

网络出版时间:2021-05-17 11:28 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2021.11.004
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20210517.1035.006.html

不同断奶模式对仔猪免疫器官指数和 免疫球蛋白含量的影响

石志芳^{1a},王天武²,康静静^{1b},柳高冉^{1a},李 阳^{1a},席 磊^{1a}

(1 河南牧业经济学院 a 动物科技学院,b 动物医药学院,河南 郑州 450046;

2 云南农业大学 动物科学技术学院,云南 昆明 650201)

【摘 要】 【目的】研究不同断奶模式对仔猪免疫器官指数以及免疫球蛋白 A(IgA)、IgG、IgM 含量的影响。【方法】选用 27 窝“杜×长×大”仔猪,随机分为 3 个试验组,分别为常规断奶组(C 组)、喷洒气味剂组(S 组)和先混群后断奶组(M 组),每组 3 个重复,每个重复 3 窝。C 组仔猪 28 日龄进行常规断奶、混群;S 组仔猪 28 日龄断奶、混群,同时每天向仔猪身上喷洒体积分数 2%戊二醛溶液,持续喷洒 7 d;M 组仔猪 21 日龄原地混群,28 日龄断奶。断奶后第 8 天称试验猪体质量,解剖采集扁桃体、脾脏、胸腺、下颌淋巴结、腹股淋巴结,称取其质量,计算免疫器官指数;刮取空肠和回肠黏膜,采集血液分离血清,ELISA 方法测定肠黏膜和血清中 IgA、IgG、IgM 和白介素 2(IL-2)的含量。【结果】与 C 组相比,S 组免疫器官指数均提高,除脾脏和下颌淋巴结指数差异不显著($P>0.05$)外,其他均差异显著($P<0.05$);M 组免疫器官指数均显著高于 C 组和 S 组($P<0.05$)。S 组回肠黏膜、M 组空肠和回肠黏膜中 IgA、IgG、IgM 含量均较 C 组显著提高($P<0.05$),S 组空肠黏膜中 IgA、IgG、IgM 含量与 C 组无显著差异($P>0.05$),M 组空肠和回肠黏膜中 IgM 含量均较 S 组显著提高($P<0.05$)。S 组血清中 IgA、IgM 含量较 C 组显著提高($P<0.05$),M 组血清中 IgA、IgM、IgG 含量均较 C 组显著提高($P<0.05$),M 组 IgG 含量显著高于 S 组($P<0.05$)。S 组回肠黏膜中 IL-2 含量显著高于 C 组($P<0.05$),M 组肠黏膜和血清中 IL-2 含量均显著高于 C 组和 S 组($P<0.05$)。【结论】在仔猪体表喷洒体积分数 2%戊二醛溶液和先混群后断奶的断奶模式均能减轻仔猪断奶应激,提高免疫器官指数,增强机体免疫应答水平,其中先混群后断奶模式的效果更优。

【关键词】 断奶应激;断奶模式;仔猪;免疫器官;肠黏膜

【中图分类号】 S828.9⁺1;S815.7

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2021)11-0025-06

Effects of weaning modes on immune organ indexes and immunoglobulin contents of piglets

SHI Zhifang^{1a},WANG Tianwu²,KANG Jingjing^{1b},LIU Gaoran^{1a},LI Yang^{1a},XI Lei^{1a}

(1 a College of Animal Science and Technology,b College of Veterinary Medicine,Henan University of Animal Husbandry and Economy,Zhengzhou,Henan 450046,China;2 Faculty of Animal Science and Technology,

Yunnan Agricultural University,Kunming,Yunnan 650201,China)

Abstract: 【Objective】 This study investigated the effects of weaning modes on indexes of immune organs and contents of immunoglobulin A (IgA),immunoglobulin G (IgG) and immunoglobulin M (IgM) of piglets.【Method】 Twenty-seven litters of “Duroc×Landrace×Large White” piglets were randomly divided into three groups of conventional weaning group (Group C),odorant spraying group (Group S) and mixing

