

不同来源的纤维与脂肪对母猪繁殖性能和生产性能的影响

王勇生^{1,2} 张天荣^{3,4} 孙铁虎² 陈轶群³

(1.北京市畜产品质量安全源头控制工程技术研究中心,北京 102209;2.中粮营养健康研究院动物营养与饲料中心,北京 102209;3.中粮饲料有限公司,北京 100010;4.中粮饲料(唐山)有限公司,唐山 063000)

摘要: 本试验旨在研究不同来源的纤维与脂肪对母猪繁殖性能和生产性能的影响。试验采用两因素交叉设计,选用 120 头平均 3~4 胎的母猪作为试验动物,分为 A、B、C、D 4 组,每组 30 头,每头母猪为 1 个重复,分别饲喂添加麸皮+豆皮、麸皮+甜菜粕、麸皮+苜蓿颗粒、甜菜粕+苜蓿颗粒组合的妊娠前期饲料,探讨不同纤维源对妊娠母猪繁殖性能的影响;妊娠第 107 天后将妊娠前期每组的母猪分别分为 L1、L2、L3 3 组,每组 10 头母猪,分别饲喂添加 2.5% 的四级豆油、深海鱼油及复合脂肪粉的饲料,作为妊娠后期和哺乳期饲料,探索不同脂肪源对哺乳母猪生产性能和仔猪生长性能的影响。结果表明:1) 不同纤维源妊娠前期饲料对窝产总仔数、窝产活仔数、窝产健仔数、初生窝重和初生均重均无显著影响($P>0.05$);除初生均重外,在数值上各指标均以 8% 麸皮+9% 甜菜粕组合效果最佳,其次是 8% 麸皮+9% 苜蓿草颗粒组合。2) 不同纤维源妊娠前期饲料对母猪初乳乳脂率、乳蛋白及乳糖含量和体细胞数的影响差异不显著($P>0.05$), 8% 麸皮+9% 甜菜粕组合在乳脂率、乳蛋白含量上要优于其他组合;体细胞数在 8% 麸皮+9% 甜菜粕组合上数值最低,说明母猪乳房健康状态较好。3) 妊娠后期饲料与哺乳期饲料中分别添加 2.5% 的四级豆油、深海鱼油及复合脂肪粉对各组间哺乳母猪背膘损失和仔猪断奶均重均产生显著影响($P<0.05$)。4) 母猪妊娠前期饲料与妊娠后期、哺乳期饲料对母猪断奶后的发情间隔存在显著互作效应($P<0.05$)。综上所述,本试验中母猪妊娠期饲料添加 8% 麸皮+9% 甜菜粕为最佳组合;妊娠后期饲料与哺乳期饲料中添加 2.5% 深海鱼油有利于提高仔猪的断奶均重,而添加 2.5% 复合脂肪粉相对具有较低的母猪背膘损失;母猪妊娠前期饲料与妊娠后期、哺乳期饲料共同影响着母猪断奶后的发情间隔,从而影响到母猪的繁殖周期。

关键词: 纤维;脂肪;妊娠母猪;哺乳母猪;繁殖性能;生产性能

中图分类号:S828

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2019)12-5500-09

长期以来,国内外的猪营养学家不断致力于通过营养调控来提高母猪的繁殖性能,并取得了显著的成绩。规模化养殖的妊娠母猪往往被限定在非常有限的空间或限位栏里,无法自由活动,这使得母猪肠道蠕动减弱,消化率下降,母猪便秘频发。母猪发生便秘后,会发生食欲不振、营养不良,从而造成胚胎死亡率高、窝产仔数少、弱仔多、

死胎数增加、母猪产后奶水分泌不足等,最终导致饲料成本增加和生产效率下降。近年来国内外报道表明,通过营养调控特别是增加妊娠母猪的纤维摄入,在改善妊娠母猪繁殖性能方面效果明显,在一定程度上提高了窝产仔数和窝产活仔数。哺乳期母猪饲料纤维达到一定水平后,有利于提高母猪泌乳期的采食量,从而增强母猪的泌乳性能

