

# 黑麦在鸡体内的消化性研究

崔建伟<sup>1</sup>, 侯建平<sup>1,2</sup>, 夏永军<sup>1</sup>, 王渊龙<sup>1</sup>, 艾连中<sup>1</sup>, 杭锋<sup>1</sup>

(1. 光明乳业股份有限公司乳业研究院乳业生物技术国家重点实验室, 上海 200436)

(2. 上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240)

**摘要:** 分别研究了鸡对两种黑麦 HH91 和 Pluto 的消化性。实验结果表明: 饲喂分别添加两种黑麦日粮实验鸡的日增重有减少的趋势, 增重变化率和对对照组比较分别是 27.41% (15% HH91)、28.96% (30% HH91)、34.75% (45% HH91)、20.85% (15% Pluto)、28.19% (30% Pluto) 和 42.09% (45% Pluto)。而添加了黑麦的日粮干物质、有机物、粗蛋白、粗灰分、无氮浸出物、总能的表现消化率与正常对照组相比没有明显的差异 ( $p>0.05$ ), 但粗脂肪和粗纤维的表现消化率有明显减少的趋势 ( $p<0.05$ )。其次, 在两种黑麦添加量低于 30% 时, 除粗纤维的表现消化率之外, 其余营养成分的表现消化率与正常对照组几乎没有差别 ( $p>0.05$ )。

**关键词:** 鸡; 黑麦; 营养素; 表现消化率

文章篇号: 1673-9078(2013)2-226-229

## Study on Digestibility of Tow Rye Feedstuffs HH91 and Pluto in Chicken

CUI Jian-wei<sup>1</sup>, HOU Jian-ping<sup>1,2</sup>, XIA Yong-jun<sup>1</sup>, WANG Yuan-long<sup>1</sup>, AI Lian-zhong<sup>1</sup>, HANG Feng<sup>1</sup>

(1. Dairy Research Institute, Bright Dairy & Food Co., Ltd, State Key Laboratory of Dairy Biotechnology, Shanghai 200436, China) (2. Shanghai Jiaotong University School of Agriculture and Biology, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** The digestion and metabolism experiment was carried out on the basis of HH91 and Pluto rye in chicken. The results showed that average weight gain of chickens had a decreasing tendency compared with the control. The detected average weight gain (the control) were 27.41% (15% HH91), 28.96% (30% HH91), 34.75% (45% HH91), 20.85% (15% Pluto), 28.19% (30% Pluto) and 42.09% (45% Pluto), respectively. There was no difference ( $p>0.05$ ) in the apparent digestibility of dry matter, organic material, crude protein, nitrogen-free extract, and gross energy between the control and the other groups administrated with rye. But the apparent digestibility of crude fat and crude fiber had a decreasing tendency ( $P<0.05$ ). No significant differences were found in other aspects except crude fat ( $p<0.05$ ) and crude fiber ( $p<0.01$ ). When the addition of rye was less than 30%, all the apparent digestibility of the nutrients had almost no difference with the control group except that of the crude fiber.

**Key words:** chicken; feedstuff; nutrient; apparent digestibility

黑麦 (*Secale cereale* L.) 为禾本科黑麦属一年生草本植物, 具有很强的耐寒、耐旱和抗贫瘠特性, 能够在恶劣的土壤 (如贫瘠土壤) 和寒冷地区 (如高寒地区) 生长, 其分布主要在欧亚大陆的温寒带。黑麦籽粒可作为鸡、牛、猪等的精饲料; 其茎叶也是牛、羊、马的优质饲草<sup>[1]</sup>。黑麦属物种还蕴藏着丰富的遗传变异基因, 而且易与小麦杂交结实, 是改良小麦抗病性、品质和产量等性状的重要外源基因供体<sup>[2]</sup>。因此, 不管是在实际农业生产中, 还是在耐性品种的选育工作中, 黑麦都有巨大的发展潜力。

国内外研究表明, 饲料营养物质的含量及对该营养物质消化率的准确测定是该领域最基础的研究工作, 各国学者对此做了大量的研究工作<sup>[3]</sup>。作者分别