【收稿日期】 2020-11-06

【基金项目】 国家重点研发计划项目(2018YFD0501103);河南省高等学校重点科研计划项目(20B230005)

【作者简介】 石志芳(1984—),女,黑龙江齐齐哈尔人,副教授,博士,主要从事畜禽环境与健康养殖模式研究。

E-mail:shizhifang83158@163.com

【通信作者】 席 磊(1971—),男,河南商丘人,教授,博士,主要从事畜禽环境与健康养殖模式研究。E-mail:xileihn@163.com

before weaning group (Group M). Each group had 3 replications, and each replication had 3 litters. The piglets in Group C were weaned and mixed at the age of 28 days, and the piglets in Group S were weaned and mixed at the age of 28 days. At the same time, glutaraldehyde solution at volume fraction of 2% was sprayed on piglets in Group S every day for 7 days. The piglets in Group M were mixed *in situ* at the age of 21 days and weaned at the age of 28 days. Seven days after weaning, body mass of pigs was weighed. Tonsils, spleen, thymus, mandibular lymph nodes and inguinal lymph nodes were collected and weighed respectively, and immune organ index was calculated. The mucosa of ileum and jejunum were scraped, and serum was collected and prepared. The contents of immunoglobulin A (IgA), immunoglobulin G (IgG), immunoglobulin M (IgM) and interleukin-2 (IL-2) in intestinal mucosa and serum were detected by ELISA assay.

【Result】 Compared with Group C, the immune organ indexes of Group S increased, and all increases were significant ($P < 0.05$) except spleen and mandibular lymph node indexes ($P > 0.05$). The immune organ indexes of Group M were significantly higher than those of Group C and Group S ($P < 0.05$). Compared with Group C, IgA, IgG and IgM contents in ileum mucosa of Group S as well as ileum mucosa and jejunum mucosa of Group M were significantly increased ($P < 0.05$), but there were no significant differences among IgA, IgG and IgM contents in jejunum mucosa among Group S and Group C ($P > 0.05$). IgM content in jejunum and ileum mucosa in Group M was significantly increased compared with Group S ($P < 0.05$). IgA and IgM contents in serum of Group S were significantly increased compared with Group C ($P < 0.05$), and IgA, IgM and IgG contents in serum of Group M were significantly increased compared with Group C ($P < 0.05$), while there was significant difference in IgG content between Group M and Group S ($P < 0.05$). The IL-2 content in ileum mucosa of Group S was significantly higher than that of Group C ($P < 0.05$), and IL-2 content in intestinal mucosa and serum of Group M was significantly higher than that of Group C and Group S ($P < 0.05$).

【Conclusion】 Spraying glutaraldehyde solution at volume fraction of 2% on surface of piglets and mixing *in situ* before weaning mode could reduce weaning stress, improve immune organ index and enhance immune response level of piglets. The mode of mixing *in situ* before weaning was the best.

Key words: weaning stress; weaning mode; piglets; immune organ; intestinal mucosa

断奶是仔猪生产过程中的重要阶段,较为常见的断奶方式为一次性断奶,这种方式极易导致母猪患乳房炎,仔猪遭受严重断奶应激^[1]。断奶应激主要是由断奶、分群及饲料和猪舍环境的改变等对仔猪生产性能和健康水平产生影响的综合性应激反应过程^[2]。断奶对于仔猪生理和心理健康影响极大,从而影响仔猪的健康水平^[1]和生猪生产效益^[3]。因此,根据实际生产情况改进仔猪断奶模式,对于缓解断奶应激,减少经济损失具有重要意义^[4]。目前,关于减缓营养应激对仔猪影响的研究较多^[5-6],而有关减缓环境应激对仔猪影响的研究鲜有报道,仅见马塘等^[7]对缓解断奶仔猪的环控模式进行了研究。本试验研究了喷洒气味剂、先混群后断奶及常规断奶 3 种方式对仔猪免疫器官指数及肠黏膜和血清中免疫球蛋白 A (IgA)、IgG、IgM 和白介素 2 (IL-2) 含量的影响,旨在寻求能够有效缓解仔猪断奶应激的断

