

# 菜籽饼和棉仁饼对肉仔鸡饲料中 锰生物学有效性的影响

罗绪刚 苏 琪 黄俊纯 刘金旭

(中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094)

**提要** 用三种饲料类型(玉米-豆饼,即全豆饼型,含锰17毫克/千克;玉米-1/2豆饼蛋白-1/2菜籽饼蛋白,即1/2菜籽饼型,含锰21毫克/千克和玉米-1/2豆饼蛋白-1/2棉仁饼蛋白,即1/2棉仁饼型,含锰14毫克/千克)与三个无机锰(试剂级一分子结晶水硫酸锰)添加水平(0.60和120毫克/千克)作 $3 \times 3$ 析因设计,将288只一日龄 Arbor Acres (AA) 雏鸡(公母各半)分成9组,试验28天,研究不同类型饲料中的天然锰及添加的无机锰的生物学有效性影响。结果表明,以距骨灰锰等组织锰含量指标测得三种类型的饲料中天然锰的有效性无明显差异;以距骨灰锰的线性及多元线性回归斜率和锰含量平均增加计算,设无机锰在全豆饼型饲料中的有效率为100.0%,则在1/2菜籽饼型和1/2棉仁饼型饲料中的相对有效率分别为70.5%和107.8%。

**关键词** 豆饼; 菜籽饼; 棉仁饼; 锰生物学有效性; 距骨灰锰含量; 肉仔鸡

锰是动物的必需微量元素之一。家禽,特别是肉仔鸡,对锰的需要量(30-60毫克/千克)比哺乳类动物(2-40毫克/千克)的高,而其常用饲料中大量应用的玉米的含锰量仅5毫克/千克左右,故锰的供给对家禽,尤其是快速生长的肉仔鸡,具有特殊的重要性。鉴于总锰含量仅能提供饲料原料或饲料锰状况的粗略信息,近年来人们的注意力已转移到研究锰的生物学有效率上。美国学者测得,肉仔鸡对碳酸锰、一氧化锰和二氧化锰的相对生物学有效率分别为40%、60%及不到30%(以一分子结晶水硫酸锰为100%)<sup>[3, 4]</sup>。加拿大学者报道,生长鸡对豆饼、菜籽饼、棉仁饼和棕仁饼中锰的有效率分别为76.1%、56.7%、76.3%及45.7%<sup>[5]</sup>。锰的有效率受到许多因素的影响<sup>[1]</sup>,如植酸、纤维<sup>[6]</sup>、钙和磷过量<sup>[7]</sup>均能降低锰的有效率。但对于不同饲料类型,如用菜籽饼和棉仁饼分别代替玉米-豆饼型饲料中的部分豆饼而构成的玉米-豆饼-菜籽饼型和玉米-豆饼-棉仁饼型饲料时,是否影响锰的生物学有效性,迄今尚未见到专门的研究报道。而美国NRC家禽营养需要量,是以玉米-豆饼型饲料制订的。因此,这样推荐的锰需要量,能否应用到其它类型的饲料上,则有必要进行专门的关于锰有效性的试验研究。这对于我国养鸡生产中合理利用各地饼类蛋白饲料资源,具有重要意义。

骨灰锰是测定锰生物学有效率的最敏感指标<sup>[2, 1]</sup>。本研究主要以骨灰锰含量,结合肝锰和胰锰反应来测定用菜籽饼和棉仁饼分别替代玉米-豆饼型饲料中1/2的豆饼蛋白时,对其中天然锰和添加的无机锰生物学有效性的影响。

## 材 料 与 方 法

### 一、动物与饲料

用一日龄AA雏鸡288只,按 $3 \times 3$ 析因设计随机分成9组,每组32只(公母各半),分4笼饲养,每笼8只。试验期28天,鸡只饲养管理同我们以前的试验<sup>[2]</sup>。

