

饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡生产性能、蛋品质、血清与肠道黏膜免疫指标的影响

孙浩政¹ 锡建中^{2*} 朱亚昊¹ 陈祥宇¹ 郝二英¹ 黄晨轩¹ 陈辉^{1*} 许利军³

(1.河北农业大学动物科技学院,保定 071000;2.河北农业大学研究生学院,保定 071000;

3.保定市农业农村局,保定 071000)

摘要: 本试验旨在研究饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡生产性能、蛋品质、血清与肠道黏膜免疫指标的影响。试验选用44周龄健康状况良好、生产性能相近的海兰灰蛋鸡400只,分为试验组和对照组,每组5个重复,每个重复40只。在试验开始时,试验组在饮水中添加植物乳杆菌($\geq 1.67 \times 10^{12}$ CFU/L),集中2 h内饮完,对照组正常饮用普通水。在添加植物乳杆菌24 h后开始采样,采样期为30 d。结果显示:1)与对照组相比,饮水中添加植物乳杆菌可显著提高第1~15天和第16~30天的平均蛋重($P < 0.05$),显著降低第1~15天的死淘率($P < 0.05$)。2)饮水中添加植物乳杆菌对蛋品质无显著影响($P > 0.05$),但对蛋黄抗体水平有提升作用,第30天试验组蛋黄禽流感H9亚型抗体水平显著高于对照组($P < 0.05$)。3)与对照组相比,饲料中添加植物乳杆菌可显著或极显著提高血清免疫球蛋白A(IgA)(第1天、第15天、第30天)、免疫球蛋白G(IgG)(第1天、第15天、第30天)、免疫球蛋白M(IgM)(第1天、第30天)、干扰素- γ (IFN- γ)(第15天、第30天)、白细胞介素-2(IL-2)(第1天)及分泌型免疫球蛋白A(sIgA)含量(第1天、第15天、第30天)($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。4)添加植物乳杆菌后第1天,试验组蛋鸡各肠段肠道黏膜IFN- γ 、IL-2(空肠、回肠、盲肠)与sIgA含量显著或极显著高于对照组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);添加植物乳杆菌后第15天,试验组蛋鸡空肠黏膜IL-2含量显著高于对照组($P < 0.05$)。综上所述,在饮水中添加植物乳杆菌可增加蛋鸡的平均蛋重,提高机体免疫能力。

关键词: 饮水;植物乳杆菌;蛋鸡;蛋重;蛋品质;蛋黄抗体;免疫指标

中图分类号:S831.5

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)06-2880-09

随着抗生素产品毒副作用的逐渐发现,国家农业农村部已发布194号公告,自2020年1月1日起,我国饲料中全面禁止添加抗生素,以减少滥用抗生素造成的危害。因此,在动物生产中寻找抗生素替代品已成为产业需求^[1-2]。植物乳杆菌是乳酸菌科中乳杆菌属细菌,主要来源于植物,是农业农村部允许使用的饲料添加剂之一^[3],近年来,植物乳杆菌作为抗生素替代品被广泛应用于蛋鸡生产中,它可改善蛋鸡生产性能、提高蛋品

质、调节肠道健康、抵抗病原微生物侵害、增强机体免疫功能^[4-9]。但前人的研究大多是将植物乳杆菌添加于蛋鸡饲料中,关于饮水中添加植物乳杆菌的应用效果研究的极少。因此,为避免益生菌在饲料中不易混匀、降低添加难度,本试验拟研究在饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡生产性能、蛋品质、血清与肠道黏膜免疫指标的影响,为实际生产中植物乳杆菌的饮水饲喂方法提供参考。

收稿日期:2019-11-30

基金项目:国家蛋鸡产业技术体系项目(CARS-40-K20);河北省现代农业产业技术体系蛋肉鸡创新团队(HBCT2018150404)

作者简介:孙浩政(1996—),男,河北沧州人,硕士研究生,从事畜禽舍环境控制研究。E-mail: wqsunhaozheng@163.com

*通信作者:锡建中,高级畜牧师,E-mail: xijianzhong@hebau.edu.cn;陈辉,副教授,硕士生导师,E-mail: 531613107@qq.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

植物乳杆菌制剂由自山东宝来利来生物工程股份有限公司提供,主要由特异性免疫增强植物乳杆菌($\geq 1.00 \times 10^{11}$ CFU/g)及其代谢产物、葡萄糖等构成。

