

妊娠及泌乳期母猪能量需要在畜牧生产中的应用研究

安肖凯^{1,2}, 高开国¹, 王文策², 肖昊^{1*}

(1. 广东省农业科学院动物科学研究所/农业部华南动物营养与饲料重点实验室/畜禽育种国家重点实验室/岭南现代农业科学与技术广东省实验室茂名分中心/广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广东 广州 510640;
2. 华南农业大学动物科学学院/广东省动物营养调控实验室, 广东 广州 510642)

摘要: 能量是母猪妊娠阶段最重要的营养物质, 为猪的一切生命活动提供燃料。准确测量母猪不同生长阶段饲料原料的能量利用率, 可以配制更全面的饲料以满足猪不同生长阶段的能量需求。该文综述了包括美国猪营养需要(NRC, 2012)在内的四种数据库的妊娠期和哺乳期母猪的能量需要量, 以及研究不同能量物质添加对不同阶段母猪繁殖性能及生理功能等的影响, 为今后繁殖期母猪能量动态需要量研究提供了理论参考。

关键词: 妊娠期; 哺乳期; 母猪; 能量

中图分类号: S815.1 **文献标识码:** A **文章编码:** 1005-8567(2023)02-0011-07

Study of Energy Requirement of Sows during Pregnancy and Lactation and Its Application in Animal Husbandry

AN Xiaokai^{1,2}, GAO Kaiguo¹, WANG Wence², XIAO Hao^{1*}

(1. Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding, Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangzhou Guangdong 510640;
2. Guangdong Key Laboratory of Animal Nutrition and Regulation, College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong 510642)

Abstract: Energy is the most important nutrient in the gestation stage of sows, providing fuel for sow maintenance growth, reproduction and lactation processes as well as physical activity. Accurate determination of the energy utilization of feed ingredients in sows at different growth stages can better meet the energy needs of pigs at different growth stages. This paper reviews the energy requirements of sows during gestation and lactation from four databases e.g. the Nutrient Requirements of Swine (NRC, 2012), and effects of different energy substance additions on reproduction performance and physiological function of sows at different stages, to provide a theoretical reference for future research on the dynamic energy requirements of sows during reproduction.

Keywords: Gestation; Lactation; Sow; Energy

收稿日期: 2022-08-03

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFD1300401); 国家自然科学基金(31902172); 科技创新战略专项资金(高水平农科院建设)(R2017YJ-YB1004, 202106TD); 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系

作者简介: 安肖凯(1998年生), 男, 硕士研究生, 主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: xiaokaian2021@163.com

*通讯作者: 肖昊(1988年生), 女, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事猪营养与饲料科学研究。E-mail: xiaohao@gdaas.cn

“精准营养技术”是动物营养界近几年提出的新概念,是动物处于正常的生理代谢前提下,通过改变饲料组成或营养摄入量,充分挖掘饲料中潜在营养成分,使其被动物吸收利用最大化,从而降低养分流失,减轻养殖环境污染等。能量是母猪妊娠阶段最重要的营养物质,为猪的一切生命活动提供燃料。准确测量母猪不同生长阶段饲料原料的能量利用率,可配制更全面的饲料以满足猪不同生长阶段的能量需求。随着断奶仔猪数量的显著增加,现代妊娠母猪的能量需要量显著增加^[1]。大量研究表明妊娠后期及泌乳期添加能量饲料能够有效提高母猪的能量摄入量,提高产奶量及仔猪断奶重等^[2]。与饲喂单一泌乳饲料相比,根据母猪泌乳阶段需求改变饲料配方可提高母猪产奶量和仔猪断奶重,然而母猪妊娠期及泌乳期的分阶段喂养及不同能量浓度需求的变化规律尚未见报道^[3]。关于母猪的日粮能量很多国家地区因其环境及所饲养猪的品种的不同而有所差异,通过对这些标准进行比较,笔者总结归纳妊娠期和哺乳期母猪不同的生长阶段饲喂不同能量水平的日粮。同时也综述了研究不同能量物质添加对不同阶段母猪生长性能、产仔性能繁殖性能及生理功能等的影响,为今后繁殖期母猪能量动态需要量研究提供了理论参考。