用菜籽饼和棉仁饼分别代替玉米-豆饼型饲料中1/2的豆饼蛋白,配制三种类型等能、等氮的基础饲料(表1)。除锰以外的其它营养,均满足我国现行肉仔鸡(0—4周龄)的建议水平(表2)。在全豆饼型(含锰17毫克/千克)、1/2菜籽饼型(含锰21毫克/千克)和1/2棉仁饼型(含锰14毫克/千克)的基础饲料中,分别添加无机锰(试剂级—分子结晶水硫酸锰)0.60和120毫克/千克。豆饼和棉仁饼都是机榨的,菜籽饼是浸提的,分别来自东北、河北和四川省。这些原料的有关成分见表3。

表 1 基础饲料的组成(%)  
Table 1 Composition of basal diets (%)

饲料类型 Diet type	全豆饼型 SBM type	1/2 菜籽饼型 1/2 RSM type	1/2 棉仁饼型 1/2 CSM type
玉米 Corn	60.74	57.30	57.44
豆饼 (43.0%粗蛋白) SBM (43.0% Crude protein)	33.00	16.50	16.50
菜籽饼 (38.5%粗蛋白) RSM (38.5% Crude protein)	—	18.43	—
棉仁饼 (39.6%粗蛋白) CSM (39.6% Crude protein)	—	—	17.92
鱼粉(秘鲁) Fish meal (Peru)	3.00	3.00	3.00
磷酸—氢钙 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$	1.50	1.50	1.50
碳酸钙 $\text{CaCO}_3^*$	1.00	0.82	1.00
食盐 Salt*	0.30	0.30	0.30
L-赖氨酸 L-lysine	—	0.19	0.20
D. L-蛋氨酸 D. L-methionine	0.26	0.21	0.29
微量成分 Micronutrient**	0.20	0.20	0.20
植物油 Plant oil	—	1.55	1.65
合计 Total	100.00	100.00	100.00

\*化学纯。 \*\*同参考文献[2]。此外,对1/2棉仁饼型饲料要另补铁20毫克/千克,以中和棉酚毒素。

\*Chemical grade. \*\* See [2]. Besides, another 20mg Fe/kg was also added to CSM type diet to remove its gossypol toxin.

表 2 基础饲料的营养成分含量  
Table 2 Nutrient contents of basal diets

饲料类型 Diet type	全豆饼型 SBM type	1/2 菜籽饼型 1/2 RSM type	1/2 棉仁饼 1/2 CSM type
代谢能 ME (mccl./kg)*	3.00	2.96	2.96
粗蛋白 Crude protein (%)	21.10	21.20	21.40
钙Ca (%)	0.96	0.97	0.96
有效磷 Available P (%)*	0.45	0.47	0.45
镁Mg (%)	0.16	0.19	0.24
锰Mn (%)	17.00	21.00	14.00
铁Fe (%)	260.00	299.00	387.00
锌Zn (%)	61.00	77.00	70.00
铜Cu (%)	12.00	14.00	14.00
粗纤维 Crude fiber (%)	3.30	4.58	4.20
植酸 Phytate (%)*	0.66	0.98	0.85
单宁 Tannin (%)	0.13	0.21	0.13

\*为计算值,其余的均为实测值。The calculated values, the determined values for the others.

表 3 三种油饼的几个成分含量  
Table 3 Contents of some substances in three oil meals

原料名称 Name of ingredients	豆饼 SBM	菜籽饼 RSM	棉仁饼 CSM
粗蛋白 Crude protein (%)	43.00	38.50	39.60
粗纤维 Crude fiber (%)	6.20	11.61	10.48
植酸 Phytate (%)*	0.89	2.66	2.02
单宁 Tannin (%)	0.23	0.55	0.28
锰 Mn (mg/kg)	36	68	21
锌 Zn (mg/kg)	43	78	57
铜 Cu (mg/kg)	13	10	14
钙 Ca (%)	0.21	1.02	0.27
总磷 Total P (%)	0.70	1.25	1.14
镁 Mg (%)	0.26	0.50	0.68

\* 由植酸磷计算而来, 其余为实测值。

\* The calculated value from phytate P, the determined values for the others.

