

## 添加剂

DOI:10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20202310

# 低钙磷日粮中添加不同剂量植酸酶对肉鸡生长性能和胫骨指标的影响

燕磊<sup>1,4</sup>, 吕尊周<sup>1,2</sup>, 张南斌<sup>1,2</sup>, 陶玉岭<sup>1</sup>, 王正国<sup>1,2</sup>,  
王萍<sup>3</sup>, 刘永学<sup>1,2</sup>, 李鑫<sup>1</sup>, 吕明斌<sup>1</sup>, 周桂莲<sup>2,3\*</sup>(1.山东新希望六和集团有限公司, 山东青岛 266061; 2.四川新希望六和科技创新有限公司, 四川成都 610101;  
3.潍坊新希望饲料科技有限公司, 山东潍坊 261000; 4.莱阳六和饲料有限公司, 山东烟台 265200)

[摘要] 为研究低钙磷日粮中添加不同剂量植酸酶对肉鸡生产性能和胫骨指标的影响, 试验选取 1 日龄罗斯 308 父母混合肉仔鸡 2688 只, 随机分为 7 个处理。处理 1 组为正对照组(PC 组), 处理 2 组为负对照组 1(NC1 组, 钙磷水平均在 PC 组基础上降低 0.1%), 处理 4~5 组在 NC1 组日粮中分别添加 500、1000 U/kg 植酸酶, 处理 3 组为负对照组 2(NC2 组, 钙磷水平均在 PC 组基础上降低 0.2%), 处理 6~7 组在 NC2 组日粮中分别添加 500、1000 U/kg 植酸酶。试验结果表明: 1~7 日龄育雏阶段, NC2 组肉鸡日增重与对照组相比降低 2.99%, 呈显著差异( $P < 0.05$ ), 在 NC2 组基础日粮中添加 1000 U/kg 植酸酶使日增重增加 5.29%( $P < 0.05$ ); 8~21 日龄生长阶段, NC1 组和 NC2 组日均采食量、日增重显著低于对照组 10.58%、2.43%和 3.09%、11.80%( $P < 0.05$ ), 且钙磷水平越低肉鸡生长性能越差, 在 NC1 组基础日粮中添加 500、1000 U/kg 植酸酶使日均采食量、日增重分别增加 2.87%、3.99%和 3.75%、5.62%( $P < 0.05$ ), 在 NC2 组基础日粮中添加 500、1000 U/kg 植酸酶使日均采食量、日增重分别增加 10.88%、11.29%和 12.14%、12.76%( $P < 0.05$ ); 在 22~35 日龄生长阶段, 与对照组相比, NC2 组肉鸡日采食量和日增重降低 12.65%和 11.88%, 呈显著差异( $P < 0.05$ ), 在 NC2 组日粮基础上分别添加 500 U/kg 和 1000 U/kg 植酸酶均可显著提高肉鸡的日采食量和日增重( $P < 0.05$ )。在 7 日龄和 21 日龄时, 与对照组相比, NC2 组胫骨灰分、钙、磷含量分别降低 22.20%、19.17%、24.36%和 19.16%、19.50%、25.56%( $P < 0.05$ ), 在 NC1 组基础上添加植酸酶对 21 日龄肉鸡胫骨指标无显著影响, 而在 NC2 组基础上添加植酸酶可显著提高其含量, 说明钙磷水平越低改善效果越明显。综上所述, 日粮中钙磷水平降低会对肉鸡的采食量、日增重、胫骨钙磷沉积等指标产生不良影响, 在低钙、磷日粮中添加植酸酶会减弱甚至逆转这一影响, 随着植酸酶剂量的提高起到的改善作用越明显。

[关键词] 植酸酶; 肉鸡; 生长性能; 胫骨发育

[中图分类号] S816.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-3314(2020)23-0044-06

钙、磷对动物生长至关重要, 其可以参与体内物质代谢、血液凝固、酶激活、激素分泌、酸碱平衡调节等一系列生化过程(付秀花等, 2002)。饲料中添加适量的钙、磷可以促进动物采食、提高生长速度、增加瘦肉率、促进骨骼发育和提高繁殖性能。