收稿日期:2019-06-19

基金项目:十三五国家重点研发计划项目(2016YFD0501200);中粮集团重大科技项目(2017)——无抗日粮关键技术开发及产品创制

作者简介:王勇生(1975—),男,宁夏中宁人,博士,从事单胃动物营养与饲料资源的开发利用研究。E-mail: wangyongsheng@cofco.com

并提高奶水质量,进而改善哺乳仔猪的生长性能^[1-3];同时,仔猪的活动能力加强,更善于去吮吸奶头和增强相互间的互动^[4-5]。

脂肪是猪体内重要的能量来源和贮能的最好形式,其能值是蛋白质和碳水化合物的 2.5 倍。在脂肪分解代谢的条件下,通过提高胎儿发育、新生仔猪健康和泌乳期的生产性能对妊娠母猪和泌乳母猪产生有利影响^[6-7]。妊娠后期胎儿能量需求急剧增加,提高初产母猪妊娠后期营养水平可以显著提高仔猪的初生重和断奶窝重^[8];若此阶段能量供给不能满足需要,母体则动员其体储来满足胎儿生长发育的需要。因此,脂肪作为高能物质对妊娠后期及泌乳期母猪至关重要,合适的添加可提高新生仔猪的存活率和增加乳产量,同时减少母体体储的动员,有利于母猪顺利进入下一个繁殖周期。

因此,本试验针对纤维和脂肪对母猪营养的重要作用,通过选用纤维含量较高的麸皮、苜蓿颗粒、豆皮、甜菜粕作为纤维源,探索麸皮+豆皮、麸皮+甜菜粕、麸皮+苜蓿颗粒、甜菜粕+苜蓿颗粒组合对母猪妊娠期繁殖性能的影响,以及添加四级豆油、深海鱼油及复合脂肪粉对母猪妊娠后期和泌乳期母猪生产性能和仔猪生长性能的影响,并探索在妊娠期不同纤维源的使用与泌乳期不同脂肪源的添加对母猪繁殖和生产性能的互作效应。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验采用两因素交叉设计,选用 120 头平均 3~4 胎的母猪作为试验动物,根据品种一致、体型相近、配种日期接近的原则分为 A、B、C、D 4 组,每组 30 头,每头母猪为 1 个重复,各组从母猪配种到妊娠第 107 天分别饲喂添加麸皮+豆皮、麸皮+甜菜粕、麸皮+苜蓿颗粒、甜菜粕+苜蓿颗粒组合的妊娠前期饲料。

妊娠第 107 天后,将妊娠前期每组的母猪分别分为 L1、L2、L3 3 组,每组 10 头母猪,分别饲喂添加 2.5% 的四级豆油、深海鱼油及复合脂肪粉的妊娠后期和泌乳期饲料。泌乳期饲喂 23 d 后对仔猪进行断奶。

1.2 试验饲料与饲养管理

妊娠前期 4 组母猪分别饲喂饲料 A(含 8% 麸

皮+6% 大豆皮)、饲料 B(含 8% 麸皮+9% 甜菜粕)、饲料 C(含 8% 麸皮+9% 苜蓿颗粒)、饲料 D(含 10% 甜菜粕和 7.5% 苜蓿颗粒),这 4 种饲料的中性洗涤纤维含量均为 16.50%,其组成及营养水平见表 1。妊娠 1~21 d 饲喂量为 1.8 kg/d,妊娠 22~89 d 饲喂量为 2.5 kg/d,妊娠 90~107 d 饲喂量为 3.0 kg/d,每天饲喂 2 次(06:00 及 16:00)。圈舍设施、饲养人员及管理条件等各组间相一致。

妊娠后期及泌乳期 3 组母猪分别饲喂饲料 L1(添加 2.5% 四级豆油)、饲料 L2(添加 2.5% 深海鱼油)和饲料 L3(添加 2.5% 复合脂肪粉,广州市优百特饲料科技有限公司提供),其组成及营养水平见表 2。母猪自由采食和饮水。

1.3 测定指标

试验中测定每头母猪的产程、胎衣重、窝产总仔数、窝产活仔数、窝产健仔数(体重 \geq 1.2 kg)。母猪分娩后立即称重仔猪,获得仔猪平均体重和仔猪出生窝重。从母猪分娩产出第 1 头仔猪落地到胎衣全部排出的整个产仔过程所需要的时间计为产程。

泌乳期试验中统计仔猪 23 日龄时每栏仔猪头数,并对仔猪进行称重,获得断奶窝重,计算仔猪平均体重;断奶后母猪转入配种舍,由同一操作熟练的技术员观察母猪的发情情况,确定母猪发情是以人工观察和公猪试情相结合的方式进行。每天观察 2 次(09:00 和 17:00),记录母猪断奶后至再发情的间隔天数。在分娩后第 1 天和第 23 天,用背膘仪(Renco,美国)测量母猪 P2 点(左侧最后肋骨距背中线 4~5 cm 处)的背膘厚。每头猪每个点以同样方法连续测量数次,取重复性最高的值进行记录。

