

# 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能、养分表观消化率、屠宰性能、免疫器官指数及毛皮质量的影响

郑建婷 冯国亮 曹亮 李燕平 牛晓艳 黄淑芳 唐耀平 任克良\*

(山西省农业科学院畜牧兽医研究所,太原 030032)

**摘要:** 本试验旨在研究饲料中添加枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能、养分表观消化率、屠宰性能、免疫器官指数及毛皮质量的影响。采用单因子设计,选取体重相近的健康42日龄獭兔126只,随机分为3组,每组42个重复,每个重复1只兔。对照组饲喂基础饲料+300 mg/kg金霉素,试验Ⅰ组饲喂基础饲料+200 mg/kg枯草芽孢杆菌+200 mg/kg复合酶制剂,试验Ⅱ组饲喂基础饲料+400 mg/kg枯草芽孢杆菌+400 mg/kg复合酶制剂。预试期5 d,正试期41 d。结果表明:1)各组之间獭兔的末重、平均日采食量、平均日增重、料重比、腹泻率和死亡率无显著差异( $P>0.05$ ),腹泻率和死亡率均以试验Ⅰ组最低。2)对照组獭兔的粗纤维表观消化率极显著高于试验Ⅱ组( $P<0.05$ ),对照组和试验Ⅱ组獭兔的钙表观消化率极显著高于试验Ⅰ组( $P<0.01$ )。各组之间獭兔的干物质、粗蛋白质、粗灰分、磷、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维表观消化率无显著差异( $P>0.05$ )。3)各组之间獭兔的宰前活重、胴体重、半净膛率和全净膛率无显著差异( $P>0.05$ )。4)各组之间獭兔的胸腺指数、脾脏指数和圆小囊指数无显著差异( $P>0.05$ )。5)对照组和试验Ⅰ组獭兔的臀部被毛密度极显著高于试验Ⅱ组( $P<0.01$ ),对照组和试验Ⅰ组獭兔的肩部被毛密度显著高于试验Ⅱ组( $P<0.05$ );对照组獭兔的腹部被毛密度极显著低于试验Ⅰ组和试验Ⅱ组( $P<0.01$ ),试验Ⅰ组极显著低于试验Ⅱ组( $P<0.01$ )。对照组獭兔的臀部皮张厚度极显著低于试验Ⅱ组( $P<0.01$ )。由此可见,饲料中添加枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能、屠宰性能、免疫器官指数无显著影响,对粗纤维和钙表观消化率及被毛密度、臀部皮张厚度有显著影响。综合考虑以上指标,獭兔饲料中添加200 mg/kg枯草芽孢杆菌+200 mg/kg复合酶制剂效果较好。

**关键词:** 獭兔;枯草芽孢杆菌;复合酶制剂;生长性能;养分表观消化率

中图分类号:S829.1

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)06-2808-08

獭兔,又名力克斯兔,是一种典型的皮用兔,其皮毛较为珍贵,市场需求量大。目前,制约獭兔产业发展的主要因素是断奶幼兔消化道疾病的发生。消化道疾病占幼兔疾病总发生率的60%以上,且病因极其复杂,一切影响胃肠结构和功能的

内外因素均可导致腹泻。生产中,对断奶幼兔腹泻多采用以抗菌药物调控为主、营养调控为辅的技术措施。随着抗生素的使用,诸多弊端逐渐显露,如何控制腹泻成为国内外兔业界共同关注的焦点。研究表明,枯草芽孢杆菌能维持机体肠道

收稿日期:2019-12-11

基金项目:国家兔产业技术体系专项资金(CARS-43-B-3)

