

2 个纤维水平饲料对 16~23 kg 天津地方黑猪生长性能、营养物质表观消化率和结肠挥发性脂肪酸含量的影响

马文锋¹ 郭巴图^{2*} 郭亮^{2**} 兰天鑫² 盛志康²

(1.河南科技大学动物科技学院,洛阳 471023;2.天津农学院,天津市农业动物繁育与健康养殖重点实验室,天津 300384)

摘要: 本试验旨在研究 2 个纤维水平饲料对 16~23 kg 天津地方黑猪生长性能、营养物质表观消化率、结肠挥发性脂肪酸含量和菌群数量的影响。选取健康状况一致、遗传背景相同、平均体重为(16.18±0.35) kg 的天津地方黑猪,试验饲料设定 2 个纤维水平(9.7%和 15.3%)。试验 1:选择 24 头黑猪进行随机区组设计,分为 2 组,每组 6 个重复,每个重复 2 头猪,试验期为 28 d,研究 2 个纤维水平饲料对黑猪生长性能、结肠挥发性脂肪酸含量和菌群数量的影响。试验 2:选择 6 头黑猪,采用 3×2 拉丁方试验设计,通过全收粪法测定营养物质表观消化率,试验期为 12 d,前 7 天为预试期,后 5 天为粪收集期,研究 2 个纤维水平饲料对黑猪营养物质表观消化率的影响。结果表明:与 9.7%纤维组相比,提高饲料纤维水平至 15.3%显著降低了黑猪的平均日增重($P<0.05$),显著降低了粗蛋白质、消化能、精氨酸、缬氨酸和半胱氨酸表观消化率($P<0.05$),显著增加了料重比和结肠乙酸含量($P<0.05$)。综上所述,以 16~23 kg 天津地方黑猪为研究对象,9.7%纤维水平饲料对黑猪的生长性能和营养物质表观消化率的影响优于 15.3%纤维水平饲料。

关键词: 天津地方黑猪;纤维水平;生长性能;营养物质表观消化率

中图分类号:S828

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)07-3386-08

天津地方黑猪具有抗病力强、抗逆性突出等特点,是我国长期选育形成的一个优良地方猪种,其肉质鲜嫩,大理石条纹明显,主要分布于天津蓟县地区。天津地方黑猪的生长周期较长,其出栏平均周期为 12 个月。天津地方黑猪具有耐粗饲的特点,可以耐受较高水平的饲料纤维,其饲料组成主要是以一些高纤维植物原料为主,而适宜的纤维水平可以促进肠道发育^[1-2],为肠道后段提供相应的发酵底物,从而改善生猪的肠道菌群多样

性^[3-4]。同时,天津蓟县地区具有丰富的地源性饲料副产品,如地瓜秧、谷糠和麦芽等,它们的纤维含量较高,可以用于天津黑猪的饲料组成,这些原料的成本较低同时可以实现就地取材。因此,本试验研究所选用的原料均来自天津蓟州地区,地瓜秧、谷糠和小麦麸等原料的粗纤维含量分别为 35.2%、40.2%和 10.3%,其中谷糠的粗蛋白质含量为 4.3%,地瓜秧和小麦麸的粗蛋白质含量则分别为 13.4%和 16.1%。由于缺乏饲料纤维水平对天

收稿日期:2020-02-05

基金项目:国家重点研发计划专项(2018YFD0500600);国家自然科学基金(31702122);天津市重大种业项目(15ZXZYNC00100);天津生猪畜产品加工产业发展研究(ZFZX2012-52);河南科技大学研究项目(4025-13480075)

作者简介:马文锋(1987—),男,河南平顶山人,讲师,博士,从事动物营养研究。E-mail: a113boy@163.com

* 同等贡献作者

** 通信作者:郭亮,教授,硕士生导师,E-mail: lianguo177@vip.sina.com

津地方黑猪生长性能和营养物质消化率影响的相关研究,目前已不能满足天津地方黑猪的饲粮营养设计和实际生产需求。因此,本研究先实地进行调查,结合本地的地源性原料特点设计 2 个纤维水平饲粮,以 16~23 kg 天津地方黑猪为研究对象,初步探讨其对天津黑猪生长性能、营养物质表观消化率和结肠挥发性脂肪酸含量的影响,旨在为天津地方黑猪的高纤维水平饲粮设计提供一定的理论参考,同时为开发具有天津地方黑猪本地特色的饲粮配方体系提供初步的研究基础。

