

不同无机磷源在生长育肥猪上的相对生物学效价

董作一 何姝颖 译

(中化云龙有限公司)

摘 要 本文确定了5种不同无机磷源在生长育肥猪上的相对生物学效价。5种磷源分别为:DCP(磷酸氢钙)、MCP50(包含50%磷酸二氢钙的MDCP)、MCP70(包含70%磷酸二氢钙的MDCP)、MCP100(100%磷酸二氢钙)、MSP(磷酸二氢钠)。本试验包括11个日粮,基础日粮包含0.1%的磷,而另外10组日粮为5种无机磷源在基础日粮上添加0.07%及0.14%的磷。生长育肥猪($n=44$,初始体重 $16.8 \pm 4.3\text{kg}$)被随机分为11个处理组,单独饲喂,在28d的试验中猪只自由采食。试验末尾,所有猪只都被屠宰,收集掌骨(两个前蹄的第三和第四掌骨),用于测定骨强度、骨灰粉、钙、磷含量。骨灰灰含量随着MCP50、MCP70、MCP100和MSP在基础日粮中添加而增长($P<0.05$),而骨中磷含量也随MCP70、MCP100和MSP在基础日粮中添加而增长($P<0.05$)。磷在处理组间的相对生物学效价以MSP为基准,以骨强度进行斜率比法计算。添加MSP和MCP100的斜率的回归线斜度较DCP组大($P<0.05$),但与MCP50和MCP70组差异不显著。结论:MSP和纯MCP100中磷的生物学效价高于DCP,但与MCP50、MCP70(即MDCP)差异不显著。

生产育肥猪的日粮中通常会添加无机磷源,这是因为无机磷源的利用率和消化率都高于植物磷源,无机磷源的添加主要是为了补充植物磷源的低消化率和利用率导致的动物磷摄入匮乏。磷酸二氢钙(MCP)和磷酸氢钙(DCP)是美国饲料企业常用的无机磷源。人们普遍认为,MCP中磷比DCP更易吸收利用(Grimbergen et al., 1985; Eekhout and De Paepe, 1997),但实际生产中的MCP或DCP大部分是MCP和DCP的混合物,即MDCP,其实际MCP含量在50%~70%之间。同时普遍认为MDCP中MCP含量越高,磷生物学效价越高。同样有结晶水的磷源比没有结晶水的磷源利用率更高(Grimbergen et al., 1985)。然而,在近期的研究中发

现,MDCP中不论是DCP还是MCP中磷的表观消化率或真消化率都没有差异,MCP的含量并未影响到磷的消化率(Petersen and Stein, 2006)。磷的真消化率被认为是磷生物学效价的重要指标,如果DCP和MCP的磷生物学效价无差异则假设可认为是正确的,但目前没有关于该假设的研究。因此本研究的主要目的是为了确定MDCP中DCP和MCP间的磷相对生物学效价有无差异。

1 材料与方法

本试验经由美国南达科他州动物保护委员会批准。

1.1 日粮、动物和试验设计

试验中使用的5种磷源分别是DCP(磷酸氢钙),2种等级的MDCP(磷酸一二氢钙)(MCP50和MCP70),食品级的纯MCP(MCP100),食品分析级纯磷酸二氢钠(MSP)。磷酸氢钙,MCP50,MCP70均为MCP和DCP混合物。其中DCP为29%MCP和57%DCP,MCP50为50%MCP和15%DCP,MCP70为70%MCP和10%DCP,剩余组分为未反应的碳酸钙、磷酸镁、磷酸亚铁、磷酸盐、硫酸钙和其他成分(Baker, 1989),这部分组成在DCP、MCP50、MCP70、MCP100、MSP中分别为18.8%、18.8%、21.0%、24.0%、25.7%。

试验总计11种日粮(表1),基础成分为玉米、酪蛋白、土豆蛋白浓缩物、蔗糖和玉米淀粉。5种磷源的添加量为0.07%和0.14%。其余部分由玉米淀粉配平,用石灰石来调整配方钙磷比,确保 $\text{Ca:P}=1.3:1$ 。使用Solka-Floc作为日粮纤维源。除磷和钙以外的其他矿物质与维生素需求满足NRC1998。