从妊娠前期 4 组中随机选择 10 头母猪的初乳,采用乳成分分析仪测定乳脂率、乳蛋白及乳糖含量;采用体细胞计数仪测定体细胞数。体细胞数是指每毫升初乳中细胞的总数,多数为白细胞,通常由巨噬细胞、淋巴细胞、多核嗜中性白细胞和少量乳腺组织上皮细胞等组成。体细胞数可反映初乳质量及哺乳母猪的健康状况。乳脂率、乳蛋白及乳糖含量及体细胞数均委托北京奶牛中心进行测定。

表 1 妊娠前期母猪饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of early-pregnant sows (air-dry basis)

%

项目 Items	饲粮 Diets			
	A	B	C	D
原料 Ingredients				
玉米 Corn	48.05	44.75	46.85	56.65
大麦 Barley	20.00	20.00	18.00	7.00
豆粕 Soybean meal	13.50	14.00	13.00	15.00
豆油 Soybean oil			1.00	
硬质细小麦麸 Hard fine wheat bran	8.00	8.00	8.00	
大豆皮 Soybean hull	6.00			
甜菜粕 Beet pulp		9.00		10.00
苜蓿 Alfalfa			9.00	7.50
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.40	1.40	1.40	1.40
石粉 Limestone	1.10	0.90	0.80	0.50
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40
益美肥 Yimei fertilizer ¹⁾	0.55	0.55	0.55	0.55
预混料 Premix ²⁾	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ³⁾				
代谢能 ME/(MJ/kg)	13.63	13.64	13.50	13.62
粗蛋白质 CP	14.09	14.04	14.27	14.16
粗纤维 CF	5.51	4.96	5.49	5.54
中性洗涤纤维 NDF	16.50	16.50	16.50	16.50
钙 Ca	0.90	0.92	0.93	0.92
总磷 TP	0.72	0.72	0.72	0.61
赖氨酸 Lys	0.67	0.67	0.66	0.68

¹⁾ 深圳市裕农科技有限公司生产, 主要成分 Production of Shenzhen Yunong Science and Technology Co., Ltd., and main components were: K \geq 150 g/kg and Mg \geq 30 g/kg。

²⁾ 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets: Fe 150 mg, Cu 10.2 mg, Zn 60.6 mg, Mn 35.6 mg, I 1.56 mg, Se 0.32 mg, VA 8 500 IU, VD₃ 1 350 IU, VE 35 IU, VB₁ 0.92 mg, VB₂ 0.2 mg, VB₁₂ 0.015 mg, 氯化胆碱 choline chloride 700 mg, 烟酸 nicotinic acid 18 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 12 mg, 叶酸 folic acid 1.25 mg, 生物素 biotin 0.20 mg。表 2 同 the same as Table 2。

³⁾ 营养水平为计算值。表 2 同。Nutrient levels were calculated values. The same as Table 2。

表 2 妊娠后期及哺乳期母猪饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of late-pregnant and lactating sows (air-dry basis)

%

项目 Items	饲粮 Diets		
	L1	L2	L3
原料 Ingredients			
玉米 Corn	55.40	55.40	57.90
豆粕 Soybean meal	19.50	19.50	20.00
硬质细小麦麸 Hard fine wheat bran	6.00	6.00	3.00
甜菜颗粒粕 Sugarbeet granular meal	5.00	5.00	5.00
挤压膨化全脂大豆 Extruded full-fat soybean	5.00	5.00	5.00
进口蒸汽鱼粉 Imported steam fish meal (65%)	1.50	1.50	1.50
四级豆油 Grade four soybean oil	2.50		
深海鱼油 Deep-sea fish oil		2.50	
复合脂肪粉 Composite fatty powder			2.50

续表 2

项目 Items	饲料 Diets		
	L1	L2	L3
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.50	1.50	1.50
石粉 Limestone	0.60	0.60	0.60
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40
立安 XP <i>Li'an</i> XP	0.60	0.60	0.60
预混料 Premix	2.00	2.00	2.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels			
代谢能 ME/(MJ/kg)	13.94	13.94	13.94
粗蛋白质 CP	17.50	17.50	17.50
粗纤维 CF	4.35	4.35	4.35
中性洗涤纤维 NDF	13.50	13.50	12.50
钙 Ca	0.85	0.85	0.85
总磷 TP	0.65	0.65	0.65
赖氨酸 Lys	0.88	0.88	0.88

立安 XP 为深圳市裕农科技有限公司生产,主要成分 *Li'an* XP was a production of *Shenzhen Yunong Science and Technology Co., Ltd.*, and main components were: K \geq 40 g/kg, Na 50 ~ 200 g/kg, Mg 8 ~ 100 g/kg, Cr 1 ~ 20 mg/kg, Se 1 ~ 50 mg/kg。