## 二、样品的采集和制备

试验结束时, 各组取12只鸡 (公母各半) 屠宰, 摘出肝及胰, 取下左侧跖骨部。剥净跖骨外层附着物, 用去离子水洗净后于600°C下灰化至恒重备用, 每2只鸡的组织合为一个样品, 每组共6个重复样品。

## 三、样品分析

用常规法分析饲料原料及饲料的粗蛋白和粗纤维含量; 用F-D试剂法测定饲料和饲料的单宁含量; 饲料、饲料、鲜肝、鲜胰和跖骨灰经浓硝酸和高氯酸湿消化后在ICPA-9000等离子光谱仪上测定锰等矿物元素的含量, 并用美国国家标准局(NBS)牛肝作参照, 检验结果的准确性。

## 四、数据处理

各项数据均按有重复的 $3 \times 3$ 析因分析法在Apple-II微机上进行F值方差分析, q值多重比较和有关多元线性回归分析。

# 结 果 与 讨 论

## 一、不同饲料类型和无机锰添加水平对鸡生长性能和腿骨发育的影响

结果见表4。三种类型饲料间, 以1/2棉仁饼型饲料鸡的各项指标在不添加无机锰时趋于最差, 其中以跖骨长/宽比值明显最小 ( $P < 0.01$ ), 添加锰后均显著提高或降低 ( $P < 0.05$ 或 $0.01$ ) 到与其余两种类型接近的程度 ( $P > 0.05$ )。这种变化与1/2棉仁饼型饲料中天然锰的含量最低有关。1/2菜籽饼型饲料中锰的添加与否, 除具有不同的腿病发生率外, 其余指标与全豆饼型无明显差异 ( $P > 0.05$ )。腿病率在不添加锰时与豆饼型同, 添加锰后虽然也明显降低, 但仍高于全豆饼型饲料。表明菜籽饼中可能存在诱导腿病发生或降低无机锰有效性的因子。此与他人进行的类似试验报道的结果基本一致<sup>[8, 9]</sup>。

## 二、不同饲料类型和无机锰添加水平对组织锰含量的影响

结果见表5。当不添加无机锰时, 1/2菜籽饼型饲料鸡的骨灰锰含量明显高于其余两种类型 ( $P < 0.01$ ), 1/2棉仁饼型略比全豆饼型低 ( $P > 0.05$ )。肝锰和胰锰反应与上

表 4 鸡生长性能与腿骨发育  
Table 4 Growth performance and leg bone development of chicks

饲料类型 Diet type	锰添加量 Added Mn (mg/kg)	饲料锰 Dietary Mn (mg/kg)	鸡末重 Final weight (g)	采食量 Feed intake (g)	饲料效率 Feed conversion (Feed/gain)	腿病率 Incidence of leg abnormality (%)	跖骨长/宽比值 Length/ width of metatarsal bone
全豆饼型	0	17	666±29ab	1223±33a	1.96±.09a	90.6	6.14±.12a
SBM type	60	77	697±28ab	1238±17ab	1.89±.06a	34.4	7.19±.11b
	120	137	677±34ab	1242±21ab	1.93±.05a	15.6	7.21±.09b
1/2 菜籽饼型	0	21	629±10ab	1222±21ab	2.03±.06a	90.6	6.07±.04a
1/2 RSM type	60	81	686±25ab	1229±38ab	1.91±.04a	50.0	6.95±.09b
	120	141	667±10ab	1255±21ab	2.00±.03a	21.9	7.16±.12b
1/2 棉仁饼型	0	14	611±16a	1190±28a	2.09±.03a	96.9	5.64±.09c
1/2 CSM type	60	74	687±11b	1304±21b	2.02±.04a	34.4	7.26±.14b
	120	134	678±11b	1251±18ab	1.97±.05a	28.1	7.32±.11b

注: a, b, c 同列中具有不同字母标号的数值 ( $\bar{x} \pm SE$ ) 间差异显著 ( $P < 0.05$  或  $0.01$ )。  
Note: a, b, c The values ( $\bar{x} \pm SE$ ) with the different subscripts in the same columns differ significantly ( $P < 0.05$  or  $0.01$ )