1 母猪能量物质来源

我国主要猪饲料原料包括玉米、小麦、大麦、高粱、豆粕、玉米高油 DDGS、菜籽粕、棉籽粕、玉米蛋白粉、玉米皮、麦麸和大豆皮,其中谷物类如玉米、高粱、大麦、小麦等具有相对较高的淀粉浓度,较好的适口性,易于消化,同时具有较高的能量转化率^[4]。谷物的净能(NE):代谢能(ME)比值为0.70—0.80,预示着谷物中70%—80%的ME被猪用于维持和生产。豆类作物如大豆、蚕豆、小豆等。粗蛋白质含量丰富,约占20%—40%,淀粉、糖类含量比谷实类低,维生素,矿物质含量与禾本科谷实接近,豆类子实的蛋白质品质最佳^[5]。谷物中的碳水化合物(糖、淀粉和纤维)是猪饲料中最丰富的能量来源。脂肪和油脂平均贡献的总能量是碳水化合物的2.25倍,但它们在饲料中所占的数量较少,因此对其总能量的贡献较小。蛋白质通

常占饲料总能量的15%—20%。蛋白质来源被用以满足猪对氨基酸的需求。饲料中蛋白质来源的能量贡献也是显著的。许多蛋白质来源的代谢能与玉米相似。然而,蛋白质来源的NE往往比玉米低。这些饲料成分的NE值比ME值能更好地估计猪从蛋白质来源获得的“真实”能量^[6]。

玉米是全世界使用的主要谷物,玉米中干物质、粗蛋白质、粗脂肪的含量分别为87.46%、8.01%、3.35%,比其他谷物含有更大的能量密度。在2020版国家标准中,玉米的总能含量为16.24 MJ/kg,其母猪消化能含量为15.33 MJ/kg,由于其丰富性和高能量集中度,玉米是与其他谷物相比较的基础。高粱所含能量略低于玉米,高粱中干物质、粗蛋白质、粗脂肪的含量分别为87.91%、9.27%、1.93%,基本可以替代猪饲料中的玉米。高粱的总能含量为16.22 MJ/kg,其母猪消化能含量为13.35 MJ/kg。小麦中干物质、粗蛋白质、粗脂肪的含量分别为89.71%、13.23%、1.53%,小麦的总能含量为16.46 MJ/kg,其母猪消化能含量为15.23 MJ/kg。在制备以小麦为基础的日粮时,应考虑到赖氨酸等氨基酸的较高含量。皮大麦中干物质、粗蛋白质、粗脂肪的含量分别为88.73%、11.41%、2.47%,皮大麦的总能含量为16.49 MJ/kg,皮大麦的母猪消化能含量是13.36 MJ/kg^[7]。

2 妊娠期和哺乳期母猪所需的能量

妊娠期母猪的能量需求主要包括维持需要、孕体生长和母体蛋白沉积(包括子宫和乳腺组织蛋白沉积),而泌乳期母猪能量需要主要优先满足维持能量需要和产奶能量需要(NRC(2012))。我们综述了猪营养需要量(2020),美国猪营养需要(NRC(2012)),英国猪营养需要(ARC(2003))及丹麦猪营养标准中妊娠期及哺乳期母猪的能量需要量见表1—表5。

2.1 妊娠期的母猪能量

表1为猪营养需要量(2020)、NRC(2012)及丹麦猪营养标准在母猪妊娠期的营养推荐量,猪营养需要量(2020)与NRC(2012)均设计了母猪前三胎的能量需要量,并提供了配种体重、产仔数、饲料能量等具体数值,在妊娠期第90天前后设置不同的能量饲料与采食量,全面且详细。但NRC(2012)依据的是玉米-豆粕型日粮,因而最适宜的

表1 妊娠母猪饲粮能量需要量

项目	单位	猪营养需要量(2020)						NRC(2012)						丹麦猪营养标准					
胎次		1		2		3		1		2		3		1		2			
配种体重	kg	135		160		180		140		165		185		120		150			
产仔数	头	11		12		13		12.5		13.5		13.5		11		12.5			
母猪体重变化	kg	65		60		52.5		—		—		—		77		72.5			
妊娠天数	d	< 90	≥90	< 90	≥90	< 90	≥90	< 90	≥90	< 90	≥90	< 90	≥90	< 30	30~85	> 85	< 30	30~85	> 85
估计采食量	g/d	2135	2580	2240	2670	2270	2690	2130	2530	2210	2610	2210	2610	1818	2424	3030	1981	2358	2925
饲料消化能	kcal/kg	3330	3435	3330	3435	3330	3435	3388	3388	3388	3388	3388	3388	—	—	—	—	—	—
饲料代谢能	kcal/kg	3200	3300	3200	3300	3200	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3010	3010	3010	3180	3180	3180
饲料净能	kcal/kg	2435	2510	2435	2510	2435	2510	2518	2518	2518	2518	2518	2518	2100	2100	2100	2290	2290	2290
消化能摄入量	kcal/d	7110	8860	7455	9170	7560	9240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
代谢能摄入量	kcal/d	6830	8515	7160	8810	7260	8875	6678	7932	6928	8182	6928	8182	5472	7296	9120	6300	7498	9302
净能摄入量	kcal/d	5195	6475	5445	6700	5520	6750	5363	6371	5565	6572	5565	6572	3818	5093	6363	4536	5400	6698