基金项目: 山东省泰山产业领军人才工程高效生态农业创新类项目(LJNY2015006); 山东省重点研发计划项目(2019JZZY020602); 青岛市民生科技计划项目(18-6-1-113-nsh); 烟台市“双百计划”人才项目(烟发办[2019]16号); 新希望集团“百人计划”项目(NHHT20182203)

\* 通讯作者

磷摄入或吸收不足会导致动物体出现低磷血症, 引起红细胞、白细胞、血小板的异常和软骨病。饲料中的磷来源主要由无机磷和植酸磷组成, 但是无机磷产品资源相对匮乏, 近年来价格也不断上涨(阎佩佩等, 2017)。在饲料成本越来越高, 饲料价格却不断降低的大环境下, 降低无机磷的使用, 节省磷矿资源, 提高磷的利用率, 降低磷排放成了饲料行业的热点问题。近年来饲料行业逐渐开始深入研究如何最大限度利用植物中的磷, 常用的植物性饲料中有 60%~70%的磷以植酸磷的形

式存在,猪和禽类等单胃动物消化道内缺乏水解植酸的植酸酶,对植物性饲料中磷的利用率较低,造成了很大的浪费,且对环境造成了不利的影(包淋斌,2019;胡义信等,2016;方成堃,2016;张旭等,2012)。植酸酶可以水解日粮中的植酸磷,释放磷元素,提高植酸磷的利用率,从而降低无机磷的添加量。添加植酸酶不仅可以降低饲料生产成本,还可以有效减少磷的排泄对环境的污染(杨敏等,2018;戚广州,2009)。本试验选用罗斯308肉鸡作为研究对象,探讨不同钙磷水平下喷涂液体植酸酶对肉鸡生产性能的影响,以此为肉鸡日粮磷营养水平的制定提供参考和依据。

## 1 材料与方法

1.1 试验动物与分组 选取1日龄罗斯308公母混合肉鸡2688只,随机分为7个处理,每个处理12个重复,每栏饲养32只(公母比例1:1),共84个栏。肉鸡分为3个阶段饲养,1~7d为育雏期,8~21d为生长期,22~35d为育肥期。试验鸡采用地面铺稻壳平养,自由采食和饮水,按推荐免疫程序进行免疫。

1.2 试验日粮和试验设计 试验日粮设计见表1,日粮组成及营养水平见表2。处理1组为正对照组(PC组),处理2组为负对照组1(NC1组,钙磷水平均在PC组基础上降低0.1%),处理4~5组在处理2组日粮中分别添加500、1000 U/kg植酸酶,处理3组为负对照组2(NC2组,钙磷水平均在PC组基础上降低0.2%),处理6~7组在处理3组日粮中分别添加500、1000 U/kg植酸酶。

表1 试验设计

项目	1~7 d	8~21 d	22~35 d
处理1(PC)	P 0.71%, Ca 0.95%	P 0.66%, Ca 0.90%	P 0.60%, Ca 0.85%
处理2(NC1)	P 0.61%, Ca 0.85%	P 0.56%, Ca 0.80%	P 0.50%, Ca 0.75%
处理3(NC2)	P 0.51%, Ca 0.75%	P 0.46%, Ca 0.70%	P 0.40%, Ca 0.65%
处理4	NC1+植酸酶 500 U/kg	NC1+植酸酶 500 U/kg	NC1+植酸酶 500 U/kg
处理5	NC1+植酸酶 1000 U/kg	NC1+植酸酶 1000 U/kg	NC1+植酸酶 1000 U/kg
处理6	NC2+植酸酶 500 U/kg	NC2+植酸酶 500 U/kg	NC2+植酸酶 500 U/kg
处理7	NC2+植酸酶 1000 U/kg	NC2+植酸酶 1000 U/kg	NC2+植酸酶 1000 U/kg

