

枯草芽孢杆菌 PL83 对育雏期临武鸭生长性能和血清生化指标的影响

邢月腾^{1,2}, 李丽立^{2*}, 王升平^{2,3}, 范觉鑫^{1,2}, 肖定福¹, 张彬^{1*}, 刘志刚⁴

(1.湖南农业大学动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.中国科学院亚热带农业生态研究所动物生态营养与健康养殖联合实验室, 湖南 长沙 410125; 3.湖南省微生物研究院, 湖南 长沙 410009; 4.湖南省攸县畜牧局, 湖南 株洲 412300)

摘要: 选取 1 日龄雌性临武鸭 240 羽, 随机分为 4 组: 对照组, 饲喂基础日粮+0.15%赖氨酸; 抗生素组, 饲喂基础日粮+0.15%赖氨酸+150 mg/kg 金霉素; 试验 组和 组, 分别饲喂每 kg 基础日粮中添加了 5.0×10^8 CFU 和 5.0×10^{10} CFU 枯草芽孢杆菌 PL83 的日粮。每组 3 个重复。每个重复 20 羽鸭。饲喂 28 d 后对各重复鸭生长性能和血清生化指标进行检测。结果显示: 与对照组相比, 组和 组鸭的平均日增重均升高, 料重比均降低, 死亡率均极显著降低, 纯收入分别提高 0.53 元/羽和 0.60 元/羽, 说明添加枯草芽孢杆菌 PL83 的促生长及抗病效果优于添加赖氨酸的效果; 组鸭的平均日增重稍高于 组, 料重比稍低于 组, 死亡率低于 I 组, 说明添加高剂量(5.0×10^{10} CFU/kg)枯草芽孢杆菌 PL83 的效果更好; 组鸭的死亡率低于抗生素组, 纯收入高于抗生素组, 说明添加高剂量(5.0×10^{10} CFU/kg)枯草芽孢杆菌 PL83 的效果优于添加抗生素的效果; 组鸭血清高密度脂蛋白(HDL)和尿素氮含量(UN)与对照组和抗生素组的均无显著差异, 组鸭的 HDL 含量则显著高于对照和抗生素组, 而 UN 含量则显著低于对照和抗生素组; 组鸭的血清总抗氧化活力(T-AOC)、超氧化物歧化酶(SOD)活力和谷胱甘肽-过氧化物酶(GSH-Px)活力均高于其他 3 组, 丙二醛(MDA)含量、还原性谷胱甘肽(GSH)活力均低于其他 3 组; 组鸭的谷氨酸含量高于其他 3 组, 且显著高于对照组。以上结果表明, 枯草芽孢杆菌 PL83 有助于氨基酸的平衡, 提高抗应激及抗氧化能力。

关键词: 临武鸭; 枯草芽孢杆菌; 赖氨酸; 生长性能; 血清生化指标

中图分类号: S834+.83

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)03-0294-05

Effects of *Bacillus subtilis* PL83 on growth performance and serum biochemical parameters of Linwu ducks

XING Yue-teng^{1,2}, LI Li-li^{2*}, WANG Sheng-ping^{2,3}, FAN Jue-xin^{1,2}, XIAO Ding-fu¹, ZHANG Bin^{1*}, LIU Zhi-gang⁴

(1.College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Laboratory of Animal Nutrition and Human Health and Key Laboratory of Agro-Ecology, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 3.Hunan Microbiology Institute, Changsha 410009, China; 4.Animal Husbandry and Aquaculture Bureau of You County, Zhuzhou, Hunan 412300, China)

Abstract: Two hundred and forty 1-day-old female Linwu ducks were distributed randomly into 4 groups: control group, fed with basal diet+0.15% lysine; antibiotic group, fed with basal diet+0.15% lysine+150 mg/kg Aureomycin; experiment group and , fed with basal diet containing 5.0×10^8 CFU/kg and 5.0×10^{10} CFU/kg *Bacillus subtilis* PL83, respectively. Each group was divided into 3 replicates with 20 ducks in each replicate. Growth performance and serum biochemical

收稿日期: 2013-12-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(31302003、31272462、31301985); 湖南省科技计划重点项目(2100CK2006); 湖南省教育厅优秀青年项目(12B058); 长沙市科技计划重点项目(K1201108-21); 长沙市科技领军人才创新创业基金专项(K1307006-21)