奶模式。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在河南省鹤壁市淇县某猪场进行。将 27 窝“杜×长×大”三元杂交仔猪随机分为 3 组,分别为常规断奶组(C 组)、喷洒气味剂组(S 组)和先混群后断奶组(M 组),每组 3 个重复,每个重复 3 窝仔猪。C 组在仔猪 28 日龄时断奶,同时进行混群;S 组仔猪 28 日龄断奶、混群,同时每天向仔猪身上喷洒体积分数 2% 的戊二醛,持续喷洒 7 d 后停止;M 组仔猪在 21 日龄时,将相邻 3 个产床中间的隔板打通,仔猪留在原栏中进行混群,28 日龄时断奶。试验周期内所有猪只均自由采食和饮水。基础饲料参照 NRC(2012)猪的营养需要配制,其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of basal diet (air-dry basis)

项目			项目		
Item			Item		
Content			Content		
配方 Formula	玉米/(g·kg ⁻¹) Corn	605.0	养分 Nutrient	氯化胆碱/(g·kg ⁻¹) Choline chloride	1.0
	鱼粉/(g·kg ⁻¹) Fish meal	50.0		食盐/(g·kg ⁻¹) NaCl	4.0
	玉米蛋白粉/(g·kg ⁻¹) Corn gluten meal	50.0		预混料/(g·kg ⁻¹) Premix	6.0
	大豆油/(g·kg ⁻¹) Soybean meal	10.0		消化能/(MJ·kg ⁻¹) DE	14.1
	豆粕/(g·kg ⁻¹) Soybean meal	240.0		粗蛋白质/(g·kg ⁻¹) CP	202.1
	石粉(g·kg ⁻¹) Limestone	11.8		钙/(g·kg ⁻¹) Ca	7.6
	磷酸氢钙/(g·kg ⁻¹) CaHPO ₄	13.0		有效磷/(g·kg ⁻¹) AP	4.5
	L-赖氨酸/(g·kg ⁻¹) L-Lys	6.0		赖氨酸/(g·kg ⁻¹) Lys	12.5
	蛋氨酸/(g·kg ⁻¹) Met	1.3		蛋氨酸/(g·kg ⁻¹) Met	4.3
	苏氨酸/(g·kg ⁻¹) Thr	1.7		苏氨酸/(g·kg ⁻¹) Thr	7.1
	色氨酸/(g·kg ⁻¹) Ser	0.2		色氨酸/(g·kg ⁻¹) Ser	1.6

注:预混料为每千克饲料提供:V_A 6 000 IU,V_{D₃} 400 IU,V_E 30 mg,V_{K₃} 2 mg,V_{B₁} 3.5 mg,V_{B₂} 5.5 mg,V_{B₆} 3.5 mg,V_{B₁₂} 25.0 μg,生物素 0.05 mg,叶酸 0.3 mg,D-泛酸 20 mg,烟酸 20 mg,氯化胆碱 500 mg,Fe 110 mg,Zn 100 mg,Cu 20 mg,Mn 40 mg,Se 0.30 mg,I 0.40 mg。营养水平为计算值。
Note:The premix provided following per kilogram of diet:V_A 6 000 IU,V_{D₃} 400 IU,V_E 30 mg,V_{K₃} 2 mg,V_{B₁} 3.5 mg,V_{B₂} 5.5 mg,V_{B₆} 3.5 mg,V_{B₁₂} 25.0 μg,biotin 0.05 mg,folic acid 0.3 mg,D-pantothenic acid 20 mg,niacin 20 mg,choline chloride 500 mg,Fe 110 mg,Zn 100 mg,Cu 20 mg,Mn 40 mg,Se 0.30 mg,and I 0.40 mg. Nutrient levels were calculated values.