## 1.3 测定指标与方法

1.3.1 生长性能 分别在肉鸡7、21、35日龄时,

对整栏的鸡全部进行空腹称重并统计采食量,以计算日增重、日采食量、料重比、育肥指数、出栏体重等指标。

育肥指数=只日增重×阶段成活率/(料重比×10)。

1.3.2 胫骨指标 于肉鸡14和21日龄取胫骨测定灰分、钙、磷含量。

1.4 数据处理 试验数据采用SAS 9.1统计软件中GLM模型以ANOVA方法进行分析,所有指标以每个重复为试验单位。 $P < 0.05$ 为差异显著。

## 2 结果与分析

2.1 不同钙磷水平下使用植酸酶对肉鸡生长性能的影响 由表3可知,在肉鸡育雏前期,NC2组肉鸡日增重与对照组相比降低2.99%,差异性显著( $P < 0.05$ ),在负对照组的基础上添加500 U/kg和1000 U/kg植酸酶可改善肉鸡生长性能,特别是在NC2组基础上添加1000 U/kg植酸酶使日增重增加了5.29%( $P < 0.05$ );肉鸡8~21d,NC1和NC2组日增重、日均采食量显著低于对照组10.58%、2.43%和3.09%、11.80%( $P < 0.05$ ),且钙磷水平越低肉鸡生长性能越差,在负对照组日粮基础上喷涂500 U/kg和1000 U/kg植酸酶均可显著改善肉鸡的日采食量,提高日增重( $P < 0.05$ ),且高酶浓度优于低酶试验组。在肉鸡22~35d期间,NC2试验组肉鸡日采食量和日增重降低12.65%和11.88%,与对照组相比呈显著差异( $P < 0.05$ ),在NC2组日粮基础上分别喷涂500 U/kg和1000 U/kg植酸酶均可显著提高肉鸡的日采食量和日增重( $P < 0.05$ );降低钙磷水平添加植酸酶可以抵消低钙磷对育肥指数和末重造成的影响。

2.2 不同钙磷水平下使用植酸酶对肉鸡胫骨指标的影响 由表4可知,降低肉鸡钙磷水平后7和21日龄NC2组胫骨灰分、钙、磷含量分别降低22.20%、19.17%、24.36%和19.16%、19.50%、25.56%( $P < 0.05$ )。在负对照组NC1的基础上添加500 U/kg和1000 U/kg植酸酶对21日龄肉鸡胫骨指标无显著影响,在NC2组基础上添加植酸酶均可显著提高其含量,说明钙磷水平越低改善效果越明显。

表2 试验日粮组成及营养水平

项目	1~7 d			8~21 d			22~35 d		
	PC组	NC1组	NC2组	PC组	NC1组	NC2组	PC组	NC1组	NC2组
日粮组成									
玉米/%	43.35	44.24	45.23	45.31	46.30	47.29	47.00	48.00	48.98
小麦/%	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	25.00	25.00	25.00
油脂/%	0.70	0.40	0.10	0.80	0.50	0.20	1.00	0.70	0.40
豆粕/%	25.00	24.90	24.70	23.60	23.40	23.20	14.60	14.40	14.20
花生粕/%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00
玉米蛋白粉/%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00
食盐/%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.31	0.31	0.31
石粉/%	0.99	1.08	1.18	1.04	1.13	1.23	1.11	1.20	1.30
磷酸氢钙/%	1.87	1.28	0.69	1.59	1.00	0.41	1.32	0.73	0.14
L-赖氨酸硫酸盐/%	0.83	0.84	0.84	0.40	0.41	0.41	0.66	0.66	0.67
预混料	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
营养水平									
粗蛋白质/%	21.99	22.02	22.00	21.00	20.99	20.98	19.00	18.98	18.98
代谢能/(MJ/kg)	12.12	12.12	12.12	12.20	12.20	12.20	12.55	12.55	12.55
钙/%	0.95	0.85	0.75	0.90	0.80	0.70	0.85	0.75	0.65
总磷/%	0.71	0.61	0.51	0.66	0.56	0.46	0.60	0.50	0.40

注:(1)预混料为每千克配合饲料提供碘0.6 mg,硒0.4 mg,维生素A 9500 IU,维生素D<sub>3</sub> 2000 IU,维生素E 12 IU,维生素K 1.0 mg,维生素B<sub>1</sub> 1.3 mg,维生素B<sub>2</sub> 5.6 mg,烟酸68 mg,泛酸10 mg,维生素B<sub>6</sub> 2.8 mg,生物素0.10 mg,叶酸0.9 mg,维生素B<sub>12</sub> 0.01 mg。(2)营养成分均为计算值。