1.2 试验动物及设计

试验选用44周龄、健康状况良好、生产性能相近的海兰灰蛋鸡400只,随机分为试验组与对照组,每组5个重复,每个重复40只。试验开始前

7天观察2组蛋鸡,调平2组蛋鸡的产蛋率。在试验开始时,按产品推荐添加量(0.017 g/只)在试验组饮水中添加植物乳杆菌($\geq 1.67 \times 10^{12}$ CFU/L),集中2 h内饮完,对照组正常饮用普通水。在添加植物乳杆菌24 h后开始采样,采样期为30 d。

试验在河北省邢台市威县德青源蛋鸡场进行,场区内所有蛋鸡均采用5列4层笼养,生产管理措施一致,试验期间不使用任何抗生素或药物。2组蛋鸡饲喂相同的饲料,自由采食和饮水。试验期间蛋鸡所饲喂基础饲料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 the basal diet (air-dry basis)

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels ²⁾	含量 Content
玉米 Corn	61.40	代谢能 ME/(MJ/kg)	12.38
豆粕 Soybean meal	25.00	粗蛋白质 CP	16.57
石粉 Limestone	8.80	钙 Ca	3.60
麦麸 Wheat bran	1.20	有效磷 AP	0.45
植物油 Vegetable oil	0.80	赖氨酸 Lys	0.86
食盐 NaCl	0.30	蛋氨酸 Met	0.38
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.50		
预混料 Premix ¹⁾	1.00		
合计 Total	100.00		

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: Cu (as copper sulfate) 9 mg, Fe (as ferrous sulfate) 50 mg, Mn (as manganese sulfate) 100 mg, Zn (as zinc sulfate) 85 mg, I (as potassium iodide) 90 mg, Se (as sodium selenite) 0.3 mg, VA 12 000 IU, VB₁ 6 mg, VB₂ 7 mg, VB₆ 7 mg, VB₁₂ 0.34 mg, VD 4 500 IU, VE 20 IU, VK 3.2 mg, 生物素 biotin 5 mg, 叶酸 folic acid 1.1 mg, 烟酸 niacin 50 mg。

2) 营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 样品采集及检测指标

1.3.1 生产性能

于试验开始前7天至采样结束前每天记录2组蛋鸡死淘数、产蛋总数、总蛋重、破壳蛋数、破壳蛋重,计算死淘率、平均蛋重、产蛋率和次品蛋率。

1.3.2 蛋品质及蛋黄抗体水平

在采样期第1天、第15天和第30天,各组随机选取30枚鸡蛋进行蛋品质测定。使用日本产FHK型蛋形指数测定仪测量鸡蛋的长径与短径,并计算蛋形指数(长径/短径);游标卡尺测定蛋壳厚度;以色列产EFR-01型蛋壳强度测定仪测定蛋壳强度;电子天平测量蛋重、蛋黄重;蛋黄比色扇测定蛋黄颜色;以色列产EA-01型蛋白高度测定仪测定蛋白高度。分离出蛋黄后立刻用试剂盒对其新城疫病毒以及禽流感H5-8、H7、H9亚型病

毒抗体水平进行检测,试剂盒购于深圳芬德生物技术有限公司。

1.3.3 血清免疫指标

在采样期第1天、第15天和第30天,各组随机选择10只蛋鸡进行翅下静脉采血,分离血清。使用生化分析仪和酶联免疫吸附测定(ELISA)试剂盒测定血清免疫球蛋白[免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白M(IgM)]、细胞因子[白细胞介素-2(IL-2)和干扰素- γ (IFN- γ)]以及分泌型免疫球蛋白A(sIgA)含量。指标测定所用试剂盒均购于上海江莱生物科技有限公司。

1.3.4 肠道黏膜免疫指标

在采样期第1天、第15天和第30天,各组随机选择10只蛋鸡进行屠宰,分离十二指肠、空肠、回肠和盲肠,用玻璃片将各肠段黏膜刮下,用

ELISA 试剂盒测定各肠段黏膜中 IL-2、IFN- γ 和 sIgA 含量。指标测定所用试剂盒均购于上海江莱生物科技有限公司。

1.4 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2016 进行统计, 然后采用 SPSS 22.0 软件进行独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著, 结果表示为平均值 \pm 标准差。

2 结果

2.1 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡生产性能的影响

由表2可知, 添加植物乳杆菌后第1~15天,

表2 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on performance of laying hens

