

市场上母猪饲料添加剂的价值所在

Joel DeRouchey

对于饲喂玉米-豆粕型日粮的哺乳仔猪以及生长肥育猪而言，母猪饲料还必须添加一些特定的添加剂以及原料才能满足其需求，例如我们常见的生物素、胆碱、叶酸。还有泌乳母猪通过添加脂肪来增加能量浓度以及怀孕母猪添加大豆皮或小麦粉头来增加纤维含量或稀释能量的使用也有很多报道。

营养、遗传、管理、设备以及生产管理对于母猪的繁殖表现以及使用年限都有重要的影响，饲料添加剂不能够完全改善一些地区母猪营养缺乏症状的出现，而只能提高个体的繁殖效能。本文中我们摘录过去10年来在美国母猪饲料中所使用的一些饲料添加剂。

一般，我们以每吨占饲料成本或是每胎次成本来评估经济效益，或是以每产出1头断奶乳猪来评估母猪的效益。基于上述的标准，一般我们评估1头母猪的效益是1胎产出10头仔猪或1年20头仔猪的标准，或是以每头断奶猪消耗25lb. 泌乳料及80lb. 妊娠料的饲料来计算。

1 饲料酸值

改变奶牛饲料的电解质平衡（DEB Na+K-Cl），能够促进奶牛健康及生长表现。Goff及Hoest的报告提到较低的DEB值能够使53%的产乳热症状得到缓解。电解质平衡能够帮助高产乳母牛缓冲瘤胃pH值，预防消化道的问题。

近来有很多有关母猪饲料电解质平衡及酸值的报道，研究方向主要有两个：（1）降低尿液pH值改善产道健康；（2）增加血钙，降低死产。

典型的电解质平衡的操作就是在泌乳母猪料里用氯化钙来取代石粉。用10lb. 的氯化钙来取代7lb. 的石粉及3lb. 的玉米，氯化钙的现价以0.19美元/lb. 计算，则每吨配合饲料会增加1.66美元的成本。

电解质平衡降低尿液pH值改善产道健康的作用已在两方面得到证实：（1）添加有机酸（有机酸在饲料里并不会改变电解质平衡）；（2）添加无机酸（矿物来源）。Dee等（1994）建议添加柠檬酸来降低尿液pH值，以降低母猪产道感染的可能性。

DeRouchey等（1998）在饲料里用柠檬酸以及富马酸+乳酸+丙酸+乙酸所组成的复合酸（建明的乳酸宝）没有成功地降低尿液的pH值，但是添加无机酸磷酸（建明的Kem-Gest）却能降低尿液的pH值。

Tilley（1997）首次报道南非泌乳母猪饲喂较低电解质平衡值的饲料，对于出生活仔数及出生窝重都有正效应。DeRouchey等（2003）报道通过降低电解质平衡数从500meq/kg到0meq/kg能增加活产仔数，降低尿液pH值及降低产道里的细菌数。DeRouchey等（2003）用氯化钙和盐酸作为饲料酸化的来源，同时用碳酸钙来增加电解质平衡。Tilley（1997）和DeRouchey等（2003）报道母猪增加血钙会降低电解质平衡的数值，这是因为骨钙的代谢缓冲了细胞间液，同时增加了血液中的氢离子浓度，因此，电解质平衡数值降低同时钙的吸收增加，从而降低了血液中的pH值。碳酸盐类的饲料添加剂在高产奶牛上可以增加其生长表现。同类的报道在泌乳母猪上也获得证实，Dove和Haydon（1994）和DeRouchey等（2003）报道泌乳饲料电解质平衡数值增加不会改善母猪的表现。

母猪饲喂低电解质平衡值的饲料血钙浓度会增加已经被证实，这个原理是在生产过程中更多的可利用钙用于肌肉的收缩，因此降低了死产率，WEANMOR+[®]（Soda Feed Ingredients, LLC）是一种乾型氯化钙微胶囊产品，它能降低死胎数同时增加泌乳量（未出版资料）。DeRouchey等（2005）报道在他们自己的田间试验里（对照日粮=218meq/kg而

WEANMOR[®]日粮=150meq/kg)，这种产品能降低尿的pH值，而且同胎次的同群母猪在死胎发生有交互影响的趋势（ $P < 0.10$ ）。因此，饲喂WEANMOR[®]能降低2~5胎次母猪生出死胎的数目（每胎少0.46头），但是6胎次及6胎次以上的母猪饲喂WEANMOR[®]死胎的数目仍然会增加。