1 材料与方法

1.1 试验饲粮

试验设计 2 个饲粮纤维水平,分别为 9.7% 和 15.3%,基础饲粮参照《猪饲养标准》(NY/T 65—2004) 配制,其组成及营养水平见表 1。

1.2 试验设计

试验在天津蓟州天津牧凯丰黑猪养殖有限公司基地进行。

试验 1:选择平均体重为 16 kg 的天津黑猪 24 头,采用随机区组试验设计,分为 2 组,每组 6 个重复,每个重复(栏)2 头猪,试验期为 28 d。试验期间自由采食和饮水,按常规程序进行消毒、驱虫和免疫,以栏为单位准确记录每天的饲粮采食量,试验结束时屠宰黑猪,取结肠食糜待测。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(饲喂基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (as-fed basis) %

项目 Items	纤维水平 Fiber level/%	
	9.7	15.3
原料 Ingredients		
玉米 Corn	53.76	29.52
豆粕 Soybean meal	11.00	6.00
麦麸 Wheat bran	21.00	32.00
麦芽 Malt	4.00	4.00
谷糠 Rice bran	5.00	5.00
地瓜秧 Sweet potato vine	3.00	21.00
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl	0.24	0.48
预混料 Premix ¹⁾	2.00	2.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
总能 GE/(MJ/kg)	15.95	15.91
粗蛋白质 CP	13.79	13.30

续表 1

项目 Items	纤维水平 Fiber level/%	
	9.7	15.3
粗纤维 CF	9.70	15.30
总磷 TP	0.38	0.39
钙 Ca	0.49	0.51
赖氨酸 Lys	0.61	0.59
蛋氨酸 Met	0.25	0.24
苏氨酸 Thr	0.51	0.49

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diets; VA 38 000 IU, VD₃ 16 000 IU, VE 0.26 IU, VK 7.2 mg, VB₁ 6 mg, VB₂ 10 mg, VB₆ 2.4 mg, VB₁₂ 10 mg, 烟酸 nicotinic acid 32 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 10 mg, 叶酸 folic acid 1.2 mg, 生物素 biotin 0.8 mg, 氯化胆碱 choline chloride 0.47 mg, Ca 3 g, P 2 g, Mn 10 mg, Fe 100 mg, Cu 15 mg, Zn 75 mg, 氯化钠 NaCl 2 000 mg。

2) 营养水平均为实测值。Nutrient levels were all measured values.

试验 2:选择平均体重为 16 kg 的天津黑猪 6 头,分别放入猪专用不锈钢代谢笼(1.4 m×0.7 m×0.6 m),单笼饲养,采用 3×2 拉丁方试验设计,通过全收粪法测定营养物质表观消化率,试验期为 12 d,前 7 d 为预试期,后 5 d 为粪尿收集期,试验猪每天饲喂量为其初始体重的 4%,每天 08:00 和 15:30 分 2 次等量饲喂,预试期间根据每头猪实际情况调整喂料量直至试验猪吃饱且极少有剩料。粪样的收集采用全收粪法,随排随收放置于塑料袋内,并将每天收集的粪样放置于-20 ℃冰箱内保存。5 d 收集期结束后,将全部粪样称重,混合均匀,取总粪样的 20% 放置于 65 ℃烘箱中烘 72 h,称重记录初水分含量并回潮 24 h 至恒重,粉碎过 40 目筛,装袋待测。

1.3 生长性能测定

试验开始和结束时空腹 12 h 逐个称重,以重复(栏)为单位记录耗料量,计算平均日增重、平均日采食量和料重比。

1.4 营养物质表观消化率测定

干物质、粗蛋白质、粗纤维、钙和总磷含量分别按照中华人民共和国国家标准 GB/T 6435—2006、GB/T 6432—1994、GB/T 6436—2002 和 GB/T 6437—2002 方法进行测定。15 种氨基酸和含硫氨基酸含量分别参照 GB/T 18246—2000 和