表3 钙磷水平及添加植酸酶对肉鸡生长性能的影响

组别	1~7 d			8~21 d			22~35 d			1~35 d			
	ADFI/(g/d)	F/G	ADG/g	ADFI/(g/d)	F/G	ADG/g	ADFI/(g/d)	F/G	ADG/g	BW/g	F/G	育肥指数	成活率/%
PC组	25.6±0.8	1.091±0.026 <sup>a</sup>	23.4±0.8 <sup>b</sup>	82.2±5.2 <sup>b</sup>	1.495±0.051	55.1±4.1 <sup>b</sup>	180.2±15.1 <sup>a</sup>	1.835±0.060	98.5±11.2 <sup>a</sup>	2361±215.6 <sup>a</sup>	1.665±0.039	392±50.8 <sup>a</sup>	98.3±2.3
NC1组	25.7±0.6	1.090±0.024 <sup>a</sup>	23.6±0.5 <sup>b</sup>	80.2±4.7 <sup>c</sup>	1.504±0.033	53.4±4.1 <sup>c</sup>	178.8±13.3 <sup>a</sup>	1.795±0.079	100.0±11.2 <sup>a</sup>	2361±215.7 <sup>a</sup>	1.647±0.052	394±48.7 <sup>a</sup>	97.7±3.0
NC2组	25.0±0.3	1.102±0.025 <sup>a</sup>	22.7±0.7 <sup>c</sup>	73.5±3.9 <sup>d</sup>	1.515±0.050	48.6±3.1 <sup>d</sup>	157.4±9.3 <sup>b</sup>	1.817±0.049	86.8±7.1 <sup>b</sup>	2101±144.1 <sup>b</sup>	1.658±0.035	348±31.5 <sup>b</sup>	98.1±2.2
(NC1+500 U/kg)组	25.5±0.8	1.071±0.018 <sup>b</sup>	23.8±0.8 <sup>b</sup>	82.5±5.5 <sup>b</sup>	1.493±0.043	55.4±4.9 <sup>b</sup>	181.8±14.4 <sup>a</sup>	1.824±0.065	100.0±10.9 <sup>a</sup>	2392±225.0 <sup>a</sup>	1.656±0.048	400±46.7 <sup>a</sup>	98.6±1.8
(NC1+1000 U/kg)组	25.7±0.3	1.062±0.021 <sup>b</sup>	24.2±0.6 <sup>a</sup>	83.4±5.4 <sup>a</sup>	1.483±0.043	56.4±5.1 <sup>a</sup>	183.2±16.0 <sup>a</sup>	1.828±0.054	100.5±11.1 <sup>a</sup>	2416±228.1 <sup>a</sup>	1.653±0.038	402±51.3 <sup>a</sup>	97.7±3.0
(NC2+500 U/kg)组	25.9±1.0	1.093±0.024 <sup>a</sup>	23.7±0.9 <sup>b</sup>	81.5±5.1 <sup>b</sup>	1.497±0.040	54.5±4.7 <sup>b</sup>	181.8±13.4 <sup>a</sup>	1.835±0.104	99.6±11.8 <sup>a</sup>	2372±232.8 <sup>a</sup>	1.667±0.065	389±46.1 <sup>a</sup>	97.4±3.5
(NC2+1000 U/kg)组	25.6±0.6	1.073±0.023 <sup>b</sup>	23.9±0.8 <sup>b</sup>	81.8±5.9 <sup>b</sup>	1.495±0.034	54.8±4.9 <sup>b</sup>	181.1±15.8 <sup>a</sup>	1.811±0.056	100.3±11.1 <sup>a</sup>	2388±227.6 <sup>a</sup>	1.650±0.036	404±46.9 <sup>a</sup>	99.5±1.3
P值	0.0587	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2530	<0.0001	<0.0001	0.2185	<0.0001	<0.0001	0.3391	<0.0001	0.5102