表 5 组织锰含量  
Table 5 Tissue Mn contents

饲料类型 Diet type	锰添加量 Added Mn (mg/kg)	饲料锰 Dietary Mn (mg/kg)	骨 灰 Bone ash ( $\mu\text{g/g}$ )	鲜 肝 Fresh liver ( $\mu\text{g/g}$ )	鲜 胰 Fresh pancreas ( $\mu\text{g/g}$ )
全豆饼型	0	17	4.43±.10a	1.62±.12a	0.80±.08a
SBM type	60	77	7.29±.67c	3.18±.10b	1.77±.08c
	120	137	10.43±.25d	3.48±.18bc	2.47±.10e
1/2 菜籽饼型	0	21	5.92±.13b	1.95±.04d	1.32±.11b
1/2 RSM type	60	81	6.29±.00b	3.16±.11b	1.90±.06c
	120	141	10.15±.13d	3.42±.16bc	2.25±.16de
1/2 棉仁饼型	0	14	4.04±.08a	1.42±.09a	0.80±.02a
1/2 CSM type	60	74	7.99±.55c	3.41±.08bc	2.03±.08cd
	120	134	10.32±.52d	3.64±.11c	2.22±.09de

注: a, b, c, d, e 同列中具有不同字母标号的数值 ( $\bar{x} \pm SE$ ) 间差异显著 ( $P < 0.05$  或  $0.01$ )。  
Note: a, b, c, d, e The values ( $\bar{x} \pm SE$ ) with the different subscripts in the same columns differ significantly ( $P < 0.05$  or  $0.01$ ).

相似。这些与基础饲料中天然锰含量的高低顺序(表 2) 完全相同。说明当菜籽饼和棉仁饼分别代替玉米-豆饼型饲料中 1/2 的豆饼蛋白时,对基础饲料中天然锰的有效性没有明显影响,虽然它们所含的粗纤维、植酸和单宁存在着差别(表 2)。1/2 棉仁饼型鸡的骨锰最低,故腿病率趋于最高,跖骨长/宽比明显最低;而 1/2 菜籽饼型鸡的骨锰明显最高,但其腿病率与全豆饼型鸡的相同,跖骨长/宽比反而比全豆饼型略低(表 4)。结果表明,菜籽饼中含有诱导腿病发生的其它因素。

当添加 60 毫克/千克的无机锰时,1/2 菜籽饼型饲料鸡的骨灰锰不仅无明显变化

( $P > 0.05$ ), 反而明显低于其余两种类型( $P < 0.05$ 或 $0.01$ ), 1/2 棉仁饼型略比全豆饼型高 ( $P > 0.05$ )。肝锰和胰锰有类似趋势。这些结果提示, 1/2 菜籽饼型饲料降低了添加的无机锰的有效性。已报道的菜籽饼型饲料中, 添加无机锰<sup>[9]</sup>和矿物元素-维生素混合物<sup>[8]</sup>, 对防止菜籽饼诱导的鸡滑腱症无效, 都可能说明是菜籽饼影响锰的有效性所致。由表3可知, 菜籽饼中的单宁、植酸和纤维含量均最高, 其饲料也是同样情况(表2)。由于单宁和植酸对2价金属离子有很强的亲和力, 且已有人提出, 菜籽饼中的这两种物质通过结合2价金属离子而影响它们在体内的有效性<sup>[10]</sup>; 关于纤维能降低鸡对锰有效性的研究, 也有报道<sup>[11]</sup>。所以, 上述试验结果也许是菜籽饼中有较高含量的植酸、单宁和纤维所影响的结果。但各自的影响究竟如何, 有待进一步研究, 如进行体外试验, 测定这些物质分别与2价锰离子螯合的能力。

菜籽饼中的螯合因子虽然明显降低了添加的无机锰在骨中的贮存, 但鸡腿病率仍有较大降低。据此认为, 这些螯合因子可能具有双重功能: 一为直接或通过锰以外的其它途径诱导腿病发生; 二因螯合锰而降低了锰的有效性, 进而引起腿病率升高。无机锰与螯合因子的结合, 一方面缓解了鸡腿病情, 另一方面虽然降低了大部分无机锰的有效性, 但仍有少部分可以利用。故此时骨骼发育仍有较大改善。

