

母猪赖氨酸需要量的研究进展

蒋亚东^{1,2} 王瑞生¹ 刘作华¹ 杨飞云¹ 兰云贤² 黄金秀^{1*}

(1.重庆市畜牧科学院,重庆 402460;2.西南大学荣昌校区,重庆 402460)

摘要: 赖氨酸作为母猪第一限制性氨基酸,对母猪繁殖性能和泌乳潜力的充分发挥具有重要的作用。本文主要从母猪氨基酸研究特点、研究现状,赖氨酸需要量的测定方法、测定指标以及母猪在妊娠期和哺乳期对赖氨酸的需要量进行综述,为养猪生产实践中母猪饲料的合理配制与科学饲养提供参考。

关键词: 母猪;赖氨酸;需要量

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2015)09-2654-13

母猪在猪生产中发挥着举足轻重的作用,整个猪生产都是围绕着母猪的配种、妊娠、产仔、断奶的过程循环进行的。母猪的营养不仅会影响仔猪的生产性能,而且对母猪的使用年限也会产生很大的影响。饲料中氨基酸是维持机体生命活动重要的营养物质,母猪氨基酸营养不足,会直接影响猪场的生产计划,降低养猪生产的效率。关于氨基酸需要量的研究一直是母猪营养领域的研究热点。其中,赖氨酸作为母猪的第一限制性氨基酸,保证母猪赖氨酸的摄入量对其繁殖性能的充分发挥尤为重要^[1-3],而且赖氨酸是研究其他氨基酸和粗蛋白质需要量的基准氨基酸^[4]。本文将主要从母猪氨基酸研究特点、研究现状及现存问题,赖氨酸需要量的测定方法、测定指标及妊娠母猪和哺乳母猪的赖氨酸需要量进行阐述,为生产实践中妊娠期和哺乳期的母猪科学饲养提供参考。

1 母猪氨基酸研究

1.1 母猪氨基酸研究特点

猪生理过程所需氨基酸都是先经过胃肠道对摄入蛋白质消化吸收,然后通过代谢反应提供给机体,机体总氨基酸的需要包括了维持机体功能

的氨基酸需要和体蛋白质沉积的氨基酸需要。母猪的生理不同于生长猪,在进行氨基酸营养研究时母猪具有一些不同的特点:1)妊娠母猪氨基酸的营养需要包括母体和胎儿的需要,哺乳母猪氨基酸需要除了满足自身需要外还要满足生产乳蛋白的需要,因此在确定氨基酸需要量时需要考虑的参数更多。2)母猪与采食量相关的内源性肠道氨基酸损失量不同于生长猪^[5]。目前,人们越来越重视氨基酸需要量的析因估测。用析因法估测氨基酸需要量时首先要确定维持需要量,而决定维持氨基酸需要量的其中一个因素就是与采食量相关的内源性肠道氨基酸损失。3)饲料原料回肠氨基酸消化率的数据几乎都是在生长肥育猪研究中得到的。有研究表明,与生长猪相比,母猪对玉米赖氨酸和苏氨酸有更高的真回肠消化率,但生长猪和母猪的小麦、大麦和菜籽粕苏氨酸的真回肠消化率没有显著差异^[6]。这就表明,与生长猪相比,母猪回肠氨基酸消化率的不确定性更大。4)由于母猪个体大,屠宰采样成本高,而且试验重复有限,这无疑给试验的实施带来难度。

1.2 母猪氨基酸研究现状及现存问题

目前有关母猪氨基酸需要量的研究,大都集

收稿日期:2015-03-19

基金项目:国家生猪产业技术体系专项(CARS-36);重庆市农发资金项目(15413)

作者简介:蒋亚东(1990—),男,河南商丘人,硕士研究生,研究方向猪的营养与饲料科学。E-mail: ydjiang2013@126.com

* 通信作者:黄金秀,研究员,硕士生导师,E-mail: short00@163.com

中在赖氨酸和苏氨酸上,但近年来对母猪有特殊生理意义的氨基酸如精氨酸、脯氨酸和一些支链氨基酸的研究也成为热点。研究表明,精氨酸对妊娠母猪来说是一种特殊的营养物质,不仅发挥一般的营养作用,更重要的是作为一氧化氮(NO)合成的前体物质发挥调控作用,保证充足的营养输送至胎盘^[2],而且精氨酸还可减少子宫发育不良现象^[8]。脯氨酸虽是一种条件性必需氨基酸^[5],但对母猪十分重要,因为脯氨酸是合成多胺的前体物质,多胺对调节基因表达、信号转导、DNA和蛋白质合成、胎盘和胚胎生长发挥重要作用^[9]。另外,一些支链氨基酸(亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸)在母猪妊娠期和哺乳期发挥着重要作用。

目前,有关赖氨酸、苏氨酸、精氨酸等氨基酸的研究虽多,但多以应用型研究为主,对相关机理的探讨不足。另外,在试验实施时不能严格控制影响因素,得到的结果存在争议。

2 母猪赖氨酸需要量的研究

赖氨酸作为母猪第一限制性氨基酸,不仅对母猪繁殖性能具有重要作用,而且还是研究其他氨基酸的基准性氨基酸。因此,确定母猪在不同时期的赖氨酸适宜需要量至关重要。

2.1 赖氨酸需要量的研究方法 with 测定指标

2.1.1 赖氨酸需要量的研究方法

动物营养需要量研究是动物营养学的重要内容,长期以来已形成一整套系统的研究方法。随着动物营养学及相关学科的发展与交叉,这些研究方法也在不断地进行改进和完善。对于不同的动物、不同的生产目的或不同的营养物质,各研究方法也不尽一致。开展氨基酸需要量评定试验的关键在于:1)使用缺乏待测氨基酸的原料设计出缺乏该氨基酸的基础饲料;2)基础饲料中,除缺乏待测氨基酸外其他营养物质组成合理;3)至少设计4个待测氨基酸的梯度水平;4)设计足够的试验持续时间;5)选择合适的统计方法^[5]。具体到动物对氨基酸需要量的研究方法,大致可分为2类:一类是以析因法为基础,根据氨基酸水平与动物组织氨基酸代谢关系,求出回归方程以确定氨基酸需要量,此类方法主要包括比较屠宰法、析因法、氮平衡试验和消化代谢试验;另一类是根据饲料中氨基酸水平与动物增重、饲料转化效率和产蛋率等生产性能指标的关系来推定待测氨基酸的