1.4 数据统计及分析

试验数据采用 Excel 2013 进行初步处理,利用 SAS 8.2 统计软件进行方差分析,用 Duncan 氏法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著的判断标准。

2 结果与分析

2.1 不同纤维源对妊娠母猪繁殖性能的影响

由表 3 可知,4 组间产程和胎衣重无显著差异 ($P > 0.05$), B 组产程最短,比 A 组产程节省 33 min; 试验 B 组胎衣重最重,比 D 组多 0.26 kg。各组间窝产总仔数、窝产活仔数和窝产健仔数均

无显著差异 ($P > 0.05$),但在数值上窝产总仔数和窝产活仔数均表现为 B 组 > C 组 > A 组 > D 组,窝产总仔数 B 组比 D 组多 1.84 头;窝产总活仔数 B 组比 D 组多 1.6 头;窝产健仔数表现为 B 组 > C 组 = A 组 > D 组, B 组比 D 组多 0.77 头;各组间仔猪初生重和初生窝重无显著差异 ($P > 0.05$),但在数值上初生窝重表现为 B 组 > C 组 > A 组 > D 组。由此可见,除初生均重外,各试验指标数值上以 8% 麸皮+9% 甜菜粕组合效果最佳,其次是 8% 麸皮+9% 苜蓿草颗粒组合。因此,推荐以 8% 麸皮+9% 甜菜粕作为最佳组合。

表 3 不同纤维源对妊娠母猪繁殖性能的影响

Table 3 Effects of different fiber sources on reproductive performance of pregnant sows

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	A	B	C	D		
母猪产程 Sow labor/min	260.08	227.16	263.74	258.64	9.64	0.56
胎衣重 Afterbirth weight/kg	4.60	4.73	4.57	4.47	0.11	0.90
窝产总仔数 Number of total litter size/头	11.67	12.84	11.83	11.36	0.27	0.28
窝产活仔数 Number of born alive/头	10.33	11.37	10.74	9.77	0.24	0.13
窝产健仔数 Number of health piglets(\geq 1.2 kg)/头	9.83	10.32	9.83	9.55	0.25	0.78
初生窝重 Litter weight at birth/kg	16.78	18.74	17.55	16.11	0.41	0.15
初生均重 Average body weight at birth/kg	1.64	1.68	1.68	1.69	0.03	0.94

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

2.2 不同纤维源对母猪初乳品质的影响

由表4可知,各组间乳脂率、乳蛋白及乳糖含量和体细胞数差异不显著($P>0.05$),但数值上乳脂率表现为B组>C组>D组>A组,B组比A组乳脂率提高34.06%;乳蛋白含量表现为B组>D组>

A组>C组,B组乳蛋白含量比A组高9.60%,比D组提高8.73%;体细胞数表现为A组>D组>C组>B组,说明添加8%麸皮+9%甜菜粕组合的B组母猪在初乳品质上占有优势,母猪乳房健康,乳房炎发病率低。

表4 不同纤维源对母猪初乳品质的影响

Table 4 Effects of different fiber sources on colostrum quality of sows

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	A	B	C	D		
乳脂率 Milk fat percentage/%	3.20	4.29	3.67	3.60	0.24	0.39
乳蛋白含量 Milk protein content/%	15.00	16.44	14.39	15.12	0.51	0.55
乳糖含量 Lactose content/%	2.77	2.52	3.07	2.84	0.11	0.42
体细胞数 Somatic cell counts/(个/mL)	5 416	1 809	2 863	4 977	877	0.40

2.3 不同脂肪源对哺乳母猪生产性能的影响

由表5可知,各组间哺乳母猪背膘损失差异显著($P<0.05$),L3组背膘损失最少,与L1组差异显著($P<0.05$),说明添加复合脂肪粉的饲料能够降低哺乳母猪的背膘损失。断奶均重在L2、L3组间差异显著($P<0.05$),说明使用深海鱼油比使用

复合脂肪粉的仔猪断奶重更大,同时也说明了不同脂肪源在母猪体内的转化途径不同,深海鱼油有利于母猪的消化吸收和仔猪的生长,而复合脂肪粉对保持母猪体况更有利;母猪断奶发情间隔组间差异不显著($P>0.05$)。

表5 不同脂肪源对哺乳母猪生产性能的影响

Table 5 Effects of different fat sources on production performance of lactating sows

