



邝声耀，现任四川省畜科公司董事长兼总经理，四川省畜牧科学院院长助理，四川省畜牧科学院动物营养研究所所长，四川省饲料科技研发中心首席研究员。兼任四川大学教授，中国饲料工业协会常务理事，中国饲料科技与经济专业委员会常务理事，四川省饲料工业协会副会长，四川省畜牧业协会副会长，四川省质量技术监督协会副会长，四川省标准化委员会副主任，成都市饲料工业协会副会长。

荣获全国饲料行业科技进步先进工作者，全国30位优秀饲料创业企业家。

苏氨酸在养猪生产中的研究与应用新进展

四川省畜牧科学院动物营养研究所 邝声耀 唐凌 张纯 曾礼华

摘要：苏氨酸是猪营养需要的必需氨基酸，尤其是添加合成赖氨酸配制低蛋白质日粮时，猪日粮中的苏氨酸成为第一限制性氨基酸，可进一步改善饲料的氨基酸平衡和降低饲料的配方成本。本文综述了苏氨酸在养猪生产中的生理作用、免疫功能、缺乏症、营养需要量和应用效果。

关键词：苏氨酸 养猪 营养需要

在现代养猪生产中，随着赖氨酸(Lys)、蛋氨酸(Met)工业合成品在猪配合饲料中得到广泛应用，苏氨酸(Thr)在猪日粮中对猪的生产性能的影响越渐突出。Hansen等(1993)研究表明，在低蛋白高粱—豆饼基础日粮中添加赖氨酸后，苏氨酸成为生长猪的第一限制性氨基酸。因此，对苏氨酸应用的进一步研究也显得极为必要，以便有效的指导饲料生产。

1 苏氨酸的生理作用

1.1 苏氨酸作为必需氨基酸

(EAA)，参与体内蛋白质的合成

苏氨酸直接参与蛋白质的合成，在整个生命活动过程中起着不可替代的作用。猪日粮苏氨酸缺乏，将导致日粮中氨基酸的平衡失调，影响猪对饲料的消化吸收和生长速度。

1.2 苏氨酸可转化其他物质，间接参与生命活动

试验表明，苏氨酸在酶的作用下，能生成甘氨酸(Gly)，甘氨酸也是蛋白质的构成材料。饲料中苏氨酸至少有30%被转化为甘氨酸，占体内全部合成甘氨酸量的5%~10%。

酸，占体内全部合成甘氨酸量的5%~10%。

1.3 苏氨酸对猪的采食量影响

伍喜林(1994)对苏氨酸影响仔猪采食的研究表明：苏氨酸对采食量有一定的调节作用，仔猪采食量和日增重随苏氨酸水平的升高而增加，但超过0.748%时，采食量和日增重开始下降。高振川等(1998)研究发现：日粮总苏氨酸(TThr)在0.54%~0.82%范围内递增，仔猪的采食量有所增加，但并不呈现出剂量——效应的反应。

2 苏氨酸与猪的免疫

2.1 苏氨酸与仔猪的免疫

仔猪获得免疫保护基本来自两方面,一是从母乳中获得免疫保护或称被动免疫,二是在自然状态下仔猪自身免疫系统发生、发育而形成的主动免疫。初生仔猪通过母猪胎盘或初乳获得某种特异性抗体,从而获得对某种病原体的免疫力,抵御病原体的感染,以保证其早期的生长发育。一般来讲,母猪分娩后3~4d的母乳为初乳,其中含有大量的免疫活性物质,包括免疫球蛋白(IgG、IgA和IgM)、免疫活性细胞、非抗体保护蛋白,这些免疫活性物质可被哺乳仔猪消化道吸收。初乳中IgG能抵御感染败血症,IgA可抵抗肠道病原体的感染。而在初乳和常乳免疫球蛋白氨基酸组成中含量最高的是苏氨酸,均在10%以上。新生仔猪对免疫球蛋白的最大吸收在吸吮初乳后4~12h,随后吸收很快下降。出生后48h肠道完全关闭,这对阻止自然界中的病原大分子进入仔猪血液循环具有极为重要的意义。有研究显示,猪初乳中的淋巴细胞能经肠道转入仔猪体内,再经淋巴管转运到肠系膜淋巴结中并增强仔猪的免疫力。

