

饲料不同蛋白质、能量水平对大白鼠 生长发育及体成分的影响

陈文清 许振英

(东北农学院, 哈尔滨)

摘要 本试验所用动物为 53—57 日龄雄性大白鼠 (Sprague—Dawley 品系), 初始体重为 $121.73 \pm 3.95\text{g}$, 试验期为大白鼠生长发育旺期的 21 天。试验拟研究不同粗蛋白水平 (10%、15%、20%、25% 和 30%) 及两个能量水平 (消化能: 3.6 和 3.9 kcal/g) 的饲料对大白鼠生长发育及各种体成分的影响。结果表明, 当饲料蛋白质供应充分时, 大白鼠生长随饲料能量浓度的提高而改善; 而当饲料蛋白质供应感觉不足时, 提高能量浓度对生长无益。机体各项成分指标中, 以蛋白质、脂肪、水分沉积受饲料蛋白质、能量浓度影响显著; 而蛋白质、脂肪沉积在很大程度上受饲料能蛋白比的影响, 饲料中添加脂肪可使大白鼠机体肥胖。

关键词 大白鼠 蛋白质 能量

根据动物相通的营养原理, 先用大白鼠作模拟实验, 从而确定实验目标, 对提高畜牧实验的预见度有很大帮助。国外营养学界对大白鼠生长发育的研究甚多。但其多针对人类的营养膳食而为, 饲料中多含高级蛋白质, 如鸡蛋, 奶酪蛋白及肉类等接近于人的膳食标准。用家畜的常用饲料来配合饲料进行实验, 迄今尚未见诸资料文献。本试验的目的是使用大白鼠进行试验, 以摸索其饲料中蛋白质、能量对大白鼠生长发育及其体成分的影响。

1 材料和方法

本试验为两因子三重复交叉设计 (见表 1)。

选取 53—57 日龄 Sprague—Dawley 品系白化雄性大白鼠 33 只, 平均体重为 $121.73 \pm 3.95\text{g}$, 试验伊始随机取 3 只屠宰作为对照, 余 30 只随机置于 30 个单位笼中, 每三只采食一种饲料, 试验期共 21 天, 每三天称体重, 试验的第二周做消化代谢试验。试验结束, 将大鼠剪头杀死, 称心、肝、肺、脾和肾脏的重量, 去除消化道内容物, 用高速匀浆机绞碎制成匀浆, 测定初水份后制成风干样本测定各营养成分, 试验数据用方差分析和 q 检验法统计分析。

试验饲料的配合: 先配制低能 (3.6 kcal/g)、高蛋白 (30%) 水平饲料 (见表 2), 为排除

收稿日期: 1992-06-04

表1 试验设计

| 蛋白水平 (%) | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | |
|--------------|---------|----|----|----|----|----|
| 消化能 (kcal/g) | ——饲料号—— | | | | | |
| 3.6 | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 3.9 | | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |

表2 低能高蛋白组饲料配方

| 玉米 | 豆饼 | 麦麸 | 奶粉 | 食盐 | 鱼粉 |
|------|----|----|----|-----|----|
| 22.5 | 44 | 14 | 9 | 0.5 | 10 |

不同蛋白水平饲料间有氨基酸比率不同的影响, 将此高蛋白饲料用不含蛋白质的淀粉(土豆淀粉)稀释成低浓度蛋白粮, 再用含高能的玉米油将各饲料能量浓度配齐。试验饲料营养成分见表3

2 试验结果

2.1 生长性能

试验期的平均日增重在不同蛋白质水平间差异显著($P < 0.05$), 日增重随日粮蛋白质水平和蛋白质采食量的提高而增加(见表5)。

在低能日粮组, 日增重5日粮蛋白质水平和蛋白质采食量之间关系呈无规律型。而日增重却有随采食能量的增加而增加的趋势, 但相关关系不显著。(蛋白质采食量见表4)。

在低能日粮组, 日增重与能量采食量无显著相关关系, 而与蛋白质采食量有高度正相关关系($r = 0.986$), 此结果与Campbell(1985)用猪作的试验结论相同。