需要量,此类方法主要是剂量反应法。

不同的研究方法均有优缺点,为了获得相对准确的结果,应该综合采用不同的试验方法来相互验证。近年来,随着研究手段与技术的发展,一些新的研究手段也应用于猪氨基酸需要量研究中。例如,采用同位素标记的氨基酸作为指示氨基酸来研究氨基酸需要量(即指示氨基酸氧化法)^[10];还有利用外科手术安装母猪乳腺动静脉瘘管,分析动静脉血中氨基酸浓度来确定氨基酸的需要量^[11]。目前,国内研究母猪妊娠期和哺乳期赖氨酸需要量的方法主要是以剂量反应法为基础,外加一些动物代谢相关指标和与繁殖性能相关的激素水平的变化来综合确定赖氨酸需要量。

2.1.2 测定指标

采用不同方法来研究赖氨酸需要量时,所观测的指标也不尽相同。对于妊娠母猪来说,观测指标主要包括生产性能指标和血液指标2大类。其中,生产性能指标主要是妊娠期母猪增重、背膘变化、产仔数、产活仔数、初生窝重等,血液指标通常用的是血清尿素氮浓度。当饲料氨基酸达到平衡时,氨基酸合成蛋白质的效率最高,这时血清尿素氮浓度最低。血清尿素氮浓度是反映母猪体蛋白质动员的敏感指标,只要饲料氨基酸浓度发生变化,血液氮代谢很快就会出现反应。例如,饲料赖氨酸浓度变化4 d后,就能检测到血清尿素氮浓度的变化^[2]。所以,血清尿素氮浓度已被广泛用作确定母猪氨基酸需要的经典指标。研究发现,血清尿素氮浓度、产活仔数和初生窝重都是反映妊娠母猪赖氨酸需要量比较敏感的指标^[5,12]。此外,与维持妊娠和促进乳腺发育相关的激素,如孕酮、促黄体素、促卵泡素、催乳素、类胰岛素样生长因子-I等也可作为确定母猪妊娠期赖氨酸需要量的指标^[13-15]。

在实际生产中饲养哺乳母猪的目标是在保持适宜体况的前提下,尽可能使母猪哺乳能力最大,即猪乳的品质和数量达到理想状态。检测母猪哺乳能力的高低通常是测定母猪的泌乳量,检测母猪乳的品质通常是分析乳汁中的乳蛋白、乳脂、无脂固形物、乳糖等。由于母猪分泌的乳汁均被其所带仔猪吮吸,故哺乳仔猪的窝增重、断奶窝重是直接反映母猪哺乳能力的主要指标。另外,母猪泌乳力与采食量密切相关。因此,研究哺乳母猪赖氨酸需要量时,观测的指标主要包括母猪平均

日采食量、体重损失、血清尿素氮、断奶后发情间隔、仔猪窝增重和断奶窝重等。近年来,一些与生长和繁殖相关的激素指标也被用于确定哺乳期赖氨酸需要量的指标,如胰岛素、类胰岛素样生长因子-I、雌二醇、促黄体素、促卵泡素等^[11-12,15]。

2.2 母猪妊娠期和哺乳期赖氨酸需要量

2.2.1 妊娠阶段的划分与妊娠期赖氨酸需要量

母猪在妊娠期间的饲喂目标主要有3个:一是确保母猪能产下足够数量的体重合格的仔猪;二是乳腺发育正常,以保证能分泌出高质量的初乳和常乳;三是达到目标增重、分娩时所要求的体况及机体组成,且不会影响哺乳期或随后的生产性能。随着妊娠的延续,母猪的营养需求也不断发生变化,故妊娠期的母猪应采用阶段饲养,其赖氨酸需要量也因不同妊娠阶段而异。

2.2.1.1 母猪妊娠阶段的划分

母猪妊娠阶段的划分目前还没有统一的标准。Johnston等^[16]将妊娠期划分为3个阶段:妊娠前期(1~30 d)、妊娠中期(31~75 d)、妊娠后期(76 d至分娩)。Close等^[17]也认为,妊娠母猪的饲喂可分为妊娠前期(1~28 d)、妊娠中期(29~84 d)、妊娠后期(85 d至分娩)。尽管各试验对妊娠阶段的划分在时间上有些差异,但阶段划分的主要目的相同,妊娠前期的主要目的是保证胚胎存活率最大,妊娠中期的主要目的是保证胎儿生长发育正常以及初产母猪有足够的营养储备并达到成熟体况或弥补经产母猪上个泌乳期的体重损失,妊娠后期的主要目的是保证胎儿的迅速生长和乳腺组织的正常发育以保证哺乳期有充足的泌乳量。Cromwell等^[18]的试验表明,妊娠90 d后胎儿呈指数生长,期间适当提高母猪饲养水平(粗蛋白质供给量每天增加190.4 g)可提高仔猪初生重和成活率。但Weldon等^[19]发现,妊娠75 d后饲料代谢能可从24.11 MJ/d增加到43.95 MJ/d,粗蛋白质含量从216 g/d增加到330 g/d时,乳腺实质降低了27%,乳腺实质中DNA含量降低了30%。因此,妊娠75 d后增加营养会降低乳腺细胞的数量,从而对哺乳期乳汁的合成产生影响。新版NRC(2012)^[5]与旧版NRC(1998)^[1]比较,其中一个重要的区别就是,对妊娠母猪施行分阶段饲养,不同阶段其营养推荐量不同。妊娠期总蛋白质沉积和胎儿蛋白质沉积在妊娠90 d之后明显要高于之前的数据,故NRC(2012)^[5]将母猪妊娠期划分

