

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2019.06.08

黄芪多糖注射液生物活性检测方法的分析与评价

元雪贞¹, 马发顺², 段沙沙¹, 王军红¹, 王小艳¹,
李华岑¹, 刘占通¹, 周红霞¹, 吴志明^{1*}

(1. 河南省兽药饲料监察所, 郑州 450000; 2. 安阳工学院生物与食品工程学院, 河南安阳 455000)

[收稿日期] 2018-12-17 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2019) 06-0048-06 [中图分类号] S853.7

[摘要] 为了证实现有黄芪多糖生物活性检测方法的效果, 并确定胸腺重和胸腺指数在黄芪多糖生物活性检测中的作用, 使用《中国兽药典 2015 版(二部)》提供的检测方法, 对河南省 4 个兽药厂提供的黄芪多糖样品进行了生物活性检测, 测量了昆明鼠的体重、脾脏重和胸腺重等, 计算了脾指数和胸腺指数。并对胸腺和脾脏两器官之间的关系进行了相关分析, 对 4 种样品间的各测定项目作了比较。结果表明: 4 种样品中有 2 种合格 2 种不合格; 黄芪多糖具有促进昆明鼠脾脏生长的作用, 对昆明鼠胸腺的促进作用不明显, 可能有一定抑制胸腺退化的作用; 脾重和胸腺重之间、脾指数和胸腺指数之间均呈弱正相关关系; 脾指数在反映黄芪多糖的生物活性方面是灵敏的, 胸腺指数可以作为黄芪多糖生物活性检测的参考指标。

[关键词] 黄芪多糖; 生物活性检测; 昆明鼠; 脾脏重; 胸腺重; 脾指数; 胸腺指数

Analysis and Evaluation of Biological Activity Detection Method of Astragalus Polysaccharide Injection

YUAN Xue-zhen¹, MA Fa-shun², DUAN Sha-sha¹, WANG Jun-hong¹, WANG Xiao-yan¹,
LI Hua-cen¹, LIU Zhan-tong¹, ZHOU Hong-xia¹, WU Zhi-ming^{1*}

(1. Henan Province Animal Drug Feed Inspection Office, Zhengzhou 450000, China;

2. School of Biotechnology and Food Science, Anyang Institute of Technology, Henan Anyang 455000, China)

Corresponding author: WU Zhi-ming, E-mail: xuezhen2000.cool@163.com

Abstract: In order to confirm the effect of the existing Astragalus polysaccharide bioactivity detection method, and to determine the role of thymus weight and thymus index in the detection of Astragalus polysaccharide bioactivity, the detection method provided by Chinese Veterinary Pharmacopoeia 2015 Edition (Part 2) was used in the experiment. Biological activity of 4 Astragalus polysaccharides samples provided by the factories in Henan were tested and the body weight, spleen weight and thymus weight of Kunming rats were measured, the spleen index and thymus index were calculated. Correlation analysis was performed on the relationship between the thymus and

作者简介: 元雪贞, 硕士, 助理兽医师, 从事兽药产品动物实验和微生物检验工作。

通讯作者: 吴志明。E-mail: xuezhen2000.cool@163.com

spleen organs, and the comparison between the four samples was made. The results showed that 2 samples were qualified and 2 were unqualified; Astragalus polysaccharide could promote the growth of spleen in Kunming mice, but it has no obvious effect on the thymus of Kunming rats and may have effect on inhibiting thymus degeneration; between spleen weight and thymus weight, the spleen index and thymus index were weakly positively correlated; the spleen index was sensitive in detecting the biological activity of Astragalus polysaccharides, and the thymus index could be used as a reference for the detection of Astragalus polysaccharide bioactivity.

Key words: astragalus polysaccharides; astragalus polysaccharide bioactivity detection; Kunming mice; spleen weight; thymus weight; spleen index; thymus index.

黄芪多糖是从传统中药黄芪中提取的有效成分,研究表明,黄芪多糖不仅可以促进动物免疫器官的发育,增加免疫细胞的数量,而且还能提高免疫细胞的功能,增强疫苗的免疫效果,从而起到提高自身免疫力、抵抗致病微生物侵袭的作用^[1-3]。李朝辉等研究表明,在 1 日龄雏鸡日粮中添加黄芪多糖可以有效促进免疫器官的发育,提高外周血中免疫球蛋白含量和 T 淋巴细胞数量^[4]。闫春贤在黄芪多糖对 ROSS308 肉仔鸡生长的影响实验中发现,黄芪多糖对体重增加不太明显,对免疫器官的增重前期有降低,后期有明显增重^[5]。徐端红等在研究中同样发现,黄芪多糖可以增强断奶羔羊的免疫球蛋白的水平,提高抗病能力^[6]。宣小龙在黄芪多糖提高干奶期奶牛乳腺免疫力的研究中发现,使用黄芪多糖可以提高干奶期奶牛乳腺免疫力能达到很好效果,并且对干奶期前的预防效果也很好^[7]。高扬在研究中表明,饲料中添加不同水平的黄芪多糖,可以不同程度地提高脾脏系数^[8]。在养殖业中将黄芪多糖作为饲料添加剂,可提高畜禽免疫力、促进饲料吸收利用,并提高畜产品质量^[9]。侯晓礁等研究发现,在妊娠后期母猪饲料中添加黄芪多糖粉,可以有效提高妊娠母猪的窝均产仔数、窝均活仔数和窝均活仔质量^[10]。然而,对于黄芪多糖的质量检测方面的研究相对较少,过去主要侧重于含量的测定以及性状鉴别上。2013 年《兽药国家标准(化学药品、中药卷)》第一册首次将黄芪多糖生物活性检测列为商品化黄芪多糖注射液的检验项目,《中国兽药典 2015 版(二部)》首次将其