时间 Time	组别 Groups	平均蛋重 Average egg weight/g	死淘率 Death rate/%	产蛋率 Laying rate/%	次品蛋率 Substandard egg rate/%
第1~15天 The 1st to 15th day	对照组 Control group	59.78 \pm 0.23 ^b	1.12 \pm 0.63 ^a	88.25 \pm 1.23	1.98 \pm 0.47
	试验组 Test group	60.34 \pm 0.25 ^a	0.55 \pm 0.44 ^b	89.47 \pm 1.38	2.01 \pm 0.36
	P 值 P -value	0.024	0.045	0.150	0.767
第16~30天 The 16th to 30th day	对照组 Control group	59.71 \pm 0.42 ^b	1.14 \pm 0.63	89.72 \pm 1.35	1.67 \pm 0.59
	试验组 Test group	60.23 \pm 0.51 ^a	0.81 \pm 0.76	90.47 \pm 0.74	1.62 \pm 0.48
	P 值 P -value	0.027	0.704	0.145	0.820

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

In the same column, values with no letter superscripts indicated no significant difference ($P > 0.05$), while with different small letter superscripts indicated significant difference ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts indicated extremely significant difference ($P < 0.01$). The same as below.

表3 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡蛋品质的影响

Table 3 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on egg quality of laying hens

时间 Time	组别 Groups	蛋形指数 Egg-shape index	蛋白高度 Albumen height/mm	哈氏单位 Haugh unit	蛋壳厚度 Eggshell Thickness/mm	蛋壳强度 Eggshell strength/N	蛋黄颜色 Egg yolk color
第1天 The 1st day	对照组 Control group	1.27 \pm 0.05	7.50 \pm 0.67	88.13 \pm 3.33	0.40 \pm 0.04	38.46 \pm 4.03	9.47 \pm 0.74
	试验组 Test group	1.31 \pm 0.04	7.59 \pm 0.82	86.25 \pm 4.63	0.38 \pm 0.03	40.22 \pm 8.15	8.73 \pm 0.59
	P 值 P -value	0.347	0.229	0.212	0.139	0.461	0.252
第15天 The 15th day	对照组 Control group	1.34 \pm 0.06	6.76 \pm 0.52	82.21 \pm 3.23	0.38 \pm 0.04	38.08 \pm 8.46	8.77 \pm 0.59
	试验组 Test group	1.36 \pm 0.04	6.90 \pm 0.60	82.01 \pm 4.04	0.38 \pm 0.04	36.90 \pm 8.34	8.67 \pm 0.49
	P 值 P -value	0.314	0.511	0.884	0.782	0.704	0.739
第30天 The 30th day	对照组 Control group	1.28 \pm 0.05	8.17 \pm 0.82	90.13 \pm 4.63	0.33 \pm 0.03	41.10 \pm 5.62	8.80 \pm 0.56
	试验组 Test group	1.27 \pm 0.03	7.91 \pm 0.56	88.71 \pm 2.72	0.34 \pm 0.12	40.51 \pm 5.93	8.47 \pm 0.52
	P 值 P -value	0.760	0.304	0.314	0.309	0.782	0.101

试验组平均蛋重显著高于对照组 ($P < 0.05$), 且试验组死淘率显著低于对照组 ($P < 0.05$), 2组蛋鸡产蛋率及次品蛋率无显著差异 ($P > 0.05$); 添加植物乳杆菌后第16~30天, 试验组平均蛋重显著高于对照组 ($P < 0.05$), 2组蛋鸡死淘率、产蛋率及次品蛋率无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2 饮水中添加植物乳杆菌对蛋品质及蛋黄抗体水平的影响

2.2.1 饮水中添加植物乳杆菌对蛋品质的影响

由表3可知, 饮水中添加植物乳杆菌对鸡蛋的蛋形指数、蛋白高度、哈氏单位、蛋壳厚度、蛋壳强度和蛋黄颜色均无显著影响 ($P > 0.05$)。

2.2.2 饮水中添加植物乳杆菌对蛋黄抗体水平的影响

由表 4 可知,添加植物乳杆菌后第 1 天,2 组蛋黄中各抗体水平无显著差异 ($P>0.05$),但试验组蛋黄新城疫病毒以及禽流感 H7 和 H9 亚型病毒抗体水平均略低于对照组;添加植物乳杆菌后第 15 天,试验组蛋黄新城疫病毒与禽流感 H9 亚型

病毒抗体水平均有提高且高于对照组,禽流感 H5-8 亚型病毒抗体水平仍高于对照组,但差异均不显著 ($P>0.05$);添加植物乳杆菌后第 30 天,试验组蛋黄禽流感 H9 亚型病毒抗体水平显著高于对照组 ($P<0.05$),新城疫病毒以及禽流感 H5-8、H7 亚型病毒抗体水平也高于对照组,但差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 饮水中添加植物乳杆菌对蛋黄抗体水平的影响(以阻断率表示)

Table 4 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on egg yolk antibody levels of laying hens (expressed as blocking rate) %