表4 钙磷水平及添加植酸酶对肉鸡胫骨钙磷沉积的影响

组别	1~7 d			8~21 d		
	灰分	钙	磷	灰分	钙	磷
PC组	35.18±1.74 <sup>ab</sup>	13.51±0.7 <sup>abc</sup>	5.83±0.57 <sup>abc</sup>	40.72±1.95 <sup>ab</sup>	15.69±0.68 <sup>ab</sup>	6.69±0.63 <sup>a</sup>
NC1组	33.85±1.85 <sup>cd</sup>	13.04±0.88 <sup>c</sup>	5.67±0.48 <sup>bc</sup>	39.99±1.99 <sup>ab</sup>	15.39±0.72 <sup>ab</sup>	6.56±0.47 <sup>a</sup>
NC2组	27.37±1.81 <sup>d</sup>	10.92±0.99 <sup>d</sup>	4.41±0.41 <sup>d</sup>	32.92±2.36 <sup>c</sup>	12.63±1.19 <sup>b</sup>	4.98±0.61 <sup>b</sup>
(NC1+500 U/kg)组	36.05±1.13 <sup>a</sup>	13.76±0.62 <sup>ab</sup>	6.03±0.58 <sup>ab</sup>	41.49±1.81 <sup>a</sup>	15.84±0.58 <sup>a</sup>	6.78±0.59 <sup>a</sup>
(NC1+1000 U/kg)组	36.03±0.92 <sup>a</sup>	13.89±0.62 <sup>a</sup>	6.14±0.4 <sup>a</sup>	39.7±3.6 <sup>ab</sup>	15.26±0.93 <sup>ab</sup>	6.57±0.65 <sup>a</sup>
(NC2+500 U/kg)组	33.13±1.7 <sup>d</sup>	13.17±0.72 <sup>b</sup>	5.63±0.44 <sup>c</sup>	39.21±2.67 <sup>b</sup>	14.41±1.11 <sup>b</sup>	6.37±0.51 <sup>a</sup>
(NC2+1000 U/kg)组	34.66±1.35 <sup>bc</sup>	13.31±0.73 <sup>bc</sup>	5.95±0.26 <sup>bc</sup>	39.46±1.7 <sup>b</sup>	15.03±0.55 <sup>bc</sup>	6.63±0.46 <sup>a</sup>
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

### 3 讨论

3.1 不同有效磷水平下使用植酸酶对肉鸡生长性能的影响 肉鸡饲养周期短,生长代谢旺盛,饲料转化率相对较高,低钙、磷日粮将会对肉鸡的生长发育造成影响,饲料中添加植酸酶不仅可以提高试验鸡的生长性能,还有利于提高试验鸡胫骨灰分和钙、磷含量,从而促进肉鸡快速生长和良好的骨骼发育(郑书英等,2019;范秋丽等,2019;余祖华等,2016)。本试验结果显示,在育雏阶段负对照组 NC1/NC2 的生长性能不如对照组,NC2 组日增重偏低,料重比升高( $P < 0.05$ ),说明降低日粮

中的钙、磷不利于肉鸡的生长和发育;在负对照组的基础上喷涂液体植酸酶后,肉鸡生长性能都得到了提高,NC1组喷涂1000 U/kg液体植酸酶与对照组相比在日增重显著升高3.42%,料重比显著降低2.73% ( $P < 0.05$ ),添加植酸酶后,使得饲料中的植酸磷等植酸盐得到释放,提高了饲料中植酸磷的利用率,从而促进生长(刘松柏等,2019、2018;周传凤等,2018;陈谱等,2017)。Sebastian (1996)试验表明,在负对照组的基础上再次降低钙、磷,添加植酸酶后与负对照组无显著差异,本试验在NC2组基础上添加500 U/kg的液体植酸酶与对照组和负对照NC1组相比无显著差异 ( $P > 0.05$ ),两者得出结论方向一致;与对照NC2组相比,日增重、育肥指数、末重均显著提高 ( $P < 0.05$ ),且随着添加植酸酶的浓度增加(1000 U/kg)差异越显著,这与范秋丽(2019)、张旭等(2012)研究结果一致,即在低钙、磷日粮中添加一定浓度的植酸酶,通过提高植酸磷等植酸盐的利用率,可提高肉鸡的生长性能。因此添加适量的植酸酶,可以提高采食量与日增重(Denbow等,1995)。本试验结果显示,育肥期NC2组日增重、日采食量、育肥指数、35日龄重较对照组分别降低13.48%、14.49%、12.64%、12.38% ( $P < 0.05$ ),降低了日粮中的钙、磷添加量后使得日采食量降低,从而导致各生长性能指标进一步降低,该结果与张芹(2010)、冯定远(2005)等得出的结论一致;肉鸡育肥期在NC2组日粮中添加500 U/kg植酸酶后日采食量、日增重、育肥指数、35日龄重分别增加15.5%、14.75%、11.78%、12.90% ( $P < 0.05$ ),添加植酸酶后负对照NC2组的各项指标得到提升,与对照组相比,各项指标无显著差异,这与Yan(2001)、王秀梅等(2017)得出的结论一致,在降低钙、磷添加量后加入500 U/kg和1000 U/kg植酸酶都可以提高钙、磷利用率。结合肉鸡育雏期和育肥期试验表明,在钙、磷降低0.1%后添加500 U/kg植酸酶与钙、磷降低0.2%后添加1000 U/kg植酸酶的效果相同,可抵消低钙、磷日粮对肉鸡生长发育的影响;添加1000 U/kg植酸酶可以提升日采