GB/T 15399—94 的方法进行测定,使用仪器为氨基酸自动分析仪(日立 L-8900 型,日本)。色氨酸含量参照 GB/T 18246—2000 方法进行测定,使用仪器为高效液相色谱仪(安捷伦 1200 型,美国)。总能按照国际标准 ISO9831:1998 推荐的方法进行测定,使用仪器为氧弹式测热仪(Parr Instruments,美国)。

饲粮营养物质表观消化率(%) = 100 × (食入该营养物质质量 - 对应粪中该营养物质质量) / 食入该营养物质质量。

1.5 结肠食糜中挥发性脂肪酸含量测定

生长试验结束时,试验 1 所选用的 24 头黑猪全部屠宰,取结肠内容物装入无菌管中,取 1 g 食糜加入 3 mL 50 mmol/L 的硫酸溶液,混合均匀后 4 °C 静置 30 min,20 000 × g 离心 10 min,取上清液,在安捷伦 GC-6890 型气相色谱仪上测甲酸、乙酸、丙酸、丁酸、异丁酸、戊酸和异戊酸含量。色谱柱长 30 m,内径 0.32 mm,膜厚度 0.5 μm,进样器和探测器温度分别为 260 和 280 °C,载气为氦气,流速为 2.5 mL/min。

1.6 结肠食糜微生物计数

无菌操作称取 1 g 结肠食糜加入 99 mL 灭菌

生理盐水中(内含玻璃珠),置于摇床振荡混匀 30 min,稀释到 10⁻²。然后用移液枪取 1 mL 于试管中,加入 9 mL 无菌生理盐水,振荡混匀,重复操作稀释至不同浓度梯度。取每个梯度的稀释液 1 mL 在平板上划线培养,每个梯度 3 个重复。大肠杆菌选用伊红美蓝培养基,乳酸杆菌选用乳酸选择性培养基(LBS),分别在 37 °C 生化培养箱中进行培养。其中大肠杆菌有氧培养 24 h,乳酸杆菌厌氧培养 48 h,培养结束后计数菌落数,计数结果用 lg(CFU/g) 表示。

1.7 数据处理

试验数据采用 Excel 2010 初步整理后,使用 SPSS 20.0 统计软件进行 *t* 检验,组间显著性判定水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪生长性能的影响

由表 2 可知,9.7% 纤维组黑猪平均日增重显著高于 15.3% 纤维组 ($P < 0.05$),9.7% 纤维组黑猪的料重比显著低于 15.3% 纤维组 ($P < 0.05$),2 组间平均日采食量无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 2 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪生长性能的影响

Table 2 Effects of diets with two fiber levels on growth performance in 16 to 23 kg *Tianjin* black pigs

项目 Items	饲粮纤维水平 Dietary fiber level/%		SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
	9.7	15.3		
始重 IBW/kg	16.35	16.02	0.12	0.52
末重 FBW/kg	23.13	21.08	0.86	0.12
平均日采食量 ADFI/(g/d)	913	894	14.61	0.41
平均日增重 ADG/(g/d)	242 ^a	181 ^b	9.15	0.01
料重比 F/G	3.79 ^b	4.96 ^a	0.11	0.01

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

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

2.2 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪常规营养物质表观消化率的影响

由表 3 可知,9.7% 纤维组黑猪的粗蛋白质和消化能表观消化率显著优于 15.3% 纤维组 ($P < 0.05$),2 组之间的粗纤维、钙和磷表观消化率无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.3 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪氨基酸表观消化率的影响

由表 4 可知,9.7% 纤维组黑猪的精氨酸、缬氨酸和半胱氨酸表观消化率显著优于 15.3% 纤维组 ($P < 0.05$),其余氨基酸表观消化率均呈下降趋势,但是差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪常规营养物质表观消化率的影响

Table 3 Effects of diets with two fiber levels on apparent digestibility of common nutrients in 16 to 23 kg *Tianjin* black pigs