为1~90 d和91 d至分娩2个阶段。综合考虑胎儿的生长和乳汁的合成等,妊娠后期提高营养水平的时间建议适当推迟至妊娠90 d。

2.2.1.2 妊娠期赖氨酸需要量

NRC(2012)^[5]提出的妊娠期氨基酸需要的模型将妊娠期母猪蛋白质沉积分割成6个部分,分别为胎儿组织、胎盘组织、子宫、乳腺组织、时间依赖性蛋白质沉积、能量依赖性蛋白质沉积。Dourmad等^[20]通过氮平衡试验得出整个妊娠期氮沉积与赖氨酸摄入量的关系为:氮沉积(g/d) = $-2.76 + 1.664 \times \text{回肠标准可消化赖氨酸}(\text{SID Lys})(\text{g/d})$,氮沉积在14.7 g/d达到平衡,此时SID Lys需要量为10.5 g/d。然而,Srichana^[21]用氮平衡法确定的妊娠期母猪赖氨酸需要量要高于Dourmad等^[22]的结果。他们建议,母猪在妊娠早期和中期的SID Lys需要量至少为15 g/d,而到妊娠后期需要量要增加到20 g/d^[21]。Samuel等^[22]利用指示氨基酸氧化法也发现,第2胎次母猪在妊娠前期和中期的SID Lys需要量分别为13.4和18.7 g/d;而对于第3胎次的母猪,妊娠前期和中期的SID Lys需要量分别减少到8.2和13.0 g/d。NRC(2012)^[5]对不同胎次、不同妊娠阶段的母猪赖氨酸推荐量也不同。其中,第1、2和3胎次妊娠前90 d的SID Lys推荐量分别为10.6、9.2和7.8 g/d,饲料SID Lys水平分别为0.52%、0.44%、0.37%;妊娠90 d以后的SID Lys推荐量分别为16.7、15.1、13.1 g/d,饲料SID Lys水平分别为0.69%、0.61%、0.53%。第4胎次及以上妊娠前90 d的SID Lys推荐量为6.3~6.7 g/d,饲料SID Lys水平为0.32%~0.33%;妊娠90 d以后的SID Lys推荐量为11.1~11.9 g/d,饲料SID Lys水平为0.46%~0.50%。

妊娠期提高饲料赖氨酸浓度可改善母猪繁殖性能。高天增^[23]试验表明,提高赖氨酸与粗蛋白质比例可改善妊娠母猪体增重、背膘厚、仔猪窝增重,从而使母猪繁殖性能得到改善。张荣飞等^[24]试验表明,经产母猪妊娠饲料中添加0.65%~0.74% SID Lys可使初乳中蛋白质和干物质含量提高,血液中胰岛素水平也显著提高,催乳素水平趋于提高。另外,妊娠后期增加饲料赖氨酸浓度会影响到仔猪初生重和窝重。Yang等^[25]发现,母猪妊娠后期饲料中总赖氨酸浓度从0.62%增加到0.82%,不仅增加了母猪体重和背膘厚,而且还增

加了仔猪出生窝重。Zhang 等^[26]通过设计几种不同赖氨酸浓度的饲料来确定妊娠期母猪总的赖氨酸需要量,发现饲料中总赖氨酸浓度达到 0.65% 会使母猪体重、背膘厚和仔猪出生窝重增加。时梦^[27]也得到类似结果,饲料 SID Lys 水平不仅显著影响妊娠后期母猪体重变化,而且对仔猪初生重有显著影响趋势,根据妊娠期母猪体重变化、仔猪初生重和母猪血浆代谢物含量得到的适宜 SID Lys 水平为 0.67%。

2.2.2 哺乳期赖氨酸需要量

哺乳期母猪乳腺良好发育和充足产奶量是保证仔猪快速增长的前提,因此,满足哺乳期的赖氨酸需要量尤为重要。哺乳期特别是初产母猪的哺乳期,一定要使母体蛋白质损失最小,否则会影响以后的繁殖性能^[3]。体组织损失过多是降低母猪繁殖性能的一个重要原因,会使母猪的利用年限缩短。在实际生产中,常常通过调控饲料赖氨酸浓度来满足哺乳母猪对赖氨酸的需要。King 等^[28]研究表明,高赖氨酸摄入量(49 g/d 总赖氨酸)可使母猪哺乳期体重损失最小。Huang 等^[29]也发现,初产哺乳母猪饲喂含 1.10% 总赖氨酸的饲料与含 0.95% 总赖氨酸的饲料相比,具有更少的体重损失,而且断奶至发情的时间间隔也有缩短的趋势。

哺乳母猪每日赖氨酸的估测需要量为维持需要量和泌乳需要量之和减去母猪体蛋白质动员所提供的赖氨酸量。Pettigrew 等^[30]试验发现,第 1 和 2 胎次的哺乳母猪赖氨酸需要量与仔猪窝增重的关系为:哺乳母猪每日维持所需的总赖氨酸量约为 49 mg/kg BW^{0.75},总赖氨酸需要量(g/d) = 0.026×窝增重(g/d) - 7.549 ($R^2 = 0.63$), 7.549 是母体分解体蛋白质来满足乳的合成的量。Dourmad 等^[31]试验表明,哺乳母猪赖氨酸摄入量与乳中氮输出的关系为:氮平衡 = -15.8 + 1.22×赖氨酸摄入量 - 0.63×乳中氮含量, $R^2 = 0.89$; 母猪体重变化 = -477 + 30.1×赖氨酸摄入量 - 14.7×乳中氮含量, $R^2 = 0.70$ 。时梦^[27]研究得出,初产母猪哺乳期体重损失与赖氨酸需要量的关系为:初产母猪哺乳期体重损失 = 84.62×(SID Lys)² - 170.73×SID Lys + 111.11, $R^2 = 0.93$; 仔猪平均日增重与赖氨酸需要量的关系为:仔猪平均日增重 = -327.36×(SID Lys)² + 638.63×SID Lys - 93.54, $R^2 = 0.63$ 。由此可见,赖氨酸摄入量对维持氮平衡和哺乳母

猪体重具有重要作用。NRC(1998)^[1]根据哺乳期母猪失重和仔猪日增重,将哺乳母猪总赖氨酸的需要量推荐为 31.6~61.9 g/d,饲料中适宜的总赖氨酸浓度推荐为 0.82%~1.03%。但 NRC(2012)^[5]根据胎次、哺乳期母猪失重和仔猪日增重,将哺乳期母猪 SID Lys 的需要量推荐为:初产母猪 42.2~49.3 g/d,饲料适宜 SID Lys 水平为 0.75%~0.87%;经产母猪 45.3~52.6 g/d,饲料适宜 SID Lys 水平为 0.72%~0.84%。

2.2.3 赖氨酸与其他氨基酸平衡

所谓氨基酸需要首先是讲氨基酸平衡,而满足氨基酸需要量是要求在氨基酸平衡的基础上满足各种氨基酸的数量。摄入比例不当的氨基酸会造成氨基酸缺乏、氨基酸中毒、氨基酸拮抗和氨基酸利用率降低等不利影响。母猪妊娠期为了防止母猪摄入过多的能量一般采用限制饲喂,但限制饲养也会限制蛋白质的摄入,引起蛋白质缺乏,尤其在妊娠后期和哺乳期。因此,为了防止蛋白质缺乏,必须为母猪提供一个能高效利用的饲料即氨基酸平衡饲料。近年来的一些研究已经意识到母猪在妊娠期和哺乳期营养需要是一个动态变化过程。因此,不同阶段所需氨基酸平衡的比例也不相同。Kim 等^[32]通过研究得出母猪妊娠期 0~60 d 和 61~114 d 赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸与亮氨酸的理想比例分别为 100:79:65:88 和 100:71:66:95;哺乳期 21 d 母猪体重损失在 0~33 kg 和 33~45 kg 的赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸与亮氨酸的理想比例分别为 100:59:77:115 和 100:69:78:123。NRC(2012)^[5]根据新的妊娠母猪和哺乳母猪模型也估测出了各种氨基酸的比例及需要量,详见表 1 和表 2。