在较高蛋白水平日粮组中(30%, 25%)能量浓度提高, 则日增重显著增加($P < 0.05$), 在较低蛋白水平日粮中(15%, 10%)能量浓度提高, 日增重却显著降低($P < 0.05$)。

料肉比在高蛋白组中(30%, 25%, 20%)随能量浓度的提高而显著地得到改善, 但在较低蛋白水平日粮组中, 提高日粮能量浓度未见改善料肉比(见表6)。

本高能组、料肉比随日粮蛋白水平和蛋白质采食量的增加而有极显著的改善($P < 0.01$)。

在低能日粮组中, 日粮赖氨酸含量与日增重呈高度正相关($r = 0.983$, $P < 0.01$), 而与料

表3 饲料营养成分表

| 饲料号 | 消化能 (Kcal/g) | 粗蛋白 (%) | 钙 (%) | 磷 (%) | 赖氨酸 (g/kg) | 蛋氨酸 (g/kg) | 蛋白/能量 (g/kg) |
|-----|-----------------|------------|----------|----------|---------------|---------------|-----------------|
| 11 | 3.648 | 30.75 | 0.61 | 0.47 | 16.1 | 12.1 | 84.3 |
| 12 | 3.596 | 25.06 | 0.53 | 0.38 | 15.9 | 10.4 | 69.7 |
| 13 | 3.642 | 20.46 | 0.58 | 0.44 | 11.1 | 6.4 | 56.2 |
| 14 | 3.626 | 14.78 | 0.62 | 0.45 | 9.0 | 5.8 | 40.8 |
| 15 | 3.615 | 10.18 | 0.55 | 0.42 | 5.2 | 2.2 | 28.2 |
| 21 | 3.971 | 30.83 | 0.53 | 0.41 | 14.4 | 11.5 | 77.6 |
| 22 | 3.914 | 24.91 | 0.64 | 0.50 | 13.3 | 10.0 | 63.6 |
| 23 | 3.920 | 20.20 | 0.57 | 0.43 | 8.1 | 6.2 | 51.5 |
| 24 | 3.922 | 15.16 | 0.56 | 0.45 | 7.4 | 3.5 | 38.7 |
| 25 | 3.902 | 10.74 | 0.58 | 0.46 | 4.4 | 3.4 | 27.5 |

注: 表中数据均为实测值

表4 蛋白质和能量采食量

| 饲料号 | 采食蛋白质 X (g/日) | Sx | 采食能量 X (Kcal/日) | Sx |
|-----|------------------|------|--------------------|------|
| 11 | 5.31 | 0.15 | 62.99 | 1.83 |
| 12 | 4.45 | 0.11 | 63.89 | 2.19 |
| 13 | 3.66 | 0.18 | 65.07 | 3.26 |
| 14 | 2.65 | 0.06 | 65.03 | 1.51 |
| 15 | 2.46 | 0.08 | 65.91 | 2.66 |
| 21 | 4.98 | 0.21 | 64.20 | 2.82 |
| 22 | 4.18 | 0.06 | 65.63 | 0.99 |
| 23 | 3.38 | 0.13 | 65.60 | 2.55 |
| 24 | 2.56 | 0.22 | 66.15 | 5.55 |
| 25 | 1.85 | 0.11 | 67.25 | 3.98 |

注: 表中数据为三个个体的平均数和标准差(X±Sx)下同。

肉比呈高度负相关。 $(r=-0.991, P<0.01)$ 。

表5 试验期日增重 (g/日)

| 消化能 (Kcal/g) | 蛋白水平 (%) | | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| 3.6 | 5.48±0.42 | 5.46±0.41 | 5.55±0.35 | 5.90±0.287 | 5.66±0.25 |
| 3.9 | 5.97±0.71 | 5.90±0.07 | 5.47±0.22 | 5.07±0.70 | 4.87±0.70 |