项目 Items	饲粮纤维水平 Dietary fiber level/%		SEM	P 值 P-value
	9.7	15.3		
粗蛋白质 CP	82.44 ^a	74.22 ^b	1.19	0.01
粗纤维 CF	47.02	41.15	3.43	0.25
钙 Ca	72.05	66.86	2.04	0.10
总磷 TP	50.93	46.35	2.97	0.30
消化能 DE	77.69 ^a	68.18 ^b	2.17	0.01

表 4 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪氨基酸表观消化率的影响

Table 4 Effects of diets with two fiber levels on apparent digestibility of amino acids in 16 to 23 kg *Tianjin* black pigs

项目 Items	饲粮纤维水平 Dietary fiber level/%		SEM	P 值 P-value
	9.7	15.3		
必需氨基酸 EAA				
精氨酸 Arg	93.54 ^a	88.34 ^b	1.41	0.03
组氨酸 His	87.60	83.94	2.34	0.29
异亮氨酸 Ile	82.77	75.52	3.19	0.14
亮氨酸 Leu	86.63	81.79	2.51	0.21
赖氨酸 Lys	77.82	68.09	4.33	0.14
蛋氨酸 Met	82.30	76.11	3.18	0.19
苯丙氨酸 Phe	84.80	79.09	2.94	0.21
苏氨酸 Thr	79.54	69.74	3.88	0.11
酪氨酸 Tyr	83.89	82.72	3.47	0.82
缬氨酸 Val	80.77 ^a	70.94 ^b	1.58	0.04
非必需氨基酸 NEAA				
丙氨酸 Ala	79.51	72.91	3.65	0.23
天冬氨酸 Asp	84.02	76.67	3.13	0.12
谷氨酸 Glu	91.22	87.13	1.71	0.12
甘氨酸 Gly	80.24	73.60	3.61	0.22
半胱氨酸 Cys	86.55 ^a	77.88 ^b	2.82	0.04
脯氨酸 Pro	87.81	81.83	2.87	0.17
丝氨酸 Ser	85.60	78.27	2.86	0.11

2.4 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪结肠食糜挥发性脂肪酸含量的影响

由表 5 可知,15.3%纤维组结肠乙酸含量显著高于 9.7%纤维组 ($P < 0.05$),9.7%纤维组结肠异丁酸和戊酸含量显著高于 15.3%纤维组 ($P < 0.05$),2 组之间的丙酸、丁酸和异戊酸含量无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.5 2 个纤维水平饲粮对 16~23 kg 天津地方黑猪结肠微生物数量的影响

由表 6 可知,15.3%纤维组和 9.7%纤维组黑猪的结肠大肠杆菌和乳酸菌数量差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

大量研究表明,适度提高饲粮的纤维水平可以促进生猪的肠道发育^[5],增加肠道内食糜的排

空速率,提高肠道后段挥发性脂肪酸含量,进而改善动物的肠道健康^[6-7]。目前,围绕饲料纤维水平对天津地方黑猪影响的研究报道较少。因此,本研究主要设计了2个饲料纤维水平,探讨了2个饲料纤维水平对16~23 kg天津黑猪生长性能和营养物质表观消化率的影响。本研究结果表明,当饲料纤维水平为9.7%时,黑猪的生长速度与营养物质表观消化率较好,当进一步提高纤维水平至15.3%时,黑猪的生长速度显著下降,同时粗蛋白质、能量和几种氨基酸表观消化率也显著降低。在本试验中,15.3%的饲料纤维水平降低了天津地方黑猪对营养物质的消化吸收效率,其主要原因可能包含2个方面:1)15.3%的饲料纤维水平超出了天津黑猪对纤维的耐受水平,引起饲料中不可溶碳水化合物的含量增加,造成饲料的消化能减

少,进而降低饲料能量的利用效率^[8-11]。2)当饲料纤维水平过高时,容易引起生猪的肠道副交感神经兴奋,从而加快肠道内食糜的流动速度,降低了肠道表面与营养物质的接触时间,进而影响了天津黑猪对饲料中营养物质的消化吸收^[12-14]。Le Gall等^[15]报道,当饲料的纤维水平增加1%时,生长猪对饲料的能量消化率相应降低1%。张正敏等^[2]也研究了饲料纤维水平对仔猪生长性能和营养物质消化率的影响,发现提高饲料纤维水平可以显著降低饲料的总能和粗蛋白质消化率,但对仔猪的生长性能无显著影响。Wang等^[16]在肥育猪饲料中添加较高水平的大豆皮,发现饲料的营养物质消化率也显著降低,这些报道与本研究的結果一致。