2.2.4 母猪妊娠期与哺乳期赖氨酸需要量的影响因素及现存问题

母猪在妊娠期和哺乳期对赖氨酸的需要是一个动态变化过程,因品种、体重、环境、胎次、上次哺乳期体重损失、妊娠阶段等的不同而有所变化。表 3 和表 4 分别列出了近十几年以来母猪妊娠期和哺乳期赖氨酸需要量的研究结果。由表可见,各试验所得出的结果不尽相同,可能与以下因素有关:1) 饲料能量水平。饲料中能量水平可对采食量造成一定的影响,从而影响氨基酸需要量。Giles 等^[58]认为饲料中能量水平影响赖氨酸的需要量,具体表现为低能量饲料中赖氨酸的添加使

采食量和增重均有所提高,高能量饲料中赖氨酸的添加使采食量下降。2)品种。不同品种其遗传基础不同,妊娠期和哺乳期赖氨酸需要量也不尽相同。目前对母猪妊娠期的研究多以长×大母猪为试验动物,综合得出长×大母猪妊娠期总赖氨酸需要量的范围为 0.56%~0.87%。而钟正泽等^[41]采用含荣昌猪血缘的渝荣 I 号 CB 系的试验得出,真可消化赖氨酸为 0.69%时母猪的生长繁殖性能较好。对于纯种中国地方品种母猪妊娠期赖氨酸需要的研究迄今未见报道;对哺乳期的研究也多以长×大杂交猪为研究对象,PIC 猪^[48]和中国瘦肉猪新品系 DⅢ^[51]的哺乳期总赖氨酸需要量为 1.0%,大×长杂交猪的总赖氨酸需要量为 0.88%~1.30%,而荣昌母猪的可消化赖氨酸需要量为 0.8%^[56]。3)胎次。第 1~2 胎次的妊娠母猪对赖氨酸需要量比第 3 及以上胎次的母猪高^[5,22],初产母猪哺乳期所需的赖氨酸要明显高于经产母猪。4)饲料类型。不同饲料类型也可能是影响赖

氨酸需要量的因素。有研究表明,随着饲料中菜籽粕水平增加,断奶至发情间隔有延长趋势,产活仔数和育成仔数有下降趋势^[59]。这可能是因为不同类型饲料的氨基酸消化率不同引起的。5)怀仔数。母猪妊娠期怀仔数未知。一般来说,母猪怀仔数越多,妊娠期对赖氨酸的需要量就会越高,哺乳期母猪带仔数不同其产奶量不同,其赖氨酸需要量也就不同。6)氨基酸需要量表示形式。不同试验所采用的氨基酸需要量表示形式不同。目前主要有饲料中氨基酸浓度、每日需要量、单位代谢体重需要量、单位蛋白质沉积需要量、单位饲料能量需要。当以饲料中浓度表示时,它会随着饲料能量水平的提高而增加^[5]。7)妊娠阶段。不同的妊娠阶段,赖氨酸需要量也不尽相同。母猪在妊娠前期对赖氨酸的需要量较妊娠后期的低^[21]。8)环境因素。哺乳母猪对环境温度敏感,猪舍温度会影响母猪采食量,采食量不同会对其研究结果会造成一定影响。

表 1 NRC(1998)与 NRC(2012)中妊娠母猪氨基酸需要量估测

Table 1 Estimated for pregnant sow amino acid requirement in NRC (1998) and NRC (2012)

配种时体重 Body weight at breeding/kg	125		150		175		200	
胎次 Parity	1		2		3		4	
妊娠期期望增重 Anticipated gestation weight gain/kg	55		45		40		35	
预计产仔数 Expected litter size	11		12		12		12	
饲料代谢能 Dietary ME/(MJ/kg)	13.67		13.67		13.67		13.67	
来源 Source	NRC (1998)	NRC (2012)	NRC (1998)	NRC (2012)	NRC (1998)	NRC (2012)	NRC (1998)	NRC (2012)
估测采食量 Estimated feed intake/(kg/d)	1.96	1.892	1.84	1.847	1.88	1.927	1.92	1.987
回肠标准可消化赖氨酸 SID Lys/%	0.50	0.56	0.49	0.47	0.46	0.40	0.44	0.35
回肠标准可消化赖氨酸 SID Lys/(g/d)	9.7	10.6	9.0	8.6	8.7	7.7	8.4	6.9
回肠标准可消化氨基酸(相对于赖氨酸) SID AA (relative to Lys)								
精氨酸 Arg	8.2	52.5	1.1	52.1		51.8		51.4
组氨酸 His	32.0	33.8	32.2	33.1	32.2	32.6	32.1	32.2
异亮氨酸 Iso	57.7	55.6	57.8	55.8	58.6	56.3	59.5	56.8
亮氨酸 Leu	96.9	91.4	96.7	93.2	95.4	94.5	94.0	95.8
赖氨酸 Lys	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
蛋氨酸 Met	27.8	28.0	27.8	27.8	27.6	27.7	27.4	27.5
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	66.0	64.6	67.8	67.2	70.1	69.3	71.4	71.6
苯丙氨酸 Phe	58.8	54.8	57.8	56.1	57.5	57.1	57.1	58.1
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	97.9	95.6	98.9	97.1	98.9	98.6	100.0	100.1
苏氨酸 Thr	75.3	71.1	77.8	74.9	79.3	78.6	82.1	82.3
色氨酸 Try	19.6	18.1	20.0	19.3	19.5	20.1	20.2	21.0
缬氨酸 Val	68.0	70.9	67.8	73.0	67.8	74.8	67.9	76.7

表 2 NRC(1998)与NRC(2012)中哺乳母猪氨基酸需要量估测

Table 2 Estimated for lactating sow amino acid requirement in NRC (1998) and NRC (2012)