作者简介:郑建婷(1983—),女,山西大同人,助理研究员,硕士,研究方向为家兔营养、育种及生产。E-mail: kktting523@126.com

\*通信作者:任克良,研究员,E-mail: 835885346@qq.com

微生态平衡,提升机体免疫水平,具有绿色无污染、无毒无害、可替代抗生素等众多优异的生物特性。幼兔消化道的酶系和微生物体系不完善,消化酶分泌不足,不能充分利用饲料中的某些养分,如 $\beta$ -葡聚糖、戊聚糖及果胶等,这些抗营养因子不仅难以被利用,还影响其他养分的消化吸收,而外源复合酶制剂的添加可以提高饲料的消化利用率,在猪、禽、反刍动物等生产中应用效果较好<sup>[1]</sup>。近年来,枯草芽孢杆菌和复合酶制剂被广泛应用在畜禽饲料中,但效果不尽一致,二者协同使用的应用效果也鲜见报道。因此,本试验旨在研究枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能、养分表观消化率、屠宰性能、免疫器官指数及毛皮性能的影响,探讨可以有效改善獭兔消化道健康、促进獭兔生长发育的枯草芽孢杆菌和复合酶制剂组方,为獭兔生产中绿色饲料添加剂的使用提供理论数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用饲料级复合枯草芽孢杆菌(活菌数:枯草芽孢杆菌 $\geq 190 \times 10^6$  CFU/g,酿酒酵母 $\geq 1 \times 10^6$  CFU/g,植物乳杆菌 $\geq 10 \times 10^6$  CFU/g,总菌 $\geq 200 \times 10^6$  CFU/g)、复合酶制剂(活性:木聚糖酶 $\geq 800$  U/g, $\beta$ -葡聚糖酶 $\geq 1\ 000$  U/g, $\beta$ -甘露聚糖酶 $\geq 100$  U/g,酸性蛋白酶 $\geq 7\ 000$  U/g,中性蛋白酶 $\geq 3\ 000$  U/g,淀粉酶 $\geq 12\ 000$  U/g)均购自湖北新华扬科技有限公司。

### 1.2 基础饲料

选用玉米、麸皮、豆粕、谷草等原料,进行营养价值评价后,根据家兔饲养营养推荐值<sup>[2]</sup>配制基础饲料,基础饲料组成及营养水平见表1。在预混料中添加不同剂量的枯草芽孢杆菌和复合酶制剂,试验饲料加工成直径4 mm的颗粒。

表1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)

%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>	含量 Content
玉米 Corn	20.00	消化能 DE/(MJ/kg)	9.87
麸皮 Wheat bran	17.00	粗蛋白质 CP	15.81
豆粕 Soybean meal	11.50	粗纤维 CF	16.02
酒精蛋白 Alcohol protein	13.40	粗灰分 Ash	5.07
谷草 Rice straw	31.10	钙 Ca	1.10
苜蓿 Alfalfa meal	3.00	磷 P	0.57
预混料 Premix <sup>1)</sup>	4.00	中性洗涤纤维 NDF	41.26
合计 Total	100.00	酸性洗涤纤维 ADF	24.67

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kilogram of the diet: VA 6 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 000 IU, VE 35 mg, 赖氨酸 Lys 2.5 g, 蛋氨酸 Met 1.8 g, Cu (as copper sulfate) 7 mg, Fe (as ferrous sulfate) 50 mg, Mn (as manganese sulfate) 8.0 mg, Zn (as zinc sulfate) 30 mg, CaHPO<sub>4</sub> 25 000 mg, NaCl 4 200 mg。

2) 消化能为计算值,其他为实测值。DE was a calculate value, while the others were measured values.

### 1.3 试验设计与饲养管理

选择体重相近的健康42日龄獭兔126只,根据体重、性别等随机分为3组,每组42个重复,每个重复1只兔。对照组饲喂基础饲料+300 mg/kg 金霉素,试验I组饲喂基础饲料+200 mg/kg 枯草芽孢杆菌+200 mg/kg 复合酶制剂,试验II组饲喂基础饲料+400 mg/kg 枯草芽孢杆菌+400 mg/kg 复合酶制剂。预试期5 d,正试期41 d。

试验前对兔舍、用具进行清洗、消毒;按照兔场常规免疫程序对试验兔免疫,兔舍采取自然采光、通风。试验兔单笼饲养,每日08:00、17:00各

饲喂1次,自由饮水。

### 1.4 测定指标与方法

#### 1.4.1 生长性能和毛皮性能

试验期间,每周于同一时间早晨对试验兔进行空腹称重,记录饲喂量,统计并计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)及料重比(F/G)。试验期间监测、记录试验兔腹泻、死亡情况,计算腹泻率及死亡率。

腹泻率(%) = [ 试验期内腹泻试验兔只数 /

( 试验天数 × 试验兔只数 ) ] × 100<sup>[3]</sup>;