表1 日粮组成

	日粮/% ¹										
	基础	DCP	DCP	MCP50	MCP50	MCP70	MCP70	MCP100	MCP100	MSP	MSP
酪蛋白	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
玉米	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
玉米淀粉	51.27	50.87	50.48	50.83	50.42	50.85	50.43	50.87	50.48	50.76	50.26
蔗糖	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
土豆蛋白浓缩物 ²	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Solka 纤维 ³	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
豆油	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
石灰石	0.23	0.26	0.28	0.30	0.36	0.32	0.41	0.34	0.44	0.46	0.70
DCP	-	0.37	0.74	-	-	-	-	-	-	-	-
MCP50	-	-	-	0.37	0.74	-	-	-	-	-	-
MCP70	-	-	-	-	-	0.33	0.66	-	-	-	-
MCP100	-	-	-	-	-	-	-	0.29	0.58	-	-
MSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27	0.54
L 赖氨酸	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
DL 蛋氨酸	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
苏氨酸	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
色氨酸	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
碳酸钾	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
过氧化镁	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
食盐	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
维生素预混 ⁴	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
矿物预混 ⁵	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

注:1、DCP=磷酸氢钙;MCP50=含有 50%磷酸二氢钙的 MDCP;MCP70=含有 70%磷酸二氢钙的 MDCP;MCP100=纯度为 100%的磷酸二氢钙;MSP=磷酸二氢钠。

2、土豆蛋白浓缩物,新泽西州普林斯顿 Avebe America Inc 生产。

3、Solka 纤维由俄亥俄州乌尔班纳 Fiber Sales and Development Corp 生产。

4、维生素预混料每千克成分如下:VA 10032IU,VD₂992CU,VE 88IU,VK 1.5mg,生物素 0.4mg,烟酸 60mg,泛酸 25mg,核黄素 10mg,VB₁₂ 0.05mg。

5、矿物质预混料每千克成分如下:硫酸铜 23mg,硫酸亚铁 110mg,碘酸钾 0.275mg,硫酸锰 23mg,亚硒酸钠 0.275mg,氧化锌 114mg。

44 只去势公猪(初始体重 16.8±4.3kg)随机分为 11 个处理组,每个处理组 4 只猪。试验用猪均为 SP-1 公猪和 Line13 母猪后代。试验猪只在封闭式半漏缝地板式猪笼单笼饲养,有独立的投食系统和饮水乳头。试验期为 28d,自由采食和饮水。

1.2 样品收集、测定和化学分析

每天进行采食量记录,并记录猪的试验起始体重和截止体重。试验结束时,采用电击和放血处死试验用猪。收集双前足的第三和第四掌骨,单独置于样品袋中冷冻备用。使用英斯特朗拉力机(Instron Corp.,Canton,MA)在支点 3.5cm 处打破掌骨的千克数即为骨强度,仪器在骨骼上以 5m/min 的速度施加力,并通过力敏感原件记录施力曲线。

分析所有日粮的 DM 和 CP (参照方法 4.1.06

和方法 4.2.06,AOAC,2000)。饲粮中氨基酸使用 HPLC AA 分析仪进行分析 (Chrom Tech,Apple Valley,MN),采用茚三酮柱后衍生法分析,以亮氨酸为参照物。样品使用 6N 浓盐酸于 110℃下水解 24h(参照方法 4.1.11 方法 3,AOAC,1998)。使用过甲酸氧化过夜后在进行水解,之后通过测定样液中半胱磺酸含量确定蛋氨酸和半胱氨酸含量(参照方法 4.1.11 方法 1;AOAC 1998)。使用 NaOH 于 110℃下水解 22h 后测定色氨酸含量 (参照方法 988.15 AOAC 1998)。

