

白云峰,高立鹏,冯国兴,等. 发芽小麦对猪生产性能及粪磷环境减排效果的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(3):240-242.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.067

# 发芽小麦对猪生产性能及粪磷环境减排效果的影响

白云峰,高立鹏,冯国兴,崔超,涂远璐,郑建初  
(江苏省农业科学院,江苏南京 210014)

**摘要:**当前养猪生产的环境污染问题日益突出,猪饲料中添加外源磷,既是土壤等环境磷污染源,又不利于粪肥农田利用。旨在研究在养猪生产中补饲发芽小麦,利用麦类籽实发芽初期具有的高植酸酶活性降低饲料中磷酸氢钙添加量、减少猪粪磷排放。选择初始体质量为 30kg 的苏钟猪 40 头,随机分为 4 组,每组 10 头,单栏饲喂;对照组饲喂常规饲料,试验组饲喂 20%、30%、40% 发芽小麦替代饲料。研究结果表明:(1)猪饲料中加入 20% 发芽小麦,猪对饲料磷的消化率最高,为 80.64% ( $P<0.05$ ),猪粪干物质中磷含量最低,为 0.95%,较对照组降低 45.4%;(2)在猪生产性能指标方面,补饲发芽小麦各试验组采食量显著高于对照组 ( $P<0.05$ ),猪日增质量明显提高,但未达显著水平;(3)猪饲喂发芽小麦后,料肉比增大 ( $P<0.05$ );(4)采用内源指示剂法测定猪饲料养分消化率,发现饲喂发芽小麦各试验组与对照组比较,能量、氮及钙消化率显著提高 ( $P<0.05$ )。研究结果可为养猪生产中磷素的减量化使用提供参考。

**关键词:**发芽小麦;猪;生产性能;粪磷含量;减排效果

**中图分类号:** S828.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0240-02

以家畜粪便有机肥替代化肥在农田中施用,是现代农牧结合循环生产模式的核心措施之一,既可节约种植成本、保护土壤生态,又能提高农产品质量<sup>[1]</sup>。在通常情况下,厩肥施用量是以农作物对氮素的需求情况而定的,对于大多数作物而言,其对氮、磷的吸收比为(4.5:1)~(8.8:1)<sup>[2]</sup>,但是家畜粪便中的氮磷比相对较低,如牛粪肥的氮磷比约为 2.6:1<sup>[3]</sup>。当前,以氮为标准施用有机肥的生产方式增加了土壤中的磷含量,尤其是增加了溶解态磷含量,从而改变了土壤磷库。这在客观上要求家畜规模化养殖过程中减少日粮中磷素用量,尤其是外源磷矿添加,如磷酸氢钙,以避免农牧循环生产生态效益下降,形成土壤养分库不平衡的新问题。

植物性饲料中约 2/3 的磷是以植酸磷或其盐的形式存在,限制了猪等单胃动物对日粮中磷的利用<sup>[4]</sup>。研究表明,小麦发芽初期能够产生较高植酸酶活性,植酸酶可催化饲料中天然状态植酸磷及植酸盐产生肌醇,释放出磷酸,从而节约猪日粮中磷酸氢钙的添加量。在通常情况下,猪饲料中广泛添加磷酸氢钙等外源磷矿以补充猪生长对日粮中有效磷的需求,造成养猪生产过程中粪便磷的环境排放。有研究表明,日粮中以发芽小麦替代部分玉米能够提高肉鸡屠宰性能、改善鸡肉的品质<sup>[5]</sup>,采用发芽小麦对猪生产性能及日粮中磷素消化率、环境减排效果的研究尚未见报道。

## 1 材料与方法

收稿日期:2014-10-30  
基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD14B12);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(13)3041]。  
作者简介:白云峰(1974—),男,黑龙江铁力人,博士,研究员,主要从事家畜营养生态学的研究。E-mail:blinkeye@126.com。  
通信作者:郑建初,研究员,研究方向为农业生态。E-mail:zjc@jaas.ac.cn。