当添加120毫克/千克的无机锰时, 三种类型饲料鸡的骨灰 锰含量均明显 ( $P < 0.01$ ) 提高到相互间无明显差异 ( $P > 0.05$ ) 的程度, 但1/2 菜籽饼型鸡的仍略偏低。肝锰和胰锰变化类似。这表明, 菜籽饼中的螯合因子对无机锰的螯合已在添加锰60毫克/千克时基本达到饱和, 多余添加的便可为机体所利用。

为求测添加的无机锰在三种类型饲料中有效率的具体差异, 下面以骨灰锰为指标从线性、多元线性回归斜率和锰含量平均增加三方面来进行计算。三种类型饲料的线性回归分析见表6。

表 6 骨灰锰(Y)与饲料添加无机锰(X)的线性回归分析

Table 6 Linear regression analysis of bone ash Mn (Y) with dietary added Mn (X)

饲料类型 Diet type	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlated coefficient (r)
全豆饼型 SBM type	$Y = 4.3833 + 0.0500X$	0.9996
1/2 菜籽饼型 1/2 RSM type	$Y = 5.3383 + 0.03525X$	0.9028
1/2 棉仁饼型 1/2 CSM type	$Y = 4.3100 + 0.05233X$	0.9890

多元线性回归分析产生如下方程:

$$Y = 4.677 + 0.04706 X_1 + 0.04186 X_2 + 0.04866 X_3 \quad (r = 0.9662, P < 0.01)$$

其中Y代表骨灰锰含量(毫克/千克),  $X_1$ 、 $X_2$ 和 $X_3$ 分别代表全豆饼型、1/2 菜籽饼型和1/2 棉仁饼型饲料中无机锰的添加量(毫克/千克)。

无机锰在三种类型饲料中的生物学有效率的计算, 详见表7。取三种计算方法的平均值, 以无机锰在全豆饼型中的有效率为100.0%, 则在1/2 菜籽饼型和1/2 棉仁饼型饲料中的相对有效率分别为70.5%和107.8%。1/2 棉仁饼型饲料中的纤维和植酸虽然也较高(表2), 但其天然锰的有效性与全豆饼型的接近, 对无机锰的添加效应还稍比全豆饼型的大。这可能与棉仁饼中特定的纤维和植酸来源有关。这些结果说明, 美国NRC推荐的肉仔鸡锰需要量仅适于配合1/2 棉仁饼蛋白的饲料类型, 而对于配合1/2 菜籽饼

蛋白的饲料类型是不够的。

表 7 无机锰在三类型饲料中的生物学有效率  
Table 7 Bioavailability of added inorganic Mn in three types of diets

饲料类型 Diet type	线性回 归斜率 Linear regression slope	相对值 Relative value (%)	多元线性 回归斜率 Multiple linear slope	相对值 Relative value (%)	平均骨灰锰 浓度增加 Average bone ash Mn increase	相对值 Relative value (%)	平均值 Average value (%)
全豆饼型 SBM type	0.05000	100.0	0.04706	100.0	4.430	100.0	100.0
1/2 菜籽饼型	0.03525	70.5	0.04186	89.0	2.300	51.9	70.5
1/2 RSM type							
1/2 棉仁饼型	0.05233	104.6	0.04866	103.4	5.115	115.5	107.8
1/2 CSM type							

## 小 结

(一) 三种类型饲料间天然锰的有效性无明显差异, 但 1/2 菜籽饼型饲料降低了添加的无机锰的有效性。以胫骨灰锰为测定指标, 如把无机锰在全豆饼型饲料中的有效率看作 100.0%, 则在 1/2 菜籽饼型和 1/2 棉仁饼型饲料中的相对有效率分别为 70.5% 和 107.8%。也就是说, 我国现行肉仔鸡锰需要建议值 (60 毫克/千克) 适于 1/2 棉仁饼型饲料, 而对 1/2 菜籽饼型饲料则是不够的。