死亡率(%) = ( 试验期内死亡试验兔数量 /

试验开始时试验兔数量)×100。

试验结束时按照谷子林<sup>[4]</sup>的方法测定臀部、腹部及肩部被毛密度、长度,每个指标测定3次,取平均值。以工业用游标卡尺测量臀部皮张厚度。

#### 1.4.2 养分表观消化率

试验结束前4天,每组随机选取8只试验兔,采用全收粪法进行消化试验,连续采集4d试验兔粪样,分别记录采食量、粪量。每天采集的粪样置于4℃冰箱保存。待消化试验结束,将4d收集的粪样混匀、烘干、粉碎、过筛,制得风干样,保存待测。参照张丽英<sup>[5]</sup>的方法对饲料及粪样中各养分的含量进行测定。养分表观消化率计算公式如下:

$$\text{养分表观消化率}(\%) = 100 \times (\text{饲料中该养分含量} - \text{粪中该养分含量}) / \text{饲料中该养分含量}$$

#### 1.4.3 屠宰性能

饲养试验结束时,每组选择8只接近平均体重的试验兔,禁食12h后进行屠宰试验,测定宰前活重、胴体重及内脏器官重。试验兔剥皮后,在腕关节处去除前肢及跗关节处去后肢,并移走肠道及内容物(保留头、胸腔器官、肝脏和肾脏及肾脏周围脂肪)称重,即为半净膛重,半净膛重去除头

及所有内脏器官(保留肾脏及肾脏周围脂肪)即为全净膛重<sup>[6]</sup>,计算半净膛率、全净膛率。

#### 1.4.4 免疫器官指数

试验兔屠宰后,取胸腺、脾脏及圆小囊,去除包围物后分别称重,计算胸腺指数、脾脏指数及圆小囊指数。

$$\text{胸腺指数}(\text{g/kg}) = \text{胸腺重} / \text{宰前活重}$$

$$\text{脾脏指数}(\text{g/kg}) = \text{脾脏重} / \text{宰前活重}$$

$$\text{圆小囊指数}(\text{g/kg}) = \text{圆小囊重} / \text{宰前活重}$$

### 1.5 数据处理

试验数据用Excel 2007进行初步整理,腹泻率、死亡率采用卡方检验,其他数据采用SPSS 19.0中ANOVA过程进行单因素方差分析,并采用Duncan法进行多重比较。除腹泻率、死亡率外,试验结果均表示为平均值±标准差。

## 2 结果

### 2.1 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能的影响

由表2可知,各组之间獭兔的末重、平均日采食量、平均日增重和料重比无显著差异( $P>0.05$ )。各组之间獭兔的腹泻率和死亡率无显著差异( $P>0.05$ ),均以试验I组最低。

表2 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能的影响

Table 2 Effects of *Bacillus subtilis* and complex enzyme preparation on growth performance of Rex rabbits

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	对照 Control	I	II	
始重 IWB/g	829.55±166.59	803.79±163.68	839.09±218.47	0.724 9
末重 FWB/g	1 672.12±169.52	1 649.39±160.88	1 644.55±199.04	0.796 8
平均日采食量 ADFI/(g/d)	94.67±0.80	94.66±0.83	94.28±3.52	0.695 9
平均日增重 ADG/(g/d)	20.55±3.29	20.62±2.55	19.65±3.16	0.344 5
料重比 F/G	4.73±0.85	4.66±0.58	4.94±0.92	0.338 8
腹泻率 Diarrhea rate/%	1.05	0.75	0.99	0.730 9
死亡率 Mortality rate/%	14.29	11.90	16.67	0.823 3

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ ),相同或无字母表示差异不显著( $P>0.05$ )。表3、表4、表5同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P<0.01$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ). The same as Table 3, Table 4 and Table 5.

### 2.2 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔养分表观消化率的影响

由表3可知,各组之间獭兔的干物质、粗蛋白

质、粗灰分、磷、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维表观消化率无显著差异( $P>0.05$ )。对照组獭兔的粗纤维表观消化率极显著高于试验II组( $P<0.05$ ),

但与试验 I 组差异不显著 ( $P>0.05$ ); 试验 I 组与试验 II 组之间差异不显著 ( $P>0.05$ )。对照组和试验 II 组獭兔的钙表观消化率极显著高于试验 I 组

( $P<0.01$ ), 对照组与试验 II 组之间差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 3 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔养分表观消化率的影响

Table 3 Effects of *Bacillus subtilis* and complex enzyme preparation on nutrient apparent digestibilities of Rex rabbits %