### 1.1 试验动物

选择 40 头初始体质量 30 kg 的苏钟猪,随机分为 4 组,每组 10 头,单栏饲喂。其中 1 组为对照组,饲喂常规日粮;2 组为饲喂 20% 发芽小麦组;3 组为饲喂 30% 发芽小麦组;4 组为饲喂 40% 发芽小麦组(下同)。预饲期 10 d,试验期 50 d,每天观察试验动物采食等行为状态是否正常、试验组猪是否出现腿骨发育畸形、跛行等情况,精确计量每头试验猪的余料情况。

### 1.2 日粮组成

本试验中的日粮组成及营养水平见表 1、表 2。

表 1 试验日粮组成(风干基础)

类别	日粮发芽小麦添加水平(%)			
	1 组	2 组	3 组	4 组
玉米	64.8	47.9	39.5	31.2
喷浆玉米皮	5.0	5.0	5.0	5.0
豆粕	19.2	16.0	14.5	13.0
麦麸	9.2	9.3	9.2	9.0
小麦	0	20.0	30.0	40.0
赖氨酸	0.1	0.2	0.2	0.2
磷酸氢钙	0.4	0.0	0.0	0.0
石粉	0.7	1.0	1.0	1.0
盐	0.3	0.3	0.3	0.3
预混料	0.3	0.3	0.3	0.3
合计	100.0	100.0	100.0	100.0

注:预混料为饲料提供:63 mg/kg 铁(Fe),112 mg/kg 铜(Cu),0.1 mg/kg 碘(I),126 mg/kg 锌(Zn),2.7 mg/kg 锰(Mn),0.3 mg/kg 硒(Se)。1、2、3、4 组日粮的价格分别为 2.862、2.753、2.701、2.649 元/kg。

### 1.3 小麦发芽处理及饲喂方法

将试验组日粮中小麦置于豆芽机中进行发芽处理,控制芽长度在 3~5 cm 之间。发芽小麦粉碎后,以风干基础按配方比例折算,与其余原料构成湿拌料形式饲喂试验动物。

表 2 试验日粮营养水平(风干基础)

类别	日粮营养水平(%)			
	1 组	2 组	3 组	4 组
粗蛋白	16.40	16.40	16.40	16.40
钙	0.53	0.56	0.56	0.56
总磷	0.38	0.40	0.41	0.42
有效	0.19	0.13	0.13	0.13
粗纤维	3.70	3.40	3.30	3.20

注:1、2、3、4 组的消化能分别为 13.4、13.4、13.4、13.4 MJ/kg。

1.4 试验指标

1.4.1 生产性能指标 主要生产性能指标有采食量、日增质量、料肉比。

1.4.2 日粮养分消化率测定 采用酸不溶灰分(AIA)内源指示剂法测定。AIA 在动物消化道中不能被消化吸收,因此可以作为 1 种内源指示剂,根据饲料中营养物质、AIA 含量与粪中营养物质、AIA 含量即可求出饲料的消化率:

某养分消化率 =  $\{1 - [(A_1/A_2) \times (F_2/F_1)]\} \times 100\%$ 。  
式中: $A_1$  为饲料中 AIA 含量,%; $A_2$  为粪中 AIA 含量,%; $F_1$  为饲料营养物质含量,%; $F_2$  为粪中营养物质含量,%。

1.4.3 测定分析方法 AIA 含量测定采用 4mol/L 盐酸法;蛋白质中氮含量测定采用凯氏定氮半微量法;能量测定采用氧弹式测热法;钙含量测定采用原子吸收分光光度计法;磷含量测定采用钒钼酸比色法。

1.4.4 统计分析 采用 SAS 9.1 软件的 GLM 过程作各组间方差分析,多重比较采用 SNK-q 检验法。

2 结果与分析

2.1 发芽小麦对猪生产性能的影响

根据采食量指标进行分析,表 3 结果表明:发芽小麦日粮显著提高试验动物的采食量,各试验组采食量均显著高于对照组( $P < 0.05$ ),其中 20% 发芽小麦组采食量最高,各试验组间无显著差异( $P < 0.05$ )。

