

熟大豆皮添加水平对肉幼兔 生长性能和养分消化率的影响¹

EFFECTS OF DIETARY INCLUSION LEVEL OF SOYHULLS ON PERFORMANCE AND NUTRIENT DIGESTIBILITY IN GROWING RABBITS

孟庆翔 吴怀文 杜玉川 秦应和
中国农业大学 动物科技学院
熊易强 美国大豆协会北京办事处

摘 要

选用 72 只 32 日肉幼兔进行生长试验和消化试验，采用完全随机化设计方案，研究家兔日粮中熟大豆皮适宜添加水平以及添加不同熟大豆皮水平日粮所含养分的消化规律。试验处理为 4 种熟大豆皮添加水平(0%、25%、50%、75%)，试验期为 40 天，其中 10 天为预饲期，正式试验期为 30 天。试验结果表明，随日粮熟大豆皮添加水平的升高，家兔日粮干物质进食量和粗蛋白进食量分别直线下降($P = 0.085 - 0.092$)，而日粮 NDF 进食量直线上升($P = 0.0001$)。提高大豆皮添加水平导致家兔平均日增重(ADG)、饲料转化率(F/G)都呈二次曲线规律上升，其中 25%水平日粮组的 ADG 和 F/G 最佳，单位增重的饲料成本(¥/kg G)最低。随熟大豆皮添加水平的上升，不同大豆皮水平之间(0%、25%、50%、75%)干物质消化率和粗蛋白消化率分别呈曲线($P < 0.015$)和直线($P < 0.014$)趋势下降，而 NDF 消化率则随添加水平上升而呈直线上升趋势($P = 0.0001$)。

我国是世界上饲养家兔数量最多的国家。据统计，我国年均饲养家兔 4.8 亿只，占世界家兔饲养总量的 1/4。家兔是草食性动物，牧草是其重要的能量来源。采食低纤维日粮，家兔易得肠炎、毛球病。在中国，野草或大豆秸等农作物副产品通常作为家兔饲草来源。由于这些饲草质量差，动物的生长性能常常受到限制。因此，

¹美国大豆协会资助项目
单行本编号 FE4 (1) -02

研究和开发新的纤维饲料资源，对提高家兔生长性能和经济效益，具有重要意义。

大豆皮是榨油厂采用去皮工艺加工大豆的一个副产品。大豆皮纤维含量高(含 NDF 67%)，但木质素含量低(仅 2%，NRC, 1996)，这使得大豆皮在产奶牛(Meng et al., 2000)和肉牛(Ludden et al., 1995)饲养中能够部分替代能量精料。但是，大豆皮是否可以作为家兔的饲料来源，目前所做的研究还很少。由于大豆皮纤维极易消化，从理论上来说是可以替代家兔饲料中部分精料或粗料成分。然而，家兔是草食动物，大豆皮中存在的胰蛋白酶抑制因子，对家兔生长性能可能具有不利的影响。为此，本试验对大豆皮进行蒸汽常压处理使其熟化，并利用断奶仔兔进行生长试验和消化试验。本研究的目的是：(1)确定家兔日粮中最适宜熟大豆皮添加水平；(2)研究添加不同水平熟大豆皮日粮所含养分的消化规律；(3)探讨在生长家兔饲养中使用熟大豆皮的经济效益。

材料与方法

试兔及分组

选取 72 只 32 日龄德国大白兔(肉兔)断奶仔兔(来源于 12 窝，其中公兔 40 只，母兔 32 只)作为试验动物。试兔开始试验时平均体重 1120 g。根据组间试兔断奶体重、窝别、性别基本相同的原则将 72 只试兔分为 24 组，每组 3 只，饲养在一个兔笼内。其中 16 组兔包括 2 公 1 母，8 组兔包括 2 母 1 公。