骨骼使用乙醚进行 3d 脱脂,在 600℃马弗炉中加热 16h,测定总骨灰分。使用原子吸收分光光度计测定日粮和骨骼灰分样品中钙、磷含量(参照方法 4.8.03 和 3.4.11 AOAC 2000)。

1.3 统计分析

在试验结尾,记录每头猪的采食量用于计算 ADFI,记录初始体重和截止体重用于计算 ADG,同时计算每只猪的 G:F。

猪生产性能、骨强度、骨灰分、骨钙含量、骨磷含量、骨骼 Ca:P 比值进行一个 5×2 多因素分析,即 5 种磷源和 2 个添加量(0.07%和 0.14%)。使用 SAS 的 ANOVA 进行混合线性分析(SAS Inst. Inc., Cary, NC),主效应为磷源、添加量、磷源×添加量交互作用。每种磷源的磷添加量进行了掌骨骨强度的回归分析(Littell et al., 1997),基础日粮组的分析包括了 5 个回归方程。参照 Cromwell(1992)文章,回归线的斜率用于决定 5 种磷源的相对生物学效价。所有分析结果与试验前的 3 个假设相符合(Littell et al., 1997),回归线的斜率使用回归分析风格。 α 值=0.05 用于判断数值间差异显著性,0.05<P<0.10 则认为有趋势。

2 结果

在整个试验期间猪只采食正常,并保持健康状态。其中一只试验用猪由于在试验前采食了含有 0.07%MCP50 的日粮,故未统计入试验数据。

基础日粮的磷含量稍微高于预期,额外添加

0.07%磷处理组的磷含量依然比基础日粮磷含量高 0.05%~0.08%(表 2),额外添加 0.14%磷处理组磷含量比基础日粮磷含量高 0.11%~0.14%,故而磷水平与预期结果相近。

所有日粮中钙的配方值都为磷的 1.3 倍,但分析结果钙的含量为磷的 0.95~1.3 倍,然而我们认为钙磷比之间的轻微变化不会影响试验结果,同样的,粗蛋白和氨基酸的值也与预期值相近。

不论磷源或磷添加量都对 ADG、ADFI 和料肉比没影响(表 3),然而饲料中的磷水平对磷的日摄入量有影响,采食添加 0.14%磷的试验组其磷摄入量极显著的高于采食添加 0.07%磷的试验组($P<0.01$)。磷源对掌骨骨灰分总量、骨骼强度、骨骼钙总量和骨骼磷总量有影响($P<0.05$),但对掌骨骨灰分、骨骼钙含量、骨骼磷含量和骨骼中钙磷的水平没有影响(表 4)。骨灰分浓度、总骨钙水平、总骨磷水平、总钙磷比、骨灰分总量、骨骼钙总量、骨骼磷总量随着 P 增加而增加($P<0.05$),骨骼强度也有随 P 含量升高而升高的趋势($P=0.08$)。磷源和磷添加量对骨灰分有交互影响,MSP 添加 0.14%磷组的骨灰分总量和浓度相比添加 0.07%磷的 MSP 组均有显著下降,然而其余磷源高添加量组的骨灰分总量和骨灰分浓度均有所提高。