对黑麦 HH91 和 Pluto 作为饲料来源进行消化性实验研究, 发现猪对二者的消化性方面并没有显著性的差异<sup>[4]</sup>。而鸡对二者的消化性研究报道还很鲜见, 为进一步研究开发黑麦在饲料方面的应用, 本文对这两种黑麦在鸡中的消化性进行了研究。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验动物、分组设计和动物的饲养管理

实验动物和分组设计: 实验鸡由中国农业科学院上海兽医研究所提供, 实验动物许可 SYXK (沪) 2012-0007, 室内温度控制在  $27\pm 1$  °C。取 28 只 30 d 龄, 健康无病, 体重  $1261\pm 62.6$  g 的鸡置于实验养殖笼中, 每笼一只, 并随机分成 7 组。第 I 组为对照组, 饲喂不含两种黑麦 Pluto 和 HH91 的基础日粮, 第 II、III、IV、V、VI、VII 组为实验组, 分别饲喂对应的实验日粮, 实验日粮由基础日粮添加相应含量的黑麦组

收稿日期: 2012-11-19

基金项目: 上海市科委科技开发项目 (12DZ2281400)

通讯作者: 艾连中

成。鸡的分组和每组实验日粮组成详见表 1。

表 1 实验动物分组和各实验组日粮组成

Table 1 Animal groups and corresponding diet composition

组别	I	II	III	IV	V	VI	VII
日粮组成	基础	15% HH91	30% HH91	45% HH91	15% Pluto	30% Pluto	45% Pluto

实验动物的饲养管理：每组实验鸡饲养的预饲期和实验期均为 5 d，在预饲期和实验期都饲喂表 1 中所对应的日粮饲料，每天在早上 7:00 和下午 14:00 各饲喂 1 次，每次饲喂量均为 60 g，鸡在实验期间饮水自由。实验期间采用“清箱底”的方法称出剩余的饲料量，根据每天记录的饲料消耗量及剩余饲料量，计算整个实验期中各种营养物质的消化率。

1.2 实验鸡排泄物样品的收集与预处理

鸡排泄物的收集和预处理：每只鸡的排泄物单独分开收集和处理。预饲期结束后，在实验期开始收集每只鸡的排泄物。每天分别在早上 7:00 点和下午 14:00 点收集每只鸡的排泄物，直至实验结束。每次收集的排泄物，尽可能将羽毛等杂物挑出，置于已编号的带盖集粪桶中，集粪桶存放于-20 °C 的冰柜中，最后一次收集排泄物后，进行准确称重并用电动搅拌器搅拌均匀；每只鸡的排泄物取三个样本，每个样本重 200 g，装在已称重瓷盘中，置于-20 °C 冰柜中冷冻成固态后，置于-14 °C 的真空干燥器干燥 24 h 后取出称重并进行

粉碎（过 1 mm 筛片），供分析测定使用。

1.3 测定方法<sup>[5]</sup>

利用常规方法测定饲料原料及排泄物中干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、粗纤维、总能等。

1.4 饲料营养成分表观消化率的计算

目前，关于消化率的表述有两个层次的含义，分别是表观消化率和真实消化率，一般测定和应用的营养成分的消化率多指表观消化率。根据消化代谢实验的基本原理和方法，七种实验日粮中某种养分的表观消化率按下式进行计算：

$$\text{表观消化率}(\%) = \frac{\text{食入饲料中某种养分含量} - \text{粪中某种养分含量}}{\text{食入饲料中某种养分含量}} \times 100\%$$

2 结果与讨论

2.1 实验鸡的日粮组成

每组实验鸡对应的日粮组成及其对应的营养成分和能量测定结果如下表所示。

表 2 消化实验所用日粮组成与营养成分 (g/kg DM)