食量、降低料重比等,从而促使生长肉鸡实现较快的生长速度,有利于获得较大的出栏重和出栏整齐度。

3.2 不同有效磷水平下使用植酸酶对肉鸡胫骨钙磷沉积的影响 肉鸡胫骨发育对于肉鸡的健康至关重要,随着体重的快速增长肉鸡常常会出现因缺乏钙、磷等微量元素而出现的伏地现象,容易发生踩踏及生长性猝死,影响肉鸡出栏后的各项屠宰指标;肉鸡不仅提供鸡胸、鸡腿等禽肉产品,鸡爪也是一个重要的禽肉产品。因鸡腿部独特的骨骼结构,使得胫骨变得尤为重要。一旦肉鸡胫骨出现问题将影响肉鸡活动状态,降低鸡只饮水与采食量,不利于肉鸡后期生长发育,导致出栏重降低(王永嘉等,2016)。本试验结果显示,降低饲料中钙磷后7日龄负对照NC1组灰分降低3.93%,NC2组在灰分、钙、磷分别降低22.20%、19.17%、24.36% ( $P < 0.05$ ),降低饲料中的钙、磷添加量后不利于骨骼发育;Shirleyr(2003)、Pieniazek(2016)在试验中发现,在低磷饲料中添加植酸酶可以提高胫骨灰分,本试验在负对照NC2组的基础上添加500 U/kg和1000 U/kg植酸酶后,灰分、钙、磷显著高于负对照NC2组 ( $P < 0.05$ ),这与冯定远(2005)、Shirley等(2003)的研究结果一致。但是与对照组相比无显著差异 ( $P > 0.05$ )。在21日龄时NC1组添加500 U/kg和1000 U/kg植酸酶后与不添加植酸酶相比无显著差异 ( $P > 0.05$ ),在饲料中降低0.1%钙、磷后添加植酸酶效果不明显。因此通过在饲料中添加植酸酶可以提高肉鸡对于钙、磷的利用率,满足肉鸡对钙、磷的需求,因此在负对照组的基础上添加植酸酶与对照组相比无显著差异;添加高剂量植酸酶会使饲料中的植酸盐分解更加充分,释放更多的磷元素(Pieniazek等,2016;Walk等,2014;Selle等,2003),因此综合试验结果饲料中添加1000 U/kg的液体植酸酶较添加500 U/kg植酸酶更有利于提高肉鸡的各项指标。

#### 4 结论

在本试验条件下,钙磷降低0.1%后各生产指



标与对照组相比无显著差异；钙磷进一步降低0.2%时肉鸡日采食量、日增重、末重、育肥指数以及胫骨中灰分、钙、磷等指标随之降低( $P < 0.05$ )。钙磷降低0.1%后添加500 U/kg植酸酶各指标与对照组无显著差异，添加1000 U/kg植酸酶可显著改善育雏期的日增重和料重比。钙磷降低0.1%后添加植酸酶对7日龄胫骨无显著影响，钙磷降低0.2%后添加1000 U/kg植酸酶可显著改善肉鸡胫骨指标。