1.2 样品采集

断奶后第 8 天,每组随机选取 3 头仔猪,称体质量。采用活体前腔静脉采血法,每头仔猪采血 5 mL,静置 2 h,3 000 r/min 条件下离心 10 min,移液枪吸取上清液存贮于 5 mL 离心管中,放置于-20℃冰箱中保存待测。解剖供试仔猪(解剖前禁食不禁水 8 h),采集扁桃体、脾脏、胸腺、下颌淋巴结、腹股淋巴结,分别称取质量;分离出小肠,刮取回肠和空肠黏膜,分别贮存于 5 mL 样品管内,-80℃液氮内保存待检。

1.3 测定指标

免疫器官指数的计算公式为:免疫器官指数=免疫器官质量/活体质量×100%。
肠黏膜和血清中 IgA、IgG、IgM 和 IL-2 的含量均采用酶联免疫吸附法(ELISA)测定,ELISA 试剂

盒购自武汉华美生物工程有限公司,具体操作方法见试剂盒说明书。

1.4 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 24.0 统计学软件进行统计分析,各组间差异采用单因素方差分析检验(LSD);所得结果用“平均数±标准误”(Mean±SE)表示,P>0.05 表示差异不显著,P<0.05 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同断奶模式对仔猪免疫器官指数的影响

由表 2 可知,S 组胸腺指数、腹股淋巴结指数和扁桃体指数均显著高于 C 组(P<0.05),脾脏指数和下颌淋巴结指数与 C 组无显著差异(P>0.05);M 组各免疫器官指数均显著高于 C 组和 S 组(P<0.05)。

表 2 不同断奶模式中仔猪免疫器官指数

Table 2 Immune organ indexes of piglets with different weaning modes

组别 Group	胸腺指数 Thymus index	腹股淋巴结指数 Inguinal lymph node index	脾脏指数 Spleen index	扁桃体指数 Tonsil index	下颌淋巴结指数 Mandibular lymph node index
C 组 Group C	1.03±0.04 a	0.89±0.16 a	1.88±0.22 a	1.07±0.14 a	1.87±0.18 a
S 组 Group S	1.30±0.09 b	1.34±0.18 b	2.26±0.17 a	1.38±0.48 b	2.11±0.01 a
M 组 Group M	1.64±0.16 c	1.81±0.02 c	4.06±0.48 b	2.16±0.26 c	2.70±0.32 b

注:同列数据后标不同小写字母表示组间差异显著(P<0.05),标相同字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。
Note:Different lowercase letters indicate significant differences between groups (P<0.05),while same letters mean insignificant difference between groups (P>0.05). The same below.

2.2 不同断奶模式对仔猪肠黏膜和血清中 IgA、IgG、IgM 含量的影响

2.2.1 肠黏膜中 IgA、IgG 和 IgM 的含量 由表 3

可知,S 组回肠黏膜、M 组空肠和回肠黏膜中 IgA、IgG 和 IgM 含量均较 C 组显著提高(P<0.05),S 组空肠黏膜中 IgA、IgG 和 IgM 含量与 C 组无显著

差异($P>0.05$)。M 组空肠黏膜中 IgG、IgM 和回肠黏膜中 IgM 含量均较 S 组显著提高($P<0.05$)。

表 3 不同断奶模式仔猪肠黏膜中 IgA、IgG 和 IgM 的含量

Table 3 IgA,IgG and IgM contents in intestinal mucosa of piglets with different weaning modes $\mu\text{g/mL}$

组别 Group	IgA		IgG		IgM	
	空肠 Jejunum	回肠 Ileum	空肠 Jejunum	回肠 Ileum	空肠 Jejunum	回肠 Ileum
C 组 Group C	1.76±0.05 a	1.60±0.16 a	2.99±0.31 a	2.45±0.17 a	1.14±0.01 a	1.10±0.01 a
S 组 Group S	2.34±0.01 ab	2.04±0.19 b	4.02±0.28 a	4.00±0.12 b	2.18±0.01 a	2.18±0.01 b
M 组 Group M	2.97±0.05 b	2.86±0.40 b	5.87±0.68 b	4.56±0.43 b	3.28±0.01 b	3.26±0.01 c