表2 ARC(2003)妊娠母猪能量需要量

项目	单位	ARC(2003)											
妊娠中期母猪体重	kg	150						225					
估计采食量	kg/d	1.9		2.2		2.5		2.4		2.7		2.8	
母猪妊娠期活体增重	kg	20		40		60		15		27.5		37.5	
饲料消化能	kcal/kg	5947		7022		8073		7667		8479		9004	
净能摄入量	kcal/d	4371		4991		5613		5470		5971		6282	

表3 哺乳母猪饲粮能量需要量

项目	单位	猪营养需要量(2020)												NRC(2012)					
胎次		1				2				3				1		2			
窝产仔数	头	10				11				12				11		11.5			
产后体重	kg	170				190				210				175		210			
仔猪平均日增重	g/d	180	220	260	180	220	260	180	220	260	190	230	270	190	230	270	190	230	270
估计采食量	g/d	4170	4170	4170	5660	5660	5660	6130	6130	6130	5950	5950	5950	6610	6610	6610	6610	6610	6610
饲料消化能	kcal/kg	3650	3650	3650	3650	3650	3650	3650	3650	3650	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388
饲料代谢能	kcal/kg	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
饲料净能	kcal/kg	2660	2660	2660	2660	2660	2660	2660	2660	2660	2518	2518	2518	2518	2518	2518	2518	2518	2518
消化能摄入量	kcal/d	16500	16500	16500	19800	19800	19800	21450	21450	21450	—	—	—	—	—	—	—	—	—
代谢能摄入量	kcal/d	17000	17000	17000	20400	20400	20400	22100	22100	22100	18700	18700	18700	20700	20700	20700	20700	20700	20700
净能摄入量	kcal/d	12550	12550	12550	15060	15060	15060	16320	16320	16320	—	—	—	—	—	—	—	—	—
母猪体重变化	kg	-0.2	-11.3	-22.3	6.6	-4.9	-15.8	6.9	-5.7	-17.5	1.5	-7.7	-17.4	3.7	-5.8	-15.9	3.7	-5.8	-15.9

表4 丹麦猪营养标准哺乳母猪能量需要量

项目	单位	丹麦猪营养标准									
产后体重		150					200				
窝产仔数	头	6		8		10		12		6	
估计采食量	kg	4.25		5.19		6.13		7.08		4.72	
饲料代谢能	kcal/kg	3180		3180		3180		3180		3180	
饲料净能	kcal/kg	2290		2290		2290		2290		2290	
代谢能摄入量	kcal/d	13500		16500		19500		22500		15000	
净能摄入量	kcal/d	9722		11882		14042		16203		10802	

表5 ARC(2003)哺乳母猪能量需要量

项目	单位	ARC(2003)								
妊娠中期母猪体重	kg	150			225			300		
估计采食量	kg/d	4.5	5.5	6.5	7	8	9	8	9	10
日泌乳量	kg	6	8	10	9	11	13	10	12	14
饲料消化能	kcal/kg	3057	3201	3296	3057	3153	3224	3129	3201	3201
消化能摄入量	kcal/d	13734	17579	21424	21353	25174	29020	24959	28805	32650
净能摄入量	kcal/d	2150	2221	2293	2102	2150	2197	2126	2173	2221

饲料能量水平依原料的可利用性和当地原料成本不同而改变,当使用替代原料时,建议按净能含量设计日粮配方,调整营养需要量确保营养含量与净能比率保持不变^[8]。猪营养需要量(2020)中所用为瘦肉型母猪营养需要,猪营养需要量(2020)中消化能与代谢能、代谢能与净能之间的转化系数分别为0.97和0.76;丹麦猪营养标准设计了前两胎次的能量需要量,相较于前两个模型,此模型将妊娠期喂养的饲料水平分为三个阶段,更为细致划分了不同阶段的采食量。

表2为ARC(2003)在母猪妊娠期的营养推荐量,ARC(2003)根据妊娠中期母猪增重的不同,设计不同采食量与饲料能量水平,确定母猪妊娠期活体增重和能量摄入量。ARC(2003)中消化能与代谢能、代谢能与净能之间的转化系数分别为0.96和0.71。ARC(2003)中母猪饲料均为风干饲料,不同于其他模型。