表 3 发芽小麦处理对猪采食量影响

组别	采食量(kg/d)		
	前 30 d	后 20 d	全期
1	1.80 ± 0.26b	2.72 ± 0.35b	2.16 ± 0.29b
2	2.42 ± 0.27a	2.95 ± 0.19ab	2.66 ± 0.19a
3	2.24 ± 0.18a	3.07 ± 0.12a	2.57 ± 0.15a
4	2.24 ± 0.32a	2.93 ± 0.32ab	2.54 ± 0.25a

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。表 4 至表 7 同。

表 4 试验结果表明,猪日粮中加入发芽小麦,以湿拌料形式饲喂育肥猪,日增质量速度高于常规对照组,但未达到显著水平。

表 4 发芽小麦处理对猪日增质量的影响

组别	日增质量(kg/d)		
	前 30 d	后 20 d	全期
1	0.71 ± 0.14a	0.71 ± 0.15a	0.71 ± 0.10a
2	0.82 ± 0.09a	0.70 ± 0.09a	0.75 ± 0.09a
3	0.77 ± 0.07a	0.72 ± 0.04a	0.75 ± 0.05a
4	0.74 ± 0.13a	0.72 ± 0.08a	0.74 ± 0.10a

对表 5 饲料转化效率指标分析可知,各发芽小麦日粮试验组显著低于对照组( $P < 0.05$ ),各试验组间无显著差异( $P < 0.05$ )。分析原因,可能由于小麦发芽过程为有氧呼吸,会损失部分能量。

表 5 发芽小麦处理对猪饲料转化效率的影响

组别	料肉比		
	前 30 d	后 20 d	全期
1 组	2.58 ± 0.29b	3.75 ± 0.83b	2.97 ± 0.30b
2 组	2.78 ± 0.17ab	4.37 ± 0.55a	3.26 ± 0.16a
3 组	2.92 ± 0.37a	4.27 ± 0.29ab	3.37 ± 0.26a
4 组	3.03 ± 0.26a	4.08 ± 0.35ab	3.39 ± 0.18a

注:料肉比 = 采食量/增质量。

2.2 发芽小麦对猪日粮能量、氮和钙养分消化率的影响  
由表 6 可见,日粮中小麦经发芽处理后饲喂猪,显著提高了猪对氮的利用率,发芽小麦日粮较常规日粮氮消化率可提高 2.94%~4.71% ( $P < 0.05$ );对能量消化率指标分析可知,发芽小麦饲喂量占日粮干物质 30% 的处理优于其他各处理组;日粮中小麦经发芽处理后,显著提高了试验猪日粮钙消化率( $P < 0.05$ )。

表 6 发芽小麦日粮对猪氮、能量及钙消化率的影响

组别	氮消化率(%)	能量消化率(%)	钙消化率(%)
1	89.26 ± 1.63c	88.91 ± 1.54c	75.63 ± 5.69b
2	92.84 ± 0.92ab	92.84 ± 0.63ab	85.55 ± 1.84a
3	93.46 ± 0.94a	94.28 ± 0.65a	87.62 ± 3.47a
4	91.88 ± 1.02b	92.40 ± 0.85b	87.55 ± 3.83a

2.3 发芽小麦饲喂量对猪磷素消化率及粪便的减排效果  
由表 7 可知,生长猪日粮中在去除磷酸氢钙情况下,添加发芽小麦能够显著提高猪对日粮中磷的消化率( $P < 0.05$ ),降低猪粪中磷素含量,组 2、组 3、组 4 的日粮磷消化率由 41.15% 分别提高至 80.64%、75.39%、70.82%,猪粪干物质中磷素含量由 1.74% 分别下降至 0.95%、1.56%、1.47%;当日粮中发芽小麦比例由 20% 增加到 30%、40% 时,磷消化率呈下降趋势,其中猪粪干物质中磷素含量显著增加;日粮中添加 20% 发芽小麦组日粮磷消化率最高,粪磷含量最低,与其他组达到显著水平。