表5 2个纤维水平饲料对16~23 kg天津地方黑猪结肠挥发性脂肪酸含量的影响

Table 5 Effects of diets with two fiber levels on colonic volatile fatty acid contents in 16 to 23 kg *Tianjin* black pigs

项目 Items	饲料纤维水平 Dietary fiber level/%		SEM	P 值 P-value
	9.7	15.3		
乙酸 Acetic acid	3 601.31 ^b	3 903.86 ^a	71.52	0.04
丙酸 Propionic acid	1 012.67	1 030.62	126.98	0.93
异丁酸 Isobutyric acid	59.67 ^a	45.35 ^b	3.23	0.04
丁酸 Butyric acid	1 076.76	1 018.32	101.65	0.70
异戊酸 Isovaleric acid	89.32	73.67	7.19	0.19
戊酸 Pentanoic acid	141.67 ^a	70.67 ^b	12.41	0.02

表6 2个纤维水平饲料对16~23 kg天津地方黑猪结肠微生物数量的影响

Table 6 Effects of diets with two fiber levels on colonic microorganism numbers in 16 to 23 kg *Tianjin* black pigs

项目 Items	饲料纤维水平 Dietary fiber level/%		SEM	P 值 P-value
	9.7	15.3		
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	5.91	6.48	0.52	0.48
乳酸杆菌 <i>Lactobacilli</i>	7.52	7.30	0.19	0.45

猪的微生物发酵过程主要发生在后肠道,其中结肠是挥发性脂肪酸的主要产生部位。挥发性脂肪酸是饲料纤维厌氧发酵的最终产物,主要包括乙酸、丙酸和丁酸等^[17],可以被结肠上皮相关细胞吸收和代谢^[18]。赵瑶等^[19]研究表明,饲料中添加不同类型的纤维原料可以提高结肠食糜的短链脂肪酸含量,其中添加比例15%的豌豆纤维组生长猪的结肠短链脂肪酸含量最高。席鹏彬等^[20]在

报道中也指出,适度提高饲料的纤维水平可以使后肠产生更多的乙酸,此结论与本试验的研究结果一致。本试验结果表明,当饲料纤维水平由9.7%进一步提高至15.3%时,结肠乙酸的含量显著提高,同时异丁酸和戊酸的含量降低。在所有的挥发性脂肪酸中,乙酸被认为可以快速被肠上皮细胞代谢吸收,从而进入猪的外周血液循环,因此可作为能量的来源之一。在本试验中,提高纤

维水平至15.3%虽然提高了结肠的乙酸含量,但是显著降低了异丁酸和戊酸的含量,同时一定程度地降低了丁酸的含量,结果表明15.3%的饲粮纤维水平可能超出了天津黑猪对纤维水平的耐受范围,不利于后肠微生物的代谢与发酵,相关机制有待于进一步的研究。

猪的结肠微生物区系结构复杂,其中细菌占主要组成部分^[21-22]。就单胃动物猪而言,结肠的菌群数量最多、种类最丰富,同时也是微生物发酵的主要场所。在正常生理状态下,结肠菌群会因外界环境和饲粮条件的变化而发生改变,形成生态环境的动态平衡^[23-24]。Knudsen等^[25]研究指出,高纤维饲粮条件下的猪肠道微生物多样性提高5倍以上,后肠道发酵能力也相应提高。饲粮纤维可以为微生物发酵提供营养底物,然而关于饲粮纤维对肠道菌群数量的影响结果并不一致。Gerritsen等^[26]研究表明,在谷物基础饲粮中加入小麦秸秆和燕麦壳,断奶仔猪结肠食糜的乳酸杆菌数量无明显变化,然而大肠杆菌的数量显著降低。顾宪红等^[27]在断奶仔猪饲粮中添加1%的菊粉,发现仔猪盲肠的双歧杆菌数量出现增长,同时也提高了乳酸杆菌的数量。在本次试验结果中,2个纤维水平饲粮对结肠食糜大肠杆菌和乳酸菌的数量无显著影响,出现此结果的原因可能由于9.7%的纤维水平已经可以满足天津黑猪对纤维的需要,进一步提高纤维水平至15.3%不会对结肠微生物数量产生影响。