在泌乳期饲料中实际操作电解质平衡可以藉由氯化钙来取代石粉，把原来在泌乳期220meq/kg饲料降到150meq/kg，就是用10lb.的氯化钙来取代7lb.的石粉及3lb.的玉米。目前氯化钙价格是0.19美元/lb.，每吨饲料会增加1.66美元的成本。

由于氯化钙的流动性差及黏结性对生产会造成困扰，因此，一般饲料厂会限制氯化钙的使用，使用（WEANMOR[®]）这类产品会造成生产成本的增加。目前，WEANMOR[®]的价格是5美元/lb.，添加方式是分娩前4d开始撒在料上，每天每头母猪25g，因此换算每头母猪每天是0.27美元。用这种方式来降低死产，全程添加的成本是1.10美元。WEANMOR[®]被使用于泌乳期全阶段，每增加一个使用天数将增加0.27美元的成本，但是能确保泌乳期产道健康，同时增加泌乳量。

2 左旋-肉碱

肉碱是类维生素的水溶性化合物，它能把脂肪酸透过线粒体膜传送而产生能量。很多报道都提到左旋肉碱的添加量为50mg/kg。

先前的研究已经证实左旋肉碱能够提高出生仔数以及断奶头数（Fremaut, 1993; Musser 等, 1999）。新的研究则观察到左旋肉碱能促进母猪每胎的生产性能，其中包括新生仔猪的生长表现和泌乳母猪提高泌乳量。很多研究已经证实在怀孕母猪料里添加左旋肉碱对于下一胎次出生仔猪的重量有增加的效果（Musser等, 1999; Eder等, 2001; Ramanau等, 2002; Eder等, 2003; 表1），所以饲料里添加左旋肉碱可以增加活产仔数，维持出生体重或更佳的出生体重（Ramanau 等, 2004）。一些研究者也发现左旋肉碱能降低出生体重轻的弱仔（体重 < 1.76 lb.）数（Eder等, 2001; Ramanau等, 2002; Eder 等, 2003; 表1），同时降低死产数（Eder 等, 2001; Ramanau等, 2002; 表1）。其他的研究报道左旋肉碱在妊娠母猪料添加，对于仔猪的肌肉发育起到正面的效果。Musser等（2001）的两个研究报告中提到，妊娠母猪料添加左旋肉碱，出生小猪的肌纤维数目分别比不添加组高出27.8%及6.5%。Musser等（2000）确认左旋肉碱在妊娠母猪饲料添加确实对仔猪肌纤维数目起到促进效果，同时在屠体等级上也有比较好的眼肌深度（ $P < 0.05$ ）（59.4vs57.0mm）及瘦肉率（55.1%vs54.5%）。

左旋肉碱对于促进新生胎儿生长机制还不是很明确，但是可以确定的是与能量代谢的能力有关联（Owen等, 2001），可以增加母体IGF-1浓度（Musser等, 1999），及影响母体leptin含量（Woodworth等, 2003）。Waylan等（2005）报道母体添加左旋肉碱将会影响主要生长因子及转录基因因子的基因表现，最后将调控肌原细胞的增殖与分化，这个过程使得出生仔猪肌纤维数目增加。这是胚胎期成肌细胞增加所致。其结论就是左旋肉碱在妊娠期饲料添加将会对生长与发育有正面效益，在出生窝重、降低死产及促进肌肉发育等环节上都起到作用。

过去的研究已经证实在泌乳期母猪添加左旋肉碱组，其小猪生产速度比不添加组快（Eder等, 2001; Ramanau等, 2002），最近研究（Ramanau等, 2004）则确认这些生长表现是通过增加母猪产奶量影响所致。

对于左旋肉碱在母猪上对于繁殖效能表现的作用机制还不是很透彻。有证据显示左旋肉碱对于母猪，通过直接与间接方式参与了很多不同的反应，最被一般人认知的就是它在脂肪酸代谢中扮演了整合的角色。相对于脂肪酸的研究，Owen等（2001）发现左旋肉碱也会影响碳水化合物以及蛋白质代谢，Woodworth等（2003）观察到妊娠母猪饲喂左旋肉碱，饲喂后葡萄糖利用被提高，而且脂肪酸的利用迅速提高。这些研究显示，左旋肉碱扮演着维持或提高母猪能量的重要角色。Woodworth等（2003）报告证实母猪饲喂含左旋肉碱的饲料在怀孕期28d时有较高的leptin含量。