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	对照 Control	I	II	
干物质 DM	53.56±7.46	52.47±1.67	51.70±2.28	0.723 9
粗蛋白质 CP	78.96±5.77	78.22±3.12	78.88±3.18	0.927 7
粗纤维 CF	16.57±10.22 <sup>Aa</sup>	11.50±2.38 <sup>ABab</sup>	5.71±3.08 <sup>Bb</sup>	0.009 1
粗灰分 Ash	56.67±9.24	57.92±4.57	58.04±3.44	0.890 0
钙 Ca	58.28±7.14 <sup>Aa</sup>	43.77±11.91 <sup>Bb</sup>	61.10±4.68 <sup>Aa</sup>	0.001 1
磷 P	53.21±10.31	51.66±7.30	54.89±5.09	0.717 4
中性洗涤纤维 NDF	42.74±9.17	47.10±2.15	39.72±2.86	0.052 1
酸性洗涤纤维 ADF	18.68±12.47	17.54±3.41	14.84±4.25	0.610 8

### 2.3 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔屠宰性能的影响

由表 4 可知, 各组之间獭兔的宰前活重、胴体重、半净膛率和全净膛率无显著差异 ( $P>0.05$ )。

### 2.4 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔免疫器官指数的影响

由表 5 可知, 各组之间獭兔的胸腺指数、脾脏指数和圆小囊指数无显著差异 ( $P>0.05$ )。

表 4 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔屠宰性能的影响

Table 4 Effects of *Bacillus subtilis* and complex enzyme preparation on slaughter performance of Rex rabbits

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	对照 Control	I	II	
宰前活重 Live weight before slaughter/g	1 723.75±133.17	1 770.63±78.49	1 720.63±105.30	0.591 6
胴体重 Carcass weight/g	841.88±57.44	840.00±30.00	839.38±55.71	0.994 5
半净膛率 Semi-eviscerated ratio/%	58.76±1.97	57.37±2.79	58.81±1.60	0.343 0
全净膛率 Eviscerated ratio/%	49.53±1.98	48.12±2.50	49.40±1.39	0.319 6

表 5 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔免疫器官指数的影响

Table 5 Effects of *Bacillus subtilis* and complex enzyme preparation on immune organ indexes of Rex rabbits

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	对照 Control	I	II	
胸腺重 Thymus weight/g	2.53±0.66	2.94±0.62	2.84±0.91	0.519 5
胸腺指数 Thymus index/(g/kg)	1.48±0.35	1.66±0.40	1.65±0.52	0.626 0
脾脏重 Spleen weight/g	0.95±0.28	0.86±0.24	1.04±0.37	0.525 3
脾脏指数 Spleen index/(g/kg)	0.55±0.19	0.49±0.15	0.60±0.22	0.492 6
圆小囊重 Sacculus rotundus weight/g	1.96±0.51	2.31±0.29	1.85±0.44	0.098 4
圆小囊指数 Sacculus rotundus index/(g/kg)	1.15±0.31	1.31±0.16	1.07±0.25	0.179 8

### 2.5 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔毛皮质量的影响

由表 6 可知, 对照组和试验 I 组獭兔的臀部

被毛密度极显著高于试验 II 组 ( $P<0.01$ ), 对照组与试验 I 组之间差异不显著 ( $P>0.05$ )。对照组和试验 I 组獭兔的肩部被毛密度显著高于试验 II 组



( $P < 0.05$ ), 对照组与试验 I 组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。对照组獭兔的腹部被毛密度极显著低于试验 I 组和试验 II 组 ( $P < 0.01$ ), 试验 I 组极显著低于试验 II 组 ( $P < 0.01$ )。各组之间獭兔的臀

部、肩部和腹部被毛长度无显著差异 ( $P > 0.05$ )。对照组獭兔的臀部皮张厚度极显著低于试验 II 组 ( $P < 0.01$ ), 试验 I 组与试验 II 组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 6 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔毛皮质量的影响

Table 6 Effects of *Bacillus subtilis* and complex enzyme preparation on fur quality of Rex rabbits