表 7 发芽小麦日粮对猪磷消化率及粪磷减排效果

组别	粪磷含量(%)	磷消化率(%)	减排率(%)
1	1.74 ± 0.54a	41.15 ± 16.32b	
2	0.95 ± 0.33b	80.64 ± 8.20a	45.40
3	1.56 ± 0.18a	75.39 ± 3.83a	10.34
4	1.47 ± 0.20a	70.82 ± 3.93a	15.52

3 讨论与结论

在猪日粮中加入一定比例的发芽小麦,在完全不添加任何外源磷条件下,对于 30kg 体质量育肥猪,试验期间无跛行、骨骼发育畸形等现象发生。发芽小麦 20%、30%、40% 各组均未表现出磷素缺乏导致的骨骼疾病的临床表现。

发芽小麦日粮蛋白质消化率高于常规日粮,随发芽程度的加深,小麦面筋强度降低,粗蛋白质含量降低<sup>[6]</sup>。发芽后蛋白质降低,对不同小麦品种表现出一致规律,说明发芽后蛋白酶活性增加,蛋白酶分解蛋白质<sup>[7]</sup>,发芽处理使蛋白酶增

曹连宾,崔占鸿,孙红梅,等.全放牧牦牛与舍饲牦牛瘤胃细菌多样性比较[J].江苏农业科学,2016,44(3):242-248.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.068

# 全放牧牦牛与舍饲牦牛瘤胃细菌多样性比较

曹连宾,崔占鸿,孙红梅,郝力壮,刘书杰

(青海大学畜牧兽医科学院/青海省畜牧兽医科学院/青海省高原放牧家畜营养与生态国家重点实验室培育基地/  
青海省高原放牧家畜动物营养与饲料科学重点实验室,青海西宁 810016)

**摘要:**以青海省黄南藏族自治州河南蒙古族自治县全放牧牦牛和青海省畜牧兽医科学院舍饲牦牛瘤胃内容物为样本,对牦牛瘤胃细菌多样性进行分析及比较。使用细菌通用引物进行瘤胃细菌 16S rRNA 基因序列的扩增,以 16S rRNA 序列分析技术分析瘤胃细菌多样性,并构建 16S rRNA 基因克隆文库。结果表明,放牧牦牛与舍饲牦牛瘤胃细菌都主要分为两大类:Firmicutes 类和 Bacteroidetes 类。放牧牦牛瘤胃 Firmicutes 类所占比例(79.52%)比舍饲牦牛瘤胃 Firmicutes 类所占比例(62.79%)要高,Bacteroidetes 类在瘤胃内所占比例放牧牦牛(19.27%)比舍饲牦牛(25.58%)要低。放牧牦牛与舍饲牦牛瘤胃内纤维降解菌的差别不大,都为瘤胃内优势菌群,但舍饲牦牛瘤胃内比放牧牦牛瘤胃内的蛋白降解菌和淀粉降解菌更丰富。

**关键词:**牦牛;放牧;舍饲;瘤胃细菌;16S rRNA 基因序列

**中图分类号:** S823.8<sup>+</sup>55 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0242-07

青海作为中国牦牛第一大省,拥有丰富的牦牛资源,但放牧草场属于高寒草甸类型,牧草返青期时间短,枯黄期时间长,枯黄期牧草营养品质差难以消化利用,造成青海牦牛在冬季掉膘严重的现象,这些情况严重制约了青海牦牛业的发展。而牦牛舍饲情况下则能避免这一情况,但瘤胃细菌多样性受日粮结构影响显著。An 等(2005 年)曾报道全放牧牦牛其瘤胃细菌比之黄牛(补饲)的细菌丰富度要低<sup>[1]</sup>。但是全放牧