2.2.2 血清中 IgA、IgG 和 IgM 的含量 由表 4 可知,S 组血清中的 IgA、IgM 含量均显著高于 C 组($P<0.05$),而 IgG 含量差异不显著($P>0.05$);M 组血清中的 IgA、IgG、IgM 含量均显著高于 C 组($P<0.05$);M 组 IgG 含量显著高于 S 组($P<0.05$)。

表 4 不同断奶模式仔猪血清中 IgA、IgG 和 IgM 的含量

Table 4 IgA,IgG and IgM contents in serum of piglets with different weaning modes mg/mL

组别 Group	IgA	IgG	IgM
C 组 Group C	0.26±0.02 a	8.83±0.05 a	0.36±0.01 a
S 组 Group S	0.34±0.01 b	9.31±0.04 a	0.51±0.04 b
M 组 Group M	0.32±0.02 b	10.62±0.13 b	0.48±0.03 b

2.3 不同断奶模式对仔猪肠黏膜和血清中 IL-2 含量的影响 组无显著差异($P>0.05$);M 组空肠和回肠黏膜及血清中 IL-2 含量均显著高于 C 组和 S 组($P<0.05$)。

由表 5 可知,S 组回肠黏膜中 IL-2 含量显著高于 C 组($P<0.05$),空肠和血清中的 IL-2 含量与 C

表 5 不同断奶模式仔猪肠黏膜和血清中 IL-2 的含量

Table 5 IL-2 contents in intestinal mucosa and serum of piglets with different weaning modes pg/mL

组别 Group	空肠 Jejunum	回肠 Ileum	血清 Serum
C 组 Group C	320.78±6.79 a	311.42±4.37 a	82.25±0.01 a
S 组 Group S	352.79±19.20 a	423.99±10.00 b	92.67±0.05 a
M 组 Group M	481.00±1.99 b	541.90±2.86 c	110.45±0.03 b

3 讨论

3.1 不同断奶模式对仔猪免疫器官指数的影响

研究表明,健康的幼龄动物由于自身细胞分裂和生长发育,其免疫器官质量增加,免疫器官指数增大,机体免疫机能和免疫水平提高^[8-11]。本研究结果显示,与常规断奶组相比,喷洒气味剂可使仔猪除脾脏和下颌淋巴结指数外的其他免疫器官指数均显著提高,而先混群后断奶仔猪的各免疫器官指数均显著提高,与周盟等^[12]的研究结果基本一致。结果说明,在仔猪体表喷洒体积分数 2%戊二醛溶液和先混群后断奶都能起到减缓仔猪断奶应激而提高免疫器官指数的作用,且先混群后断奶组的效果优于喷洒气味剂组。猪只可凭借灵敏的嗅觉识别群内的个体,从而保持圈舍内群体之间的密切联系,对混入本群的其他仔猪能很快识别并加以驱赶,甚至咬伤或咬死^[13]。本试验 S 组在仔猪体表喷洒体积分数 2%戊二醛气味剂后所有的仔猪气味相近,减少了混群时仔猪因重新确立群体位次而造成的撕咬打斗等行为,降低了仔猪混群应激;M 组在 21 日龄时将 3

个相邻圈舍隔断打通,在形式上完成了混群,仔猪可以在母猪的带领下和同伴交流,减少了打斗撕咬等混群应激行为,在 28 日龄再进行断奶,减轻了混群与断奶带来的应激叠加造成的影响。

3.2 不同断奶模式对仔猪 IgA、IgG、IgM 含量的影响

动物免疫系统通过免疫细胞和免疫活性分子的相互作用实现对外界抗原的识别和应答^[14-16]。机体免疫器官质量的增加代表着器官内淋巴细胞增殖,免疫活性分子含量的高低则体现了机体免疫应答水平的强弱^[17],其中免疫球蛋白是机体免疫系统的重要组成部分之一,也是体液免疫的重要基础^[18]。IgA 对局部黏膜可起保护作用,在消化道和呼吸道的保护中也担当着重要角色,是机体黏膜免疫的重要屏障^[18]。IgG 是机体抵抗病原体感染时的主要力量^[19],在动物体内分布极为广泛,是血液中含有最高的免疫球蛋白。IgM 是机体第 1 次发生免疫应答时最早出现的抗体;而当机体发生第 2 次免疫应答时,免疫球蛋白 IgG 是最主要的抗体^[20]。本研究结果显示,与常规断奶组相比,喷洒气味剂组仔猪回肠