时间 Time	组别 Groups	新城疫病毒抗体 NDV-Ab	禽流感 H5-8 亚型 病毒抗体 AIV-H5-8 Ab	禽流感 H7 亚型 病毒抗体 AIV-H7 Ab	禽流感 H9 亚型 病毒抗体 AIV-H9 Ab
第 1 天 The 1st day	对照组 Control group	86.81±7.29	92.28±2.43	97.83±0.27	97.08±0.52
	试验组 Test group	84.59±10.67	93.23±0.66	97.41±0.28	95.68±1.91
	P 值 P-value	0.592	0.259	0.253	0.158
第 15 天 The 15th day	对照组 Control group	91.25±5.68	88.40±7.53	97.21±0.42	95.78±3.39
	试验组 Test group	93.13±2.98	90.89±3.95	97.12±0.33	97.41±0.67
	P 值 P-value	0.126	0.366	0.600	0.125
第 30 天 The 30th day	对照组 Control group	89.62±4.23	87.48±3.97	96.59±1.20	96.39±1.50 ^b
	试验组 Test group	92.09±2.35	88.95±2.22	97.11±0.92	97.46±0.54 ^a
	P 值 P-value	0.129	0.320	0.289	0.048

2.3 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡血清免疫指标的影响

2.3.1 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡血清免疫球蛋白含量的影响

由表 5 可知,添加植物乳杆菌后第 1 天,试验组蛋鸡血清 IgM、IgA 含量极显著高于对照组 ($P<0.01$),血清 IgG 含量显著高于对照组 ($P<0.05$);

添加植物乳杆菌后第 15 天,试验组蛋鸡血清 IgG、IgA 含量极显著高于对照组 ($P<0.01$),血清 IgM 含量与对照组无显著差异 ($P>0.05$);添加植物乳杆菌后第 30 天,试验组蛋鸡血清 IgA 含量极显著高于对照组 ($P<0.01$),血清 IgM、IgG 含量显著高于对照组 ($P<0.05$)。

表 5 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡血清免疫球蛋白含量的影响

Table 5 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on serum immunoglobulin contents of laying hens $\mu\text{g/mL}$

时间 Time	组别 Groups	免疫球蛋白 M IgM	免疫球蛋白 G IgG	免疫球蛋白 A IgA
第 1 天 The 1st day	对照组 Control group	738.94±56.75 ^B	1 593.15±168.88 ^b	159.53±24.08 ^B
	试验组 Test group	832.25±79.32 ^A	1 867.90±267.26 ^a	194.61±20.54 ^A
	P 值 P-value	0.007	0.013	0.003
第 15 天 The 15th day	对照组 Control group	773.27±89.23	1 742.12±231.47 ^B	181.88±16.08 ^B
	试验组 Test group	839.90±76.06	2 160.90±222.11 ^A	232.16±9.73 ^A
	P 值 P-value	0.089	0.001	<0.001
第 30 天 The 30th day	对照组 Control group	822.51±66.69 ^b	2 003.75±225.49 ^b	205.47±13.86 ^B
	试验组 Test group	884.70±58.27 ^a	2 283.10±206.59 ^a	231.86±17.57 ^A
	P 值 P-value	0.040	0.011	0.002

2.3.2 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡血清细胞因子及sIgA含量的影响

由表6可知,添加植物乳杆菌后第1天,试验组蛋鸡血清sIgA含量极显著高于对照组($P<0.01$),血清IL-2含量显著高于对照组($P<0.05$),血清IFN- γ 含量与对照组无显著差异($P>0.05$),但试验组在数值上高于对照组;添加植物乳杆菌

后第15天,试验组蛋鸡血清IFN- γ 含量极显著高于对照组($P<0.01$),血清sIgA含量显著高于对照组($P<0.05$),血清IL-2含量与对照组无显著差异($P>0.05$),但试验组在数值上高于对照组;添加植物乳杆菌后第30天,试验组蛋鸡血清IFN- γ 、sIgA含量极显著高于对照组($P<0.01$),血清IL-2含量与对照组无显著差异($P>0.05$)。

表6 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡血清细胞因子及sIgA含量的影响
Table 6 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on serum cytokines and sIgA contents of laying hens