组别 Groups	被毛密度 Hair density/(根/cm <sup>2</sup> )			被毛长度 Hair length/cm			臀部皮张厚度 Pelt thickness in buttocks/mm
	臀部 Buttocks	肩部 Shoulder	腹部 Belly	臀部 Buttocks	肩部 Shoulder	腹部 Belly	
对照 Control	15 800.00 ±988.54 <sup>Aa</sup>	13 003.57 ±1322.35 <sup>a</sup>	4 653.57 ±393.05 <sup>Aa</sup>	1.89 ±0.15	1.62 ±0.20	1.71 ±0.16	1.58 ±0.12 <sup>Aa</sup>
I	15 604.17 ±975.37 <sup>Aa</sup>	13 100.69 ±738.49 <sup>a</sup>	4 947.92 ±420.86 <sup>Bb</sup>	1.96 ±0.15	1.62 ±0.19	1.73 ±0.17	1.63 ±0.11 <sup>ABab</sup>
II	14 617.42 ±848.33 <sup>Bb</sup>	12 227.27 ±1678.06 <sup>b</sup>	5 359.85 ±751.14 <sup>Cc</sup>	1.88 ±0.16	1.62 ±0.21	1.69 ±0.17	1.67 ±0.11 <sup>Bb</sup>
P 值 P-value	<0.000 1	0.011 7	<0.000 1	0.053 3	0.996 1	0.601 5	0.003 9

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 相同或无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ).

### 3 讨论

#### 3.1 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能的影响

家兔在断奶后 7~10 d 才建立适应饲料消化的正常微生物群落, 所以在家兔早期断奶后添加酶制剂可以帮助消化, 促进生长。添加复合酶制剂可以破坏饲料中抗营养因子, 通过改变肠道食糜的化学组成和物理特性, 影响进入肠道食糜的降解状态, 调节肠道中菌群的分布, 进而改善生长性能、提高饲料营养成分利用率及免疫系统发育等。研究表明, 在生长獭兔饲料中添加复合酶制剂, 可以显著改善獭兔生长性能<sup>[7-10]</sup>。本试验中, 饲料添加枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能影响不显著, 并且随着添加剂量的增加, 平均日增重有下降的趋势。邵乐等<sup>[11]</sup>、武静龙<sup>[12]</sup>研究均发现, 添加不同剂量复合酶制剂对试验兔生长性能影响不显著, 这与本试验结果一致。许多研究也发现, 在断奶肉兔饲料中添加复合酶制剂, 添加剂量是影响肉兔生长性能的主要因素<sup>[13-14]</sup>。李建民等<sup>[15]</sup>在肉兔饲料中添加 0.15% 的复合酶制

剂, 发现对生长性能影响不显著, 并且添加 0.80% 复合酶制剂的效果不及添加 0.15% 的复合酶制剂。韩正康<sup>[16]</sup>在家禽饲料中添加酶制剂也得到了-一致的结果, 外源酶制剂添加剂量过高会产生不利影响。这主要是由于复合酶制剂对肠道菌群的影响受多种因素影响, 在肠道复杂环境下酶解速度、效率及代谢产物都存在不可控性, 因此添加剂量的选择及影响机理还有待进一步研究。由此可见, 饲料中酶制剂的添加效果并不一致。枯草芽孢杆菌可使动物后肠道微生物生存环境得到改善, 促进它们对营养成分的吸收, 使动物机体抗疾病能力增强, 在枯草芽孢杆菌的应用上, 学者们做了很多研究。任永军等<sup>[17]</sup>通过在肉兔饲料中添加复合芽孢杆菌制剂发现, 添加一定剂量的复合芽孢杆菌制剂可以显著提高试验兔平均日增重。国外学者做了许多枯草芽孢杆菌在仔猪饲料中的应用研究, 得出在断奶仔猪饲料中添加枯草芽孢杆菌能显著提高仔猪的生长速度<sup>[18-19]</sup>。Kim 等<sup>[20]</sup>同时也发现, 给感染大肠杆菌的断奶仔猪饲料中添加枯草芽孢杆菌同样可显著提高仔猪平均日增重。本试验中, 低剂量枯草芽孢杆菌与复合酶制

剂组合使用时,獭兔生长性能与添加抗生素鹅对照组差异不显著。朱瑾等<sup>[21]</sup>在肥育猪研究中也发现,饲料添加枯草芽孢杆菌对肥育猪生长性能无显著影响,与本试验结果基本一致。复合酶制剂可以通过影响进入肠道的食糜来调控肠道菌群的平衡,而枯草芽孢杆菌也可以快速消化肠道中的氧气,促进有益菌的生长,抑制有害菌的繁殖,同时它的生长过程中也会产生一些淀粉酶、纤维素酶,但本试验中枯草芽孢杆菌与复合酶制剂组合使用与抗生素的作用效果差异不显著,是否是2种营养添加剂之间存在相互作用的影响还不明确,是否添加剂量、组合比例产生的影响也有待于在本试验基础上进一步研究。