黏膜、先混群后断奶组仔猪的空肠和回肠黏膜中 IgA、IgG、IgM 含量均显著提高($P<0.05$),而喷洒气味剂组仔猪的空肠黏膜中 IgA、IgG、IgM 含量则无显著差异($P>0.05$);与喷洒气味剂组相比,先混群后断奶组仔猪的空肠和回肠黏膜中 IgM 含量均显著提高($P<0.05$)。与常规断奶组相比,喷洒气味剂组仔猪血清中 IgA、IgM 含量均显著提高($P<0.05$),先混群后断奶组仔猪血清中 IgA、IgM、IgG 含量均显著提高($P<0.05$);与喷洒气味剂组相比,先混群后断奶组仔猪血清中 IgG 含量也显著提高($P<0.05$)。产生上述结果的原因可能与喷洒气味剂和先混群后断奶的模式能够有效缓解因应激引发的肠道黏膜生长发育减慢、体液免疫力下降有关^[21]。

3.3 不同断奶模式对仔猪 IL-2 含量的影响

IL-2 是辅助性 T 细胞在有丝分裂素刺激下所产生的一种免疫活性物质,也称 T 细胞生长因子,对机体的免疫应答起着重要的作用^[22]。IL-2 不仅可以增强 T 淋巴细胞和 NK 细胞的活性,还具有调节和增强仔猪免疫功能及抗病毒能力的作用,IL-2 还在信息传递、免疫细胞激活与调节以及 T、B 淋巴细胞的活化、增殖与分化中发挥着重要作用^[23]。本研究结果显示,与常规断奶组相比,喷洒气味剂组仔猪回肠黏膜中 IL-2 含量、先混群后断奶组仔猪肠黏膜和血清中 IL-2 含量均显著提高($P<0.05$);与喷洒气味剂组相比,先混群后断奶组仔猪的肠黏膜和血清中 IL-2 含量均显著提高($P<0.05$)。这可能与喷洒气味剂和先混群后断奶的模式能够有效缓解因应激引发的机体免疫力下降,从而提高仔猪免疫功能有关^[24-25]。本研究结果表明,先混群后断奶的模式能够显著提高仔猪肠道黏膜和血清中 IL-2 的水平,从而增强仔猪机体免疫应答水平,有效减缓仔猪断奶应激。

4 结 论

仔猪断奶后体表喷洒体积分数 2%戊二醛气味剂能在一定程度上减缓仔猪断奶应激,提高免疫器官指数及肠黏膜、血清中 IgA、IgG、IgM 含量,增强机体免疫应答水平;先混群后断奶能有效减缓断奶应激,提高免疫器官指数,提高肠黏膜、血清中 IgA、IgG、IgM 的含量,增强机体免疫应答水平。先混群后断奶的模式效果更优。

[参考文献]