作者简介: 邢月腾(1989—), 男, 河南郸城人, 硕士研究生, 主要从事动物营养生理研究, xingyuet@126.com; *通信作者, zhb8236@126.com; lili@isa.ac.cn

parameters were detected after 28 days of feeding. The results showed that compared with control group, average daily gain of ducks increased, feed intake/weight gain ratio decreased, mortality extremely significantly reduced, and net income increased by ¥ 0.53 and ¥ 0.60 per duck respectively in experiment group and , indicating the growth promoting and disease combating effects of dietary supplemented with *Bacillus subtilis* PL83 were better than dietary supplemented with lysine additive. Compared with experiment group , ducks in experiment group showed slightly increased average daily gain, slightly decreased feed intake/weight gain ratio and mortality, indicating dietary supplemented with high dosage (5.0×10^{10} CFU/kg) of *Bacillus subtilis* PL83 could be better. Compared with antibiotic group, mortality of ducks in experiment group reduced, while net income increased, indicating the effects of dietary supplemented with high dosage of *Bacillus subtilis* PL83 were better than dietary supplemented with antibiotic additive. There was significant difference in high density lipoprotein (HDL) and urea nitrogen (UN) of ducks between experiment group and the control and antibiotic groups. HDL of ducks in experiment group increased significantly while UN decreased significantly compared to control and antibiotic groups. Total antioxidant capacity (T-AOC), superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GSH-Px) of ducks in experiment group were slightly higher than those in the other 3 groups, while malondialdehyde (MDA) were slightly lower compared to the other 3 groups. Glutamic acid of ducks in experiment group and was higher than that in control and antibiotic group. These results indicated supplementation of *Bacillus subtilis* PL83 on could balance the contents of amino acids and increase the anti-stress and anti-oxidant activity of ducks.

Key words: Linwu ducks; *Bacillus subtilis*; lysine; growth performance; serum biochemical parameters

枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)是微生态制剂的常用菌种。该菌在自然界分布广泛,容易分离培养,除具有耐高温、高压和抗逆性强等特点^[1-2]外,还可合成赖氨酸、分泌消化酶等,调节畜禽肠道微生态平衡,提高畜禽消化能力和免疫力,改善畜禽生产性能和饲养环境^[3-4]。赖氨酸(L-lysine)是畜禽的主要限制性氨基酸,也是目前使用量最大的氨基酸类饲料添加剂,其最重要的生理功能是参与体蛋白质合成^[5]。笔者研究 1 株产赖氨酸的枯草芽孢杆菌 PL83 对育雏期临武鸭生长性能及血清生化指标的影响,旨在为其科学利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试鸭:240 羽 1 日龄雌性临武鸭(体重接近、健康状况良好)由湖南临武舜华鸭业有限公司提供。

菌种:枯草芽孢杆菌 PL83(CCTCC :M2013412)由中国科学院亚热带农业生态研究所农业生态工程重点实验室筛选和保存,用 LB 培养基培养该菌测得 1 L 菌液的赖氨酸产量为 40.51 mg。

饲料与添加剂:育雏期临武鸭基础日粮,其组成及营养水平参照 Xing 等^[6]。赖氨酸添加剂、金霉素(有效含量为 15%)均购自湖南花仙子饲料有限公司。

1.2 试验设计与饲养管理

采用单因子试验设计,将 240 羽雌性临武鸭随机分为 4 组:对照组,饲喂基础日粮+0.15%赖氨酸添加剂,实测日粮中赖氨酸的含量为 1.05%,与育雏期临武鸭对赖氨酸的营养需要量相当^[7];抗生素组,饲喂基础日粮+0.15%赖氨酸添加剂+150 mg/kg 金霉素;试验 组和 组,分别饲喂每 kg 基础日粮中添加 5.0×10^8 CFU 和 5.0×10^{10} CFU 枯草芽孢杆菌 PL83 的饲料。每组 3 个重复。每个重复 20 羽。于室内同一环境下网上平养,每个重复 1 栏,电热控温,自由采食和饮水,免疫接种、疾病预防和消毒等按常规方法进行。试验期 28 d。