注：表中数据均为三个个体平均值和标准差 $\bar{X} \pm Sx$

表6 单位增重耗料 (料肉比)

| 消化能 (Kcal/g) | 蛋白质水平 (%) | | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| 3.6 | 3.16±0.17 | 3.27±0.31 | 3.22±0.14 | 3.05±0.17 | 3.22±0.24 |
| 3.9 | 2.73±0.23 | 2.85±0.26 | 3.06±0.09 | 3.35±0.23 | 3.57±0.29 |

注：表中数据为 $\bar{X} \pm Se$

2.2 屠体成分 (见表7)

日粮蛋白水平、能量浓度对体蛋白、脂肪的影响极显著 ($P<0.01$)，而对体水分、灰分的百分含量的影响不显著 ($P>0.05$)。

屠体蛋白质百分含量随日粮蛋白水平的提高而呈线性增高 ($r=0.996, P<0.01$)，而随日粮能量浓度的提高而显著下降 ($P<0.01$)。

屠体脂肪含量随饲料蛋白质水平的提高而呈线性降低 ($r=-0.957, P<0.05$)，而随饲料能量浓度的提高而显著增高 ($P<0.01$)。

饲料蛋白质水平、能量浓度对屠体能量含量的影响见图。

图饲料蛋白质水平、高低能量浓度对屠体能量含量的影响

表7 试验大白鼠体成分

| 消化能 | 日粮蛋白水平% | 蛋白质 (%) | 脂肪 (%) | 灰分 (%) | 水分 (%) | 能量 (cal/g) |
|-----------------|---------|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 3.6 (Kcal/g) | 30 | 25.24±0.69 | 5.92±0.25 | 3.40±0.35 | 64.84±0.90 | 1940±42 |
| | 25 | 24.04±0.93 | 6.88±0.87 | 3.73±0.15 | 65.38±1.25 | 1979±58 |
| | 20 | 23.61±0.42 | 8.57±0.82 | 3.26±0.20 | 63.82±1.24 | 2110±84 |
| | 15 | 20.81±0.09 | 8.68±0.19 | 3.63±0.22 | 65.24±0.93 | 1972±28 |
| | 10 | 19.61±0.84 | 9.08±0.17 | 3.41±0.17 | 66.71±0.77 | 1955±69 |
| 3.9 (Kcal/g) | 30 | 24.11±0.69 | 7.19±0.59 | 3.23±0.17 | 65.00±1.60 | 1999±41 |
| | 25 | 22.53±0.20 | 9.36±0.11 | 3.51±0.26 | 63.65±1.39 | 2102±36 |
| | 20 | 21.57±1.037 | 9.86±0.68 | 3.65±0.52 | 64.24±0.98 | 2137±93 |
| | 15 | 21.44±0.59 | 11.29±0.53 | 3.49±0.30 | 63.43±1.36 | 2224±31 |
| | 10 | 20.52±0.72 | 11.15±0.28 | 3.46±0.38 | 63.67±1.34 | 2216±47 |