4 结 论

本试验条件下,9.7%纤维水平饲粮对16~23 kg天津地方黑猪的生长性能和营养物质表观消化率的影响优于15.3%纤维水平饲粮。

参考文献:

- [1] 庞华静,宋春阳,倪良振,等.日粮纤维对烟台黑猪及其杂交配套系养分消化率和氮平衡的影响[J].中国饲料,2012(10):21-23,26.
- [2] 张正敏,曹洪战,芦春莲,等.日粮纤维在猪生产中的应用研究进展[J].猪业科学,2019,36(5):84-85.
- [3] 王诚,蔺海朝,王彦平,等.日粮纤维水平对猪营养物质表观消化率的影响[J].畜牧兽医学报,2011,38(4):23-29.
- [4] 李铁军,印遇龙,黄瑞林,等.日粮纤维对猪回肠末端氨基酸及其内源性氨基酸流量的影响[J].畜牧兽医学报,2004,35(4):473-476.
- [5] 马永喜,李德发,谯仕彦,等.日粮纤维对仔猪日粮养分消化和代谢的影响[J].中国农业大学学报,2001,6(5):95-102.
- [6] WENK C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig[J]. Animal Feed Science and Technology, 2001, 90(1/2): 21-33.
- [7] SCHULZE H, VAN LEEUWEN P, VERSTEGEN M W A, et al. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs[J]. Journal of Animal Science, 1994, 72(9): 2362-2368.
- [8] JHA R, BERROCOSO J D. Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine[J]. Animal, 2015, 9(9): 1441-1452.
- [9] METZLER B U, MOSENTHIN R. A review of interactions between dietary fiber and the gastrointestinal microbiota and their consequences on intestinal phosphorus metabolism in growing pigs[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2008, 21(4): 603-615.
- [10] JIN L, REYNOLDS L P, REDMER D A, et al. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs[J]. Journal of Animal Science, 1994, 72(9): 2270-2278.
- [11] SCHULZE H, VAN LEEUWEN P, VERSTEGEN M W A, et al. Dietary level and source of neutral detergent fiber and ileal endogenous nitrogen flow in pigs[J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(2): 441-448.
- [12] KNUDSEN K E B, HEDEMANN M S, LÆRKE H N. The role of carbohydrates in intestinal health of pigs[J]. Animal Feed Science and Technology, 2012, 173(1/2): 41-53.
- [13] ZHAO J B, BAI Y, TAO S Y, et al. Fiber-rich foods affected gut bacterial community and short-chain fatty acids production in pig model[J]. Journal of Functional Foods, 2019, 57: 266-274.
- [14] CHEN Y F, WANG Z Y, DING J, et al. Effects of dietary fiber content and different fiber-rich ingredients on endogenous loss of fat and fatty acids in growing pigs[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2019, 10(1): 42.
- [15] LE GALL M, WARPECHOWSKI M, JAGUELIN-PEYRAUD Y, et al. Influence of dietary fibre level and pelleting on the digestibility of energy and nutrients in growing pigs and adult sows[J]. Journal of Animal