分娩后体重 Body weight at postfarrowing/kg	175		175	
哺乳期期望体重变化	0		-10	
Anticipated lactational weight change/kg				
仔猪日增重 Daily weight gain of piglets/(g/d)	250		250	
饲料代谢能 Dietary ME/(MJ/kg)	13.67		13.67	
来源	NRC	NRC	NRC	NRC
Source	(1998)	(2012)	(1998)	(2012)
估测采食量 Estimated feed intake/(kg/d)	6.40	6.46	5.66	5.48
回肠标准可消化赖氨酸 SID Lys/%	0.85	0.75	0.90	0.79
回肠标准可消化赖氨酸 SID Lys/(g/d)	54.3	48.2	51.2	43.5
回肠标准可消化氨基酸(相对于赖氨酸) SID AA (relative to Lys)				
精氨酸 Arg	57.3	57.8	54.7	54.5
组氨酸 His	40.0	40.1	39.6	39.7
异亮氨酸 Iso	55.4	55.7	55.7	55.7
亮氨酸 Leu	113.3	111.9	113.5	113.7
赖氨酸 Lys	100.0	100.0	100.0	100.0
蛋氨酸 Met	26.0	26.8	25.8	26.6
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	47.9	52.8	47.9	53.3
苯丙氨酸 Phe	54.7	54.3	54.5	54.6
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	112.5	111.5	112.9	113.1
苏氨酸 Thr	61.3	64.3	61.5	64.5
色氨酸 Try	17.9	19.0	18.4	19.5
缬氨酸 Val	84.3	85.3	85.2	85.3

表 3 1994 年来妊娠母猪赖氨酸需要量的研究汇总

Table 3 Summary of studies on lysine requirement for pregnant sows since 1994

编号 No.	品种 Breed	胎次 Parity	饲料类型 Type of diet	样本数量 Sample No.	赖氨酸需要量 Lysine requirement	所测指标 Evaluation criteria	年份 Year	文献 Reference
1	—	1~3	玉米-豆粕	499	总赖氨酸: 0.64%	产仔数、产活仔数	1994	Coffey 等 ^[33]
2	—	1	小麦-豆粕	30	妊娠前期赖氨酸/ 消化能:9.68 g/MJ;妊娠中 期赖氨酸/消化能:9.27 g/MJ; 妊娠后期赖氨酸/消化能: 11.21 g/MJ	氮沉积	1996	King 等 ^[34]
3	PIC	混合胎次	大麦- 小麦- 豆粕	419	总赖氨酸:10.6 g/d (消化能为 12.98 MJ/kg)	母猪体重变化、背膘 变化、初生窝重	2001	Cooper 等 ^[35]
4	大白	混合胎次	小麦- 玉米- 玉米蛋白	8	SID Lys:10.5 g/d (消化能为 14.39 MJ/kg)	氮平衡	2002	Dourmad 等 ^[20]

续表 3

编号 No.	品种 Breed	胎次 Parity	饲料类型 Type of diet	样本数量 Sample No.	赖氨酸需要量 Lysine requirement	所测指标 Evaluation criteria	年份 Year	文献 Reference
5	加系长白	—	玉米-豆粕	90	总赖氨酸:0.83% (消化能为 12.76 MJ/kg)	母猪背膘厚变化、 新生仔猪重	2002	陈国宇 等 ^[36]
6	长×大	3~5	玉米-豆粕	30	赖氨酸与粗蛋白质比: 0.040~0.045(粗蛋白质为 14%,消化能为 12.59~ 12.63 MJ/kg)	母猪体重变化、母猪 背膘变化、产活仔数、 血液指标	2004	高天增 等 ^[37]
7	长×大	2~4	玉米-小麦-豆粕	36	总赖氨酸:0.60% (代谢能为 14.23 MJ/kg)	仔猪初生重、 产活仔数	2008	Yang 等 ^[25]
8	长×大	3~5	玉米-小麦-豆粕	48	总赖氨酸:0.59%~ 0.82%(代谢能为 13.67 MJ/kg)	仔猪初生重、 产活仔数	2009	Yang 等 ^[38]
9	PIC	1	玉米-豆粕	20	0.69%~0.71% (消化能为 13.10 MJ/kg)	产仔数、 母猪体重变化	2009	Kim 等 ^[32]
10	渝荣 I 号 CB 系	1	玉米- 豆粕- 小麦麸	36	真可消化赖氨酸: 0.69%(消化能为 12.50 MJ/kg)	孕酮、胰岛素、 促黄体素	2009	钟正泽 等 ^[39]
11	长×大	混合胎次	玉米- 豆粕- 小麦麸	200	总赖氨酸:0.65%~0.74% (消化能为 13.19 MJ/kg)	母猪体重变化、背膘 变化及血清尿素氮、 胰岛素、催乳素	2011	张荣飞 ^[24]
12	长×大	3~4	玉米- 豆粕- 玉米 淀粉	7	妊娠前期 SID Lys:9.4 g/d; 妊娠后期 SID Lys:17.4 g/d (代谢能为 13.9 MJ/kg)	指示氨基酸 氧化法	2012	Samuel 等 ^[22]
13	长×大	1	玉米- 豆粕	277	总赖氨酸:28~35 g/d (代谢能为 12.83 MJ/kg)	母猪体重和背膘 变化、仔猪初生重	2013	Magnabosco 等 ^[40]
14	伊比利 亚猪	2~3	大麦- 豆粕	90	总赖氨酸:17.2 g/d (代谢能为 12.49 MJ/kg)	母猪体重变化、背膘变 化及血清尿素氮、甘油 三酯、肌酐酸	2013	Gómez- Carballar 等 ^[41]
15	长×大	1	玉米- 小麦麸- 豆粕	150	SID Lys:0.67% (代谢能为 12.56 MJ/kg)	妊娠期母猪体重 背膘变化、总产仔数、 产活仔数、死胎数、初生重、 窝重、初乳成分、血糖、 肌酐酸、甘油三酯及血清 尿素氮、胰岛素、促卵 泡素、促黄体素等	2013	时梦 ^[27]