大豆皮熟化处理

试验所用大豆皮购自江苏张家港东海粮油工业有限公司，水分含量 12%，粗蛋白 11.6%、中性洗涤纤维 66.5%。将大豆皮放置在大型蒸锅内常压蒸汽处理 30 分钟，自然风干后用于饲料配制。

日粮和管理

日粮处理：参照 NRC 家兔营养需要(1977)配制出 4 个不同熟大豆皮水平饲料配方(表 1)，并制成颗粒料(颗粒直径 4 mm)。每种饲料随机分配给 2 公 1 母兔 4 组和 1 公 2 母兔 2 组，即总共 6 组 18 只试兔。

试验场地和试验期：试验在中国农业大学动物科技学院实验种兔场进行。采用上中下三层排列的笼养方式饲养，笼内设有乳头式饮水器，横向通风，饲养密度为 3 只/0.45 平方米。试验期 40 天，其中预饲期 10 天，正试期 30 天。

饲养管理制度：根据家兔夜行的生活习性，为保证试兔自由采食，每天饲喂三

次(早 8:00 , 中 11:30 和晚 5:00) , 做到早上给足、中午少喂、晚上多添 , 以确保槽中总有余料。

表 1 不同熟大豆皮水平家兔饲粮配方和营养成分

| 项 目 | 日粮熟大豆皮水平, % | | | |
|----------------|-------------|------|------|------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 |
| 组成成分(%) | | | | |
| 玉米粉 | 30.0 | 19.0 | 10.0 | 3.0 |
| 小麦 | 12.3 | 10.2 | 5.7 | 0 |
| 大豆粕 | 15.0 | 14.0 | 13.5 | 13.0 |
| 大豆秸粉 | 30.0 | 20.0 | 10.0 | 0 |
| 熟大豆皮 | 0.0 | 25.0 | 50.0 | 75.0 |
| 苜蓿粉 | 10.0 | 9.0 | 8.0 | 6.0 |
| 食盐 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 石粉 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0 |
| 磷酸氢钙 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 0.3 |
| 混合预混料* | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 赖氨酸 | 0.1 | 0.1 | 0.15 | 0.2 |
| 蛋氨酸 | 0.1 | 0.1 | 0.05 | 0 |
| 化学成分 | | | | |
| DE(MJ/kg DM)** | 9.62 | 9.37 | 9.04 | 8.91 |
| CP (% DM) | 15.4 | 15.3 | 15.4 | 15.3 |
| NDF (% DM) | 30.4 | 37.4 | 43.7 | 50.4 |
| ADF (% DM) | 20.3 | 26.0 | 31.6 | 36.8 |
| CF (% DM) | 13.9 | 19.0 | 24.1 | 29.1 |
| Lys (% DM) | 0.73 | 0.71 | 0.72 | 0.74 |
| M+C (% DM) | 0.57 | 0.6 | 0.58 | 0.57 |
| Ca (% DM) | 0.74 | 0.79 | 0.80 | 0.84 |
| P (% DM) | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.45 |

* 混合预混料含有：Fe 5,200 mg/kg; Cu 500 mg/kg; Mn 8,600 mg/kg; Zn 5,200 mg/kg; I 42 mg/kg; Se 10 mg/kg; Co 100 mg/kg; V_A 960,000 IU/kg; V_{D_3} 120,000 IU/kg; V_E 5,000 mg/kg; 硫胺素 200mg/kg; 核黄素 600mg/kg; V_{B_6} 300mg/kg; $V_{B_{12}}$ 1mg/kg; V_{B_5} 50,000 mg/kg; 泛酸 20,000 mg/kg; 叶酸 100 mg/kg; 生物素 20mg/kg; 金霉素 7.5 mg/kg;

** 根据饲料成分表(NRC, 1977)计算值。

测定和分析

试兔称重和饲料记录：于试验开始和结束当天晨饲前对试验兔进行称重(精确度为 1 g)。试验期间每 10 天清理料槽一次，并将剩余饲料精确称重和记录，以计算试验期间的饲料进食量。