Table 2 Diet composition and nutritional components in digestion experiments

成分	组别						
	I (基础)	II (15% HH91)	III (30% HH91)	IV (45% HH91)	V (15% Pluto)	VI (30% Pluto)	VII (45% Pluto)
粗纤维	28.3	25.2	21.1	20.3	22.4	21.5	19.4
粗脂肪	59.3	54.9	50.0	44.6	56.1	50.4	42.6
粗蛋白	247.4	222.6	199.4	174.4	219.6	201.1	190.2
粗灰分	59.8	53.8	47.2	41.8	56.7	47.5	41.0
干物质	894.0	892.0	889.5	885.0	891.0	883.5	891.0
能量(kJ/kg DM)	19124	19088	18841	18736	18849	18742	18533

除对照组鸡采用基础日粮饲喂外，其余实验鸡分别饲喂部分黑麦取代等量基础日粮的方法，黑麦含量变化梯度为 15%，所有日粮的组成及其营养成分测量结果见表 1 所示。由于日粮中各组成成分和黑麦的添加梯度是固定的，实验的结果反映了两种黑麦对实验动物的影响。

2.2 实验鸡体重变化（日增重）

如表 3 所示，各组实验鸡体重为在早晨空腹体重，各组实验鸡在实验期的增重为：I（对照组）64.75±18.96 g；添加 HH91 黑麦组的增重为：47.00±4.69 g、46.00±2.45 g、42.25±24.31 g；添加 Pluto 黑麦组的增重为：51.25±4.57 g、46.50±5.26 g 和

37.50±2.52 g。从表中结果可以看出，基础日粮添加两种黑麦后，实验鸡的增重量有减少的趋势，其体重重量增加减少的趋势与 HH91 和 Pluto 黑麦在饲料中的添加量相关，实验鸡的增重量：对照组 > 15% HH91 或 Pluto 组 > 30% HH91 或 Pluto 组 > 45% HH91 或 Pluto 组。

实验鸡体重增重变化率和 I 组（对照组）相比较分别为 27.41%、28.96%、34.75%、20.85%、28.19% 和 42.09%。将 I 组实验鸡和其它实验组进行统计分析可知，其与 VII 组鸡的体重差异显著 (p<0.05)，而与其余各组的体重差异不显著 (p>0.05)。添加 HH91 黑麦组间（II、III 和 IV）比较，实验鸡不同组间的体重差

异不显著 ( $p>0.05$ ); 而 Pluto 黑麦组间 (V、VI和VII) 比较, 实验鸡不同组间的体重存在差异, V组和VII组差异极其显著 ( $p<0.01$ ), VI组和VII组间实验鸡的体重差异也具有显著性 ( $p<0.05$ )。日粮中的干物质和有机物是实验动物所需能量的主要来源, 由于不同日粮组成和营养成分的差异, 实验动物体内的消化程度和能量供应效率存在不同, 对实验动物生产性能的影响也是不同的。结合每日日粮组成及其营养成分, 从以上实验结果分析可知, 随着黑麦的添加, 各实验组日粮干物质变化不大, 但其粗蛋白和粗脂肪变化较大, 二者的降低比较明显, 分别由基础日粮的 247.4 g/kg DM 粗蛋白与 59.3 g/kg DM 粗脂肪降低到添加 45%黑麦 HH91 的 174.4 g/kg DM 和 42.6 g/kg DM, 和添加 45%黑麦 Pluto 的 190.2 g/kg DM 与 44.6 g/kg DM。因此, 使得饲喂黑麦组的实验鸡日增重效率降低。目前关于饲喂鸡的日粮中的干物质、有机物来源对实验鸡生产性能的影响报道不多, 但日粮、周龄以及日粮×周龄等对鸡干物质代谢率都有显著影响<sup>[6]</sup>。

表 3 实验鸡体重平均日增重

Table 3 Average daily gain of excremental chicken

组别	实验前 重/g	实验后 重/g	平均日 增重/g	增重变 化率/%
I	1502.50±80.57	1826.25±57.93	64.75±18.96	
II	1532.50±25.00	1767.50±32.28	47.00±4.69	27.41
III	1525.00±47.96	1755.00±54.92	46.00±2.45	28.96
IV	1438.75±140.97	1650.00±107.39	42.25±24.31	34.75
V	1552.50±121.48	1808.75±110.48	51.25±4.57	20.85
VI	1497.50±86.55	1730.00±63.25	46.50±5.26 <sup>a</sup>	28.19
VII	1475.00±46.55	1662.50±46.46	37.50±2.52 <sup>b</sup>	42.09