项目 Items	组别 Groups			SEM	P 值 P-value
	L1	L2	L3		
母猪背膘变化 Back fat change of sows/mm	-2.39 ^b	-1.53 ^{ab}	-0.50 ^a	0.29	0.03
仔猪断奶均重 Weaning average body weight of piglets/kg	6.56 ^{ab}	6.96 ^a	6.39 ^b	0.09	<0.05
母猪断奶发情间隔 Weaning estrus interval of sows/d	4.42	5.06	6.07	0.34	0.15

2.4 不同纤维源饲料与不同脂肪源饲料的交互作用对母猪生产性能的影响

由表6可知,背膘损失、断奶仔猪均重和母猪断奶发情间隔受哺乳期饲料的影响,其中断奶发情间隔受妊娠期饲料和哺乳期饲料交互作用的影响显著($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 不同纤维源对妊娠母猪和哺乳母猪生产性能的影响

猪饲料中的纤维主要来源于植物性饲料,包括纤维素、半纤维素、果胶和木质素等成分。母猪

可使用的纤维原料有小麦麸、玉米芯、苜蓿、麦秸、甜菜渣、大豆皮、燕麦、米糠、水果渣、向日葵粕等。胡成等^[9]归纳总结了膳食纤维生理学功能:1)促进胃肠蠕动,减少便秘;2)吸附病原和毒素,减少有害物质从后肠向前肠转移;3)稳定血糖浓度,降低血液胆固醇水平;4)在结肠中被发酵,并为结肠微生物提供营养支持,稳定肠道菌群平衡;5)纤维发酵产生的短链脂肪酸(乙酸、丙酸和丁酸),反过来抑制病原菌的生长,维持肠黏膜的完整性,预防腹泻;6)膳食纤维具有持水膨胀的特性,可以增强饱腹感,减少动物饥饿引起的异常行为的发生^[10-11]。

表 6 不同纤维源饲料与不同脂肪源饲料的交互作用对母猪生产性能的影响
 Table 6 Effects of interaction of different fiber sources diets and different fat sources diets on production performance of sows

项目 Items	饲料 Diets												P 值 P-value			
	A			B			C			D			SEM	妊娠期 Gestation period	哺乳期 Lactation period	妊娠期× 哺乳期 Gestation period× lactation period
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3				
母猪背膘变化 Back fat change of sow/mm	-2.81	-1.84	-0.90	-0.99	-1.36	-1.08	-2.57	-0.92	-0.74	-3.13	-1.90	0.44	0.29	0.87	<0.05	0.71
7 日龄窝重 Litter weight at 7 days of age/kg	28.39	24.47	26.54	25.66	26.96	29.80	29.42	25.08	27.17	25.94	23.80	22.02	0.58	0.14	0.27	0.50
7 日龄活仔数 Number of live piglets at 7 days of age/头	9.82	9.00	9.60	9.67	9.67	11.00	10.14	9.50	10.00	9.33	9.33	8.71	0.17	0.25	0.58	0.74
7 日龄均重 Average body weight at 7 days of age/kg	2.89	2.73	2.75	2.66	2.78	2.75	2.91	2.64	2.73	2.78	2.54	2.51	0.04	0.31	0.22	0.70
23 日龄窝重 Litter weight at 23 days of age/kg	60.14	56.78	49.72	53.44	66.93	59.96	68.47	62.16	61.46	54.24	61.28	51.28	1.55	0.17	0.33	0.51
断奶仔猪数 Weaning piglets number/头	9.09	8.00	8.00	8.11	9.50	9.50	9.86	8.83	9.00	8.78	9.00	8.43	0.18	0.35	0.87	0.30
断奶仔猪均重 Weaning piglets average body weight/kg	6.60	7.00	6.24	6.63	7.02	6.32	6.96	7.03	6.72	6.12	6.80	6.08	0.09	0.20	<0.05	0.98
母猪断奶发情间隔 Weaning estrus interval of sows/d	4.75	5.60	18.00	4.00	4.00	6.00	4.00	5.00	5.50	4.40	5.25	4.25	0.34	0.08	0.01	0.01