2.2 哺乳期的母猪能量

表3为猪营养需要量(2020)与NRC(2012)在母猪哺乳期的营养推荐量,在相同胎次与产后体重设计同水平的饲料能量与能量摄入,母猪有不同的体重变化,两个模型均缺少母猪的泌乳量,对比其他两个模型,其仍是更为详细的。然而,泌乳期的能量需要应该是根据一胎和二胎的采食量确定,同时要考虑温度变化,NRC的计算时一胎的采食量为5.95 kg/d,远远高于正常生产条件下的采食量(我们试验组为3.6 kg/d左右)。且在夏季高温情况下的采食量同样也没有进行考虑。根据NRC系统手动输入这几个参数,可得到哺乳母猪的能量动态需要。因而实际生产中运用NRC数据库时应当根据具体参数进行测算。

表4为丹麦猪营养标准在母猪哺乳期的营养

推荐量,在相同产后体重和饲料能量的条件下设置不同窝产仔数,以确定母猪采食量及能量摄入量,没有设定不同胎次营养需要以及产奶量等指标。

表5为ARC(2003)在母猪哺乳期的营养推荐量,ARC(2003)在哺乳期母猪体重、采食量等方面设置不同水平,确定母猪的净能摄入量。

3 不同能量水平或来源对母猪生产的影响研究

3.1 对母猪繁殖性能的影响

3.1.1 对胎盘、胎儿体重等指标的影响

随着断奶仔猪数量的显著增加,现代母猪的能量需要量显著增加。妊娠期的高能量供应可促进胎儿发育,改善胎盘营养供应,提高胎儿体重和仔猪初生重的均匀性^[9]。妊娠期或哺乳期母猪饲料中添加n-3多不饱和脂肪酸可加快胎盘生长,从而改善对胎儿的营养供应,有利于胎儿关键发育阶段所需脂肪酸的积累,促进其生长发育和改善其免疫状况^[10]。妊娠后期饲喂高发酵性非淀粉多糖饲料的母猪,添加额外能量(淀粉或脂肪)不会增加初生窝重和仔猪存活率,但会增加母体增重^[11]。而在母猪妊娠后期,相对于13.8 MJ/d净能摄入量,15.9 MJ/d摄入量会降低生长发育迟缓的仔猪数,且改善仔猪出生时的肌肉张力,但妊娠期过高的能量摄入会降低母猪采食量,增加母猪哺乳期体重损失^[12]。妊娠后期和哺乳期母猪饲料中添加8%水平的脂肪能显著提高母猪乳中脂肪的含量及母猪乳汁的能量浓度,并会增加仔猪从出生到断奶的平均窝重^[11]。当妊娠期母猪饲料中添加11.78%粗脂肪(相比于7.27%粗脂肪)不会延迟胎儿的卵巢发育,但会通过诱导氧化应激和加速

后代细胞凋亡来改变胎儿的卵巢健康,使母体不能为她的胎儿提供最佳的宫内环境^[13]。母猪饲料中添加棕榈油(添加量为40 g/kg)可提高母猪乳脂含量,从而提高仔猪能量供给^[10]。当母猪妊娠后期饲料中豆粕浓度从20%增加到35%,母猪的采食量降低,体重损失增加^[14]。

3.1.2 对母猪生产性能的影响

夏季将泌乳期饲料中脂肪或油脂的添加量从2%增加到11%,相当于每日增加约1 100 kcal代谢能,能提高乳脂率,改善母猪的产仔性能^[15]。哺乳期食入能量较低时(限制到10 Mcal/d/头代谢能),会导致母猪体重和背膘厚度的下降幅度增大,降低仔猪断奶体重,并对仔猪断奶后母猪的发情造成不利的影响^[16]。饲料能量来源(脂肪或淀粉)显著影响泌乳母猪的血糖和胰岛素浓度,不论能量来源如何,饲喂高净能水平饲料(44 MJ NE/d)的母猪在断奶后10天内发情的比例均高于饲喂低净能水平饲料(33 MJ NE/d)的母猪^[17]。在妊娠第33天至第112天期间,将饲喂量提高约30%(即比NRC推荐水平高出15%),母猪整个妊娠期的母体蛋白质沉积、背膘厚、平均日增重均有所提高^[18]。虽然母猪在怀孕期间需要限制喂养,但更需要高能量的母乳喂养以提供哺乳期额外的能量需求^[19]。高能量摄入量对妊娠后期体重增加和仔猪出生重有积极影响,但是单纯高能量摄取量的母猪发生死胎的概率更高,因此同时增加氨基酸和能量摄入才能使母猪体重最大限度地生长^[20]。妊娠后期和泌乳期饲料总缬氨酸:赖氨酸优化至0.87:1,可以显著提高母猪采食量,提高仔猪的断奶体重和平均日增重,对于提高泌乳期母猪生产性能具有良好的效果^[21]。在初产母猪青春期前进行限饲处理,母猪促性腺激素的分泌有明显的日节律性,可通过血糖、胰岛素等对母猪子宫恢复起到很好的作用,有利于母猪的再次生产^[22]。