2.2 苏氨酸与母猪的免疫

妊娠母猪对苏氨酸的需要量较高,苏氨酸对母猪免疫球蛋白的合成有重要影响,这可能与免疫球蛋白中苏氨酸含量有关。Cuaron(1984)研究表明,饲喂玉米—豆

粕日粮的妊娠母猪与饲喂有高粱的含氮量相同的强化日粮的妊娠母猪相比,前者血浆中IgG浓度将减少25%。但在饲喂高粱日粮母猪的初乳和仔猪血浆中,IgG的浓度并没有明显的变化,饲喂高粱日粮的母猪血浆IgG的减少可用增加苏氨酸的办法加以缓解,但添加赖氨酸却不行。这表明,即使当氨基酸平衡所需要的第一限制性氨基酸(赖氨酸)缺乏时,添加苏氨酸也能使血浆中IgG得到恢复,增加T细胞依赖性抗原的抗体合成量,而且母猪初乳中也含较多抗牛血清蛋白抗体。因此,虽然对氮平衡来说,赖氨酸是第一限制性氨基酸,但对妊娠母猪来说,要维持血浆IgG浓度,苏氨酸是第一限制性氨基酸,苏氨酸对妊娠母猪的体液免疫起主导作用。Hsu等(2001)研究也表明,低蛋白日粮添加苏氨酸能显著提高母猪初乳和常乳中IgG含量。

有研究表明,母猪在较冷的环境下产下仔猪时,仔猪血清免疫球蛋白的浓度及断奶仔猪成活率都会下降,而日粮中添加苏氨酸可改善冷环境对血清IgG浓度及仔猪成活率的不利影响,并增强仔猪的免疫力。

2.3 苏氨酸与生长猪的免疫

郑春田等(2000)报道,提高日粮中苏氨酸水平有助于迅速提高生长猪血清球蛋白和IgG含量($P<0.05$)但不影响最终含量,血清抗牛血清白蛋白抗体水平随日粮苏氨酸水平升高而升

高。抗猪瘟弱毒疫苗抗体含量在日粮苏氨酸水平为0.64%时最高,而后随着日粮苏氨酸水平升高而下降,当日粮苏氨酸水平为0.54%时,20kg~35kg生长猪的生长速度最佳,但更高的苏氨酸水平对增加机体免疫力有益。Li等(1999)研究表明,对于17kg~31kg生长猪,提高日粮苏氨酸的含量,能显著提高血清IgG浓度($P<0.01$)和抗牛血清白蛋白抗体水平($P<0.01$)。当苏氨酸水平为0.68%时,猪只获得最大生长速度,但为达到机体最佳体液免疫抗体合成量和IgG水平,则还需要更高的日粮苏氨酸含量,良好的免疫系统是最佳生产的基础,因此有必要对苏氨酸在抗体形成中的作用机理,以及保证最佳免疫机能的苏氨酸需要量等问题作进一步研究。

3 猪的苏氨酸缺乏症

猪缺乏苏氨酸时的整体表现是采食量下降、生长受阻、饲料利用率下降、脂肪肝和免疫功能抑制等症状。同时,还引起一系列的生化指标的变化:肝糖元浓度增加,血浆游离限制性氨基酸浓度降低,血清脂蛋白和游离脂肪酸浓度降低等(伍喜林,1993),血浆和脑中苏氨酸含量升高。Kalenyuk等(1996)给仔猪饲喂缺乏或过量的赖氨酸和苏氨酸日粮,仔猪采食量降低,蛋白质和能量沉积下降,蛋白质生物合成降低,加剧粪便和尿中氨基酸和含氮物的排除,使血中氨基酸的浓度下降,血清尿素氮