齐梦凡等^[12]研究指出,后备期添加5%的苜蓿草粉不会影响后备母猪生长,但会提高发情率;后备期添加5%草粉妊娠期不添加时,母猪的繁殖效果也得到改善;妊娠期添加20%的苜蓿草粉产活仔率和初生窝重最佳。陆东东等^[13]研究表明,饲料中添加膳食纤维能增加妊娠母猪的饱腹感,降低采食动机,从而降低母猪的刻板行为,同时能有效改善母猪粪便形态,缓解妊娠母猪的便秘。谭成全等^[14]以大鼠为模型,研究了纤维对于动物饱腹感的影响,发现饲料中添加可溶性纤维能提高大鼠的饱腹感,降低采食次数,延长动物的采食间隔,降低采食大鼠的采食动机。毛春瑕等^[15]研究发现,给妊娠后期母猪补饲发酵芦笋下脚料能改善母猪的粪便形态,降低母猪的便秘天数。黄大鹏等^[16]研究发现,母猪妊娠期间饲喂含9%的粗纤维饲料可以降低其哺乳期的背膘损失,与含3%、5%和7%粗纤维饲料相比,可以显著减少母猪哺乳期的失重。本试验结果表明,母猪妊娠期饲料中添加由麸皮+豆皮、麸皮+甜菜粕、麸皮+苜蓿颗粒、甜菜粕+苜蓿颗粒组成的不同纤维源对窝产总仔数、窝产活仔数、窝产健仔数及初生窝重方面均无显著影响,但在数值上8%麸皮+9%甜菜粕组合相对其他组合具有较高的窝产仔数、窝产活仔数、窝产健仔数。各组在仔猪初生均重方面也表现为差异不显著。鉴于各测定指标都在差异不显著的情况下,且8%麸皮+9%甜菜粕组合相对其他组合具有较高的窝产仔数、窝产活仔数、窝产健仔数,因此推荐8%麸皮+9%甜菜粕组合作为生产中的最优组合。

3.2 不同纤维源对母猪初乳品质的影响

饲料中一定的膳食纤维水平可以有效提高母猪的泌乳性能。母猪肠道内丰富的微生物菌群可以分解膳食纤维并产生挥发性脂肪酸,特别是乙酸(主要合成乳酸),可以直接进入乳汁,这可能是提高乳脂含量的最直接原因。Mroz等^[17]报道,用燕麦壳代替部分谷物饲料,母猪产后初乳和常乳中脂肪的含量有所提高。葛德军^[18]研究表明,在母猪妊娠期和哺乳期饲料中添加适量膳食纤维,发现母猪分娩后0、24、48 h的乳蛋白、干物质、乳糖和乳脂肪含量较对照组均有所提高。朱秋风等^[19]报道指出,妊娠母猪营养水平过高会导致难产,并且降低其在哺乳期的采食量和泌乳力;高膳食纤维饲料可以通过稀释饲料养分和限制能量摄

取来避免母猪的营养过剩,从而降低母猪难产概率,同时更好地保持母猪体况,减少哺乳期失重。本试验结果表明,不同纤维来源对母猪初乳乳脂率、乳蛋白及乳糖含量和体细胞数方面的影响差异不显著,8%麸皮+9%甜菜粕组合在乳脂率、乳蛋白含量上要优于其他组合,说明8%麸皮+9%甜菜粕组合有利于提高母猪初乳乳脂率、乳蛋白含量,与葛德军^[18]报道结果的相似。此外,初乳中体细胞数在8%麸皮+9%甜菜粕组合上数值最低,说明母猪乳房相对要健康,乳房炎发病的可能性低。

3.3 不同脂肪源对哺乳母猪生产性能的影响

吴飞^[20]探讨了妊娠母猪后期第85天到分娩前分别饲喂含0(对照)、0.75%、1.50%和2.25%共轭亚油酸的饲料对母猪和仔猪生产性能的影响,结果表明饲料中添加共轭亚油酸对经产母猪的窝产仔数、初乳产量及其仔猪的生长性能均无显著影响;与对照组相比,添加共轭亚油酸提高妊娠第112天母猪血清、初乳以及新生仔猪血清中免疫球蛋白G含量,但添加不同共轭亚油酸水平的处理间没有显著差异。Krogh等^[21]研究了在妊娠后期和母猪哺乳期饲料中以甜菜渣、苜蓿粉为纤维源的饲料中探索大豆油、棕榈脂肪酸蒸馏物及三辛酸甘油酯对母猪饲料摄入量、血浆代谢物、产仔数和产奶量及乳成分的影响,结果表明添加三辛酸甘油酯或大豆油,母猪在哺乳后期的产仔量和产奶量高于添加棕榈脂肪酸蒸馏物的试验组,而脂肪源对母猪体重损失和背膘的损失无显著影响;泌乳第3天和第10天,添加三辛酸甘油酯和大豆油的试验组初乳乳清蛋白含量低于添加棕榈脂肪酸蒸馏物的试验组;不同纤维组对母猪产奶量无显著影响,而饲喂苜蓿粉的试验组母猪初乳蛋白含量最低;饲喂甜菜粕的试验组母猪采食量相对较低。综合以上结果,添加大豆油和三辛酸甘油酯可以改善母猪生产性能,这可能与添加棕榈脂肪酸蒸馏物的试验组母猪能量摄入减少有关。此外,甜菜渣作为纤维源可降低哺乳高峰期母猪的采食量和仔猪窝增重。本试验在妊娠后期饲料与哺乳期饲料中添加豆油、深海鱼油及复合脂肪粉对母猪和仔猪生产性能的影响结果表明,各组间哺乳母猪背膘损失差异显著,饲喂复合脂肪粉组背膘损失最少,与饲喂四级豆油组差异显著,说明使用复合脂肪粉能够降低哺乳母猪的背膘损失。仔猪断奶均重在深海鱼油组和复合脂肪粉组间组