“—”表示未知 represented unknow。

表 4 1998 年来哺乳母猪赖氨酸需要量的研究汇总								
Table 4 Summary of studies on lysine requirement for lactating sows since 1998								
编号 No.	品种 Breed	胎次 Parity	饲料类型 Type of diet	样本数 Sample No.	赖氨酸需要量 Lysine requirement	所测指标 Evaluation criteria	年份 Year	文献 Reference
1	PIC	混合胎次	玉米-豆粕	247	表观可消化赖氨酸:0.79%(代谢能为 14.23 MJ/kg)	采食量、母猪体重变化、背膘变化、断奶至发情间隔、仔猪窝增重	1998	Touchette 等 ^[42]
2	大白	初产	大麦-小麦-玉米-豆粕	73	总赖氨酸:45~55 g/d,(代谢能为 13.23 MJ/kg)	采食量、体重变化、背膘变化、仔猪窝增重	1998	Dourmad 等 ^[31]
3	大×长	1	玉米-豆粕	36	总赖氨酸:1.18%(代谢能为 13.48 MJ/kg)	采食量、母猪体重变化、背膘变化、仔猪窝增重	1999	Jones 等 ^[43]
4	大×长	1	玉米-豆粕	28	总赖氨酸:1.16%(代谢能为 14.23 MJ/kg)	采食量、母猪体重变化、背膘变化、仔猪窝增重	1999	Kim 等 ^[44]
5	大×长	1	玉米-豆粕	35	总赖氨酸:0.88%(代谢能为 13.73 MJ/kg)	采食量、母猪体重变化、背膘变化、产奶量、乳成分、仔猪窝增重	1999	Kusina 等 ^[45]
6	混合品种	混合胎次	玉米-豆粕	267	可消化赖氨酸:0.80%(代谢能为 13.73 MJ/kg)	采食量、母猪体重变化、背膘变化、断奶至发情间隔、仔猪窝增重	1999	Johnston 等 ^[46]
7	PIC	1	玉米-豆粕	36	总赖氨酸:1.0%(净能为 8.75 MJ/kg)	采食量、母猪体重变化、背膘变化、断奶至发情间隔、仔猪窝增重、血液指标	2000	Yang 等 ^[47]
8	大×长×北	经产	玉米-豆粕-小麦次粉	30	总赖氨酸:1.0%(消化能为 13.79 MJ/kg)	血清尿素氮、胆固醇、总蛋白、白蛋白、球蛋白及乳成分、仔猪成活率、仔猪腹泻率	2001	赵世明 等 ^[48]
9	中国瘦肉猪新品系 DⅢ	平均胎次 4.67	玉米-玉米淀粉-豆粕-鱼粉	30	总赖氨酸:1.0%(消化能为 14.29 MJ/kg)	泌乳量、泌乳期体重背膘变化、断奶至发情间隔及血浆尿素氮、游离氨基酸	2001	张金枝 等 ^[49]
10	大×长×皮	1	玉米-豆粕-小麦	29	总赖氨酸:1.08%(代谢能为 12.98 MJ/kg)	采食量、母猪体重变化、背膘变化、断奶至发情间隔、仔猪窝增重、血液指标	2002	Mejia-Guadarrama 等 ^[50]

续表 4

编号 No.	品种 Breed	胎次 Parity	饲料类型 Type of diet	样本数 Sample No.	赖氨酸需要量 Lysine requirement	所测指标 Evaluation criteria	年份 Year	文献 Reference
11	大×长	3~5	玉米-豆粕	65	赖氨酸与粗蛋白质 比例:0.063(粗蛋白质为 17%, 消化能为 14.23 MJ/kg)	采食量、体重变化、 背膘变化、断奶至 发情间隔、产奶量、 仔猪窝增重和血液指标	2003	高天增 [23]
12	大×长	2~3	玉米-豆粕-玉米 淀粉	16	总赖氨酸:0.90% (代谢能为 14.3 MJ/kg)	采食量、母猪 体重变化、背膘变化、 眼肌面积变化、产奶量 和仔猪窝增重	2004	Guan 等 ^[51]
13	约克	经产	玉米-豆粕-小麦 麸	198	总赖氨酸:0.95% (消化能为 13.23 MJ/kg)	母猪体损失、 背膘变化、断奶至 发情间隔、仔猪生产性能、 血清尿素氮、血糖、 乳成分等	2004	王凤来 [52]
14	瑞系长白	3 胎 以上	玉米-豆粕-鱼粉- 次粉	40	总赖氨酸:0.994% (消化能为 13.63 MJ/kg)	采食量、体重变化、 背膘变化、断奶至 发情间隔、仔猪窝 增重和血液指标	2007	李连缺 等 ^[53]
15	大×长	1	玉米-小麦-豆粕	48	总赖氨酸:1.3% (代谢能为 13.64 MJ/kg)	采食量、母猪体重 变化、背膘变化、 血液指标	2009	Yang 等 ^[38]
16	大×长	3~6	玉米-豆粕-鱼粉	200	总赖氨酸:1.0% (消化能为 14.23 MJ/kg)	母猪体重背膘变化、 断奶至发情间隔、血浆 氨基酸、乳汁氨基酸及 血清尿素氮、肌酐酸、 甘油三酯	2010	杜敏清 等 ^[54]
17	荣昌猪	经产	玉米-豆粕-小麦 麸	24	可消化赖氨酸:0.8% (消化能为 12.97 MJ/kg)	仔猪窝增重、血糖、 血脂及血清尿素氮、 胆固醇、白蛋白、 球蛋白、总蛋白、 赖氨酸	2011	龙定彪 等 ^[55]
18	大×长	混合 胎次	玉米-豆粕-小麦 麸	150	SID Lys:0.976% (消化能为 13.56 MJ/kg)	母猪体重变化、 仔猪窝增重、断奶至 发情间隔和血液指标	2012	薛凌峰 [11]
19	大×长	3~5	玉米-豆粕-小麦- 碎米	60	总赖氨酸:1.17% (消化能为 14.23 MJ/kg)	仔猪日增重、 母猪日产奶量、母猪体重 背膘变化、母猪哺乳期 采食量、断奶至 发情间隔	2013	蓝荣庚 [56]

续表 4

编号 No.	品种 Breed	胎次 Parity	饲料类型 Type of diet	样本数 Sample No.	赖氨酸需要量 Lysine requirement	所测指标 Evaluation criteria	年份 Year	文献 Reference
20	大×长	3~5	玉米- 豆粕- 小麦麸- 鱼粉	70	总赖氨酸:0.90%~ 0.95%,(消化能为 13.66 MJ/kg)	母猪采食量、乳成分、 母猪哺乳期体重背膘变化、 断奶至发情间隔、仔猪 生长性能及血清尿素氮、 雌二醇、促乳素、 胰岛素、游离氨基酸	2014	董志岩 等 ^[12]