[1] 张莉,施正香,侯建君,等.规模化猪场仔猪早期断奶应激研

究进展[J].农业工程学报,2006(S2):117-120.
Zhang L, Shi Z X, Hou J J, et al. A review of early-weaned stress on piglets in intensive pig farms [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006 (S2): 117-120.
[2] 冯江鑫,陈代文,余冰,等.菌酶协同发酵饲料对仔猪生长性能、养分消化率、血清生化指标和肠道屏障功能的影响[J].动物营养学报,2020,32(3):1099-1108.
Feng J X, Chen D W, Yu B, et al. Effects of diets fermented with bacteria and enzyme on growth performance, nutrient digestibility, serum biochemical indices and intestinal barrier function of piglets [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(3): 1099-1108.
[3] Xiang Q H, Wu X Y, Pan Y, et al. Early life intervention using fecal microbiota combined with probiotics promotes gut microbiota maturation regulates immune system development, and alleviates weaning stress in piglets [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(2): 568.
[4] Heng L K, Chong Q A, Escrìbado B, et al. Pre-weaning socialization and environmental enrichment affect life-long response to regrouping in commercially-reared pigs [J]. Applied Animal Behaviour Science, 2020, 229: 105044.
[5] 陈丽玲,贺琴,郭晓波,等.白术茯苓多糖复方对断奶仔猪生长性能和免疫功能的影响[J].动物营养学报,2020,32(7):3394-3402.
Chen L L, He Q, Guo X B, et al. Effects of atracylodes macrocephala and poria cocos polysaccharide compound on growth performance and immune function of weaned piglets [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(7): 3394-3402.
[6] 刘峰,姚康,袁学宾,等.玉米肽对断奶仔猪生长性能及免疫特性的影响[J].饲料研究,2020(9):1-9.
Liu F, Yao K, Yuan X B, et al. Effects of corn peptide on growth performance and immune characteristics of weaned piglets [J]. Feed Research, 2020(9): 1-9.
[7] 马壖,闫峻,郑梓,等.缓解断奶仔猪应激的环控模式研究[J].猪业科学,2017,34(12):94-96.
Ma Y, Yan J, Zheng Z, et al. Study on the environmental control model for relieving the stress of weaned piglets [J]. Swine Industry Science, 2017, 34(12): 94-96.
[8] 陈佳力,陈代文,余冰,等.苯甲酸对断奶仔猪生长性能、器官指数和胃肠道内容物 pH 的影响[J].动物营养学报,2015,27(1):238-246.
Chen J L, Chen D W, Yu B, et al. Effects of benzoic acid on growth performance, organ indexes and gastrointestinal content pH of weaned piglets [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(1): 238-246.
[9] Razooqi R H, Fadhli M K, Jalil M J, et al. Effect of nano-capsule of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds extract on broiler performance, intestinal micro flora and immune organs index [J]. Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation, 2018, 6(3): 34-40.
[10] 韩杰,张飞,边连全.刺五加多糖对免疫应激断奶仔猪免