时间 Time	组别 Groups	干扰素- γ IFN- γ /(pg/mL)	白细胞介素-2 IL-2/(pg/mL)	分泌型免疫球蛋白A sIgA/(ng/mL)
第1天 The 1st day	对照组 Control group	50.79 \pm 6.26	134.78 \pm 12.10 ^b	1 469.27 \pm 172.68 ^B
	试验组 Test group	54.08 \pm 5.82	156.95 \pm 24.67 ^a	1 770.59 \pm 249.29 ^A
	P值 P-value	0.239	0.024	0.006
第15天 The 15th day	对照组 Control group	49.02 \pm 4.22 ^B	142.03 \pm 26.10	1 598.78 \pm 199.85 ^b
	试验组 Test group	62.02 \pm 4.61 ^A	161.46 \pm 21.71	1 847.08 \pm 260.95 ^a
	P值 P-value	<0.001	0.087	0.028
第30天 The 30th day	对照组 Control group	60.28 \pm 3.93 ^B	185.37 \pm 24.62	1 827.19 \pm 120.91 ^B
	试验组 Test group	68.91 \pm 4.40 ^A	186.37 \pm 21.41	2 087.20 \pm 186.59 ^A
	P值 P-value	<0.001	0.929	0.002

2.4 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡各肠段肠道黏膜细胞因子及sIgA含量的影响

2.4.1 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡各肠段肠道黏膜IFN- γ 含量的影响

由表7可知,添加植物乳杆菌后第1天,试验

组蛋鸡回肠与盲肠黏膜IFN- γ 含量极显著高于对照组($P<0.01$),十二指肠与空肠黏膜IFN- γ 含量显著高于对照组($P<0.05$);添加植物乳杆菌后第15天与第30天,试验组蛋鸡各肠段肠道黏膜IFN- γ 含量与对照组均无显著差异($P>0.05$)。

表7 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡各肠段肠道黏膜IFN- γ 含量的影响
Table 7 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on IFN- γ content in intestinal mucosa of various intestine segments of laying hens

时间 Time	组别 Groups	十二指肠 Duodenum	空肠 Jejunum	回肠 Ileum	盲肠 Cecum
第1天 The 1st day	对照组 Control group	454.35 \pm 98.95 ^b	457.35 \pm 55.01 ^b	370.68 \pm 76.22 ^B	350.55 \pm 67.27 ^B
	试验组 Test group	563.27 \pm 75.39 ^a	541.59 \pm 86.38 ^a	492.85 \pm 50.10 ^A	487.87 \pm 60.44 ^A
	P值 P-value	0.013	0.020	0.001	<0.001
第15天 The 15th day	对照组 Control group	667.74 \pm 61.25	628.80 \pm 56.59	552.74 \pm 49.33	584.50 \pm 52.13
	试验组 Test group	656.30 \pm 43.84	623.27 \pm 82.36	581.16 \pm 38.05	539.14 \pm 43.91
	P值 P-value	0.638	0.863	0.166	0.052
第30天 The 30th day	对照组 Control group	700.59 \pm 62.31	666.60 \pm 81.39	602.61 \pm 44.24	590.78 \pm 38.33
	试验组 Test group	705.83 \pm 17.29	633.93 \pm 44.29	620.24 \pm 58.95	608.86 \pm 34.80
	P值 P-value	0.844	0.284	0.460	0.284

2.4.2 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡各肠段肠道黏膜 IL-2 含量的影响

由表 8 可知,添加植物乳杆菌后第 1 天,试验组蛋鸡空肠与盲肠黏膜 IL-2 含量极显著高于对照组 ($P<0.01$),回肠黏膜 IL-2 含量显著高于对照组 ($P<0.05$),十二指肠黏膜 IL-2 含量与对照组无显

著差异 ($P>0.05$);添加植物乳杆菌后第 15 天,试验组蛋鸡空肠黏膜 IL-2 含量显著高于对照组 ($P<0.05$),十二指肠、回肠与盲肠黏膜 IL-2 含量与对照组无显著差异 ($P>0.05$);添加植物乳杆菌后第 30 天,试验组与对照组蛋鸡各肠段肠道黏膜 IL-2 含量均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 8 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡各肠段肠道黏膜 IL-2 含量的影响

Table 8 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on IL-2 content in intestinal mucosa of various intestine segments of laying hens

时间 Time	组别 Groups	十二指肠 Duodenum	空肠 Jejunum	回肠 Ileum	盲肠 Cecum	pg/g
第 1 天 The 1st day	对照组 Control group	2 228.39±295.51	1 827.02±234.92 ^B	1 860.14±211.23 ^b	1 634.82±205.54 ^B	
	试验组 Test group	2 490.16±314.19	2 290.83±280.45 ^A	2 127.14±237.97 ^a	2 100.07±293.61 ^A	
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.071	0.001	0.016	0.001	
第 15 天 The 15th day	对照组 Control group	2 049.21±222.54	1 683.96±215.32 ^b	1 489.51±145.17	1 589.92±219.24	
	试验组 Test group	1 925.23±234.87	1 907.24±215.48 ^a	1 567.89±169.03	1 555.93±181.54	
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.241	0.032	0.281	0.710	
第 30 天 The 30th day	对照组 Control group	2 232.58±276.32	2 245.80±265.00	1 911.13±191.09	1 916.16±196.07	
	试验组 Test group	2 185.42±217.88	2 070.84±313.56	1 916.71±205.43	1 799.15±195.86	
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.677	0.194	0.951	0.198	