饲料中添加脂肪已成为哺乳期间增加能量摄入的一种很有效的方法。饲料中添加油脂不仅提高了母猪的代谢能摄入量,且可改善母猪的乳成分,提高仔猪的日增重^[23]。母猪日粮中的n-3脂肪酸可通过添加特定的鱼油、植物油或微生物油或适当的混合来达到这些脂肪酸的最佳采食量。除亚油酸外,对多不饱和脂肪酸缺乏可能导致母猪

的繁殖性能不佳。目前在妊娠期和哺乳期使用的母猪饲料普遍以亚油酸含量高,亚麻酸、长链n-3多不饱和脂肪酸含量低为特点^[10]。在母猪分娩前和哺乳期饲喂含有鱼油的饲料,用以补充n-3多不饱和脂肪酸时,可不依赖于增加能量摄取量,而提高后续胎次母猪的产仔数^[24]。日粮大豆油含量是提高母猪泌乳期能量摄入的有效喂养策略。饲喂以大豆油作为脂肪源的高密集能量型的饲料(大于14.5 MJ DE/kg)可改善仔猪出生时的肌肉张力等^[25]。不添加脂肪的14%蛋白质玉米豆粕日粮足以满足母猪和产仔性能^[26]。饲料中添加鱼油或豆油也可提高乳脂产量,改善哺乳仔猪的生长性能^[27]。由于肌肉细胞中脂肪的含量受能量来源的影响,因此妊娠期和哺乳期饲料中添加脂肪有改善猪肉品质的潜力^[28]。母猪妊娠期饲喂高粗纤维饲料能促进其胃肠发育,有利于提高母猪哺乳期的采食量,增加产热,也会使哺乳期仔猪21日龄断奶个体重、日增重量提高,哺乳期仔猪死淘率降低^[29-30]。

3.1.3 对泌乳性能等各指标的影响

产前3天后自由饲喂泌乳饲料的母猪比产前1天自由饲喂泌乳饲料的母猪增加了其仔猪断奶重。产仔前每天饲喂四次的母猪比产仔前每天饲喂一顿的母猪断奶活仔数高^[31]。母猪食用3.8%—3.9%的鱼油可增加n-3多不饱和脂肪酸的利用率、乳汁中免疫球蛋白(IgG和IgM)的分泌量及母猪乳汁中脂肪的含量,进而提高断奶后仔猪成活率和窝重^[27]。然而妊娠后期增加能量饲喂水平会降低母猪哺乳期的采食量;妊娠后期母猪血脂处于生理较高水平,在此基础上增加能量饲喂水平,进一步引起血清甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白和总胆固醇浓度的升高^[32]。妊娠后期增加能量水平有增加母猪体增重的趋势,且显著增加了泌乳期失重,但缩短了母猪产程,同时,提高妊娠后期能量水平增加了初乳乳脂及常乳乳糖含量^[33]。

3.2 对饲料转化率的影响

妊娠期和哺乳期添加更多水平的脂肪有效地改善了母猪的生产状况,提高了哺乳仔猪的生长性能,且不影响哺乳期能量采食量,提高了母猪能量利用效率^[34]。添加精选白油脂(CWG),而不是

动植物混油脂(A-V混合物),可提高泌乳母猪的饲料转化效率,提高了母猪受孕率和随后的产仔数。这种差异似乎与所用脂肪源的质量有关。A-V混合物对氧化的敏感性导致泌乳母猪的营养素可用性降低^[35]。增加初产高产仔母猪在暖冬期15%的日能量供应,并将配合饲料中的蛋白质含量降低12%,低蛋白质组妊娠母猪的赖氨酸需取量可通过提高日配合饲料供给来满足,可在不影响母猪生产率的情况下提高妊娠期母猪的能量利用率,但会降低泌乳后期的产奶量^[36]。