1.3 试验记录与样品采集

饲养试验开始和结束时,对试验鸭进行称重,记录初始重和末重。饲养试验结束后,从每重复中随机抽取 3 羽鸭,断颈采血 8 mL,静置至析出血清后,3 000 r/min 离心 15 min,分离血清,-20 °C 保存,备用。

1.4 生长性能的测定

计算各个重复鸭的平均日增重、平均日采食量和料重比,统计死亡率^[6];计算每羽鸭的平均纯收入,以衡量鸭的养殖效益。

1.5 血清生化指标的测定

用血糖(GLU)、胆固醇(CHO)、甘油三酯(TG)、

尿素氮(UN)、白蛋白(ALB)、总蛋白(TP)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、谷丙转氨酶(GPT)、谷草转氨酶(AST)、乳酸脱氢酶(LDH)、肌酸激酶(CK)检测试剂盒(购自北京利德曼生化技术有限公司)检测血清中的 GLU、CHO、TG、UN、ALB、TP、HDL、LDL、GPT、AST、LDH、CK, 用 CX4 型全自动血液生化分析仪(Beckman 公司)进行测定。球蛋白(GLB)=总蛋白(TP)-白蛋白(ALB)。

用南京建成生物工程研究所提供的总抗氧化活力(T-AOC)、谷胱甘肽-过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)、还原性谷胱甘肽酶(GSH)、丙二醛(MDA)检测试剂盒测定 T-AOC、GSH-Px、SOD、GSH、MDA。

用7.5%的三氯乙酸沉淀血清蛋白,15 000 r/min 离心15 min后,取上清进行氨基酸组成测定。所用仪器为L-8800全自动氨基酸分析仪(Hitachi 公司)。

1.6 数据统计分析

试验数据经 Excel 2007 整理后,采用 SPSS 21.0 统计软件中的 one-way ANOVA 进行方差分析,用邓肯(Duncan)法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 枯草芽孢杆菌 PL83 对育雏期临武鸭生长性能的影响

从表1可知,在各组临武鸭始重无显著差异的情况下,与对照组相比,试验组和组的平均日增重分别提高了1.61% ($P>0.05$)和2.44% ($P>0.05$);与抗生素组相比,试验组和组的鸭平均日增重均极显著降低($P<0.01$);与试验组相比,组鸭平均日增重提高了0.82% ($P>0.05$)。与对照组相比,试验组和组的料重比分别降低了5.73% ($P>0.05$)和5.38% ($P>0.05$);与抗生素组相比,试验组和组的料重比均有降低,但差异无统计学意义;与试验组相比,组鸭的料重比略微提高,但差异无统计学意义。与对照组相比,试验组和组的死亡率均极显著降低($P<0.01$);试验组和组的死亡率与抗生素组相比,差异无统计学意义,但组鸭的死亡率低于抗生素组;与试验组相比,组鸭死亡率降低6.67% ($P>0.05$),表明日粮中添加枯草芽孢杆菌PL83有利于改善临武鸭的生长性能,提高其存活率。

表 1 饲喂枯草芽孢杆菌 PL83 后临武鸭的生长性能

组别	始重/g	末重/g	平均日采食量/g	平均日增重/g	料重比	死亡率/%
对照组	42.10±1.02	(660.09±2.61)cB	(64.04±1.00)ab	(22.92±0.10)B	2.79±0.05	(23.33±1.67)A
抗生素组	39.83±0.64	(698.63±4.24)aA	(67.01±1.56)a	(24.43±0.14)A	2.74±0.06	(5.00±2.89)B
试验组	39.90±0.98	(668.72±7.65)cB	(61.10±1.37)b	(23.29±0.28)B	2.63±0.08	(10.00±2.89)B
试验组	41.83±0.74	(675.67±3.12)bB	(61.97±2.15)ab	(23.48±0.12)B	2.64±0.08	(3.33±1.67)B

枯草芽孢杆菌 PL83 对临武鸭的养殖经济效益情况见表 2。与对照组相比,试验组和组的鸭纯收入分别提高了 0.53 元/羽和 0.60 元/羽;与抗生素组相比,试验组平均每羽鸭的纯收入与抗生素组的差异不明显,组的则稍高于抗生素组;与试