表 2 日粮成分

	日粮 ¹										
	基础	DCP	DCP	MCP50	MCP50	MCP70	MCP70	MCP100	MCP100	MSP	MSP
ME ² , kcal/kg	3790	3773	3758	3772	3754	3773	3756	3774	3758	3769	3750
CP, %	12.68	12.71	12.86	12.83	12.84	13.79	13.61	12.68	12.7	13.01	12.65
Ca, %	0.13	0.20	0.30	0.21	0.30	0.19	0.28	0.20	0.27	0.19	0.28
P, %	0.12	0.18	0.25	0.17	0.23	0.17	0.24	0.18	0.23	0.20	0.26
精氨酸, %	0.51	0.58	0.62	0.54	0.48	0.50	0.51	0.55	0.55	0.55	0.52
组氨酸, %	0.28	0.32	0.34	0.29	0.25	0.27	0.27	0.28	0.30	0.29	0.28
异亮氨酸, %	0.58	0.66	0.71	0.61	0.53	0.57	0.57	0.60	0.62	0.62	0.58
亮氨酸, %	1.15	1.33	1.41	1.21	1.05	1.13	1.13	1.2	1.23	1.23	1.16
赖氨酸, %	0.92	1.03	1.07	0.94	0.85	0.91	0.91	0.93	0.97	0.96	0.93
蛋氨酸, %	0.48	0.55	0.57	0.52	0.47	0.50	0.50	0.51	0.52	0.53	0.51
苯丙氨酸, %	0.65	0.74	0.79	0.68	0.61	0.64	0.64	0.67	0.69	0.69	0.65
苏氨酸, %	0.49	0.56	0.60	0.52	0.45	0.49	0.49	0.51	0.52	0.52	0.50
色氨酸, %	0.15	0.18	0.20	0.21	0.21	0.19	0.19	0.15	0.14	0.15	0.15
缬氨酸, %	0.73	0.84	0.89	0.74	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75	0.76	0.71

注:1、DCP=磷酸氢钙;MCP50=纯度为 50%的磷酸二氢钙;MCP70=纯度为 70%的磷酸二氢钙;MCP100=纯度为 100%的磷酸二氢钙;MSP=磷酸二氢钠。

2、计算值(NRC, 1998)。

表 3 对生产性能影响^{1,2}

结果	基础	DCP		MCP50		MCP70		MCP100		MSP		SEM	P 值		
	0	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14		来源	量	来源×量
ADG,g	298	330	393	331	413	365	408	408	369	350	398	38	0.96	0.13	0.52
ADFI,g	955	1 040	1 100	1 036	1 280	1 138	1 130	1 123	1 118	1 095	1 148	67	0.62	0.12	0.31
G:F	0.32	0.32	0.36	0.32	0.33	0.32	0.36	0.36	0.32	0.32	0.34	0.03	0.99	0.52	0.51
日磷摄入,g	1.13	1.85	2.75	1.79	2.92	1.92	2.74	2.04	2.61	2.22	2.94	0.14	0.21	0.001	0.38

注:1、值为处理组 4 个试验猪的平均值。

2、DCP=磷酸氢钙;MCP50=含有 50%磷酸二氢钙的 MDCP;MCP70=含有 70%磷酸二氢钙的 MDCP;MCP100=纯度为 100%的磷酸二氢钙;MSP=磷酸二氢钠。

表 4 对骨灰分和骨强度的影响^{1,2}

结果	基础	DCP		MCP50		MCP70		MCP100		MSP		SEM	P 值		
	0	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14		来源	量	来源 * 量
掌骨灰分,%	45.1	48.3	51	50.2	51.9	48.5	51.7	48.8	52.0	50.5	50.6	0.9	0.28	0.001	0.04
掌骨灰分,g	2.73	2.86	3.32	3.05	3.66	3.02	3.48	3.13	3.66	3.47	3.18	0.13	0.02	0.001	0.001
骨骼强度,kg	18.4	27.9	30.4	29.5	35.2	28.6	34.8	26	41.3	35.3	40.8	3.0	0.001	0.008	0.30
总灰分钙,%	32.5	32.2	31.3	32	31.9	32.6	32.3	32.6	32.5	32.5	32.0	0.4	0.003	0.008	0.43
总灰分磷,%	16.6	16.6	16.7	16.3	17.1	16.9	17.4	17.2	17.4	17.2	17.2	0.2	0.001	0.05	0.08
骨骼钙磷比	1.96	1.94	1.88	1.96	1.86	1.93	1.87	1.90	1.87	1.89	1.87	0.02	0.46	0.001	0.31
骨钙量,g	0.89	0.92	1.04	0.97	1.17	0.98	1.12	1.02	1.19	1.12	1.02	0.07	0.20	0.009	0.08
骨磷量,g	0.45	0.48	0.53	0.50	0.63	0.51	0.61	0.54	0.63	0.60	0.55	0.04	0.19	0.002	0.08