3.3 对母猪缓解应激及子代机体健康的影响

夏季哺乳期母猪更容易遭受热应激,热应激对呼吸速率、直肠温度、采食量和代谢激素有显著影响,不利于后代的营养供应。热应激导致妊娠母猪后代的性腺发育受损,脂肪沉积增多^[37]。妊娠晚期饲料中补充橄榄油提高了母猪乳汁中脂肪含量及仔猪初生重,降低了仔猪断奶前死亡率,及乳汁中白细胞介素1 β 、白细胞介素6和肿瘤坏死因子 α 浓度,表明橄榄油具有消炎的特性,在母猪妊娠后期和哺乳期提供橄榄油饲料有益于生产^[38]。高脂肪饲料(11.78%粗脂肪)不仅影响母猪未来的卵巢细胞凋亡和氧化能力,而且在其后代母猪进入青春期时影响后代母猪的卵泡健康,不能为胎儿提供最佳的宫内环境^[13]。妊娠期饲喂富含菊糖的饲料改善仔猪出生体重的窝内均匀性,并增强母猪和仔猪的抗氧化能力^[39]。等热量的基础上,饲料中淀粉(相对于脂肪)对经产母猪排卵后黄体生成素的释放和孕酮的产生有积极的影响。较多淀粉更有利于断奶至发情期间隔时间的减少以及断奶后繁殖性能的提高^[40]。在母猪饲料中添加1% Tau牛磺酸可提高后代的抗氧化能力、肠道形态和屏障功能^[41]。

4 总结和展望

综上所述,目前的精准营养的系统都存在着一一定的缺陷,我们研究者在确定妊娠期和泌乳期母猪的能量需求时需根据其自身生理状况进行动态调整。妊娠期母猪根据一胎和二胎的具体情况,进行饲喂模式的调整,同时应当考虑不同能量来源对卵泡发育和胎儿生长的影响。哺乳期母猪的

能量需求需根据不同胎次及季节的具体采食量进行动态调整。不同能量来源对母猪及仔猪的生产性能及生理功能有不同的影响。未来的研究中我们应当系统研究不同阶段母猪的动态营养需要,以配制更精准节约的饲料,提升母猪繁育性能及仔猪生长性能。我们对母猪精准营养方面的知识,将最终改善母猪及其后代的福利。

参考文献:

- [1] 吴德,方正锋,车炼强,等.妊娠母猪营养研究进展[J].饲料工业,2019,40(10):60-64.
- [2] XUE L, PIAO X, LI D, et al. The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance, blood metabolites and hormones of lactating sows[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2012,3(1):11.
- [3] PEDERSEN TF, BRUUN TS, FEYERA T, et al. A two-diet feeding regime for lactating sows reduced nutrient deficiency in early lactation and improved milk yield [J]. Livestock Science 191, 165-173.
- [4] 张帅,刘岭,王凤来,等.猪饲料原料营养价值与动态营养需要模型化研究进展[J].动物营养学报,2020,32(10):4525-4539.
- [5] 朱正鹏,谭会泽,何健,等.饲料无抗时代动物生产的营养策略与饲养管理[J].动物营养学报,2020,32(10):4831-4840.
- [6] WHITNEY M. National Swine Nutrition Guide [J]. University of Minnesota - Twin Cities, 2009.
- [7] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准--猪营养需要量(GB/T39235-2020) [S].北京:2020.
- [8] National Research Council. Nutrient requirements of swine [S]. 2012.
- [9] CHE L, YANG Z, XU M, et al. Maternal nutrition modulates fetal development by inducing placental efficiency changes in gilts[J]. BMC Genomics, 2017, 18(1):213.
- [10] PRUNIER A, QUESNEL H. Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs [J]. Livestock Production Science, 2000, 63(1):1-16.
- [11] LAURIDSEN C, DANIELSEN V. Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny [J]. Livestock Production Science, 2004, 91(1-2):95-105.
- [12] CHE L, HU L, WU C, et al. Effects of increased energy and amino acid intake in late gestation on reproductive performance, milk composition, metabolic, and redox status of sows I [J]. Journal of Animal Science, 2019, 97(7):2914-2926.
- [13] XU M, CHE L, YANG Z, et al. Effect of High Fat Dietary