验组相比,组每羽鸭纯收入提高了 0.07 元。表明在日粮中添加枯草芽孢杆菌 PL83 能提高临武鸭的养殖效益,且以添加量为 5.0×10^{10} CFU/kg 时纯收入最高。

表 2 饲喂枯草芽孢杆菌 PL83 后临武鸭的养殖效益

组别	鸭苗	饲料	活鸭售价	人工等	总支出	收入	纯收入/元/羽
对照组	4.00	7.12	24.00	1.50	12.62	15.84	3.22
抗生素组	4.00	7.51	24.00	1.50	13.01	16.77	3.76
试验组	4.00	6.80	24.00	1.50	12.30	16.05	3.75
试验组	4.00	6.92	24.00	1.50	12.41	16.23	3.82

2.2 枯草芽孢杆菌 PL83 对育雏期临武鸭血清生化指标的影响

由表3可知,试验组鸭的HDL含量显著高于

对照组和抗生素组,而试验组鸭的HDL含量与对照组和抗生素组鸭的HDL含量的差异无统计学意义。试验组鸭的UN含量显著低于对照组,而试验组鸭的UN则与对照组的UN含量的差异无统计

学意义。与对照组相比, 试验组和组鸭的血清谷丙转氨酶(GPT)、谷草转氨酶(AST)降低, 但差异均不显著; 与试验组相比, 组鸭的血清谷丙转氨酶(GPT)、谷草转氨酶(AST)和肌酸激酶(CK)活力分别提高, 但差异均不显著。各组鸭的血清GLU含

量、TG含量、CHO含量、LDL含量、TP含量、ALB含量、GLB含量、ALB/GLB、LDH活力之间的差异均无统计学意义。表明日粮中添加低剂量枯草芽孢杆菌PL83有利于降低机体氨基酸的降解率, 增加氮储留量, 提高抗应激能力。

表 3 枯草芽孢杆菌 PL83 对临武鸭血清常规生化指标的影响

Table 3 Effects of *Bacillus subtilis* PL83 on serum general biochemical parameters of Linwu ducks

组别	GLU/(mmol·L ⁻¹)	TG/(mmol·L ⁻¹)	CHO/(mmol·L ⁻¹)	LDL/(mmol·L ⁻¹)	HDL/(mmol·L ⁻¹)	UN/(mmol·L ⁻¹)	GPT/(U·L ⁻¹)
对照组	12.76±0.35	1.68±0.12	6.84±0.03	2.08±0.03	(11.59±0.07)b	(1.15±0.082)a	42.89±1.72
抗生素组	12.29±0.21	1.76±0.58	6.87±0.37	2.12±0.05	(11.23±0.29)b	(1.04±0.021)ab	44.39±0.87
试验组	12.52±0.17	1.37±0.19	7.51±0.31	2.07±0.21	(13.25±0.44)a	(0.96±0.007)b	39.44±4.39
试验组	13.00±0.14	1.56±0.19	6.69±0.57	1.85±0.17	(11.36±0.62)b	(1.10±0.050)ab	39.78±1.31

组别	AST/(U·L ⁻¹)	TP/(g·L ⁻¹)	ALB/(g·L ⁻¹)	GLB/(g·L ⁻¹)	ALB/GLB	CK/(U·L ⁻¹)	LDH/(U·L ⁻¹)
对照组	44.56±10.48	37.88±1.50	15.54±0.28	22.33±1.39	0.70±0.07	582.67±44.09	413.50±45.85
抗生素组	49.06±4.48	39.65±0.42	15.37±0.15	24.28±0.46	0.63±0.03	526.00±92.56	432.33±29.04
试验组	29.89±3.30	36.98±0.92	14.99±0.57	21.99±0.62	0.68±0.01	473.56±93.25	398.22±64.06
试验组	43.22±3.91	36.07±3.72	14.40±1.70	21.67±2.74	0.68±0.07	639.83±187.95	373.28±11.91

由表 4 可知 A 组鸭的 T-AOC、MDA、GSH-Px、GSH 活力的差异均无统计学意义。组鸭的 SOD 含量高于对照组与抗生素组, 但差异均无统计学意义; 组鸭的 SOD 含量低于对照组与抗生素组, 但差异均无统计学意义; 组鸭的 SOD 含量则显著高于组。组的 T-AOC、SOD、MDA 低于抗