差异显著,说明使用深海鱼油比使用复合脂肪粉的仔猪断奶重更大,同时也说明了不同脂肪源在母猪体内的转化途径不同,深海鱼油有利于母猪的消化吸收,利于仔猪的生长,而复合脂肪粉对保持母猪体况更有利。

4 结 论

① 本试验中母猪妊娠前期饲料添加 8% 麸皮+9% 甜菜粕为最佳组合,实际生产中若选择复合纤维原料为妊娠母猪提供纤维源,建议以麸皮和甜菜粕为主。

② 本试验中妊娠后期饲料与哺乳期饲料中添加深海鱼油有利于提高仔猪的断奶均重,而添加复合脂肪粉相对具有较低的母猪背膘损失,因此在实际应用中脂肪的选择应根据需要达到的目的而选择不同的脂肪源。

③ 本试验中妊娠期饲料与哺乳期饲料对母猪断奶后的断奶发情间隔存在显著的交互作用,说明母猪妊娠前期饲料与妊娠后期、哺乳期饲料共同影响着母猪断奶后的发情时间,从而影响到母猪的繁殖周期。

参考文献:

- [1] TAN C Q, SUN H Q, WEI H K, et al. Effects of soluble fiber inclusion in gestation diets with varying fermentation characteristics on lactational feed intake of sows over two successive parities [J]. *Animal*, 2018, 12(7) : 1388-1395.
- [2] CHENG C S, WEI H K, XU C H, et al. Maternal soluble fiber diet during pregnancy changes the intestinal microbiota, improves growth performance, and reduces intestinal permeability in piglets [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2018, 84(17) : e01047-18, doi:10.1128/AEM.01047-18.
- [3] ZHUO Y, SHI X L, LV G, et al. Beneficial effects of dietary soluble fiber supplementation in replacement gilts: pubertal onset and subsequent performance [J]. *Animal Reproduction Science*, 2017, 186: 11-20.
- [4] CLOUARD C, STOKVIS L, BOLHUIS J E, et al. Short communication; insoluble fibers in supplemental pre-weaning diets affect behaviour of suckling piglets [J]. *Animal*, 2018, 12(2) : 329-333.
- [5] BERNARDINO T, TATEMOTO P, MORRONE B, et al. Piglets born from sows fed high fibre diets during pregnancy are less aggressive prior to weaning [J]. *PLoS One*, 11(12) : e0167363, doi: 10.1371/journal.pone.0167363.
- [6] 李国俊, 崔荣飞. 日粮添加亚麻油酸对断奶仔猪组织器官脂肪酸组成及脂肪酸代谢相关酶活力的影响 [J]. *中国饲料*, 2018(20) : 36-40.
- [7] 敖翔, 周建川, 李元凤, 等. 添加不同脂肪源对母猪及其仔猪免疫状态和生产性能的影响 [J]. *饲料与畜牧*, 2018(9) : 42-50.
- [8] 陈玲. 妊娠后期营养水平对初产母猪繁殖性能及免疫机能的影响 [D]. 硕士学位论文. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2018.
- [9] 胡成, 李宁宁, 刘则学. 膳食纤维在繁殖母猪生产上的应用 [J]. *养猪*, 2019(2) : 23-24.
- [10] BERGERON R, MEUNIER-SALAÜN M C, ROBERT S. The welfare of pregnant and lactating sows [J]. *Welfare of Pigs: From Birth to Slaughter*, 2008: 65-95.
- [11] RHODES R T, APPLEBY M C, CHINN K, et al. A comprehensive review of housing for pregnant sows [J]. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2005, 227(10) : 1580-1590.
- [12] 齐梦凡, 姜春华, 朱晓艳, 等. 不同苜蓿草粉水平对初产母猪生产和繁殖性能的影响 [J]. *草业学报*, 2018, 27(10) : 158-170.
- [13] 陆东东, 邓琳, 倪冬姣, 等. 复合膳食纤维“上上纤”对妊娠母猪刻板行为及粪便形态的影响 [J]. *养猪*, 2019(2) : 20-22.
- [14] 谭成全. 妊娠日粮中可溶性纤维对母猪妊娠期饱感和泌乳期采食量的影响及其作用机理研究 [D]. 博士学位论文. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [15] 毛春瑕, 石显亮, 何余湧, 等. 补饲发酵芦笋下脚料对母猪粪便形态和乳汁质量的影响 [J]. *动物营养学报*, 2016, 28(6) : 1867-1876.
- [16] 黄大鹏, 张虎, 李传锋. 纤维水平对母猪繁殖性能及生殖激素受体 mRNA 表达量影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2015, 51(3) : 47-50.
- [17] MROZ Z, PARTRIDGE I G, MITCHELL G, et al. The effect of oat hulls, added to the basal ration for pregnant sows, on reproductive performance, apparent digestibility, rate of passage and plasma parameters [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 37(3) : 239-247.
- [18] 葛德军. 日粮纤维对经产母猪的营养生理作用及繁殖性能的影响 [D]. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学, 2009.
- [19] 朱秋凤, 邵彩梅, 张卫辉, 等. 膳食纤维在母猪生产中的应用研究进展 [J]. *中国畜牧杂志*, 2017, 53(9) :