注: <sup>a</sup>  $P<0.05$  (V和VI), <sup>b</sup>  $P<0.01$  (V和VII), \*  $P<0.05$  (I和VII)。

### 2.3 日粮干物质、有机物的摄入量及表观消化率

日粮进入动物消化道后, 经机械作用 (咀嚼、胃肠蠕动) 及化学作用 (消化液、消化酶), 一部分被分解、消化和吸收。另一部分未被消化吸收的残渣, 最后以粪的形式排出体外。这部分损失的大小因饲料性质和动物种类差异等而不同, 它直接影响饲料对动物营养物质的消化率。消化率是以百分数表示的可消化营养物质占该物质总量的比例, 表观消化率按照收粪方法可将其分为全部收粪法和指示剂法, 在实际工作中应用的较为普遍的是全部收粪法, 如前所述, 本实验采用全部收粪法。日粮干物质、有机物的表观消化率实验结果见表 4。

从表 4 各组实验鸡对日粮干物质和有机物的表观消化率可以看出, 无论是干物质或是有机物, 均以第

III组的表观消化率最高, 高于对照组 I 和其它各组, 而第VII组的表观消化率最低, 但统计分析结果显示组间差异并不显著 ( $p>0.05$ )。此外, 从数据中还可以看出, 鸡对添加 30% HH91 黑麦日粮的消化代谢最佳, 添加 15% Pluto 黑麦日粮次之, 而对添加 45% Pluto 黑麦的消化代谢最不完善。也即是说, 在基础日粮中添加适量的黑麦能够提高日粮干物质和有机物的表观消化率, 而添加黑麦超过一定的限度将会降低日粮干物质和有机物的表观消化率。

表 4 不同实验组日粮干物质、有机物的表观消化率

Table 4 Dry matter (DM), organic material (OM) intake and apparent digestibility for each group

组别	干物质(DM)/%	有机物(OM)/%
I	71.59±1.58	74.26±1.34
II	70.42±0.86	72.88±0.73
III	73.41±2.09	75.63 ±2.2
IV	70.72±5.28	72.45±5.38
V	72.18±2.75	74.52±2.73
VI	71.18±1.99	73.29±2.10
VII	68.26±3.23	70.26±3.29

各组实验鸡对干物质表观消化率的差异显著性检验与对有机物表观消化率的差异显著性检验结果相一致。其中干物质的表观消化率为: I (对照组) 为 71.59%; 添加 HH91 黑麦组的表观消化率为: 70.42%、73.41%和 70.72%; 添加 Pluto 黑麦组的表观消化率为: 72.18%、71.18%和 68.26%。从干物质的表观消化率数据中可知, 随添加两种黑麦的增加的饲料饲喂, 实验鸡的表观消化率有先增加后减少的趋势, 但组间差异不显著 ( $p>0.05$ )。

就有机物的表观消化率来说, 添加 HH91 黑麦组的表观消化率为: 72.88%、75.63%和 72.45%; 添加 Pluto 黑麦组的表观消化率为: 74.52%、73.29%和 70.26%。从有机物的表观消化率数据同样可以看出, 实验鸡有机物的表观消化率有也有先增加后减少的趋势, 但组间差异仍不显著 ( $p>0.05$ )。

表 4 的各组实验鸡对日粮干物质和有机物的表观消化率最终降低, 最主要的原因可能是由于各实验组添加了不同比例 (15%、30%和 45%) 的两种黑麦, 这两种黑麦的饲料颗粒度及均匀度对动物生产性能有重要影响。饲料黑麦的颗粒度大, 为片状, 与对照日粮和日粮中其它组分的颗粒度差异较大。黑麦的颗粒度大, 食糜与消化酶结合度相对较低, 影响消化, 营养物质消化率低, 从而不利于动物的生产性能<sup>[7]</sup>; 同时颗粒度大也不利于混合均匀, 从而影响鸡的日增重效果。饲料粉碎颗粒度对肉仔鸡生产性能影响的机理, 与消化道