生素组, GSH-Px 与 GSH 则高于抗生素组。组的 T-AOC、SOD、GSH-Px 均高于对照组和抗生素组, MDA、GSH 均低于对照组和抗生素组。表明日粮中添加高剂量(5.0×10¹⁰ CFU/kg)枯草芽孢杆菌 PL83 有利于提高机体抗氧化能力。

表 4 枯草芽孢杆菌 PL83 对临武鸭血清抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of *Bacillus subtilis* PL83 on serum oxidation resistance parameters of Linwu ducks

组别	T-AOC/(U·mL ⁻¹)	SOD/(U·mL ⁻¹)	MDA/(mmol·mL ⁻¹)	GSH-Px/(U·mL ⁻¹)	GSH/(U·mL ⁻¹)
对照组	5.04±0.47	(16.39±0.51)bAB	9.54±0.99	361.98±6.06	26.54±1.90
抗生素组	5.20±0.44	(16.53±0.48)bAB	10.90±1.86	366.69±7.57	21.72±1.79
试验组	5.16±0.35	(13.87±0.17)bB	9.27±1.43	376.88±8.07	24.85±1.89
试验组	5.69±0.48	(20.30±1.48)aA	7.39±1.07	383.88±6.62	20.70±1.46

从表 5 可以看出, 除谷氨酸和半胱氨酸外, 4 组鸭的其他血清氨基酸含量之间的差异均无统计学意义。组鸭的谷氨酸含量高于其他 3 组, 且显著高于对照组, 抗生素组的半胱氨酸含量显著高于对照组, 但与试验组和组的差异无统计学意

义。各组鸭的血清必需氨基酸、总氨基酸和其余氨基酸含量方面, 各组之间的差异均无统计学意义。说明饲喂枯草芽孢杆菌 PL83 后, 鸭体内氨基酸含量较为平衡。

表 5 枯草芽孢杆菌 PL83 对临武鸭血清游离氨基酸含量的影响

Table 5 Effects of *Bacillus subtilis* PL83 on serum free amino acids of Linwu ducks

组别	天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸
对照组	66.80±1.71	878.12±66.49	584.44±56.60	(241.40±17.28)B	378.06±9.93	596.75±50.65
抗生素组	69.97±3.63	849.66±5.65	598.64±7.89	(261.94±7.58)AB	410.69±29.68	616.79±36.11
试验组	75.66±4.48	953.76±36.51	544.47±13.02	(265.60±15.50)AB	398.81±19.06	627.43±55.33
试验组	68.22±1.61	905.63±111.93	552.08±13.27	(323.36±12.97)A	407.53±10.30	705.18±38.57

续 表

组别	半胱氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸
对照组	(49.96±4.87)B	191.53±17.80	94.90±17.46	91.46±9.95	173.63±14.79	216.67±4.15
抗生素组	(73.47±4.02)A	229.02±46.30	133.34±30.90	89.75±11.31	180.16±30.87	189.74±14.56
试验 组	(59.84±2.34)AB	210.15±10.99	113.05±3.17	77.38±1.63	175.16±12.54	238.87±28.96
试验 组	(61.92±2.10)AB	210.30±16.20	125.26±4.63	89.36±4.02	168.83±17.87	246.59±25.92
组别	苯丙氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	必需氨基酸	总氨基酸
对照组	123.71±11.94	166.42±11.31	73.47±2.03	280.98±22.30	2 452.28±177.34	4 380.73±119.10
抗生素组	116.97±1.29	175.61±5.48	81.71±3.95	272.69±10.54	2 539.60±155.25	4 592.77±135.20
试验 组	120.27±5.16	167.46±8.36	77.04±3.30	299.51±14.66	2 592.59±106.78	4 561.92±161.09
试验 组	130.28±5.92	179.88±2.90	75.93±5.77	318.43±13.96	2 611.44±176.26	4 748.68±180.20