3 小结与展望

母猪在妊娠期和哺乳期对赖氨酸的需要是一个动态变化的过程,受到品种、胎次、生理阶段和环境等诸多因素的影响,必须根据各个阶段的生理特点配制饲料,决定饲喂量。另外,随着赖氨酸需要量研究方法的不断改进,对母猪赖氨酸需要量研究更加精细化,但仍存在一些问题亟待解决:1)有关母猪妊娠期和哺乳期赖氨酸需要量的研究多数都是以外种猪为试验动物,而针对纯种地方猪及其杂交品系母猪赖氨酸需要量的研究仍非常少,国外研究结果是否适用我国地方品种还有待进一步研究。2)营养需要的评定方法需要改进,如果在试验中既测定猪的表观生产性能数据,同时又以代谢试验量化营养素的利用情况,这样就可以得出更准确的营养需要量的数据。3)在对母猪氨基酸需要量研究时,妊娠阶段要明确妊娠后期各种蛋白质库(胎儿、胎盘、子宫、乳腺等)中的氨基酸组成,还要明确妊娠期各种氨基酸沉积的效率。4)在母猪哺乳阶段,以后要更多地研究氨基酸参与合成乳汁的效率以及乳汁中蛋白质转化为仔猪增重的效率。5)氨基酸分析测定方法需要改进。氨基酸分析测定是研究氨基酸营养的基础,准确地确定饲料、组织、体液和食糜中的氨基酸含量就会更加准确的确定氨基酸的需要量。

参考文献:

[1] NRC. Nutrient requirements of swine [S]. 10th ed. Washington, D.C. : National Academy Press, 1998.

[2] SOLTWEDEL K T, EASTER R A, PETTIGREW J E. Evaluation of the order of limitation of lysine, threonine, and valine, as determined by plasma urea nitro-

gen, in corn-soybean meal diets of lactating sows with high body weight loss [J]. Journal of Animal Science, 2006, 84 (7) : 1734-1741.

[3] BOYD R D, TOUCHEET K J, CASTOR G C, et al. Recent advances in amino acid and energy nutrition of prolific sows [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Science, 2000, 13 (11) : 1638-1652.

[4] 范志勇, 贺建华, 王建辉, 等. 繁殖母猪的氨基酸需要研究进展 [J]. 中国饲料, 2007 (18) : 20-23.

[5] NRC. Nutrient requirements of swine [S]. 11th ed. Washington, D.C. : National Academy Press, 2012.

[6] MOEHN S, BALL R O. 母猪的氨基酸营养需要 [J]. 饲料工业, 2013 (20) : 60-64.

[7] WU G, MORRIS S M. Arginine metabolism; nitric oxide and beyond [J]. The Biochemical Journal, 1998, 336: 1-17.

[8] DE BOO H A, VAN ZIJL P L, SMITH D E C, et al. Arginine and mixed amino acids increase protein accretion in the growth-restricted and normal ovine fetus by different mechanisms [J]. Pediatric Research, 2005, 58 (2) : 270-277.

[9] 蒋宗勇, 马现永, 林映才. 母猪氨基酸营养代谢研究新进展 [C] // 第五届全国猪营养学术研讨会论文集. 哈尔滨: 中国畜牧兽医学会, 2007: 194-205

[10] ELANGO R, BALL R O, PENCHARZ P B. Indicator amino acid oxidation: concept and application [J]. The Journal of Nutrition, 2008, 138 (2) : 243-246.

[11] 薛凌峰. 哺乳母猪适宜标准回肠可消化赖氨酸与代谢能比例的研究 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2012.

[12] 董志岩, 刘亚轩, 刘景, 等. 饲料赖氨酸水平对泌乳母猪生产性能、血清指标和乳成分的影响 [J]. 动物营养学报, 2014, 26 (3) : 605-613.

[13] 张荣飞, 朴香淑. 母猪赖氨酸需要研究进展 [J]. 中国畜牧杂志, 2011, 47 (6) : 65-68, 75.

- [14] DENG D, HUANG R L, LI T J, et al. Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential amino acids [J]. *Livestock Science*, 2007, 109 (1/2/3): 220–223.
- [15] 杨鹏. 妊娠期营养水平对初产母猪繁殖性能、营养代谢和乳成分的影响 [D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2013.
- [16] JOHNSTON L, TROTTIER N. Nutritional methods to improve sow productivity examined [Z]. *Feedstuffs*, 1999; 12–17.
- [17] CLOSE W H, TAYLOR-PICKARD J A. A look at phase feeding of sows during gestation [J]. *Pig Progress*, 2012, 28(5): 13–15.
- [18] CROMWELL G L, HALI D D, CLAWSON A J, et al. Effects of additional feed during late gestation on reproductive performance of sows; a cooperative study [J]. *Journal of Animal Science*, 1989, 67(1): 3–14.
- [19] WELDON W C, THULIN A J, MACDOUGALD O A, et al. Effects of increased dietary energy and protein during late gestation on mammary development in gilts [J]. *Journal of Animal Science*, 1991, 69(1): 194–200.
- [20] DOURMAD J Y, ETIENNE M. Dietary lysine and threonine requirements of the pregnant sow estimated by nitrogen balance [J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80(8): 2144–2150.
- [21] SRICHANA P. Amino acid nutrition in gestating and lactating sows [D]. Ph.D. Thesis. Columbia: University of Missouri, 2006.
- [22] SAMUEL R S, MOEHN S, PENCHARZ P B, et al. Dietary lysine requirement of sows increases in late gestation [J]. *Journal of Animal Science*, 2012, 90 (13): 4896–4904.
- [23] 高天增. 赖氨酸与粗蛋白质比例对猪生产性能及氮利用率的影响 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [24] 张荣飞. 妊娠母猪能量与赖氨酸需要的研究 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2011.
- [25] YANG Y X, HEO S, JIN Z, et al. Effects of dietary energy and lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in multiparous sows [J]. *Animal Reproduction Science*, 2008, 62: 10–21.
- [26] ZHANG R F, HU Q, LI P F, et al. Effects of lysine intake during middle to late gestation (day 30 to 110) on reproductive performance colostrum composition, blood metabolites and hormones of multiparous sows [J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2011, 24(8): 1142–1147.
- [27] 时梦. 初产母猪适宜标准回肠可消化赖氨酸和苏氨酸需要量的研究 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2013.
- [28] KING R H, TONER M S, DOVE H, et al. The response of first-litter sows to dietary protein level during lactation [J]. *Journal of Animal Science*, 1993, 71 (9): 2457–2463.
- [29] HUANG F R, LIU H B, SUN H Q, et al. Effects of lysine and protein intake over two consecutive lactations on lactation and subsequent reproductive performance in multiparous sows [J]. *Livestock Science*, 2013, 157 (2/3): 482–489.
- [30] PETTIGREW J E, YANG H. Protein nutrition of gestating sows [J]. *Journal of Animal Science*, 1997, 75 (10): 2723–2730.
- [31] DOURMAD J Y, NOBLET J, ETIENNE M. Effect of protein and lysine supply on performance, nitrogen balance, and body composition changes of sows during lactation [J]. *Journal of Animal Science*, 1998, 76 (2): 542–550.
- [32] KIM S W, HURLEY W L, WU G, et al. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation [J]. *Journal of Animal Science*, 2009, 87(Supl. 14): E123–E132.
- [33] COFFEY M T, DIGGS B G, HANDLIN D L, et al. Effects of dietary energy during gestation and lactation on reproductive performance of sows; a cooperative study [J]. *Journal of Animal Science*, 1994, 72(1): 4–9.
- [34] KING R H, PETTIGREW J E, MCNAMARA J P, et al. The effect of exogenous prolactin on lactation performance of first-litter sows given protein-deficient diets during the first pregnancy [J]. *Animal Reproduction Science*, 1996, 41(1): 37–50.
- [35] COOPER D R, PATIENCE J F, ZIJLSTRA R T, et al. Effect of energy and lysine intake in gestation on sow performance [J]. *Journal of Animal Science*, 2001, 79 (9): 2367–2377.
- [36] 陈国宇, 陈连茂, 肖延宁. 加系长白和大约克种猪妊娠期营养水平的研究 [J]. *中国畜牧杂志*, 2002, 38 (6): 24–25.
- [37] 高天增, 王凤来, 李德发, 等. 日粮赖氨酸与粗蛋白质比例对妊娠母猪繁殖性能的影响 [J]. *中国饲料*, 2004(7): 17–18, 21.
- [38] YANG Y X, HEO S, JIN Z, et al. Effects of lysine in-