注:1、值为处理组 4 个试验猪的平均值。

2、DCP=磷酸氢钙 ;MCP50=含有 50%磷酸二氢钙的 MDCP ;MCP70=含有 70%磷酸二氢钙的 MDCP ;MCP100=纯度为 100%的磷酸二氢钙;MSP=磷酸二氢钠。

以 MSP 为基线,DCP、MCP50、MCP70、MCP100 的相对生物学效价分别为 57%、83%、80%和 109% (图 1)。其中 MSP 和 MCP100 的斜率显著大于 DCP ($P<0.05$),但与 MCP50 和 MCP70 无显著差异。

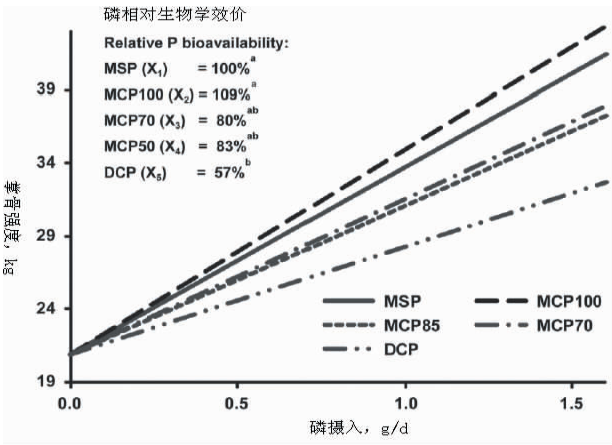


图 1 猪磷源的相对生物学效价

图 1 中无机磷源的相对生物学利用以 MSP 为基准,DCP=磷酸氢钙;MCP50=含有 50%磷酸二氢钙的 MDCP;MCP70=含有 70%磷酸二氢钙的 MDCP;MCP100=纯度为 100%的磷酸二氢钙;MSP=磷酸二氢钠。

$Y=20.9+12.9X_1+14.1X_2+10.2X_3+10.6X_4+7.4X_5$, $X_1 \sim X_5$ SE 分别为 2.04,2.55,2.61,2.63,2.73。2.18 为截距。X 坐标的值为磷分析值。a,b 上标代差异显著 ($P<0.05$)。

3 讨论

日粮中较低的磷含量通常会导致动物体增重的放缓(Cromwell et al.,1972)。然而在本试验中,磷水平并未对日采食量和料肉比产生影响,可能是因为基础日粮的磷含量较高,并且试验仅进行了28d。Spencer 等(2000)的研究亦未发现对 ADG 和料肉比的影响,这可能是由于磷摄入减少导致的生长损失仅在猪摄入磷低于本试验基础日粮情况下并且试验周期长于 28d 时发生。

本试验中骨强度趋势与 Coffey 等(1994)结果类似, 缺乏磷的猪只骨强度低于磷充足猪只(Hall et al.,1991)。本试验中,骨强度随日粮中磷含量而增加, 结果表明,5 种不同无机磷源的相对生物学效价不同, 其中 MSP 和 MCP100 中磷的相对生物学效价最高,而 DCP 最低,这与 Coffey 等(1994)、Hall 等(1991)结论一致。5 种磷源对骨强度的影响与其

对磷肠道总消化率一致(Petersen and Stein,2006)。

在本试验中 DCP 中磷相对生物学效价仅为 MSP 的 57%。这比之前研究结果都要低(Grimbergen et al.,1985;Nelson et al.,1990;Cromwell,1992),同时 DCP 相对生物学效价也低于 NRC(1998)标准和其他文章 (Grimbergen et al.,1985;Nelson et al.,1990),但与 Jongbloed(1991)研究结果一致。本试验结果也与 De Paepe(1997)报道的 DCP 中磷和 MCP 对比得到相对生物学效价结果一致。报道间的不同结果可能是由于磷相对生物学效价所采用的基准磷源不同所导致。本试验中采用的 MSP 为食品级磷源,其利用率可能比之前研究中磷源的利用率更高,结果导致了试验磷源相对生物学效价的差异。而骨灰分浓度和骨钙、磷含量在本试验 MSP 的高添加组上没有增加验证了这个假设。在本试验中使用的 MSP 为食品级 MSP,而之前研究中的 MSP 等级并未提及。相对生物学效价最大的不足就是研究之间由于设定的磷标准不同而使得研究无法进行对比。