有一点很重要，母猪在妊娠前28d，侧重在能量上的蓄积以弥补因为泌乳期的能量损耗。leptin含量越高伴随着较高的能量储存，左旋肉碱能够增加母猪能量蓄积的情况。而母猪leptin含量相对于生长肥育猪低了将近10倍，因此较高的leptin含量在一些过度肥胖

的动物并不会伴随饲料采食下降。Leptin在其他动物已经被证实会影响繁殖效率（Barash等, 1996），因此，左旋肉碱对循环leptin含量的影响归因于母猪繁殖效率的提升。

表1 添加左旋肉碱对母猪及窝产的影响 Ib.

项目	肉碱添加a		
	是	否	P<
出生活仔数/窝			
Musser 等1999	10.3	10.4	0.75
Eder等2001	10.0	9.9	0.88
Ranamau等2002	10.6	11.1	0.16
Ranamau等2003	10.0	12.8	0.01
出生死产数/窝			
Musser 等1999	0.8	0.5	0.02
Eder等2001	2.4	2.1	0.35
Ranamau等2002	0.9	0.8	0.50
出生弱仔数/窝b			
Eder等2001	0.9	0.4	0.03
Ranamau等2002	0.4	0.3	0.08
断奶头数/窝			
Musser 等1999	8.9	9.0	0.76
Eder等2001	8.1	8.5	0.19
Ranamau等2002	8.4	9.1	0.06
仔猪出生体重/kg			
Musser 等1999	1.49	1.53	0.01
Eder等2001	1.37	1.47	0.05
Ranamau等2002	1.38	1.48	0.02
Ranamau等2003	1.62	1.46	0.05
仔猪断奶体重/kg			
Musser 等1999	4.7	5.0	0.01
Eder等2001	8.2	8.7	0.02
Ranamau等2002	7.6	8.0	0.23
Ranamau等2003	9.2	9.8	0.05

a 以撒在料上作为饲料添加方式，左旋肉碱添加量为50mg/kg；

b 出生弱仔指的是出生体重小于1.76lb.的。

左旋肉碱在商业上已有实用的商品Carni chrome（龙沙公司，Fair Lawn, NJ），它里面含有50mg/kg的左旋肉碱及200μg/kg的吡啶甲酸铬。Real等（2003）报道母猪饲喂Carni chrome这个商品，能够比单独饲喂左旋肉碱或吡啶甲酸铬在繁殖性能上起到正效应。

左旋肉碱可以直接添加在饲料中或是放在维生素预混料里，龙沙公司出的左旋肉碱添加量是50mg/kg，合1t配合饲料里是4.15美元，1t配合饲料里添加50mg/kg的左旋肉碱再加上200μg/kg的吡啶甲酸铬的成本是4.45美元。相当于每头断奶仔猪多出0.22美元的肉碱成本，以及再多出0.015美元在肉碱和铬的添加上。

3 铬

铬是一种微量矿物元素，作用在机体内碳水化合物，脂质，蛋白以及核酸的代谢上，介由增加细胞葡萄糖的摄取及细胞间碳水化合物及细胞代谢来影响胰岛素的作用。

大多研究显示，铬在母猪饲料的添加大多是加入吡啶甲酸铬（ChromaxR, Prince Agri Products, Inc., Quincy, IL），也有添加蛋氨酸铬（Mi CroPl exR）（金宝公司，Eden Prairie, MN）或是丙酸铬（KemTRACE., 建明公司，Inc., Des Moines Iowa）的。

猪对铬的需求还没有很完整的证实，但是在实际操作中一般建议添加量是200μg/kg。有3个研究报告显示。母猪摄取含有200μg/kg吡啶甲酸铬的饲料在统计学上明显地增加出生

活仔数(Lindemann 等, 1995a; Hagen等, 2000; Lindemann等, 2000)。当然用蛋氨酸铬 200 μ g/kg在统计上也有明显的效益(Perez-Mendoza等, 2003)。另外5个研究报告则显示没有统计上的差异。但是相对对照组不添加组仍有数字上的优势(Lindemann 等, 1995b; Campbell, 1998; Trial 1)。