- Intake during Maternal Gestation on Offspring Ovarian Health in a Pig Model[J]. *Nutrients*, 2016, 8(8):498-515.
- [14] GOURLEY K M, WOODWORTH J C, DEROUCHÉ J M, et al. Effects of soybean meal concentration in lactating sow diets on sow and litter performance and blood criteria[J]. *Translational Animal Science*, 2020, 4(2):txaa037.
- [15] KIM K Y, CHOI Y H, HOSSEINDOUST A, et al. Effects of free feeding time system and energy level to improve the reproductive performance of lactating sows during summer[J]. *Journal of Animal Science and Technology*, 2020, 62(3):356-364.
- [16] 房国芳. 哺乳期的日粮食入能量对初产母猪及其仔猪生产性能的影响[J]. *河北畜牧兽医*, 1986, (4):47-48.
- [17] VAN DEN BRAND H, DIELEMAN S J, SOEDE N M, et al. Dietary energy source at two feeding levels during lactation of primiparous sows: I. Effects on glucose, insulin, and luteinizing hormone and on follicle development, weaning - to - estrus interval, and ovulation rate[J]. *Journal of Animal Science*, 2000, 78(2):396-404.
- [18] MILLER E G, LEVESQUE C L L, TROTTIER N, et al. Dynamics of nitrogen retention in gestating gilts at two feeding levels[J]. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(8):3353-3361.
- [19] DOURMAD J Y, ETIENNE M, NOBLET J. Reconstitution of body reserves in multiparous sows during pregnancy: Effect of energy intake during pregnancy and mobilization during the previous lactation[J]. *Journal of Animal Science*, 1996, 74(9):2211-2219.
- [20] GONCALVES M A D, GOURLEY K M, DRITZ S S, et al. Effects of amino acids and energy intake during late gestation of high - performing gilts and sows on litter and reproductive performance under commercial conditions[J]. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(5):1993-2003.
- [21] GAO K, LI G, ZHU C, et al. Effect of optimizing dietary valine-to - lysine ratio in late gestation or lactation on biochemical indices and performance of lactating primiparous sows[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2019, 253:13-21.
- [22] BOOTH P J, COSGROVE J R, FOXCROFT G R. Endocrine and metabolic responses to realimentation in feed - restricted prepubertal gilts: Associations among gonadotropins, metabolic hormones, glucose, and uteroovarian development[J]. *Journal of Animal Science*, 1996, 74(4):840-848.
- [23] TILTON S L, MILLER P S, LEWIS A J, et al. Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning[J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77(9):2491-2500.
- [24] SMITS R J, LUXFORD B G, MITCHELL M, et al. Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil[J]. *Journal of Animal Science*, 2011, 89(9):2731-2738.
- [25] ROONEY H B, O'DRISCOLL K, O'DOHERTY J V, et al. Effect of increasing dietary energy density during late gestation and lactation on sow performance, piglet vitality, and lifetime growth of offspring[J]. *Journal of Animal Science*, 2020, 98(1):skz379.
- [26] WEEDEN T L, NELSEN J L, THALER R C, et al. Effect of dietary protein and supplemental soya - bean oil fed during lactation on sow and litter performance through two parities[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1994, 45(2):211-226.
- [27] JIN C, FANG Z, LIN Y, et al. Influence of dietary fat source on sow and litter performance, colostrum and milk fatty acid profile in late gestation and lactation[J]. *Animal Science Journal*, 2017, 88(11):1768-1778.
- [28] QUINIOU N, RICHARD S, MOUROT J, et al. Effect of dietary fat or starch supply during gestation and/or lactation on the performance of sows, piglets' survival and on the performance of progeny after weaning[J]. *Animal*, 2008, 2(11):1633-44.
- [29] RAMONET Y, VAN MILGEN J, DOURMAD J Y, et al. The effect of dietary fibre on energy utilisation and partitioning of heat production over pregnancy in sows[J]. *British Journal of Nutrition*, 2000, 84(1):85-94.
- [30] 单妹, 梁敏, 邓素军, 等. 母猪妊娠期饲喂不同粗纤维水平饲料对哺乳期采食量及泌乳性能的影响[J]. *养猪*, 2021, (1):31-32.
- [31] GOURLEY K M, SWANSON A J, ROYALL R Q, et al. Effects of timing and size of meals prior to farrowing on sow and litter performance[J]. *Translational Animal Science*, 2020, 4(2):724-736.
- [32] 江赵宁, 王文惠, 吴飞, 等. 妊娠后期能量饲喂水平对母猪繁殖性能和血脂代谢相关指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2018, 30(8):2960-2968.
- [33] 吴骋. 妊娠后期能量和氨基酸水平对母猪繁殖性能、营养代谢和乳成分的影响[D]. 雅安:四川农业大学, 2018.
- [34] GATLIN L A, ODLE J, SOEDE J, et al. Dietary medium - or long-chain triglycerides improve body condition of lean-genotype sows and increase suckling pig growth[J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80(1):38-44.
- [35] ROSERO D S, VAN HEUGTEN E, ODLE J, et al. Response of the modern lactating sow and progeny to source and level of supplemental dietary fat during high ambient temperatures[J]. *Journal of Animal Science*, 2012, 90(8):2609-2619.
- [36] ME A, VK A, MESA B, et al. Effect of reduced dietary protein level on energy metabolism, sow body composition and metabolites in plasma, milk and urine from gestating and lactating organic sows during temperate winter conditions[J]. *Livestock Science*, 2020, 240:104088.
- [37] LUCY M C, SAFRANSKI T J. Heat stress in pregnant sows:

-
- [14] 张振玲, G WATANABE. 日本商品猪腰肉系水力与肌肉脂肪含量的关系[J]. 猪业科学, 2018, 35(10):24-25.
- [15] MICKLANDER E, CHRISTINE BERTRAM H, MARNØ H, et al. Early post-mortem discrimination of water-holding capacity in pig longissimus muscle using new ultrasound method[J]. LWT - Food Science and Technology, 2005, 38(5):437-445.
- [16] 刘立意, 刘影, 刘冬梅, 等. 鲜猪肉系水力与应力松弛特性相关性的试验研究[J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(8):88-93.
- [17] 刘影. 鲜肉系水力测定方法研究及智能测定仪设计[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2015.
- [18] 刘璐, 苏玉虹, 王军, 等. 猪肉系水力相关QTL的整合定位与基因关联分析: 第六届全国动植物数量遗传学学术研讨会, 中国福建福州, 2014[C].
- [19] 张伟力, 王霞. 改进猪肉系水力的原理和途径概述[J]. 养猪, 2007(3):29-32.
- [20] VIRGILI R, DEGNI M, SCHIVAZAPPA C, et al. Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of Italian heavy pigs[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81(10):2448-2456.
- [21] 余宁, 何伟先. 影响猪肉系水力及猪肉色泽因素及调控措施[J]. 今日畜牧兽医, 2019, 35(12):62-63.
- [22] 杨明升, 刘红林, 王林云. 导致猪肉系水力下降的主要因素及防控措施[J]. 畜牧与兽医, 2002(7):14-16.
- [23] OSWELL N J, GILSTRAP O P, PEGG R B. Variation in the terminology and methodologies applied to the analysis of water holding capacity in meat research[J]. Meat Science, 2021, 178: 108510.
- [24] BERTRAM H C, ANDERSEN H J, KARLSSON A H. Comparative study of low-field NMR relaxation measurements and two traditional methods in the determination of water holding capacity of pork[J]. Meat Science, 2001, 57(2):125-132.
- [25] 杨振燕, 刘传教, 李强. 莱芜猪肉质特性及雪花猪肉的形成因素[J]. 中国猪业, 2021, 16(5):81-84.
- [26] BENDALL J R. The swelling effect of polyphosphates on lean meat[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1954, 5(10):468-475.
- [27] HONIKEL K O, KIM C J, HAMM R, et al. Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss[J]. Meat Science, 1986, 16(4):267-282.
- [28] KAPPER C, WALUKONIS C J, SCHEFFLER T L, et al. Moisture absorption early postmortem predicts ultimate drip loss in fresh pork[J]. Meat Science, 2014, 96(2, Part A):971-976.
- [29] OTTO G, ROEHE R, LOOFT H, et al. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs [J]. Meat Science, 2004, 68(3):401-409.
-

上接第17页

- Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring[J]. Molecular Reproduction and Development, 2017, 84(9):946-956.
- [38] SHEN Y, WAN H, ZHU J, et al. Fish Oil and Olive Oil Supplementation in Late Pregnancy and Lactation Differentially Affect Oxidative Stress and Inflammation in Sows and Piglets[J]. Lipids, 2015, 50(7):647-58.
- [39] WANG Y S, ZHOU P, LIU H, et al. Effects of Inulin Supplementation in Low- or High-Fat Diets on Reproductive Performance of Sows and Antioxidant Defence Capacity in Sows and Offspring[J]. Reprod Domest Anim, 2016, 51(4):492-500.
- [40] KEMP B, SOEDE N M, HELMOND F A, et al. Effects of energy source in the diet on reproductive hormones and insulin during lactation and subsequent estrus in multiparous sows[J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(10):3022-3029.
- [41] XU M, CHE L, GAO K, et al. Effects of Dietary Taurine Supplementation to Gilts during Late Gestation and Lactation on Offspring Growth and Oxidative Stress[J]. Animals (Basel), 2019, 9(5):220-233.