### 3.2 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔腹泻率、死亡率及免疫器官指数的影响

枯草芽孢杆菌具有一定免疫调节活性,能够改善免疫功能,增加T、B淋巴细胞的数量,增加抗病能力。幼兔消化道的酶系和微生物体系不完善,消化酶分泌不足,不能充分利用饲料中的某些养分,导致幼兔消化道疾病的发生。研究表明,饲料添加枯草芽孢杆菌或酶制剂可以降低家兔腹泻率<sup>[8,22]</sup>。张爱武等<sup>[23]</sup>研究表明,芽孢杆菌可以改善动物免疫器官的发育。本试验中,饲料添加枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔免疫器官指数没有显著影响,但低剂量添加组獭兔圆小囊重有高于对照组的趋势。任永军等<sup>[17]</sup>通过在肉兔饲料中添加复合芽孢杆菌制剂也发现,添加一定剂量的芽孢杆菌对肉兔免疫器官指数有显著的促进作用。这些研究都说明单独使用枯草芽孢杆菌或复合酶制剂对动物健康、免疫系统有改善作用。本试验中,各试验组腹泻率、死亡率与对照组相比差异均不显著,添加效果与对照组相当,与上述研究基本一致,但由于枯草芽孢杆菌和复合酶制剂各自功能不尽相同,因此其组合使用对试验兔健康及免疫功能的具体作用机理及是否有协同效应还有待于进一步试验探明。

### 3.3 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔养分表观消化率的影响

饲料中添加枯草芽孢杆菌能促进动物肠道环境改善,进而增强动物肠道吸收养分的能力<sup>[24]</sup>。家兔的饲料主要由植物性原料组成,植物细胞壁的存在影响了养分的消化吸收,而家兔消化道中含有的酶有效性较低,无法完全分解这类聚合物,

所以添加外源酶制剂对提高植物中固有养分的利用率是十分有效的<sup>[25]</sup>。但由于酶制剂选择及添加剂量的不同,相关研究中添加酶制剂对试验动物表观消化率的影响也不尽相同。谷子林<sup>[26]</sup>研究发现,饲料添加国产消化酶可使育肥兔粗蛋白质表观消化率显著提高;郭肖兰<sup>[8]</sup>试验得出,饲料添加复合酶显著或极显著影响断奶獭兔粗蛋白质、粗纤维及粗脂肪表观消化率,对干物质、粗灰分、钙、磷表观消化率影响不显著;史钧等<sup>[13]</sup>发现,饲料添加酶制剂对肉兔粗纤维表观消化率影响极显著,对其他养分表观消化率影响不显著;高振华等<sup>[27]</sup>研究发现,饲料添加复合酶制剂对90日龄獭兔粗蛋白质、粗脂肪及粗纤维表观消化率没有显著影响;Jørgensen等<sup>[18]</sup>研究发现,枯草芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌的混合物可以显著提高断奶仔猪的粗脂肪、磷表观消化率。本试验中,饲料添加枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对粗纤维和钙表观消化率有显著影响,而对其他养分表观消化率影响不显著。本试验结果与上述研究结果并不一致,这主要是因为饲料组成、试验动物的生理状况、酶制剂的选择和剂量等因素都会影响复合酶制剂对营养物质消化吸收的促进作用,而枯草芽孢杆菌对复合酶制剂中酶活性的影响程度也有待于更进一步的研究。

### 3.4 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔屠宰性能的影响

獭兔属于皮肉兼用型品种,因此屠宰率也是一项重要指标,高振华等<sup>[28]</sup>研究表明,饲料中添加酶制剂对獭兔屠宰率影响不显著。武静龙<sup>[12]</sup>研究发现,饲料添加复合酶制剂对獭兔屠宰率影响不显著。这与本试验结果相一致。任永军等<sup>[17]</sup>研究发现,添加一定剂量的芽孢杆菌可以显著提高肉兔半净膛率、全净膛率。这些差异的产生可能与试验兔品种有关,其原因有待于进一步研究。