2.4.3 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡各肠段肠道黏膜 sIgA 含量的影响

由表 9 可知,添加植物乳杆菌后第 1 天,试验组蛋鸡十二指肠、空肠黏膜 sIgA 含量显著高于对

照组 ($P<0.05$),回肠与盲肠黏膜 sIgA 含量极显著高于对照组 ($P<0.01$);添加植物乳杆菌后第 15 天与第 30 天,试验组与对照组蛋鸡各肠段肠道黏膜 sIgA 含量均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 9 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡各肠段肠道黏膜 sIgA 含量的影响

Table 9 Effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on sIgA content in intestinal mucosa of various intestine segments of laying hens

时间 Time	组别 Groups	十二指肠 Duodenum	空肠 Jejunum	回肠 Ileum	盲肠 Cecum	μg/g
第 1 天 The 1st day	对照组 Control group	28.91±3.02 ^b	25.01±3.46 ^b	19.66±2.08 ^B	17.07±2.79 ^B	
	试验组 Test group	32.25±2.89 ^a	28.65±3.59 ^a	22.70±1.75 ^A	21.14±1.98 ^A	
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.021	0.035	0.002	0.001	
第 15 天 The 15th day	对照组 Control group	25.55±2.31	23.90±1.98	17.32±1.34	14.46±1.20	
	试验组 Test group	25.10±2.16	22.51±2.07	16.66±1.63	14.15±1.33	
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.588	0.143	0.335	0.591	
第 30 天 The 30th day	对照组 Control group	30.56±2.23	26.49±2.93	21.49±1.42	19.67±1.56	
	试验组 Test group	29.10±2.52	28.11±2.03	21.31±1.50	18.84±0.97	
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.187	0.167	0.787	0.174	

3 讨论

3.1 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡生产性能的影响

植物乳杆菌作为饲料添加剂添加于饲料中提高养殖动物的生产性能的功能已得到广泛的证实。本试验结果表明,饮水中添加植物乳杆菌可显著提高平均蛋重,这与张志焱等^[10]在蛋鸡饲料中添加不同浓度植物乳杆菌后发现各个浓度的植物乳杆菌对蛋鸡的生产性能均有显著促进作用的研究结果一致。Song等^[11]研究发现饲料中添加植物乳杆菌可减轻热应激给肉仔鸡肠道屏障造成的负面影响。本试验中,添加植物乳杆菌后第1~15天试验组蛋鸡死淘率显著低于对照组,可能与试验进行时试验场外界环境温度过高有关。

3.2 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡蛋品质及蛋黄抗体水平的影响

蛋形指数、蛋白高度、哈氏单位、蛋壳厚度、蛋壳强度与蛋黄颜色是评价蛋品质好坏的重要指标^[5]。许多研究表明,芽孢杆菌、乳酸杆菌等益生菌的单一或复合制剂均具有改善鸡蛋品质的作用^[12-14]。但本试验结果显示,饮水中添加植物乳杆菌制剂对蛋品质并无改善作用,可能与植物乳杆菌添加方式与添加剂量有关。

抗体水平检测是现代畜禽场免疫的重要环节,通过检测抗体水平,能评估鸡群的免疫效果。鸡蛋内的抗体主要存在于蛋黄中,以IgG为主,蛋黄抗体水平的上升和下降波动趋势与血清抗体水平变化趋势基本一致,但其出现较血清迟3~4d^[15-16]。对于产蛋鸡来讲,使用卵黄检测抗体水平的方法操作简单且不会对鸡产生应激。本试验结果提示,在饮水中添加植物乳杆菌可提高蛋鸡新城疫及禽流感病毒抗体水平,该试验结果与高懿等^[17]报道的乳酸菌制剂能够协同增强鸡新城疫病毒抗体水平,苏惠龙等^[18]报道的富硒益生菌能极显著提高清远鹅的新城疫和禽流感病毒抗体水平的研究结果一致。