(SUN) 升高, 且肝脏中氨基酸氧化酶和尿素合成酶的活性增加, 加速了蛋白质的降解。伍喜林报道, 饲喂不含苏氨酸的饲料, 引起一系列的生长及形态学的变化: 增重迟缓, 肝脏增重显著, 腓肠肌重量降低, 胰腺、颌下腺、甲状腺和脾脏发生萎缩。此外, 严重缺乏苏氨酸引起6-磷酸葡萄糖脱氢酶活性上升, 磷酸化酶和羧氨酸酶活性显著降低, 而甘氨酸合成酶、精氨酸酶、组氨酸酶和酸性磷酸酶的活性无显著变化。

日粮中苏氨酸缺乏会限制猪最大生长潜力的发挥, 即使增加赖氨酸或蛋氨酸或两者同时按需要量添加, 也难使生长性能得到进一步提高, 随着苏氨酸的含量在仔猪日粮中的增加, 仔猪的生长成绩逐渐得到改善, 表现为日增重的提高和料肉比的下降。但苏氨酸的含量超过一定量时, 饲料氨基酸开始失衡, 生长成绩反而下降。

4 猪对苏氨酸的营养需要量

猪对苏氨酸的需求量受猪的品种、类型、生长阶段、性别、体内苏氨酸代谢状况及日粮氨基酸平衡情况多种因素影响。各国饲料标准也不一致, NRC (1998) 推荐20kg~80kg 体重生长猪苏氨酸的需要量分别为0.61% 和0.51%。目前, 国内对这两阶段体重的猪对苏氨酸需要量还没有确定的标准。李德发等(1998) 报道, 对于17.5kg 的生长猪, 日粮苏氨酸水平为0.

54% 时增重最高, 苏氨酸水平为0.74% 时饲料效率最高。为获得最高增重和饲料报酬, 在以玉米、小麦、大麦、大豆粕、花生粕为主要原料的日粮中, 1kg~10kg 仔猪赖氨酸与苏氨酸的比例为100:68; 10kg~20kg 为100:65; 20kg~60kg 为100:68; 60kg 以上为100:(65~68)。体重在20kg 以上生长肥育猪对苏氨酸的需要量表现为: 随体重的增加有所下降。

猪日粮中添加合成赖氨酸已被普遍接受和采用, 所以饲料中苏氨酸不足造成的影响就显得尤为突出。苏氨酸与动物的健康、生长和免疫等密切相关, 有关的国外研究进展, 伍喜林(1993), 张玉清(2000) 等已作了报道; 国内研究起步较晚, 只有高振川等少数文章。动物对苏氨酸的需要量受品种类型、性别、生长阶段、环境温度以及饲料中氨基酸的平衡情况等因素影响。不同阶段的生长猪对苏氨酸需要量如表1 所示。

从表1 中看, NRC 第十版(1998) 相应体重阶段生长猪的苏氨酸需要量比其他标准的推荐量略低。回头猪, 随日龄或体重

的增加, 其对苏氨酸的营养需要量相对减少, 日粮中粗蛋白质水平随之降低。霍贵成(1989) 报道了不同阶段生长猪对苏氨酸的需要量, 10kg~20kg 为0.56%, 20kg~50kg 为0.48%。Kerr 等(1995) 在20kg 生长猪低蛋白日粮中联合添加赖氨酸、色氨酸、苏氨酸, 研究其对生长猪生产性能的影响时, 也得到相似的结论。

表2 不同阶段生长猪苏氨酸的理想配比

体重 kg	赖氨酸%	苏氨酸%	资料来源
9 - 35	100	67	Gunther 等, 1987
18 - 35	100	69	Lenis 等, 1989
25 - 45	100	70	Coppslee 等, 1985
20 - 45	100	67	内布拉斯加大学
20 - 35	100	63	奥本大学
10 - 25	100	75	德任彦等, 2004

许振英(1992) 总结了20世纪50~80年代主要限制性氨基酸的需要量, 指出10kg~20kg 猪苏氨酸的理想配比为0.47%~1%, NRC (1988) 为0.56%, ARC (1981) 为0.63%; 20kg~50kg 生长猪苏氨酸的理想配比为0.5%~1.01%, NRC (1988) 为0.48%, ARC (1981) 为0.63%。不同阶段生长猪苏氨酸的理想配比见表2。