的某些生理因素有关, 饲料粒度如达不到机体本身的需要就会起副作用<sup>[3]</sup>。

#### 2.4 各组粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、无氮浸

出物及总能的表现消化率

不同实验组粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、

无氮浸出物及总能的表现消化率实验结果见表5。

表5 不同实验组鸡日粮营养成分的表现消化率(%)

Table 5 Apparent digestibility of diet nutrients for each group

项目	I	II	III	IV	V	VI	VII
CP 表现消化率	59.62±2.68	57.33±4.91	60.92±2.78	60.64±2.43	61.34±2.64	61.91±0.91	59.50±1.58*
EE 表现消化率	89.57±1.72	86.87±0.53*	84.78±2.62*	77.83±4.13**	86.92±3.54	82.20±2.18**	76.33±2.94**
CF 表现消化率	20.59±4.75	14.50±2.80b	7.05±4.02*	6.95±0.48**	5.01±4.06**	6.85±1.58**	5.06±4.00**
As 表现消化率	34.58±5.12	31.70±3.49a	33.35±0.99	35.69±3.53	37.73±3.56	34.83±2.24	27.18±3.25x
NFE 表现消化率	82.73±0.88	78.71±5.07	82.57±2.20	77.64±6.61	81.44±3.77	79.14±3.09	75.44±4.38*
GE 总能表现消化率	78.76±1.27	77.19±0.61	78.62±1.79	75.96±4.90	78.42±2.46	76.88±1.76	73.43±2.84*

注: \*\*P<0.01, \*P<0.05; aP<0.01, bP<0.05; xP<0.05。

从表5可以看出, 粗蛋白表现消化率各实验组和对照组I相比均无明显差异( $p>0.05$ )。添加HH91黑麦组间粗蛋白表现消化率差异均不明显( $p>0.05$ ); 添加Pluto黑麦组间VI组和VII组粗蛋白表现消化率差异显著( $p<0.05$ ), 其它各组差异不明显( $p>0.05$ )。

每组实验鸡对日粮中粗脂肪的表现消化率均较高达76%以上, 其中对照组I的粗脂肪表现消化率高于其余六组, 以第VII组的粗脂肪消化率为最低, 相同添加量45%的黑麦(HH91、Pluto)实验组的粗脂肪消化率均最低, 表明鸡对日粮中随添加黑麦(HH91、Pluto)比例的增加, 会降低鸡的粗脂肪表现消化率。组间统计分析可知, 对照组I和第II、III组的粗脂肪表现消化率差异显著( $p<0.05$ ), 其和第IV、VI、VII组的粗脂肪表现消化率达极其显著性的差异( $p<0.01$ )。添加HH91黑麦组间比较来说, 其粗脂肪表现消化率第II组和IV组的差异极其显著( $p<0.01$ ), III组和IV组的差异显著( $p<0.05$ )。添加Pluto黑麦组间相比较其粗脂肪表现消化率, V组和VII组的差异极其显著( $p<0.01$ ), VI组和VII组差异显著( $p<0.05$ )。

粗纤维表现消化率在每个实验组日粮中均较低, 除对照组外在20%以下, 其中以Pluto黑麦组为最低; 相同组间添加黑麦(HH91、Pluto)其消化率均降低, 并且两组有相同的趋势减少, 表明鸡对日粮中随添加黑麦(HH91、Pluto)比例的增加, 会降低鸡的粗纤维表现消化率。对照组I和III组的组间粗纤维表现消化率差异显著( $p<0.05$ ), 其和IV、V、VI、VII组的表现消化率差异极其显著( $p<0.01$ )。添加HH91黑麦同组相比较其粗纤维表现消化率, II组和III组的差异显著( $p<0.05$ ), II组和IV组差异极其显著( $p<0.01$ )。添加Pluto黑麦同组相比较其粗纤维表现消化率无显著差异( $p>0.05$ )。Gaillard等<sup>[18]</sup>指出, 木质素与纤维素、半纤维素发生酯化镶嵌在一起, 形成复合体,