在有限的文献中, 已经被证实高的铬含量对于母猪繁殖性能有促进作用。Lindemann等(2004) 报告母猪饲喂600 μ g/kg的铬(10.94)相对于添加200 μ g/kg(9.82)以及不添加组(9.49)在统计学上明显提高出生活仔数。Perez-Mendoza 等(2003)也提出添加400 μ g/kg的蛋氨酸铬(10.9)相对对照不添加组(9.6)在统计学上有明显的提高出生活仔数, 但是对于添加200 μ g/kg组(11.0)则没有明显的差异。

值得我们注意的是, 虽然商业与学术研究在铬的添加上存在着添加期长短的差异, 但是大部分的实验报告都是正面的。所以, 在母猪饲料添加铬对于促进其繁殖性能的功能具有发展的潜力, 综合论述铬可以提高每窝0.8头的活仔数。

200 μ g/kg吡啶甲酸铬(Chromax.)每吨饲料的成本是1.35美元, 如果加上肉碱则再增0.30美元的成本, 这相当于每头断奶猪负担0.07美元的吡啶甲酸铬(ChromaxR)的添加成本。蛋氨酸铬(MiCroPlexR) 200 μ g/kg添加成本是1.05美元。相当于每头断奶猪负担0.05美元的成本, 一般养殖户在猪料的添加量都喂到400 μ g/kg的水平。丙酸铬(KemTRACER) 200 μ g/kg添加成本是1.4美元。相当于每头断奶猪负担0.053美元的成本。

4 脂肪酸的添加

ω -3脂肪酸因为应用于人类健康上的研究, 已经越来越受到重视。 ω -3 脂肪酸属于一种长链的碳链(18-22), 并有3-6个双键(不饱和位点上“ ω ”是指碳链脂肪酸上最后一个碳。这个位点我们通常定义它为“N”位点, ω -3脂肪酸(n-3)在第3个碳上有第1个双键, 而 ω -6 脂肪酸(n-6)在第6个碳上有第1个双键。

研究者特别感兴趣的是20碳5烯酸(EPA C22:5)以及22碳6烯酸(DHA C22:6), 这两个脂肪酸被认定与脑部发育有关, 同时对出生健康仔猪起到正面的效果。很多海鱼来源的油脂(金枪鱼, 三文鱼, 马哈鱼)是这类脂肪酸最好的来源, 但是要在母猪料上使用还不太可行。

有种具开发潜力的 ω -3脂肪酸来源, 是通过饲料添加亚麻油, 因为亚麻籽中可以提炼出亚麻油并含有 ω -3脂肪酸, 动物摄取后可以蓄积在猪肉(Romans 等, 1995)或是鸡蛋里(Ahn等, 1995)。Lawrence等(2004)加入5%的亚麻籽到母猪日粮中, 发现可以降低母猪的发情间距(8.0对7.4d)以及断奶前仔猪的死亡率(13.7%对10.0%), 同时每头母猪的断奶仔猪头数也增加。也有其他的研究者认为为了转换脂肪酸把亚麻籽用在动物上并不是那么必要。

FertiliumTM(United Feeds, Sheridan, IN)是一种混合了 ω -3脂肪酸、蛋白质、维生素及矿物质的干燥后产品。产品本身具有海源性油脂而且经过包被处理以稳定脂肪酸。Webel 等(2003)报道母猪在配种前35d开始喂饲 FertiliumTM, 相对于没有添加的对照组能增加下一胎次的出生数(11.6对11.0)及下一胎次的活产仔数(10.8对10.3)。在一个商业公司研究显示, Kitt 和 Moser(2005)报告, 在12个试验中(总母猪头数=2,050)分别在配种前24~35d开始添加FertiliumTM, 出生头数及出生活产仔数分别都比未添加组多出0.6头。有3个试验在统计学上有显著差异(P<0.03), 有3个试验有差异趋势(P<0.11), 有6个试验则是没有显著差异(P>0.20)。还有研究报道, 添加FertiliumTM的母猪在配种前10~23d开始喂饲, 并未有正面的效果。

FertiliumTM 365 在母猪饲料中已经被代入饲料里, 添加方式是在配种前28 d开始撒在料上(top dressing)。FertiliumTM 365的研究有很多限制, Kitt 和 Moser(2005)也有类似产品的研究报告, 后备母猪配种前45d开始饲喂FertiliumTM 365, 然后在妊娠料里每吨添加15lb., 泌乳料每吨添加20lb.。