养分的消化率测定：于生长试验的最后 5 天从每个处理组中随机选取 3 组动物(9 只试兔)进行全收粪法消化试验。将每天收集的粪便准确称重，并置于塑料袋中 -20°C 下保存。待试验结束后将全部粪便混合均匀，并按 1/5 比率采取有代表性样本，制备半干样本，分析含水量、CP 和 NDF 含量。

化学分析：饲料和粪便中 DM、CP、NDF、ADF、Ca、P 含量采用常规法进行分析。饲料中脲酶活性采用 pH 上升法进行。

统计分析：所有试验数据均利用 GLM 方法进行方差分析，并进行熟大豆皮不同添加水平处理的 CONTRAST 直线(L)和二次曲线(Q)反应趋势分析(SAS, 1996)。

结果与讨论

生长试验

1. 不同添加水平熟大豆皮日粮中干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维的进食量

由表 2 可以看出，随日粮熟大豆皮添加水平的升高，家兔日粮干物质进食量和粗蛋白进食量分别呈直线下降(干物质进食量 $P=0.092$ ；粗蛋白进食量 $P=0.085$)，而不同添加熟大豆皮水平之间干物质、粗蛋白的进食量没有显著变化($P=0.181 - 0.188$)。日粮 NDF 进食量随熟大豆皮添加水平升高呈显著直线上升趋势($P=0.0001$)。随日粮熟大豆皮添加水平的升高，日粮中 NDF 百分含量增加(见表 1)。由于各处理间日粮干物质进食量间差异不显著($P=0.166$ ；表 2)，NDF 进食量必然上升。提高日粮大豆皮添加水平造成日粮 DM 进食量直线下降的原因，可能与大豆皮造成的消化道物理充满度限制有关。

2. 饲喂不同添加水平熟大豆皮日粮对家兔日增重和饲料转化效率的影响

表 2 不同熟大豆皮添加水平日粮干物质(DM)、粗蛋白(CP)和中性洗涤纤维(NDF)进食量

| 项 目 | 熟大豆皮添加水平, % | | | | SEM | P = | 反应趋势, P | |
|--------------|-------------|-------|-------|-------|-----|-------|---------|-------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | | | L* | Q* |
| DM 进食量(g/d) | 132.6 | 136.1 | 132.0 | 119.6 | 5.4 | 0.188 | 0.092 | 0.160 |
| CP 进食量(g/d) | 20.4 | 20.8 | 20.3 | 18.3 | 0.8 | 0.181 | 0.085 | 0.165 |
| NDF 进食量(g/d) | 41.9 | 52.4 | 58.9 | 60.3 | 2.5 | 0.000 | 0.000 | 0.091 |

* L = 大豆皮添加水平的直线反应；Q = 大豆皮添加水平的二次曲线反。

试验兔在试验开始时各处理组(0%、25%、50%、75%)之间平均体重无明显差异(P=0.99)，但试验30天以后，随大豆皮添加水平的提高，试验兔的平均末重趋于二次曲线变化(P=0.049)。提高饲料中大豆皮添加量，不同处理组间试验兔日增重差异显著(P=0.0001)，且呈二次曲线规律变化(P=0.0001)，大豆皮添加水平为25%时日增重最高。饲料转化效率随大豆皮添加水平的提高呈二次曲线规律变化(P=0.034)，其最高转化效率的大豆皮添加水平为25%。

3. 饲喂不同添加水平熟大豆皮日粮对家兔单位增重饲料成本的影响

家兔日粮价格随熟大豆皮添加水平升高呈下降趋势。熟大豆皮作为能量饲料替代日粮中部分玉米、小麦和大豆秸粉，大豆皮的价格比玉米、小麦便宜，因此日粮价格水平(¥/kg)随熟大豆皮添加水平增加而下降。随熟大豆皮添加水平的提高，试验兔单位增重的饲料成本呈二次曲线规律变化，其最佳点为大豆皮25%添加水平，每kg增重的饲料成本为4.202元(表4)。结合表3中日增重结果可知，熟大豆皮25%添加水平的经济效益最佳，是肉兔日粮中熟大豆皮最适推荐添加水平。