3.3 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡血清免疫指标的影响

血清免疫球蛋白IgM、IgG、IgA,细胞因子IL-2、IFN- γ 以及sIgA均是机体免疫系统的重要组成部分,在免疫调节与防御感染中起重要作用^[19]。本试验结果表明,植物乳杆菌添加后第1天,试验

组蛋鸡血清IgM、IgA含量极显著高于对照组,血清IgG含量显著高于对照组,至植物乳杆菌添加后第30天,试验组蛋鸡血清IgA含量仍极显著高于对照组,血清IgM、IgG含量亦显著高于对照组。植物乳杆菌添加后第1天,试验组蛋鸡血清IL-2含量显著高于对照组,植物乳杆菌添加后第15天和第30天,试验组蛋鸡血清IFN- γ 含量极显著高于对照组。植物乳杆菌添加后,各时间点试验组蛋鸡血清sIgA含量均显著或极显著高于对照组。上述结果说明饮水中添加植物乳杆菌可提高蛋鸡血清IgM、IgG、IgA、IL-2、IFN- γ 和sIgA含量,增强蛋鸡机体免疫能力。

3.4 饮水中添加植物乳杆菌对蛋鸡肠道黏膜免疫指标的影响

肠道黏膜是机体局部特异性免疫应答的重要部位,肠道黏膜中的免疫球蛋白以sIgA为主,其抵抗病原微生物的机制是通过黏膜上皮细胞分泌的sIgA抗体来进行抵抗^[20]。有研究发现,在肉鸡饲料中添加植物乳杆菌,可上调IL-2和IFN- γ 在盲肠黏膜中的表达,提高肠道黏膜的免疫功能,且效果优于抗生素^[3,21]。宫圣洁^[22]研究发现混合植物乳杆菌有很好的体外抗炎活性,可显著增加肠道中sIgA的分泌,抑制炎症,调节肠道菌群结构。这与本试验研究结果一致,提示植物乳杆菌具有良好的抗感染作用,可提高机体肠道黏膜免疫能力。

4 结论

综上所述,在饮水中添加植物乳杆菌可增加蛋鸡的蛋重,提高机体免疫能力。

参考文献:

- [1] 辽宁省开展推进“无抗”养殖行动[J].中国饲料,2017(16):7.
- [2] 尹靖东,齐广海,霍启光,等.对欧盟国家禁用抗生素类促生长添加剂的思考及对策[J].饲料工业,21(7):38-40.
- [3] 刘耀文,徐明明,康克浪,等.植物乳杆菌的生理功能及其在鸡生产中的应用[J].广东饲料,2017,26(5):29-31.
- [4] 王水泉,包艳,董喜梅,等.植物乳杆菌的生理功能及应用[J].中国农业科技导报,2010,12(4):49-55.
- [5] 余祖华,丁轲,丁盼盼,等.植物乳杆菌DPP8对蛋鸡生产性能、血清生化指标和蛋品质的影响[J].中国兽医学报,2016,36(9):1608-1612,1642.

- [6] 龚胜,邓树勇,甘凌秀.不同水平的植物乳杆菌代谢产物对肉鸡生长性能、粪微生物菌群及绒毛形态的影响[J].中国饲料,2019(4):36-40.
- [7] 张光磊,廖奇,江书忠,等.植物乳杆菌在肉鸡生长中的应用研究进展[J].饲料博览,2019(5):35-37.
- [8] DENG W, DONG X F, TONG J M, et al. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens [J]. Poultry Science, 2012, 91(3):575-582.
- [9] SANTINI C, BAFFONI L, GAGGIA F, et al. Characterization of probiotic strains: an application as feed additives in poultry against *Campylobacter jejuni* [J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 141 (Suppl.1):S98-S108.
- [10] 张志焱,李金敏,李伟,等.不同浓度植物乳杆菌对产蛋鸡生产性能及肠道酶活的影响[J].饲料广角,2012(20):20-21,27.
- [11] SONG J, XIAO K, KE Y L, et al. Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress [J]. Poultry Science, 2014, 93(3):581-588.
- [12] 王向荣,张旭,蒋桂韬,等.凝结芽孢杆菌对蛋鸭产蛋性能、蛋品质及血清生化指标的影响[J].家畜生态学报,2013,34(2):69-74.
- [13] ZHANG J L, XIE Q M, JI J, et al. Different combinations of probiotics improve the production performance, egg quality, and immune response of layer hens [J]. Poultry Science, 2012, 91(11):2755-2760.
- [14] ZHANG Z F, KIM I H. Effects of multistrain probiotics on growth performance, apparent ileal nutrient digestibility, blood characteristics, cecal microbial shedding, and excreta odor contents in broilers [J]. Poultry Science, 2014, 93(2):364-370.
- [15] 李嘉爱,赖月辉,邹永新,等. PEDV 免疫母鸡血清抗体和蛋黄抗体的消长规律及其相关性测定 [C] // 中国畜牧兽医学会 2003 年学术年会论文集. 北京:中国畜牧兽医学会,2003.
- [16] 凌育燊,郭予强,杨连楷,等.禽霍乱免疫母鸡血清抗体和蛋黄抗体消长规律及其相互关系的研究 [J]. 畜牧兽医学报,1996,27(4):366-371.
- [17] 高懿,杨桥斌,朱君旻,等.乳酸菌对鸡新城疫 HI 效价及粪便菌群数量的影响 [J]. 吉林畜牧兽医,2015,36(9):7-10.
- [18] 苏惠龙,韩卓宙,李永红,等.富硒益生菌对清远鹅疫苗免疫效果的影响 [J]. 畜牧与兽医,2010,42(6):76-78.
- [19] 王玉书,金吉子,关宏铜.免疫球蛋白的作用机制及临床应用研究进展 [J]. 延边大学医学学报,2007,30(2):143-145.
- [20] 林晓艳.不同饲养环境对蛋鸡健康的影响 [D]. 硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2018.
- [21] 谢俊华.植物乳杆菌 NCU116 对肠道健康的影响 [D]. 硕士学位论文.南昌:南昌大学,2016.
- [22] 宫圣洁.两株植物乳杆菌对金黄色葡萄菌感染的免疫保护作用研究 [D]. 硕士学位论文.长春:吉林农业大学.