### 3.5 枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔毛皮质量的影响

本试验研究发现,饲料添加枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔被毛长度无显著影响,但对被毛密度有显著影响,并且随着添加水平的增加,臀部皮张厚度增加。因本试验仅进行到獭兔3月龄,因此枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔5月龄皮板成熟时毛皮性能的影响还有待进一步研究。高振华等<sup>[27]</sup>研究发现,饲料添加复合酶制剂

对獭兔3月龄时板皮和被毛品质均无显著影响,这与本试验结果不一致。

#### 4 结论

饲料中添加枯草芽孢杆菌和复合酶制剂对獭兔生长性能、屠宰性能、免疫器官指数无显著影响,对粗纤维和钙表观消化率及被毛密度、臀部皮张厚度有显著影响。综合考虑以上指标,獭兔饲料中添加200 mg/kg 枯草芽孢杆菌+200 mg/kg 复合酶制剂效果较好。

#### 参考文献:

- [1] 王清吉,王世成,唐世洪,等.添加粗酶制剂对法系獭兔生产性能的影响[J].中国养兔杂志,2001(2):5-6.
- [2] 谷子林,秦应和,任克良.中国养兔学[M].北京:中国农业出版社,2013.
- [3] 谷子林.断乳仔兔腹泻发生机制及生物活性物质的调控研究[D].博士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2004.
- [4] 谷子林,顾时贵,任文社,等.力克斯兔被毛密度研究[J].中国养兔杂志,1999(4):18-21.
- [5] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3版.北京:中国农业大学出版社,2007.
- [6] 张南斌,孙瑛超,赵晓宇,等.饲料不同粗纤维水平对生长肉兔生长性能、屠宰性能、肌肉品质及胃肠道和免疫器官发育的影响[J].动物营养学报,2018,30(5):1789-1797.
- [7] 杨丽杰,李新民,谷子林,等.不同营养类型日粮添加外源酶制剂对生长獭兔生产性能的影响[J].河北农业大学学报,2004,27(3):93-96.
- [8] 郭肖兰.复合酶、益生菌、纳米硒、维生素E对断奶獭兔生长性能及免疫的影响[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2011.
- [9] 蔡海路,苏加义.酶制剂对獭兔生产性能影响的研究[J].安徽农学通报,2007,13(12):152-153.
- [10] 张福勋,梁丽霞.獭兔日粮中添加酶制剂的效果[J].当代畜牧,2004(2):35-36.
- [11] 邵乐,潘孝青,李强,等.非粮型日粮中添加饲用酶制剂对5月龄獭兔生产性能及营养物质消化的影响[J].江苏农业科学,2016,44(9):267-269.
- [12] 武静龙.复合酶制剂对獭兔生产性能和血清生理生化指标的影响[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2006.
- [13] 史钧,徐汉涛.酶制剂对肉兔生长性能和消化机能的影响[J].中国养兔杂志,2001(3):20-23.
- [14] 康健,吴娟.复合酶制剂对断乳肉兔生长性能的影响[J].安徽技术师范学院学报,2003,17(3):217-219.
- [15] 李建民,张光勤,侯玉泽.日粮中添加饲用酶制剂对肉兔生长性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2005(12):72-73.
- [16] 韩正康.大麦日粮添加酶制剂影响家禽营养生理及改善生产性能的研究[J].畜牧与兽医,2000,32(1):1-4.
- [17] 任永军,雷岷,邝良德.复合芽孢杆菌制剂对肉兔生产性能、免疫器官指数及肉质的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(3):73-77.
- [18] JØRGENSEN J N, LAGUNA J S, MILLÁN C, et al. Effects of a *Bacillus*-based probiotic and dietary energy content on the performance and nutrient digestibility of wean to finish pigs[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2016, 221: 54-61.
- [19] WANG H, KIM KP, KIM I H. Influence of *Bacillus subtilis* GCB-13-001 on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, faecal microbiota and faecal score in weanling pigs[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2019, 103(11/12):1919-1925.
- [20] KIM K, HE Y J, XIOMG X, et al. Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* influenced intestinal health of weaned pigs experimentally infected with a pathogenic *E. coli*[J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2019, 10: 52, doi:10.1186/s40104-019-0364-3.
- [21] 朱瑾,匡佑华,陈继发,等.枯草芽孢杆菌对肥育猪生长性能、肉品质和抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2019,31(6):2572-2578.
- [22] 宋强.芽孢杆菌制剂对肉兔生产性能的影响[D].硕士学位论文.成都:四川农业大学,2015.
- [23] 张爱武,董斌,左雅璐,等.不同水平枯草芽孢杆菌对鹌鹑内脏器官及小肠发育的影响[J].经济动物学报,2010,14(2):98-101.
- [24] 张学科.刍议枯草芽孢杆菌在动物饲料中的应用[J].畜牧兽医科技信息,2019(6):161.
- [25] 淡瑞芳,张海涛.酶制剂在国内兔营养中的作用及机理的研究进展[J].中国养兔,2012(5):23-26.
- [26] 谷子林.酶制剂对育肥兔饲料利用率的影响[J].河北科技报,2013(8):1.
- [27] 高振华,何瑞国,谷子林,等.日粮中添加复合酶制剂对不同日龄獭兔生产性能及营养物质消化率的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2006(9):102-103.
- [28] 高振华,张宝庆,赵博伟,等.獭兔日粮中添加酶制剂的效果[J].中国养兔杂志,1998(6):19-23.