注：①表中数据为三个个体的平均值和标准差 ($\bar{X} \pm Sx$)；

②表中数据是以鲜重为基础计算的。

表8 营养物质在机体的沉积速率

| 消化能 Kcal/g | 饲料蛋 白水平 (%) | 蛋白质 (g/日) | 脂肪 (g/日) | 灰分 (g/日) | 水分 (g/日) | 能量 (kcal/日) |
|---------------|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 3.6 | 30 | 1.38±0.03 | 0.33±0.03 | 0.19±0.03 | 3.55±0.25 | 10.61±0.63 |
| | 25 | 1.31±0.10 | 0.38±0.07 | 0.21±0.02 | 3.56±0.21 | 10.78±0.52 |
| | 20 | 1.23±0.10 | 0.44±0.05 | 0.18±0.02 | 3.54±0.25 | 11.69±0.71 |
| | 15 | 1.23±0.06 | 0.51±0.04 | 0.21±0.02 | 3.73±0.14 | 11.62±0.42 |
| | 10 | 1.11±0.11 | 0.52±0.03 | 0.19±0.01 | 3.61±0.16 | 11.06±0.41 |
| 3.9 | 30 | 1.44±0.16 | 0.43±0.06 | 0.20±0.02 | 3.87±0.37 | 11.94±1.51 |
| | 25 | 1.33±0.10 | 0.55±0.03 | 0.21±0.03 | 3.76±0.22 | 12.41±1.08 |
| | 20 | 1.18±0.07 | 0.54±0.04 | 0.20±0.03 | 3.51±0.08 | 11.71±0.92 |
| | 15 | 1.09±0.14 | 0.57±0.08 | 0.18±0.04 | 3.21±0.37 | 11.28±1.69 |
| | 10 | 1.00±0.13 | 0.54±0.06 | 0.17±0.04 | 3.10±0.37 | 10.81±1.67 |

注: 表中数据为三个个体的平均值和标准差 ($\bar{X} \pm S_x$)。

在较高能量组中, 两个较低蛋白饲料得到最高能量含量的屠体, 此后随饲料蛋白水平的提高呈线性降低 ($r = -0.986$, $P < 0.05$), 取得最高屠体能量的饲料能比约为 33.1g/Mcal。

在较低能量组中, 饲料蛋白水平与屠体能量含量的关系呈抛物线形, 蛋白水平在 20% 时得到能量含量最高的屠体, 此刻饲料能比为 56.2g/Mcal。

2.3 蛋白质、脂肪、水分、灰分及能量在机体的沉积速率 (见表8)

饲料蛋白质和能量水平对屠体灰分、能量的日沉积量无显著影响 ($P > 0.05$)。

在低能组中, 饲料蛋白水平对屠体蛋白沉积无显著影响 ($P > 0.05$), 但蛋白沉积有随饲料蛋白水平和日采食量的提高而增加的趋势, 且蛋白沉积与日采食蛋白量呈正相关 ($r = 0.924$, $P < 0.05$)。在较高能组中, 饲料蛋白水平对屠体蛋白沉积影响极显著 ($P < 0.01$)。蛋白沉积与日采食蛋白量呈高度正相关 ($r = 0.996$, $P < 0.01$)。

表9 屠体每日沉积蛋白与脂肪比率 (Pr/Fat)

| 消化能 (kcal/日) | 蛋白水平 (%) | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| 3.6 | 4.23±0.14 | 3.55±0.60 | 2.79±0.23 | 2.39±0.07 | 2.16±0.15 |
| 3.9 | 3.44±0.33 | 2.42±0.10 | 2.18±0.25 | 1.90±0.14 | 1.83±0.05 |

蛋白质沉积在高低能量浓度间无显著差异, 但可看出以下趋势: 当饲料蛋白水平较高时 (30%、25%) 蛋白沉积随能量浓度的提高而增加。当饲料蛋白水平较低时 (20%、15%、10%) 提高饲料能量浓度反而使蛋白沉积降低。