牦牛与舍饲牦牛瘤胃细菌多样性比较的研究至今尚未见报道。

## 1 材料和方法

### 1.1 样品采集

青海省黄南藏族自治州河南蒙古族自治县牦牛屠宰厂 3 头 4 岁牦牛瘤胃内容物;舍饲牦牛瘤胃内容物取自青海省畜牧兽医科学院 3 头 4 岁舍饲牦牛瘤胃内容物。全放牧牦牛饲料为天然牧草(四川嵩草、细果苔草、高山早熟禾),舍饲牦牛饲料(精料:粗料=3:7,粗料为燕麦青干草,精料原料为玉米、大豆粕、菜籽粕、麸皮)。

### 1.2 试剂及培养基

1.2.1 试剂 引物由上海生工生物工程有限公司合成;CTAB(十六烷基三甲基溴化铵),EDTA(乙二胺四乙酸),

收稿日期:2015-03-18

基金项目:国家“973”计划前期研究专项(编号:2012CB722906);青海省科技支撑计划(编号:2014-NS-112)。

作者简介:曹连宾,硕士研究生,主要从事动物营养与饲料科学的研究。E-mail:caolianbin@163.com。

通信作者:刘书杰,研究员,主要从事动物营养与饲料科学的研究。E-mail:mkyshj@126.com。

加,从而提高猪对日粮蛋白质的消化率。小麦发芽后,导致籽粒中淀粉酶活性明显增加,降落值下降,淀粉水解成糊精、糖,淀粉黏度下降,可溶性戊聚糖大幅增加<sup>[8]</sup>,这有助于提高猪对日粮中淀粉的消化率<sup>[9]</sup>,可能是本试验各处理组小麦型日粮较对照组常规日粮能量消化率显著提高的主要因素。从动物生产角度看,日粮中添加 30% 发芽小麦,日粮能量、蛋白质和钙消化率最高;从环境磷减排效果考虑,日粮以添加发芽 20% 小麦的磷素消化率最高,猪粪中磷含量最低。

常规日粮中有效磷不足,必需补充磷酸钙钙等外源磷素,以满足猪生长中对磷素的需求。小麦经发芽处理后能够产生足够的植酸酶活性,增加动物对天然磷素的利用效率,实现日粮外源磷素的零添加,达到磷素减量化使用的目的。

## 参考文献:

[1]孙国锋,周炜,何加骏,等.猪粪沼液施用后土壤理化性状及小麦产量的变化[J].江苏农业学报,2012,28(5):1054-1060.

[2]巴祖埃洛希·林治庆.生物营养强化农产品开发和应用[M].尹雪斌,译.北京:科学出版社,2010:127-130.

[3]Whalen J K, Chang C. Phosphorus accumulation in cultivated soils from long-term annual applications of cattle feedlot manure[J]. Journal of Environmental Quality, 2001, 30(1): 229-237.

[4]兰云贤,林鹏,王宝全,等.小麦在发芽过程中植酸酶活性变化探讨[J].饲料工业,2001,22(4):31-32.

[5]吴庆伟,张勇,刘来亭,等.发芽小麦替代玉米对肉鸡生产性能、屠宰性能及肉品质的影响[J].饲料工业,2010,31(3):13-16.

[6]邹东月.不同筋性春小麦籽粒不同发芽程度下的品质分析[J].安徽农学通报:上半月刊,2012,18(3):33-35.

[7]魏雪芹,苏东民,李里特.发芽处理对小麦生物化学品质的影响[J].河南工业大学学报:自然科学版,2009,30(1):58-61,94.

[8]李清峰,马向东.发芽小麦的戊聚糖含量分析[J].江苏农业科学,2011(1):371-372.

[9]杨春,丁卫英,周柏玲,等.发芽对黑小麦、黑苦荞淀粉物理化学特性的影响[J].中国粮油学报,2011,26(12):5-10.