- 疫器官指数、粪便微生物菌群数量和胃肠道 pH 的影响 [J]. 动物营养学报, 2014, 26(8): 2314-2319.
- Han J, Zhang F, Bian L Q. Effects of *acanthopanax senticosus* polysaccharide on immune organ indexes, counts of fecal microflora and gastrointestinal pH of immune challenged weaner piglets [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(8): 2314-2319.
- [11] 徐燕红, 殷大岳, 王宝维, 等. 饲料维生素 K₃ 添加水平对五龙鹅胫骨发育、免疫器官指数及抗氧化性能的影响 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(6): 2642-2650.
- Xu Y H, Yin T Y, Wang B W, et al. Effects of dietary vitamin K₃ supplemental level on tibia development, immune organ index and antioxidant capacity of Wulong geese [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(6): 2642-2650.
- [12] 周 盟, 张乃锋, 董晓丽, 等. 益生菌对断奶仔猪生长性能、免疫器官指数及胃肠道 pH 的影响 [J]. 动物营养学报, 2014, 26(2): 445-452.
- Zhou M, Zhang N F, Dong X L, et al. Effects of probiotics on growth performance, immune organ indexes and gastrointestinal pH of weaner piglets [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(2): 445-452.
- [13] 杨公社. 猪生产学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 17-18.
- Yang G S. Pig production [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 17-18.
- [14] 宋博翠, 蒋萌萌, 韩 宇, 等. 大黄酚对环磷酰胺诱导的免疫抑制小鼠的免疫保护作用 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2019, 31(6): 66-71.
- Song B C, Jiang M M, Han Y, et al. Immunoprotection effect of chrysophanol on CTX induced immunosuppression in mice [J]. Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2019, 31(6): 66-71.
- [15] Pasmanee S, James P A. The future of immune checkpoint therapy [J]. Science, 2015, 348(6230): 56-61.
- [16] 冯宝宝, 赵 莹, 马晓宇, 等. 不同教槽料对断奶仔猪肠道黏膜免疫相关基因表达的影响 [J]. 河南农业科学, 2020, 49(9): 143-152.
- Feng B B, Zhao Y, Ma X Y, et al. Effects of different creep diet on expression of immune related genes in intestinal mucosa of weaned piglets [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2020, 49(9): 143-152.
- [17] Zhao X X, Chen T T, Meng F J, et al. Therapeutic effect of herb residue fermentation supernatant on spleen deficient mice [J]. Molecular Medicine Reports, 2018, 17(2): 2764-2770.
- [18] 彭 众. 早期断奶对树突状细胞介导的仔猪肠道黏膜免疫功能的影响及精氨酸对其的调节作用 [D]. 江苏扬州: 扬州大学, 2019.
- Peng Z. Effect of early weaning on dendritic cell-mediated intestinal mucosal immune function and regulation of arginine [D]. Yangzhou, Jiangsu: Yangzhou University, 2019.
- [19] 卢军锋. 益生菌发酵饲料对育肥猪免疫指标和肠道健康的影响 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- Lu J F. Effect of probiotic fermented feed on immunity and gut health of finishing pigs [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2019.
- [20] 徐菊美. 丁酸钠对猪肠黏膜免疫、肠道发育和菌群区系的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- Xu J M. Effects of sodium butyrate on mucosal immune, intestine development and microbiota in pigs [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017.
- [21] 徐博成, 李 智, 汪以真, 等. 抗菌肽对仔猪生长性能、腹泻率和免疫球蛋白水平影响的 Meta 分析 [J]. 动物营养学报, 2020, 32(8): 3584-3593.
- Xu B C, Li Z, Wang Y Z, et al. Effects of antimicrobial peptides on growth performance, diarrhea rate and immunoglobulin levels of piglets: a Meta-analysis [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(8): 3584-3593.
- [22] 王 明, 孙志刚, 刘文奇, 等. 大豆异黄酮对奶牛脾脏和肠系淋巴结淋巴细胞干扰素 γ 、白介素 2 和白介素 4 浓度以及雌激素受体 β mRNA 表达的影响 [J]. 动物营养学报, 2012, 24(5): 859-869.
- Wang M, Sun Z G, Liu W Q, et al. Effects of soy isoflavones on concentrations of interferon γ , interleukin 2 and interleukin 4 and mRNA expression of estrogen receptor β in lymphocytes of spleen and intestinal lymph nodes of dairy cows [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2012, 24(5): 859-869.
- [23] 李 凡, 张升校, 王彩虹. 低剂量白细胞介素-2 在类风湿关节炎治疗中的研究进展 [J]. 中华风湿病学杂志, 2018, 22(10): 711-714.
- Li F, Zhang S J, Wang C H. Research progress of low-dose interleukin-2 in the treatment of rheumatoid arthritis [J]. Chinese Journal of Rheumatology, 2018, 22(10): 711-714.
- [24] 袁 威, 任志华, 邓又天, 等. 复合抗菌肽对断奶仔猪生长性能及血清细胞因子含量的影响 [J]. 动物营养学报, 2015, 27(3): 885-892.
- Yuan W, Ren Z H, Deng Y T, et al. Effects of complex antibacterial peptide on growth performance and serum cytokine contents of weaned piglets [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(3): 885-892.
- [25] 段雪磊, 巴翠晶, 李得鑫, 等. 胶股蓝微粉发酵物对断奶仔猪免疫功能的影响 [J]. 中国兽医学报, 2016, 36(11): 1929-1932.
- Duan X L, Ba C J, Li D X, et al. Effects of the fermented ultra-fine powder of *Gynostemma* on immune function of weaning piglets [J]. Chinese Journal of Veterinary Science, 2016, 36(11): 1929-1932.