4. 大豆皮添加对家兔死亡率的影响

试验兔死亡率随大豆皮添加水平的提高呈上升趋势变化，但差异不显著(P=0.420)。虽然消化道疾病是造成家兔死亡的主要原因，但在本试验25%大豆皮添

表 3 饲喂添加不同水平熟大豆皮日粮的家兔日增重和饲料转化效率结果

| 项 目 | 熟大豆皮添加水平, % | | | | SEM | P | 反应趋势(P=) | |
|-----------|-------------|--------|--------|--------|------|-------|----------|-------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | | | L* | Q* |
| 家兔只数 | 18 | 18 | 18 | 18 | - | - | - | - |
| 试验期(d) | 30 | 30 | 30 | 30 | - | - | - | - |
| 始重(g) | 1135.2 | 1157.4 | 1149.4 | 1142.4 | 56.9 | 0.994 | 0.958 | 0.800 |
| 末重(g) | 2236.3 | 2435.3 | 2274.5 | 2069.6 | 77.0 | 0.021 | 0.051 | 0.049 |
| 日增重(g) | 36.7 | 42.6 | 37.5 | 30.9 | 1.2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 饲料转化(F/G) | 3.61 | 3.21 | 3.55 | 3.86 | 0.16 | 0.058 | 0.140 | 0.034 |

* L = 大豆皮添加水平的直线反应 ; Q = 大豆皮添加水平的二次曲线反应。

表 4 熟大豆皮不同添加水平日粮饲料转化率和饲料成本分析

| 项 目 | 熟大豆皮添加水平, % | | | |
|--------------|-------------|-------|-------|-------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 |
| 饲料价格(¥/kg) | 1.365 | 1.310 | 1.252 | 1.187 |
| 饲料转化(F/G) | 3.61 | 3.21 | 3.55 | 3.86 |
| 饲料成本(¥/kg G) | 4.937 | 4.202 | 4.447 | 4.582 |

加水平下试验兔死亡率高于大豆皮 50%添加水平组 (图 1), 分析试兔死亡可能是由于饲喂大豆皮以外的因素所引起, 特别是环境温度变化。本试验的时间是 3 月 16 日到 4 月 26 日, 试验开始正值暖气撤暖时间, 兔舍的昼夜温差变化较大。

消化试验

1. 干物质消化

不同熟大豆皮添加水平的日粮干物质进食量和粪中干物质排出量呈二次曲线变化($P = 0.009 - 0.041$)，因而造成干物质消化率随熟大豆皮添加水平提高呈二次曲线规律下降($P = 0.015$) (表 5)。显然，这种下降与大豆皮和所替代的玉米、小麦及大豆秸之间的消化率差异有关。