### 参考文献

- [1] 包淋斌.植酸酶在养鸡上的应用[J].江西饲料,2019,2:1~4.
- [2] 陈谱,黄杰豪,王润莲,等.不同植酸酶对22~42日龄黄羽肉鸡胫骨发育的影响[J].广东饲料,2017,26(12):21~23.
- [3] 范秋丽,蒋守群,苟钟勇,等.低钙、磷水平饲料添加高剂量植酸酶对1~42日龄黄羽肉鸡生长性能、胫骨指标和钙磷代谢的影响[J].动物营养报,2019,31(4):1743~1753.
- [4] 范秋丽,蒋守群,苟钟勇,等.低钙磷饲料添加高剂量植酸酶对1~21日龄黄羽肉鸡生长性能、胫骨性能、血清生化指标的影响[J].动物营养报,2019,31(1):304~313.
- [5] 方成堃.黄羽肉鸡日粮中添加植酸酶后对回肠末端和粪养分消化率的影响:[硕士学位论文][D].湖南:湖南农业大学,2016.
- [6] 冯定远.低磷日粮中添加植酸酶对肉鸡骨骼质量的影响[C].酶制剂在饲料工业中的应用.中国畜牧兽医学会,2005:360~365.
- [7] 付秀花,王恬.植酸酶在猪禽饲料中的应用及研究进展[J].兽药与饲料添加剂,2002,7(2):33~35.
- [8] 胡义信,廖秀冬,赵玉振,等.减少肉鸡磷、氮等元素排放的饲料配制技术研究[J].中国畜牧杂志,2016,52(21):50~53+58.
- [9] 刘松柏,谭会泽,温志芬,等.低磷日粮高剂量添加植酸酶对清远麻肉鸡生长性能、屠宰性能及胫骨灰分含量的影响[J].粮食与饲料工业,2019,5:30~33.
- [10] 刘松柏,谭会泽,温志芬,等.高剂量添加植酸酶对黄羽肉鸡不同生长阶段生长性能的影响[J].饲料研究,2018,4:12~14.
- [11] 戚广州.不同剂量和剂型植酸酶对肉仔鸡生产性能、养分利用率影响的研究:[硕士学位论文][D].江苏:南京农业大学,2009.
- [12] 王秀梅,李蕴玉,贾青辉,等.低磷低蛋白日粮添加植酸酶与蛋白酶对肉仔鸡生长与屠宰性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2017,4:65~68.
- [13] 王永嘉,沈益梓,丘彩影,等.不同植酸酶对肉鸡生产性能和胫骨发育的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2016,14:65~67.
- [14] 阎佩佩,井庆川,刘雪兰,等.不同钙磷水平日粮添加植酸酶对肉鸡生产性能及理化指标影响的研究[J].山东农业科学,2017,49(3):123~127.
- [15] 杨敏,叶青华,米勇,等.植酸酶在肉鸡饲料中的应用研究进展[J].中国家禽,2018,40(10):46~49.
- [16] 余祖华,丁轲,孔志园等.产植酸酶芽孢杆菌对艾维茵肉鸡生产性能、免疫器官指数和肠道菌群的影响[J].湖北农业科学,2016,55(15):3942~3944,3949.
- [17] 张芹,曾福海,邹增丁,等.耐热植酸酶对肉鸡生产性能、血液及骨骼钙磷含量的影响[J].中国饲料,2010,3:33~36+41.
- [18] 张旭,谢小红,蒋桂韬,等.植酸酶对肉仔鸡生产性能和钙磷消化率的影响[J].家畜生态学报,2012,33(4):13~17.
- [19] 郑书英,曲振奇,郭书奇.高剂量植酸酶对肉鸡生长性能和消化率的影响[J].中国饲料,2019,14:66~70.
- [20] 周传凤,刘迎春,刘晓龙,等.小麦-杂粕型饲料添加复合酶制剂对肉鸡生长性能、屠宰性能和血清生化指标的影响[J].中国饲料,2018,19:28~32.
- [21] Denbow D M,Ravindran V,Kornegay E T,*et al.*Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase[J]. Poultry Sci,1995,74:1831~1842.
- [22] Pieniazek J,Smith K A,Williams M P,*et al.*Evaluation of increasing levels of a microbial phytase in phosphorus deficient broiler diets via live broiler performance, tibia bone ash, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility [J]. Poult. Sci,2016,52:225~237.
- [23] Sebastian S,Touchburn S P,Chavez E R,*et al.*The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets[J]. Poult. Sci,1996,75(6):729~736.
- [24] Selle P H,Ravindran V,Pittolo P H. Effects of phytase supplementation of diets with two tiers of nutrient specifications on growth performance and protein efficiency ratios of broiler chickens [J]. Asian-Aust J Anim Sci,2003,16:1158~1164.
- [25] Shirley B,Edwards H J. Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance [J]. Poult Sci,2003,82(4):671~680.
- [26] Walk C L,Santos T T,Bedford M R. Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers [J]. Poultry Sci,2014,93:1172~1177.
- [27] Yan F,Kersey J H,Waldroup P W. Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation[J]. Poultry Science,2001,80:455~459.