- take during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous and multiparous sows [J]. *Animal Reproduction Science*, 2009, 112 (3/4) : 199–214.
- [39] 钟正泽,江山,肖融,等.初产母猪妊娠前期能量和赖氨酸的适宜需要量[J]. *动物营养学报*, 2009, 21 (5) : 625–633.
- [40] MAGNABOSCO D, BIERHALS T, RIBEIRO R R, et al. Lysine supplementation in late gestation of gilts: effects on piglet birth weight, and gestational and lactational performance [J]. *Ciência Rural*, 2013, 43 (8) : 1464–1470.
- [41] GÓMEZ-CARBALLAR F, LARA L, NIETO R, et al. Effect of increasing lysine supply during last third of gestation on reproductive performance of Iberian sows [J]. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2013, 11 (3) : 798–807.
- [42] TOUCHETTE K J, ALLEE G L, NEWCOMB M D, et al. The use of synthetic lysine in the diet of lactating sows [J]. *Journal of Animal Science*, 1998, 76 (5) : 1437–1442.
- [43] JONES D B, STAHLY T S, STAHLY. Impact of amino acid nutrition during lactation on body nutrient mobilization and milk nutrient output in primiparous sows [J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77 (6) : 1513–1522.
- [44] KIM S W, OSAKA I, HURLEY W L, et al. Mammary gland growth as influenced by litter size in lactating sows: impact on lysine requirement [J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77 (12) : 3316–3321.
- [45] KUSINA J, PETTIGREW J E, SOWER A F, et al. Effect of protein intake during gestation and lactation on the lactational performance of primiparous sows [J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77 (4) : 931–941.
- [46] JOHNSTON L J, ELLIS M, LIBAL G W, et al. Effect of room temperature and dietary amino acid concentration on performance of lactating sows [J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77 (7) : 1638–1644.
- [47] YANG H, PETTIGREW J E, JOHNSTON L J, et al. Effects of dietary lysine intake during lactation on blood metabolites, hormones, and reproductive performance in primiparous sows [J]. *Journal of Animal Science*, 2000, 78 (4) : 1001–1009.
- [48] 赵世明,高振川,姜云侠,等.泌乳母猪饲粮适宜赖氨酸水平的初步研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2001, 32 (3) : 206–211.
- [49] 张金枝,邵庆均,卢伟,等.高产泌乳母猪饲粮蛋白质与赖氨酸参数的研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2001, 37 (5) : 7–9.
- [50] MEJIA-GUADARRAMA C A, PASQUIER A, DOURMAD J Y, et al. Protein (lysine) restriction in primiparous lactating sows: effects on metabolic state, somatotrophic axis, and reproductive performance after weaning [J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80 (12) : 3286–3300.
- [51] GUAN X, PETTIGREW J E, KU P K, et al. Dietary protein concentration affects plasma arteriovenous difference of amino acids across the porcine mammary gland [J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82 (10) : 2953–2963.
- [52] 王凤来. 哺乳母猪能量和蛋白质营养需要研究[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [53] 李连缺,王爱国,李爱赞,等.瑞典长白猪泌乳母猪粗蛋白质与赖氨酸适宜水平的研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2007, 43 (13) : 27–28.
- [54] 杜敏清,吴德,方正峰,等.不同饲粮氨基酸水平对泌乳母猪生产性能、血液指标及乳汁中氨基酸浓度的影响[J]. *动物营养学报*, 2010, 22 (4) : 863–869.
- [55] 龙定彪,汪超,刘作华,等.荣昌猪哺乳母猪 Dlys 适宜水平的研究[J]. *饲料工业*, 2011, 32 (17) : 30–32.
- [56] 蓝荣庚.南方夏秋高温季节洋二元杂种经产母猪哺乳期对颗粒饲料粗蛋白质(赖氨酸) 需要量的试验探究[J]. *饲料工业*, 2012 (3) : 33–35.
- [57] GILES L R, BATTERHAM E S, DETTMAN E B. Amino acid and energy interactions in growing pigs 2. Effects of food intake, sex and live weight on responses to lysine concentration in barley-based diets [J]. *Animal Production*, 1986, 42 (1) : 133–144.
- [58] 顾先红,杨宝良.我国母猪蛋白质和氨基酸营养研究进展[J]. *中国饲料*, 2000 (15) : 17–19.

Research Progress on Lysine Requirement for Sows

JIANG Yadong^{1,2} WANG Ruisheng¹ LIU Zuohua¹ YANG Feiyun¹

LAN Yunxian² HUANG Jinxiu^{1*}

(1. *Chongqing Academy of Animal Sciences, Chongqing 402460, China*; 2. *Southwest University Rongchang Campus, Chongqing 402460, China*)

Abstract: Lysine as the first limiting amino acids in sows feeds, and plays an important role in the reproductive performance and the milking potential of sows. This review focused on the features of amino acids research on sow, assessment methods and indicators of lysine requirement, as well as summary of studies on lysine requirement of sows in the gestation and lactation period inside and outside China. This paper would provide some useful references for formulating a sow diet and feeding guide in swine production. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(9):2654-2666]

Key words: sow; lysine; requirement

* Corresponding author, professor, E-mail: short00@163.com