(二) 1/2 菜籽饼型饲料降低了无机锰的有效性, 也许是其中较高含量的植酸、单宁和纤维螯合作用的结果, 且这些螯合因子还可能直接或通过其它途径诱导腿病的发生。

## 参 考 文 献

- [1] 罗绪刚: 鸡锰营养研究进展, 国外畜牧科技, 1989, 16 (5): 22-25
- [2] 罗绪刚等: 肉仔鸡实用饲料中锰 (Mn) 的适宜水平的研究, 畜牧兽医学报, 1991, 22 (4)
- [3] Southern, L. L. and D. H. Baker: Excess manganese ingestion in the chicks. Poultry Science. 1983, 62: 642-646
- [4] Black, J. R. et al.: Biological availability of manganese sources and effects of high dietary manganese on tissue mineral composition of broiler-type chicks. Poultry Science. 1984, 63: 1999-2006
- [5] Nwokolo, E. N. et al.: A method for estimating the mineral availability in feedstuffs. Poultry Science. 1976, 55: 2217-2221
- [6] Halpin, K. M. et al.: Efficiency of manganese absorption in chicks fed corn-soy and casein diets. Journal of Nutrition, 1986, 116: 1747-1751
- [7] Wedekind, K. J. and D. H. Baker: Effects of excess calcium and phosphorus ingestion on manganese uptake by avian bone. FASEB Journal, 1988, 2(4): A656
- [8] Homes, W. B. and R. Robert: A perotic syndrome in chicks fed extracted rapeseed meal. Poultry Science, 1963, 42: 803-809
- [9] Seth, P. C. C. and D. R. Clandinin: Effect of including rapeseed meal in the ration of broiler-type chicks on the incidence of perosis and the effectiveness of supplemented manganese. Poultry Science. 1973, 52: 1158-1160
- [10] Fenwick, G. R. and R. E. Curtis: Rapeseed meal and its use in poultry diet. A review. Animal Science and Technology, 1980, 5: 255-298
- [11] Halpin, K. M. and D. H. Baker: Mechanism of the tissue manganese lowering effect of corn, soy-bean meal, fish meal, wheat bran, and rice bran. Poultry Science, 1987, 66: 332-340

## EFFECTS OF RAPESEED AND COTTONSEED MEALS ON MANGANESE (Mn) BIOAVAILABILITY IN THE DIETS OF BROILER CHICKS

Luo Xugang    Su Qi    Huang Junchun    Liu Jinxu

*(Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences)*

### ABSTRACT

A trial was conducted using 288 day-old Arbor Acres (AA) broilers (half male, half female) in a replicate  $3 \times 3$  factorial arrangement of treatments involving three types of diets (corn-SBM, i. e. SBM type, containing 17mg Mn/kg; corn-1/2 SBM protein-1/2 RSM protein, i. e. 1/2 RSM type, containing 21mg Mn/kg and corn-1/2 SBM protein-1/2 CSM protein, i. e. 1/2 CSM type, containing 14mg Mn/kg) and three levels of added inorganic Mn (reagent grade  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) (0, 60 and 120mg/kg) for 28 days to investigate the effects of RSM and CSM on bioavailability of feed Mn and added Mn in the diets of broiler chicks. Without Mn supplementation, Mn contents in metatarsal bone ash, liver and pancreas were higher ( $P < 0.01$ ) in 1/2 RSM type than in the other two types with a slightly higher ( $P > 0.05$ ) tissue Mn in SBM type than in 1/2 CSM type; As dietary Mn levels increased, Mn contents in the above mentioned tissues were linearly increased ( $P < 0.05$  or 0.01) for all three types of diets. Based on linear and multiple linear regression slopes and increase in metatarsal bone ash Mn content, relative bioavailability of added Mn in 1/2 RSM type diet and 1/2 CSM type diet averaged 70.5% and 107.8% if 100.0% was set for SBM type diet. These results suggested that there was no difference in feed Mn bioavailability among three types of diets, however 1/2 RSM type diet reduced the relative bioavailability of added inorganic Mn by about 30%.

Key words: SBM; RSM; CSM; Mn bioavailability; Metatarsal bone ash Mn content; Broiler chicks