- Science, 2009, 3(3): 352-359.
- [16] WANG Y, CHEN Y J, CHO J H, et al. Effect of soybean hull supplementation to finishing pigs on the emission of noxious gases from slurry [J]. *Journal of Animal Science*, 2009, 80(3): 316-321.
- [17] KIMURA I, INOUE D, HIRANO K, et al. The SCFA receptor GPR43 and energy metabolism [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2014, 5: 85.
- [18] DEN BENTEN G, VAN EUNEN K, GRONE A K, et al. The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism [J]. *Journal of Lipid Research*, 2013, 54(9): 2325-2340.
- [19] 赵瑶, 张玲, 何俊, 等. 不同纤维源替代部分基础日粮对生长猪生产性能、养分消化率及肠道生理的影响 [J]. *四川农业大学学报*, 2019, 37(4): 533-541.
- [20] 席鹏彬, YEN V. 猪体内微生物对纤维利用的研究进展 [J]. *国外畜牧学(饲料)*, 1998(2): 10-15.
- [21] CLAUS R, LÖSEL D, LACORN M, et al. Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation [J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 81(1): 239-248.
- [22] PIEPER R, KRÖGER S, Richter J F, et al. Fermentable fiber ameliorates fermentable protein-induced changes in microbial ecology, but not the mucosal response, in the colon of piglets [J]. *The Journal of Nutrition*, 2012, 142(4): 661-667.
- [23] NAVARRO D M D L, BRUININX E M A M, DE JONG L, et al. Effects of inclusion rate of high fiber dietary ingredients on apparent ileal, hindgut, and total tract digestibility of dry matter and nutrients in ingredients fed to growing pigs [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2019, 248: 1-9.
- [24] LIU Z Q, ZHONG R Q, CHEN L, et al. Effects of collection durations on the determination of energy values and nutrient digestibility of high-fiber diets in growing pigs by total fecal collection method [J]. *Animals*, 2020, 10(2): 228.
- [25] KUNDSSEN K E B, HANSEN I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions: 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents [J]. *British Journal of Nutrition*, 1991, 65(2): 217-232.
- [26] GERRITSEN R, VAN DER AAR P, MOLIST F. Insoluble nonstarch polysaccharides in diets for weaned piglets [J]. *Journal of Animal Science*, 2012, 90(Suppl. 4): 318-320.
- [27] 顾宪红, 张名涛, 杨琳, 等. 菊粉对断奶仔猪大肠微生物区系及生产性能的影响 [J]. *畜牧兽医学报*, 2005, 36(4): 333-336.

Effects of Diets with Two Fiber Levels on Growth Performance, Apparent Digestibility of Nutrients and Colonic Volatile Fatty Acid Contents in 16 to 23 kg *Tianjin* Black Pigs

MA Wenfeng¹ GUO Batu^{2*} GUO Liang^{2**} LAN Tianxin² SHENG Zhikang²

(1. College of Animal Science and Technology, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China;

2. Tianjin Key Laboratory of Agricultural Animal Breeding and Healthy Husbandry,

Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Abstract: The objective of this experiment was to study the effects of diets with two fiber levels on growth performance, apparent digestibility of nutrients and colonic volatile fatty acid contents and microorganism numbers in 16 to 23 kg *Tianjin* black pigs. *Tianjin* black pigs with the similar health status and genetic background, an average weight of (16.18±0.35) kg were selected in this study and providing two dietary fiber levels of 9.7% and 15.3%. In Exp.1, twenty-four black pigs were randomly assigned into 2 groups, and each group had six replicates with two pigs per replicate. This experiment lasted for 28 days. The objective of this experiment was to study the effects of diets with two fiber levels on growth performance, colonic volatile fatty acid contents and microorganism numbers. In Exp.2, six pigs were assigned into one of 3×2 Latin squares to determine the nutrient digestibility of nutrients using total feces collection method. Experimental period lasted for 12 days, consisting of a 7-day preliminary period and a 5-day collection of feces and urine period. The objective of this experiment was to study the effects of diets with two fiber levels on nutrient digestibility of nutrients. The results showed that compared with the 9.7% fiber group, increasing the dietary fiber level to 15.3% significantly reduced the average daily weight gain of black pigs ($P<0.05$), significantly reduced the apparent digestibility of crude protein, digestible energy, arginine, valine and cysteine ($P<0.05$), and increased the feed to gain ratio and the colonic acetic acid content ($P<0.05$). In conclusion, the effect of diet with 9.7% fiber level on growth performance and apparent digestibility of nutrients is better than that of diet with 15.3% fiber level for 16 to 23 kg *Tianjin* black pigs. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(7):3386-3393]

Key words: *Tianjin* black pig; fiber level; growth performance; nutrient apparent digestibility

* Contributed equally

** Corresponding author, professor, E-mail: lianguo177@vip.sina.com