饲料赖氨酸含量与屠体蛋白质沉积呈高度正相关 (低能组: $r = 0.967$ 高能组: $r = 0.982$, $P < 0.01$)。

饲料蛋白质水平, 能量浓度对屠体脂肪沉积有极显著影响, 高能饲料组的脂肪沉积显著地高于低能饲料组 ($P < 0.01$)。

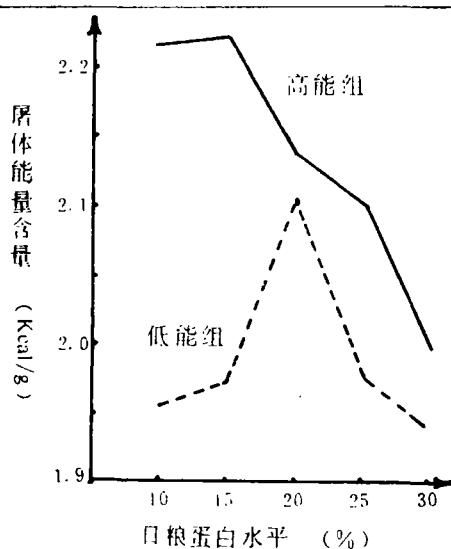


图 9 饲料蛋白质水平、高低能量浓度对屠体能量含量的影响

在低能量饲料组中,不同饲料蛋白水平间脂肪沉积有极显著差异 ($P < 0.01$)。脂肪沉积随饲料蛋白水平的提高而呈线性降低 ($r = -0.983$, $P < 0.01$)。

在高能饲料组中,不同饲料蛋白水平间脂肪沉积无显著差异 ($P > 0.05$),但也有随饲料蛋白水平提高而降低的趋势。

在高能饲料中,饲料蛋白水平对屠体水份的沉积影响差异显著 ($P < 0.05$),且二者呈高度正相关 ($r = 0.987$, $P < 0.01$),而低能饲料组的屠体水份不受饲料蛋白水平的影响 ($P > 0.05$)。

屠体水份的沉积不论是高能组成或是低能组均与平均日增重呈高度正相关 (低能: $r = 0.960$, 高能 $r = 0.997$, $P < 0.01$)。

饲料蛋白水平、能量浓度对屠体每日沉积的蛋白与脂肪的比率有极显著影响 ($P < 0.01$),见表 9。

高能饲料组的 Pr/Fat 值极显著地低于低能饲料组。

在高低能量饲料组中,屠体 Pr/Fat 值随饲料蛋白水平以及饲料蛋白采食量的提高而提高,且蛋白采食量与屠体 Pr/Fat 值呈线性相关 (低能组 $r = 0.990$, $P < 0.01$; 高能组: $r = 0.915$, $P < 0.05$)

屠体 Pr/Fat 值与饲料能比呈线性相关 (低能组: $r = 0.980$, $P < 0.01$; 高能组: $r = 0.922$, $P < 0.05$)。

3 讨 论

在高低能量组中,饲料蛋白水平对饲料日增重的影响不同。本试验低能组中,大鼠从对蛋白质的需要出发,在一定采食能量范围内随饲料蛋白的减少而增加了采食量,从而蛋白采食量高能组中高,而日增重并未因饲料蛋白水平的降低而降低,且有随饲料蛋白水平的上升而下降的趋势。高能饲料组中,由于对能量采食的限制,把限制了对蛋白质的采食,因此在采食饲料相差不大的情况下,显然饲料蛋白水平越低所采食的蛋白质也越少,因此有生长随蛋白水平的下降而减弱的结果。

由于配合试验饲料时,用淀粉冲淡高蛋白饲料,而后加不同量的玉米油来补平能量差异,故各实验饲料中所含脂肪量不同。在两个浓度的能量中,饲料中脂肪含量随饲料蛋白含量的上升而降低,结果是屠体蛋白、脂肪含量也随之有相同的变化规律。这是因为饲料脂肪可使机体肥胖 (Lawrence 1984; Maller 1964; Oscai 1982)。Swanson (1951) 用大鼠试验表明,能量有节约蛋白质的作用。Calloway 和 Spector (1955) 指出,当能量供应减少时,成年大鼠尿中排氮量增加。其二者的结论解释了饲喂高蛋白水平饲料时提高能量浓度即可提高其蛋白质沉积率。本试验结果虽然符合如下结论:大白鼠机体中氮的最有效沉积所需饲料蛋白质水平低于氮的最大沉积速率时所需的饲料蛋白质水平 (Barnes 等) 1946; Bunce 和 King 1969 a b; Forbes