Lewis (1991) 研究谷物的限制性氨基酸并排列成序, 发现苏氨酸是玉米第三、大麦的第二、高粱的第二、小麦的第二限制性氨基酸。可见, 谷物易于缺乏赖氨酸, 其次是苏氨酸, 再次为色氨酸。Cromwell (1983) 和

表1 不同阶段生长猪对苏氨酸的需求量

生长阶段 kg	占日粮干物质%	占粗蛋白%	占能量 g/MJDE
20~40	0.74	4.36	0.077
7~20 ⁺	0.61	3.26	0.043
10~20 ⁺	0.53	2.83	0.037
21~37	0.65	3.91	0.049
10~20	0.56	2.68	0.039
20~50	0.46	2.56	0.032

注: 带“+”号是苏氨酸真消化率, 没有“+”号是回肠表观苏氨酸消化率。

Goihl (1987) 报道, 在以植物性原料为主构成的生长猪日粮中加入合成赖氨酸、色氨酸、苏氨酸, 可部分减少动物性饲料, 节约蛋白资源, 此时苏氨酸与赖氨酸的比例为 65:100 (高振川等, 1990)。构成蛋白质的必需氨基酸总量与非必需氨基酸总量比例为 (38.4~40.4):(61.6~59.6), 概括为 4:6 时, 可保证蛋白质的最佳利用。

在给定摄食氮的条件下, Wang 和 Fuller (1987, 1989) 以有效氨基酸为基础用半纯合日粮研究最大氮沉积的最佳氨基酸模式。该模式描述的猪体内用于维持和生长的氨基酸总需要相当恒定和准确 (Wang 等, 1987, 1989, 1990)。随着年龄和体重的增加, 氨基酸用于维持和生产两部分的 比例发生变化, 维持占的比重增加, 苏氨酸的肠道损失量约占苏氨酸维持需要量的 75% 左右。Baker (1990) 研究表明: 以总氨基酸为基础时, 20kg~50kg 生长猪, 苏氨酸与赖氨酸的比例为 67:100; 以回肠表观可消化氨基酸为基础时, 20kg~50kg 苏氨酸与赖氨酸的比例为 60:100 (肖长艇等, 1998)。苏氨酸的理想配比受谷氨酸的影响, 向苏氨酸缺乏的日粮中添加谷氨酸可减少苏氨酸从蛋白质中的降解; 当日粮苏氨酸成为体蛋白沉积的限制性因素时, 谷氨酸有部分节约苏氨酸的效应 (Floc 等, 1994, 1995)。实际生产中, 满足日粮苏氨酸和赖氨酸需要, 可降低日粮中其他氨

基酸的过量程度, 减少粪便和尿氮的排出量。配比过大, 苏氨酸过量, 动物肝脏降解能力提高, 对动物的生长影响较小, 对动物采食量和日增重不影响, 但造成资源浪费。以玉米、豆粕、花生粕为主要原料配制生长猪日粮, 赖氨酸、含硫氨基酸、苏氨酸与色氨酸的比例为 100:65:65:20 时, 获得较好的饲养效果, 氮沉积和血清尿素氮浓度较低, 苏氨酸水平从 80%NRC (1988) 增加到 110%NRC (1988) 时, 生长猪血清尿素氮浓度下降。

日粮苏氨酸的不同水平还影响生长猪血液理化指标, 苏氨酸含量为 0.68% 时, 生长猪血清的胆固醇含量降低, 碱性磷酸酶含量升高; 苏氨酸含量增加到 0.75% 时, 谷丙转氨酶的活性明显增加 (伍喜林等, 1994); 可见苏氨酸含量为 0.68% 时, 饲料具有较强的抗脂肪肝效果, 苏氨酸含量为 0.75% 时, 氨基酸的利用率提高, 同 Gatel (1989)、Vanweerden (1985) 的研究结果一致 (陈俊海等, 1995)。