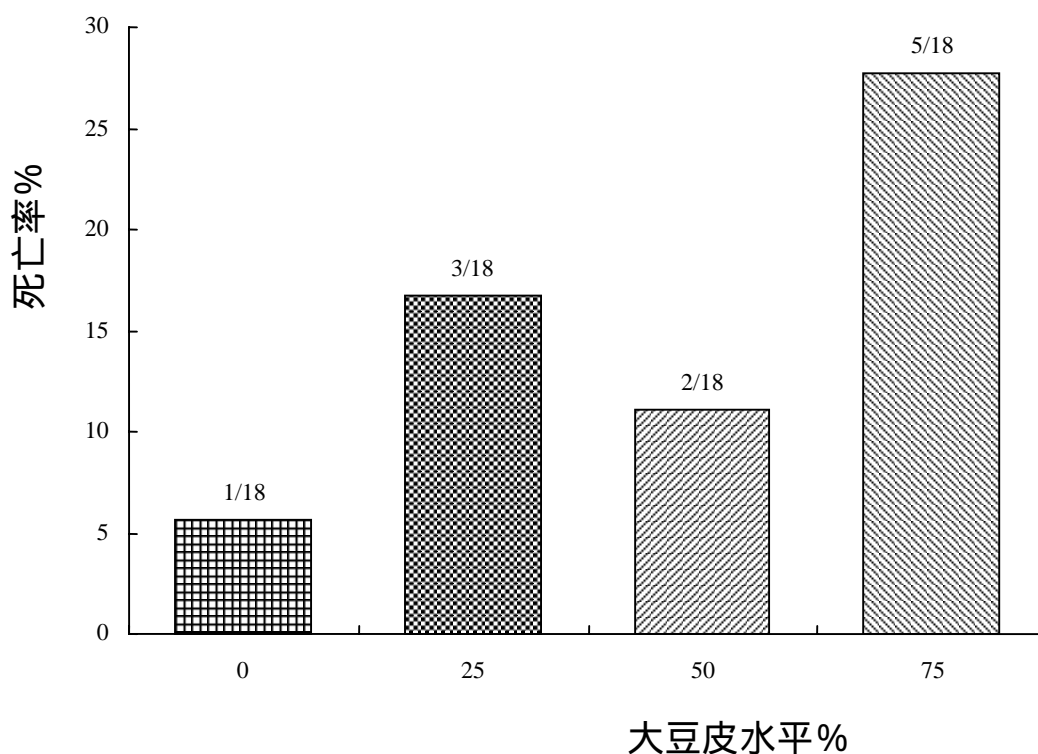


图 1 添加不同水平熟大豆皮对家兔死亡率的影响

2. 中性洗涤纤维(NDF)消化

NDF 消化率随日粮熟大豆皮添加水平提高呈直线上升($P=0.001$)，而且各处理组之间差异显著($P=0.0001$)。随熟大豆皮水平的提高，日粮 NDF 进食量和粪中 NDF 排出量呈显著的直线上升($P=0.0001$)趋势，因而造成 NDF 消化率随大豆皮水平提高而直线提高 (表 5)。一般来说，家兔对日粮 NDF 消化率较低。但从本试验来看，大豆皮 NDF 较日粮其它成分的 NDF 更易被消化。

3. 粗蛋白消化

随日粮大豆皮添加水平的提高，粗蛋白消化率直线下降($P=0.014$)。其原因可能是大豆皮中的粗蛋白被纤维组分所包裹，因而不易被消化；也可能与熟大豆皮中仍含有一定量的胰蛋白酶抑制因子有关。据测定，随大豆皮添加水平的提高，日粮脲酶活性直线上升(图 2)。大豆粕中脲酶活性与胰蛋白酶抑制因子含量呈直线相关。本试验表明，家兔日粮大豆皮添加水平过高，可能会因为胰蛋白酶抑制因子活性过高而对动物生长性能产生不良影响。