等 1955)。但本试验中蛋白质沉积效率随蛋白质日沉积量的增加而显著降低。这是由于大白鼠采食低蛋白饲料使机体大多数尿素循环酶的活性降低 (Schimke 1962) 大白鼠采食低蛋白质饲料, 则肝中某些氨基酸激活酶活性提高 (Marian 等 1963), 这些变化合在一起, 可造成一种条件; 肝中氨基酸分子有较少被分解而有较多机会重新加入蛋白质分子 (Waterlow 和 Stephen 1966)。本试验所用大白鼠自断奶至实验开始的时间 (约 25 天) 内所喂饲料其蛋白质含量约 20%, 而实验饲料蛋白质有高低者, 机体为适应这一变化必做出反应。通过改变尿素循环酶和肝中酶的活性来改变机体含氮物代谢, 增加或降低含氮物的排出, 由而改变了饲料粗蛋白的利用效率, 动物可以采食的蛋白质量减少迫使机体尽可能减少蛋白质的浪费, 最大限度地利用所获得的蛋白质。

参考文献

- 1 Baldwin R L. J. Dairy Sci., 1968, 51: 104-111
- 2 Bunce G E and K W King. J. Nutr., 1969a, 98: 159
- 3 Bunce G E and K W King. J. Nutr., 1969b, 98: 168
- 4 Campbell R G. Anim. Prod., 1985, 40: 489-496
- 5 Calloway D H and H Spector. J. Nutr., 1955, 56: 533
- 6 Forbes R M and M Yohe. J. Nutr., 1955, 55: 499
- 7 Lawrence B et al. Growth, 1984, 46: 415-424
- 8 Maller O. Life Sci., 1964, 3: 1281-1291
- 9 Mariani A et al. Nature., 1963, 199: 378
- 10 Oscai L B. Am. J. Physiol., 1982, 242: R212-R215
- 11 Schimke R T. J. Biol. Chem., 1962, 237: 1921
- 12 Swanson P P. Fed. Proc., 1951, 10: 660
- 13 Waterlow J C and J M L Stephen. Brit. J. Nutr., 1966, 20: 461

EFFECTS OF DIFFERENT LEVELS OF DIETARY PROTEIN AND ENERGY ON THE GROWTH PERFORMANCE AND BODY COMPOSITION OF GROWING RATS

Chen Wenqing and Xu Zenying

(Northeast Agricultural College, Harbin)

ABSTRACT

Thirty three entire male Sprague--Dawley rats, 53--57 days old and weighing 121.73 ± 3.95 grams were used to investigate the effects of five concentrations of dietary crude protein, ranging from 100--300g/kg and two levels of dietary energy (digestible energy is 3.6 and 3.9 Kcal per gram, respectively) on growth performance and carcass composition. Results of a 21--day test indicated:

1. In the lower energy level treatment (3.6 kcal digestible energy per gram), there were no significant differences between the concentrations of dietary crude protein for daily weight gain. However, in the higher energy level treatment (3.9 kcal digestible energy per gram), daily weight gain was linearly related to protein intake and dependent on energy intake. Growth rate improved with increase in energy intake when protein intake was in excess of requirement and there was no improvement when protein intake was limited.

2. Protein content of empty body increased with increase in dietary crude protein and fat content of carcass increased with increase in the content of energy and fat in the diet. Addition of fat to the diets caused severe obesity.

3. In the lower energy level treatment, there was no significant effect of dietary protein on protein deposition in the carcass, but the rate of protein deposition was linearly related to protein intake. In the higher energy level treatment, there was a significant effect of dietary protein on protein deposition, and also the rate of protein deposition was linearly related to protein intake. There was a striking effect of the ratio of dietary protein to digestible energy on protein and fat deposition.

Key words: Rat, Protein, Energy