Effects of Adding *Lactobacillus plantarum* in Drinking Water on Performance, Egg Quality, Serum and Intestinal Mucosal Immune Indices of Laying Hens

SUN Haozheng¹ XI Jianzhong^{2*} ZHU Yahao¹ CHEN Xiangyu¹ HAO Erying¹
HUANG Chenxuan¹ CHEN Hui^{1*} XU Lijun³

(1. Animal Science and Technology College, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China; 2. Graduate School, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China; 3. Baoding Municipal Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Baoding 071000, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to investigate the effects of adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water on performance, egg quality, serum and intestinal mucosal immune indices of laying hens. A total of 400 Hy-line grey hens with good health and similar performance and at the age of 44 weeks were used, and divided into control group and test group, each group had 5 replicates with 40 hens per replicate. At the start of the experiment, the test group was added with *Lactobacillus plantarum* in drinking water ($\geq 1.67 \times 10^{12}$ CFU/L), and the drinking water finished within 2 h. The control group was given normal water. After 24 h of adding *Lactobacillus plantarum*, samples were started to collect. The sampling period lasted for 30 d. The results showed as follows: 1) compared with the control group, adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water could significantly increase average egg weight on the 1st to 15th day and the 16th to 30th day ($P < 0.05$), and significantly reduce the death rate of laying hens on the 1st to 15th day ($P < 0.05$). 2) Adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water had no significant effect on egg quality ($P > 0.05$), but it had an effect on raising egg yolk antibody levels. The egg yolk avian influenza H9 virus antibody level in the test group was significantly higher than that in the control group on the 30th day ($P < 0.05$). 3) Compared with the control group, adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water could significantly or extremely significantly increase the serum immunoglobulin A (IgA) (the 1st, 15th and 30th day), immunoglobulin G (IgG) (the 1st, 15th and 30th day), immunoglobulin M (IgM) (the 1st and 30th day), interferon- γ (IFN- γ) (the 15th and 30th day), interleukin-2 (IL-2) (the 1st day) and secretory immunoglobulin A (sIgA) contents (the 1st, 15th and 30th day) ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). 4) The contents of IFN- γ , IL-2 (jejunum, ileum and cecum) and sIgA in intestinal mucosa of each intestinal segment in the test group were significantly or extremely significantly higher than those in the control group on the 1st day after adding *Lactobacillus plantarum* ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), and the content of IL-2 in jejunal mucosa in the test group was significantly higher than that of the control group on the 15th day after adding *Lactobacillus plantarum* ($P < 0.05$). It can be seen that adding *Lactobacillus plantarum* in drinking water can increase the egg weight and improve the immune performance of laying hens. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(6):2880-2888]

Key words: drinking water; *Lactobacillus plantarum*; laying hen; egg weight; egg quality; egg yolk antibody; immune indices

* Corresponding authors: XI Jianzhong, senior engineer, E-mail: xijianzhong@hebau.edu.cn; CHEN Hui, associate professor, E-mail: 531613107@qq.com (责任编辑 菅景颖)