本试验中,MCP50、MCP70 和 MCP100 试验组间的测量标准并无差异,但 MCP100 组却在各个数值上显著高于其余两组。这表明商品名为 MCP 产

品中 MCP 的浓度并不会影响磷的利用率,但 MCP100 的磷的利用率显著高于 DCP。本试验与 5 种相同磷源的磷肠道总消化率结果一致(Petersen and Stein,2006)。

不同的钙磷比可能会对磷消化率和骨骼矿物成分造成影响 (Huyghebaert et al.,1980;Brady et al.,2002)。在本试验中,我们试图将所有日粮的钙磷比保持在 1.3:1,但分析结果显示实际钙磷比在 0.95:1 到 1.3:1 之间。由于钙磷比而导致的磷利用率减少旨在钙磷比高于 1.5:1 (Liu et al.,1998;Brady et al.,2002),因此本试验中的钙磷比的差异应不会对试验结果产生影响。

为了保证钙磷比的恒定,在日粮中使用石灰石进行调节总钙含量,所有日粮中的主要钙源是由石灰石和无机磷源共同提供。如果石灰石中钙的消化率和 DCP 或 MCP 中钙的消化利用率不同,则可能会影响消化的钙磷比。然而我们目前的研究并未比较石灰石和饲料磷源中钙消化率的差异。

总的来说,磷在饲料级的 MCP 和 DCP 中的相对生物学效价(以 MSP 为基准)较之前研究更低,含有 DCP 成分的利用率更低,MCP 中磷的利用率并不受磷源中 DCP 或 MCP 水平影响。

(上接第 22 页)

3 后期猪价整体走势研判

经过连续两个月的下跌和破 9 行情的刺激,加上进入 8 月份以来猪价好转迹象出现,持续维稳反弹,导致养殖户出现挺价惜售。而饲料价格出现回落,猪粮比、猪料比从前期低点回升,自繁自养头均盈利水平随之上扬。7 月底全国猪粮比价还在 9.06:1,8 月 20 日已升至 9.47:1,自繁自养头均盈利每头在 800 元以上。建议养殖户合理安排出栏计划,适重出栏,勿过度追高。

7 月份能繁母猪存栏再次下滑,表明存栏仍处于筑底过程,而且此次生猪存栏量环比也出现下降,可见洪涝灾害使得猪只提前出栏增多,同时高温天气使得养殖户压栏减少。加上去年冬季疫情的对应,无论短期还是长期,供应依旧趋紧。供求关系决定零售市场经营者不愿意大幅度调降价格。而从中线时间来看,全国生猪存栏量仍保持在低位,9-12 月,肉价出现跳水的可能性也有限。预

计后期能繁母猪存栏将持续低位徘徊甚至低于预期,猪价或持续保持高位至明年,但不是没有下跌风险,稳中有降是猪价走势的主流。因为这期间还要考虑进口猪肉、政策、供需博弈,屠宰压价等因素的冲击,因此养殖户在做到心中有底时也要把握好“度”了。

从 8 月底的情况来看,屠宰企业采购量仍较低,采购尚无较大压力,提价意愿较低,部分屠宰企业有备货计划,但仍将以利润最大化为前提;另一方面,产能恢复缓慢,市场供应量整体减少。随着环保进程的推进,南方部分地区生猪养殖规模总体上仍呈缩小的态势。据悉浙江约有 50%的猪场面临拆除风险,在今年 9 月份前浙闽两省的猪场拆除会持续推进,中部地区猪场拆除行动也正逐步启动,辽宁地区也已开始划定禁养区,预计未来猪场拆除将由南及北。但市场生猪供应依旧处于偏紧的局面,猪价深度下跌的阻力较大,此轮牛市延续时间将大大超出预计。