3 讨 论

饲料中添加 1.0×10^8 CFU/kg的枯草芽孢杆菌能显著提高蛋鸭的产蛋率^[2],而添加 2.0×10^9 CFU/kg或 1.0×10^{10} CFU/kg枯草芽孢杆菌能极显著提高肉鸭的增重与育成率,明显降低料肉比^[8-9]。本研究结果表明,在饲料中添加 5.0×10^8 CFU/kg和 5.0×10^{10} CFU/kg的枯草芽孢杆菌PL83,均提高了临武鸭的平均日增重,但效果不如抗生素明显,而料重比均降低,说明枯草芽孢杆菌PL83有利于临武鸭对日粮的消化、吸收。2种剂量的枯草芽孢杆菌PL83能极显著降低鸭的死亡率,推测其能增强临武鸭的免疫功能,从而减少了疾病的发生,提高了鸭的存活率^[6]。养殖效益以在日粮中加入 5.0×10^{10} CFU/kg枯草芽孢杆菌PL83的最高。

杨桂芹等^[10]指出,随着日粮中可消化赖氨酸水平的提高,肉鸡血清中UN含量逐渐减低。本试验结果显示,试验 组临武鸭的血清UN含量明显低于抗生素组、对照组和试验 组,表明在日粮中添加 5.0×10^8 CFU/kg枯草芽孢杆菌PL83可降低机体蛋白质和氨基酸的降解率,增加氮储留量,有助于氨基酸平衡,这与吴俊峰等^[11]研究结果一致。而试验 组临武鸭的血清HDL含量显著高于抗生素组、对照组和试验 组,表明在日粮中添加 5.0×10^8 CFU/kg的枯草芽孢杆菌PL83可清除血液中的血垢及多余的血脂,有清洁血管的作用。正常情况下,血清GPT和AST活性是相对稳定的,当细胞受损或处于应激状态时,转氨酶便会释放到血液里,使血清转氨酶活性升高^[12]。本试验中,饲喂不同剂量的枯草芽孢杆菌PL83,鸭血清GPT和AST活力均有所降低,尤以添加 5.0×10^8 CFU/kg枯草芽孢杆菌PL83的效果最为明显,表明日粮中加入枯草芽孢杆菌PL83可提高临武鸭的抗应激能力。

血清T-AOC、SOD、GSH-Px和GSH活力及MDA含量常被用于衡量机体抗氧化系统功能状况的综合性指标,其大小反映了机体对外来刺激的代偿能力,以及自由基代谢的强弱^[13]。本试验结果表明,在日粮中添加 5.0×10^8 、 5.0×10^{10} CFU/kg枯草芽孢杆菌PL83,能提高临武鸭血清中的T-AOC、SOD和GSH-Px活力及降低MDA含量,即提高临武鸭的抗氧化能力,且以添加量为 5.0×10^{10} CFU/kg时最好。

饲料中的氨基酸到达小肠后被小肠吸收,血清中的游离氨基酸浓度上升,其水平与到达小肠的氨基酸量呈正相关^[14]。本试验结果显示,各组的血清必需氨基酸、总氨基酸含量之间没有显著差异,且以添加 5.0×10^{10} CFU/kg枯草芽孢杆菌PL83的组含量最高,表明枯草芽孢杆菌PL83有利于临武鸭对其他氨基酸的平衡和利用。而在日粮中添加2种剂量的枯草芽孢杆菌PL83,均能提高临武鸭血清赖氨酸含量,进一步说明了枯草芽孢杆菌PL83可以在临武鸭体内利用游离的氮产生赖氨酸,减少了氮的排放,这与其血清尿素氮含量的降低相一致。另外,添加不同剂量枯草芽孢杆菌PL83的鸭血清中的谷氨酸含量均高于对照组和抗生素组,原因可能是这2组鸭血清中AST和GPT含量较低,导致血清中的转氨酶活性降低,谷氨酸含量升高。

参考文献:

- [1] Jayaraman S, Thangavel G, Kurian H, et al. *Bacillus subtilis* PB6 improves intestinal health of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis[J]. Poultry Science, 2013, 92(2): 370-374.
- [2] Li W F, Rajput I R, Xu X, et al. Effects of probiotic (*Bacillus subtilis*) on laying performance, blood biochemical properties and intestinal microflora of Shaoxing duck[J]. International Journal of Poultry Science, 2011, 10(8): 583-589.

(下转第 320 页)