Levis(2005)整理了 ω -3脂肪酸需求的几个报告提出:(1)母猪饲料最佳的 ω -3添加量;(2) ω -3对母猪繁殖循环及繁殖效率有正面效益;(3)比较好的 ω -3脂肪酸来源。

FertiliumTM 365 目前价格是0.70美元/lb.。饲料添加成本在妊娠料是10.5美元/t, 在泌乳料是14美元/t, 换算每头断奶猪负担0.6美元成本。

5 有机硒

在美国，法律上规定母猪饲料必须添加0.3mg/kg的硒，一般无机硒是主要的来源，而且添加在矿物质预混料里，近期对有机硒来源的应用上，发现饲料里用有机硒取代无机硒能够增加效益，有机硒被认为有较高的生物可利用率。市场上有两家有机硒的供应商：

(1) SELPLEX (奥特奇)；(2) SelenoSource AF™ (达农威)，试验证实饲喂有机硒比饲喂无机硒能够增加母猪血浆中硒的含量 (Mahan, 2000; Steidinger 及 Yoon, 2004)，同时很多试验提到母猪饲喂有机硒比饲喂无机硒能增加母猪奶里的硒含量 (Mahan, 2000; Mahan 及 Peters, 2004等)，也能提高0-日龄小猪体组成硒的含量 (Mahan 及 Peters, 2004)，在保育猪的试验 (Di amond V, 2004) 已证实母猪喂食有机硒较喂食无机硒，母猪本身以及出生仔猪体组成硒的含量都相对偏高，但是繁殖表现结果却并非完全一致。研究表明母猪或是后备母猪饲喂有机硒及无机硒在繁殖表现上并无明显的差异 (Mahan 及 Peters, 2004; Steidinger 及 Yoon, 2004等)。Lampe等 (2005) 报道母猪饲喂有机硒与无机硒在活产仔数、死产数及发情间距都没有差异，但是在出生重、断奶头数、断奶窝重有比较好的优势 ($P < 0.07$)。目前，有机硒能够取代无机硒 (一般是亚硒酸钠)，而添加0.3mg/kg有机硒，每吨饲料成本增加1.12美元 (亚硒酸钠成本是每吨饲料0.02美元，有机硒每吨成本1.14美元)，换算每头断奶猪有机硒比无机硒饲料多负担0.07美元的成本。

6 维生素B6

繁殖用母猪对于维生素B6的需求并非是100%必须的。Ri tchi e等 (1960) 报道母猪或后备母猪自妊娠期2个月起到35d泌乳期添加1.0或10.0mg/kg的维生素B6，其繁殖表现并没有明显差异。Easter等 (1983) 报道在后备母猪到妊娠阶段饲喂1.0mg/kg维生素B6的玉米-豆粕型日粮，仔猪出生窝重及断奶体重都会增加。Knights等 (1998) 报道在大麦型母猪日粮饲料里添加16mg/kg及1mg/kg的维生素B6，母猪发情间距有降低的趋势，但繁殖性能上二者则没有明显的差异。受限于有限的资料，对于母猪饲料里的需求，各种推荐量之间差异很大。

目前，维生素B6价格大约是8.23美元/lb.。如果饲料里添加5mg/kg，则每吨饲料增加0.10美元，每头断奶猪承担0.005美元。

7 β 葡聚糖

β 葡聚糖属于多醣类，一般见于酵母细胞壁或是燕麦及大麦上，有很多种形式的 β 葡聚糖，其差异点在于葡萄糖链结的多寡，每一种 β 葡聚糖的来源都有不同的纯度以及化学结构，所以生物活性也不尽相同。

目前，这类产品在繁殖母猪上的报道比较有限。Hurnik (2005) 报道母猪在分娩前1个月开始饲喂酵母 β 葡聚糖 (YBG) 有增加活仔数 ($P < 0.07$) 以及断奶头数 ($P < 0.08$) 的趋势，不过仍需要做很多研究才能证实这类产品对于母猪繁殖性能究竟能否起到助益。

目前，建议在妊娠期及泌乳期饲料里添加YBG，每胎次每头母猪添加YBG的成本是5.25美元，换算每头断奶猪负担0.52美元。(张述兴 编译)