难以被动物利用, 也影响动物对其它细胞壁物质的利用, 这也是木质素抑制消化的机制。有研究认为, 随着膳食纤维粒径的减小, 物料的综合指标将得到改善, 有效功能成分可溶性膳食纤维含量得到提高<sup>[9,10]</sup>。减少实验中黑麦的粒度, 将提高实验鸡对日粮的粗纤维表现消化率。

粗灰分表现消化率对照组I和其余各实验组均无明显差异( $p>0.05$ )。添加HH91黑麦同组相比较其粗灰分表现消化率差异均不明显( $p>0.05$ )。添加Pluto黑麦同组相比, 其粗灰分表现消化率, VII组和VI组的表现消化率差异显著( $p<0.05$ ), V和VII组粗灰分表现消化率差异极显著( $p<0.01$ )。

无氮浸出物是能量的又一重要来源, 实验鸡对每组日粮中无氮浸出物的表现消化率均接近80%, 对照组I、III和V的无氮浸出物表现消化率最高, I组和VII的无氮浸出物表现消化率差异显著( $p<0.05$ ), 而和其它组的无氮浸出物表现消化率差异不明显( $p>0.05$ )。

各实验组总能表现消化率均较高, 在75%左右, I组和和其它组的表现消化率差异不明显( $p>0.05$ ), 添加HH91黑麦同组相比较其表现消化率差异均不明显( $p>0.05$ ), 添加Pluto黑麦同组相比较其表现消化率, V组和VII组差异显著( $p<0.05$ ), 其它差异不明显( $p>0.05$ )。

### 3 结论

通过消化实验测定了鸡对两种黑麦的消化作用。实验鸡对添加两种黑麦日粮的干物质和有机物的表现消化率相差不大。随添加黑麦含量的增加, 粗蛋白、粗灰分、无氮浸出物和总能的表现消化率也没有明显差异, 但粗脂肪和粗纤维的表现消化率有减少的趋势。其次, 在两种黑麦添加量低于30%时, 除粗纤维的表现消化

率之外, 其余营养成分的表观消化率与正常对照组几乎没有差别, 证明黑麦可以适量的添加到动物饲料中。本实验为黑麦在饲料中的应用提供了一定的依据和参考。

#### 参考文献

- [1] Stutz H C. On the Origin of Cultivated Rye [J]. American Journal of Botany, 1972, 59(1): 59-70
- [2] 尚海英, 郑有良, 魏育明. 黑麦属基因资源研究进展[J]. 麦类作物学, 2003, 23(1): 86-89
- [3] 戴有理. 饲料原料的科学评价与实际应用[J]. 中国家禽, 2003, 25(11): 33-45
- [4] 章佳妮, 王沂, 侯建平. 猪对两种黑麦原料消化性的研究[J]. 四川动物, 2009, 28(4): 582-585
- [5] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术(第三版)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007
- [6] 顾宪红, 方路. 日粮蛋白质水平对肉仔鸡生产性能及氮排出量的影响[J]. 中国饲料, 1998, 21: 10-12
- [7] 邓君明, 张曦. 加工工艺对饲料营养价值及动物生产性能的影响[J]. 饲料工业, 2001, 22(9): 10-14
- [8] Gaillard B D E, Richards G N. Presence of soluble lignin-carbohydrate complexes in the bovine rumen [J]. Carbohydrate Research, 1975. 42(1): 135-145
- [9] 王跃, 李梦琴. 超微粉碎对小麦麸皮物理性质的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(3): 271-274
- [10] 盖春慧, 林炜创, 钟振声. 粒度对马铃薯渣膳食纤维功能特性的影响[J]. 现代食品科技, 2009, 25(8): 896-899