## Effects of different levels of phytase in low calcium and phosphorus diets on growth performance and tibia indexes of broilers

YAN Lei<sup>1,4</sup>, LV Zunzhou<sup>1,2</sup>, ZHANG Nanbin<sup>1,2</sup>, TAO Yuling<sup>1</sup>, WANG Zhengguo<sup>1,2</sup>,  
WANG Ping<sup>3</sup>, LIU Yongxue<sup>1,2</sup>, LI Xin<sup>1</sup>, LV Mingbin<sup>1</sup>, ZHOU Guilian<sup>2,3</sup>\*

(1.Shandong New Hope Liuhe Group Co.,Ltd. Qingdao, Shandong Province 266061, China; 2.Sichuan New Hope Liuhe Technology Innovation Co., Ltd. Chengdu, Sichuan Province 610101, China; 3.Weifang New Hope Liuhe Feed Technology Co., Ltd. Weifang, Shandong Province 261000, China; 4.Laiyang Liuhe Feed Co., Ltd., Yantai, Shandong Province 265200, China)

**[Abstract]** The purpose of this experiment was to investigate the effects of different levels of phytase on broiler performance and tibial parameters under low calcium and phosphorus diets. A total of 2688 1 day old Ross 308 male and female mixed broilers were randomly divided into 7 treatments. Group 1 was positive control (PC group), group 2 was negative control group 1 (NC1 group, effective phosphorus and calcium were reduced by 0.1% with PC group basis), and group 4 ~ 5 was added 500, 1000 U/kg phytase in NC1 group diet, group 3 was negative control group 2 (NC2 group, effective phosphorus and calcium were reduced by 0.2% with the basis of PC group), and group 6 ~ 7 was added 500, 1000 U/kg phytase in NC2 group diet. The test results showed that: at the brooding stage of 1 ~ 7 days of age, compared with the control group, the average daily gain (ADG) of NC2 group was decreased by 2.99% ( $P < 0.05$ ), spraying 1000 U/kg of phytase on the basis of NC2 group increased the daily weight gain by 5.29% ( $P < 0.05$ ); In the growth stage of 8 ~ 21 days of age, compared with the control group, the average daily feed intake (ADFI), ADG of NC1, NC2 groups were decreased by 10.58%, 2.43% and 3.09%, 11.80% ( $P < 0.05$ ), the lower the level of calcium and phosphorus, the worse the growth performance of broilers, spraying 500, 1000 U/kg of phytase on the basis of NC1 group increased ADFI, ADG by 2.87%, 3.99% and 3.75%, 5.62% ( $P < 0.05$ ), spraying 500, 1000 U/kg of phytase on the basis of NC2 group increased ADFI, ADG by 10.88%, 11.29% and 12.14%, 12.76% ( $P < 0.05$ ); In the growth stage of 22 ~ 35 days of age, compared with the control group, ADFI, ADG of NC2 group were decreased by 12.65% and 11.88% ( $P < 0.05$ ), spraying 500, 1000 U/kg of phytase on the basis of NC2 group could increase ADFI and ADG ( $P < 0.05$ ). At 7 days and 21 days of age, compared with the control group, the content of ash, calcium and phosphorus in the NC2 group were significantly lower 22.20%, 19.17%, 24.36% and 19.16%, 19.50%, 25.56% ( $P < 0.05$ ), spraying phytase on the basis of NC1 group could increase the content of ash, calcium and phosphorus at 7 days, spraying phytase on the basis of NC2 group could increase the content of ash, calcium and phosphorus at 7 days and 21 days. The lower level of calcium and phosphorus, the more obvious improvement effect. In summary, reducing the calcium and phosphorus additions in broiler diets could adversely affect the feed intake, ADG and tibial ingredient of broilers. Adding phytase to low calcium and phosphorus diets could attenuate or even reverse this effect, and the improvement effect was more obvious with the increase of phytase concentration.

**[Key words]** phytase; broiler; growth performance; tibia development