表 5 家兔饲喂熟大豆皮不同添加水平日粮的养分消化规律

| 项 目 | 熟大豆皮水平(%) | | | | SEM | P | 反应趋势(P=) | |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|-----|-------|----------|-------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | | | L* | Q* |
| 动物只数 | 9 | 9 | 9 | 9 | — | — | — | — |
| 试验天数 | 5 | 5 | 5 | 5 | — | — | — | — |
| 干物质(DM) | | | | | | | | |
| 进食量(g/d) | 142.0 | 148.4 | 145.8 | 136.4 | 3.2 | 0.125 | 0.207 | 0.041 |
| 粪中 DM(g/d) | 57.9 | 52.0 | 57.4 | 57.3 | 0.8 | 0.004 | 0.345 | 0.009 |
| DM 消化率(%) | 59.2 | 64.9 | 60.5 | 57.9 | 1.3 | 0.028 | 0.197 | 0.015 |
| 中性洗涤纤维(NDF) | | | | | | | | |
| 进食量(g/d) | 43.2 | 55.5 | 63.7 | 68.8 | 1.4 | 0.000 | 0.000 | 0.030 |
| 粪中 NDF(g/d) | 31.9 | 36.1 | 39.8 | 41.0 | 0.5 | 0.000 | 0.000 | 0.012 |
| NDF 消化率(%) | 26.2 | 35.0 | 37.4 | 40.4 | 1.5 | 0.001 | 0.000 | 0.097 |
| 粗蛋白(CP) | | | | | | | | |
| 进食量(g/d) | 21.9 | 22.7 | 22.5 | 20.9 | 0.5 | 0.110 | 0.166 | 0.040 |
| 粪中 CP(g/d) | 7.7 | 7.6 | 8.3 | 8.7 | 0.3 | 0.131 | 0.037 | 0.447 |
| CP 消化率(%) | 64.6 | 66.4 | 63.0 | 58.4 | 1.6 | 0.033 | 0.014 | 0.073 |

* L = 大豆皮添加水平的直线反应；Q = 大豆皮添加水平的二次曲线反应。

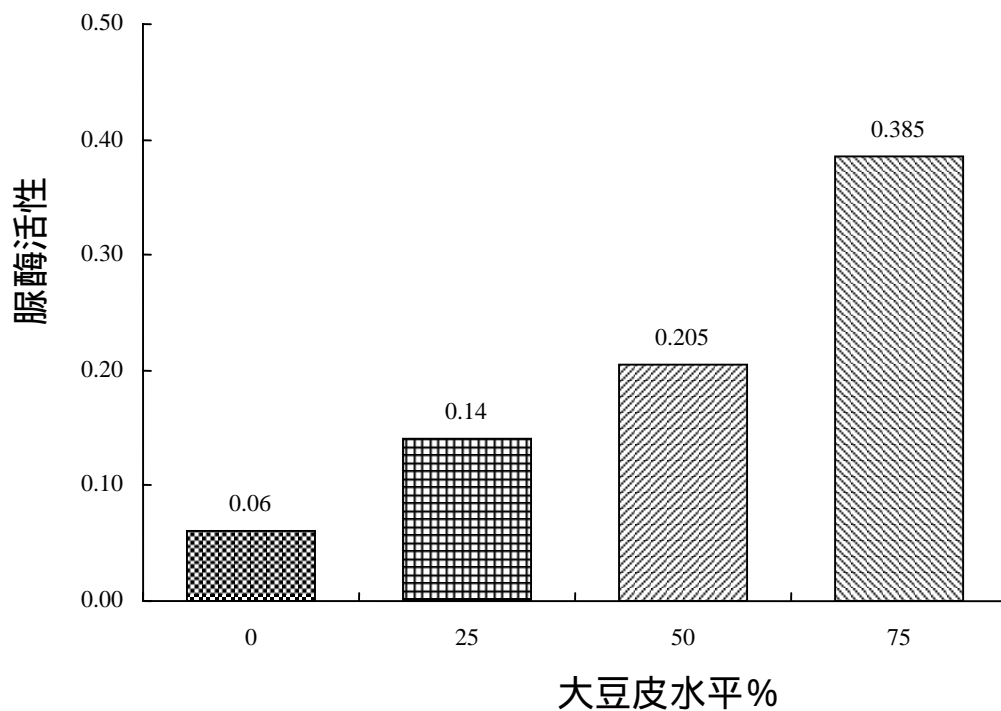


图 2 不同添加熟大豆皮水平日粮脲酶活性指数

结 论

本试验结果表明，蒸汽加热大豆皮在肉幼兔日粮中添加 25%是较适宜的水平。在该添加水平下，试验兔日增重、饲料转化效率和单位增重的饲料成本最佳。随日粮中熟大豆皮添加水平的提高，日粮 DM 消化率曲线下降，NDF 消化率直线上升，CP 消化率直线下降。