表 2 蛋公鸡强饲 CP20%饲料时, 血浆及回肠食糜 Leu 比放射性强度变化规律
Table 2 Specific radioactivity of free leucine in plasma and ileal digesta of cockerel chickens

项 目	$[^3\text{H}]\text{Leu}$ 注射量 ($\mu\text{Ci/kg}$ 体重)			
	30	60	90	120
血浆比放射强度 ($\text{SR}_p \times 10^5 \text{dpm}/\mu\text{molLeu}$)	9.2532 ± 0.5750^a	20.6153 ± 1.8724^b	30.7197 ± 1.7376^c	38.3195 ± 1.6385^d
回肠食糜比放射性强度 ($\text{SR}_d, \text{dpm}/\mu\text{molLeu}$)	135.2572 ± 50.4222^a	251.1946 ± 99.0337^b	570.8572 ± 54.1657^c	629.1637 ± 45.6483^d
$\text{SR}_d/\text{SR}_p (\times 10^{-4})$	1.4617 ± 0.5449^a	1.2185 ± 0.4804^a	1.8583 ± 0.1763^a	1.6419 ± 0.1191^a

说明: (1) 表中数据 $\bar{x} \pm \text{SE}$ ($n=4$); (2) 同行数据右肩标不同字母者表示差异显著 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

2.2 强饲不同饲料时蛋青鸡血浆及排泄物比放射性强度变化规律

利用各时间点血浆游离 Leu 比放射性强度测值进行回归分析表明, 血浆游离 Leu 比放射性强度呈显著 ($P=0.0094-0.0371$) 的指数衰变规律 (表 3), 符合一室模型, 其中 NFD 和 FAS 组为一类且衰变常数 (更新速率) 较高, 豆粕和棉粕组为一类。

表 3 蛋青鸡四种处理时血浆游离 Leu 比放射性强度回归分析 ($n=6$)
Table 3 Regression analysis of specific radioactivity of free Leucine in plasma

饲料 Diet	回归公式 Regression equation	S_y	P_1	P_2	差异性 Significance	
					SR_0	k
NFD	$\text{SR}_p=13274.9e^{-0.0104t}$	0.3120	0.0217	0.0107	A	A
绝食组 (FAS)	$\text{SR}_p=13520.6e^{-0.0101t}$	0.2790	0.0162	0.0094	A	A
CP20% (豆粕组) Soybean meal	$\text{SR}_p=11387.7e^{-0.0068t}$	0.1690	0.0330	0.0314	AB	B
CP20% (棉粕组) Cottonseed meal	$\text{SR}_p=10892.2e^{-0.0069t}$	0.2750	0.046	0.0371	B	B

说明: (1) 公式中 SR_p 为血浆游离 Leu 比放射性强度 ($\text{dpm}/\mu\text{mol Leu}$), t 为时间 (hr); (2) S_y 为回归估计标准误; (3) P_1 、 P_2 分别为起始放射性强度 SR_0 及血浆游离 Leu 更新速率常数 k 的显著性标准; (4) 差异性分别列出 SR_0 值和 k 值的差异性比较, 同列标不同字母者表示差异显著 ($P<0.01$)。

48hr 内排泄物中 Leu 比放射性强度分为两个水平 (表 4), FAS 组和 NFD 组为一个水平, 豆粕组和棉粕组为一个水平, 两水平之间差异显著 ($P<0.05$), 各水平内差异不显著 ($P>0.05$)。

48hr 血浆 Leu 比放射性强度定积分均值, 四种处理间无显著差异 ($P>0.05$, 表 4)。排泄物与血浆