# Effects of *Bacillus subtilis* and Complex Enzyme Preparation on Growth Performance, Nutrient Apparent Digestibilities, Slaughter Performance, Immune Organ Indexes and Fur Quality of Rex Rabbits

ZHENG Jianting FENG Guoliang CAO Liang LI Yanping NIU Xiaoyan  
HUANG Shufang TANG Yaoping REN Keliang\*

(Institute of Animal Husbandry & Veterinary, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030032, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of dietary *Bacillus subtilis* and complex enzyme preparation on growth performance, nutrient apparent digestibilities, slaughter performance, immune organ indexes and fur quality of Rex rabbits. A single factor design was adopted, a total of 126 healthy 42-day-old Rex rabbits with similar body weight were randomly divided into 3 groups with 42 replicates per group and 1 rabbit per replicate. Rabbits in the control group were fed a basal diet+300 mg/kg aureomycin, rabbits in the experimental group I were fed a basal diet+200 mg/kg *Bacillus subtilis*+200 mg/kg complex enzyme preparation, and rabbits in the experimental group II were fed a basal diet+400 mg/kg *Bacillus subtilis*+400 mg/kg complex enzyme preparation. The pre-experimental period lasted for 5 days, and the experimental period lasted for 41 days. The results showed as follows: 1) there were no significant effects on the final weight, average daily feed intake, average daily gain, feed to gain ratio, diarrhea rate and mortality rate of Rex rabbits among all groups ( $P>0.05$ ), and the diarrhea rate and mortality rate were the lowest in experimental group I. 2) The crude fiber apparent digestibility of Rex rabbits of control group was significantly higher than that of experimental group II ( $P<0.01$ ), and the calcium apparent digestibility of Rex rabbits of control group and experimental group II was significantly higher than that of experimental group I ( $P<0.01$ ). There were no significant effects on the apparent digestibilities of dry matter, crude protein, crude ash, phosphorus, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of Rex rabbits among all groups ( $P>0.05$ ). 3) There were no significant effects on the live weight before slaughter, carcass weight, semi-eviscerated ratio and eviscerated ratio of Rex rabbits among all groups ( $P>0.05$ ). 4) There were no significant effects on the thymus index, spleen index and sacculus rotundus index of Rex rabbits among all groups ( $P>0.05$ ). 5) The hair density in buttocks of Rex rabbits of control group and experimental group I was significantly higher than that of experimental group II ( $P<0.01$ ), the hair density in shoulder of Rex rabbits of control group and experimental group I was significantly higher than that of experimental group II ( $P<0.05$ ); the hair density in belly of Rex rabbits of control group was significantly lower than that of experimental group I and experimental group II ( $P<0.01$ ), and experimental group I was significantly lower than experimental group II ( $P<0.01$ ). The pelt thickness in buttocks of Rex rabbits of control group was significantly lower than that of experimental group II ( $P<0.01$ ). In conclusion, dietary *Bacillus subtilis* and complex enzyme preparation have no significant effects on growth performance, slaughter performance and immune organ indexes of Rex rabbits, but have significant effects on apparent digestibilities of crude fiber and calcium and hair density and pelt thickness in buttocks. Considering the above indices, dietary supplemented 200 mg/kg *Bacillus subtilis*+200 mg/kg complex enzyme preparation for Rex rabbits has better effects. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(6):2808-2815]

**Key words:** Rex rabbit; *Bacillus subtilis*; complex enzyme preparation; growth performance; nutrient apparent digestibilities