5 苏氨酸在猪日粮中的应用效果

5.1 苏氨酸对猪生长的影响

从表 3 可以看出, 随着苏氨酸含量在仔猪日粮中的增加, 仔猪的生长成绩逐渐得到改善, 表现为日增重的提高和料肉比的下

降。近年来研究结果表明, 以回肠末端可消化氨基酸含量来表示各种氨基酸之间的比例关系或定义“理想蛋白质”, 要优于氨基酸化学含量的表达方法。

表 3 日粮中苏氨酸与赖氨酸化学含量的比例对仔猪生长的影响

苏氨酸:赖氨酸	54:100	60:100	66:100	72:100
日增重(g)	546	664	711	729
料肉比	2.27	2.05	1.91	1.89

当苏氨酸水平是 A R C (1998) 标准的 120%, 即当日粮总苏氨酸水平为 1.07%, 苏氨酸与赖氨酸的比例为 75:100 时, 仔猪生长性能良好 (譙仕彦, 2004)。

5.2 苏氨酸的经济和环境效益

苏氨酸的单价较贵, 目前市场上卖到 30 元/kg 左右, 比赖氨酸和蛋氨酸都要贵。但由于苏氨酸的适当添加而节省了鱼粉、豆粕等紧俏蛋白质饲料在日粮中的用量, 而且仔猪生长速度加快, 饲料转化率提高, 结果在增重相同的情况下, 饲料总成本降低。Suhutte 等 (1989) 试验表明, 18kg~35kg 仔猪由于苏氨酸的添加, 增重 17kg 的饲料成本由 71.64 元降为 67.64 元, 降幅为 5.35%。

仔猪饲料由于添加了苏氨酸, 饲料蛋白质的氨基酸比例更趋于合理, 从而饲料中的蛋白质品质有所改善。配方中蛋白质的含量就可合理地降低 3%~4%, 添加赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸平衡日粮氨基酸, 可改善仔猪生产性

能,降低腹泻频率,亦减少了粪
尿含氮废物的排泄量和处理费用,
降低了养猪所造成的环境污染。

6 结语和展望

随着认识的日益深入,从营
养、生化与免疫等角度利用最新

的科研成果进行氨基酸的平衡,
进一步研究苏氨酸在猪日粮中的
适宜添加和提高猪的生产性能,打
破或纠正养殖户错误地认为高蛋
白质的饲料就一定是好饲料。高蛋
白质饲料严重浪费蛋白资源,
2004年,全国饲料总量折合全价
配合饲料约1.5亿t,如果能将这
些饲料的粗蛋白质水平降低3个
百分点,全年可节省豆饼用量
1035万t。这对于饲料蛋白质资源
严重紧缺的我国饲料工业的持续
稳步发展,具有十分重要的意义。



四川省邛崃津瑛生物制品厂提供

■ 膨化血粉 ■ 膨化羽毛粉

膨化血粉是动物鲜血蒸煮(烤干)经膨化机通过机械高压的方式,在高温高压的状态下(250℃~350℃),熔成胶冻状,通过设备前端的喷料口连续喷出机外,瞬时降为常温常压,是熔化血粒爆裂、膨化、脱水和杀菌,形成圆柱状酥脆的膨化物,经粉碎(60目)得到象面粉一样的膨化血粉,经检测蛋白含量≥85%以上,水分≤10%,灰份≤6%,消化吸收率高,达到无菌、味香,适口性强,呈褐色带晶状闪光的粉末,对鸡、猪、鱼等畜禽的饲养可以获得满意的效果。

膨化羽毛粉,是用羽毛粉(水解)经过膨化机通过机械高压的方式,在高温高压的状态下(180℃~250℃),熔成胶冻状,通过设备前端的喷料口连续喷出机外,瞬时降为常温常压,使熔化的羽毛爆裂、膨化、脱水和杀菌,形成圆柱状酥脆的膨化物,经粉碎(100目)得到象面粉一样的膨化羽毛粉,经检测蛋白含量≥78%以上,水分≤5%,灰份≤12%,消化吸收率高,达到无菌、味香,适口性强,在饲料生产中可替代豆粕和鱼粉的优质原料,基本根除鸡鸭鹅啄肛现象。

联系地址:成都市静居士路20号2区2-2 邮编:610066

联系人:唐盗彬 电话:028-88820920 87703463 13908057199