21-25, 56.

- [20] 吴飞. 妊娠后期饲料添加共轭亚油酸影响母猪初乳 IgG 的作用机理[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2017.

- [21] KROGH U, BRUUN T S, POULSEN J, et al. Impact of fat source and dietary fibers on feed intake, plasma metabolites, litter gain and the yield and composition of milk in sows[J]. *Animal*, 2017, 11(6): 975-983.

Effects of Different Sources of Fiber and Fat on Reproductive Performance and Production Performance of Sows

WANG Yongsheng^{1,2} ZHANG Tianrong^{3,4} SUN Tiehu² CHEN Yiqun³

(1. *Beijing Engineering Research Center of Livestock Products Quality and Safety Source Control*, Beijing 102209, China;

2. *Nutrition & Health Research Institute, China Oil & Foodstuffs Corporation (COFCO)*, Beijing 102209, China;

3. *COFCO Feed Co., Ltd.*, Beijing 100010, China; 4. *COFCO Feed (Tangshan) Co., Ltd.*, Tangshan 063000, China)

Abstract: This experiment was aimed to explore the effects of different sources of fiber and fat on reproductive performance and production performance of sows. Two-factor cross test design was adopted. A total of 120 sows with an average of 3 to 4 fetuses were divided into A, B, C and D groups. Each group consisted of 30 sows and 1 sow per replicate. Sows were fed early-pregnancy diets with bran+soybean husk, bran+beet meal, bran+alfalfa grain, beet meal+alfalfa grain combination to discuss the effects of different fiber sources on reproductive performance of pregnant sows; after pregnancy 107 days, pregnancy sows in each group were divided into L1, L2 and L3 groups, and 10 sows in each group. Sows were fed diets supplemented with 2.5% four-grade soybean oil, deep-sea fish oil and composite fatty powder, respectively, to explore the effects of different fat sources on production performance of lactating sows and piglets. The results showed as follows: 1) there were no significant differences in number of litter size, number of litter size, health piglets number, average litter weight at birth and average body weight at birth among diets of early-pregnant sows supplemented with different fiber sources ($P>0.05$), but except for average body weight at birth, 8% bran+9% beet meal combination had the best effect, followed by 8% bran +9% beet meal combination. 2) There was no significant difference in milk fat percentage, milk protein content, lactose content and somatic cells counts of pregnant sows supplemented with different fat sources ($P>0.05$). 8% bran+9% sugar beet meal combination was superior to other combinations in milk fat percentage and milk protein content; somatic cell counts was the lowest in 8% bran+9% sugar beet meal combination, indicating that sows breast health status was better. 3) The effects of grade four soybean oil, deep sea fish oil and compound fat powder on back fat loss of lactating sows and average weaning weight of piglets were significant ($P<0.05$). 4) There was a significant interaction between early-pregnancy period diets and late-pregnancy period and lactation period diets on estrus interval of weaned sows ($P<0.05$). It indicates that adding 8% bran+9% soybean skin combination is the optimal combination in early-pregnancy period diets; adding 2.5% deep-sea fish oil in late-pregnancy period and lactation period diets can improve weaning average body weight of piglets, while adding 2.5% compound fat powder has lower back fat lose, and has a significant interaction between early-pregnancy period diets and late-pregnancy period and lactation period diets on estrus interval of weaned sows, affecting the estrus time of sows after weaning. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(12): 5500-5508]

Key words: fiber; fat; pregnant sow; lactating sow; reproductive performance; production performance