生物活性检测纳入黄芪多糖注射液的必检项目。目前,关于黄芪多糖注射液生物活性检测方面的报道很少,特别是对其方法的分析与评价还未见报道。本试验采用《中国兽药典 2015 版(二部)》提供的方法,对河南省 4 家兽药厂提供的黄芪多糖样品进行了生物活性检测,并增加了胸腺项目检测作为参考;对检测结果进行统计处理,对黄芪多糖生物活性现实检测方法进行分析和评价,期望为今后黄芪多糖注射液生物活性检测方法的应用与改进提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验动物 昆明鼠,SPF 级,体重 18~20 g,雌雄各半,质量合格证号为: NO.41003100005184,购自河南省实验动物中心;SPF 级全价饲料,购自河南省实验动物中心。屏障环境饲养,环境温度 24~25 ℃,相对湿度 40%~50%;垫料每周更换 3 次,提供充足的无菌饮水。

1.1.2 试验仪器和药品 精密分析天平(AB204-N),梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司生产;一次性使用无菌注射器(型号 1mL),河南曙光健士医疗器械集团股份有限公司生产;4 种黄芪多糖样品,规格:以葡萄糖(C₆H₁₂O₆)计 10 mL:0.1 g,由河南省各兽药厂提供;生理盐水,河南科伦药业有限公司生产。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 本试验选用 4 种黄芪多糖样品(A、B、C、D),每种样品各自独立进行试验设计,均

设试验组和对照组。在对每一种样品进行检测试验时,选择 16 只体重相近的昆明鼠,将其随机分为 2 组,每组 8 只,一组为试验组,另一组为对照组,整个试验共用昆明鼠 64 只。4 个试验组分别用 4 种黄芪多糖样品处理,每天每只腹腔注射黄芪多糖 0.5 mL,连续注射 7 d;4 个对照组每只昆明鼠注射等量的生理盐水。

1.2.2 脾指数和胸腺指数的计算 最后一次注射黄芪多糖注射液 24h 后处死昆明鼠,依次称量每只昆明鼠的体重、脾脏重和胸腺重,并计算脾指数和胸腺指数。脾指数=脾脏重(mg)/体重(g);胸腺指数=胸腺重(mg)/体重(g)。再进一步采用简单算术平均法计算各组的平均脾指数和平均胸腺指数。按照《中国兽药典 2015 版(二部)》提供的方法判定样品是否合格,即:试验组与对照组平均脾指数之差大于或等于 2 为合格,小于 2 为不合格。

1.2.3 统计分析方法 试验组与对照组间各项的显著性检验采用 t 检验法;胸腺重与脾脏重之间、两种指数之间的相关性分析采用相关系数法,4 种样品间的差异显著性检验采用单因素方差分析法,多重比较采用 Duncan 新复极差法。

1.2.4 所用软件 使用 Excel2010 软件进行初步数据统计, t 检验和相关系数计算;使用 DPS7.05 软件进行方差分析和多重比较。文中 $P<0.05$ 用 * 表示, $P<0.01$ 用 ** 表示。

2 结果与分析

2.1 4 种黄芪多糖样品生物活性检测结果 4 种黄芪多糖样品生物活性检测结果见表 1。4 种样品试验组与对照组两指数的差值见表 2。可以判断出样品 C 和 D 为生物活性检测合格样品,而 A 和 B 为生物活性不合格样品。从胸腺指数的表现来看,样品 A、B 的差值为负值,样品 C、D 的差值均为正值。进一步计算出 4 种样品脾脏指数的差值与胸腺指数的差值间的相关系数为 0.9494($P<0.05$)。

2.2 胸腺重与脾脏重及两种指数之间的相关性

对 4 个样品试验组和对照组的脾脏重和胸腺重及两种指数间分别进行相关分析结果见表 3。可见,无论试验组还是对照组脾脏重和胸腺重之间相关性均较弱,但对照组无论两器官重间还是两指数间均存在负相关倾向,而试验组两器官重间和两种指数间均呈正相关。

2.3 试验组与对照组的对比分析 从各检测项目试验组与对照组的 t 检验结果来看,体重方面,除了样品 C 差异极显著外,其余 3 种样品均差异不显著($P>0.05$);脾重和脾指数方面,4 种样品大多表现出显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)的差异;胸腺重和胸腺指数方面,差异均不显著($P>0.05$),但样品 A、B 的统计量 t 值为负值,而合格样品 C、D 的 t 值为正值。

2.4 4 种样品间的对比分析 方差分析显示,对照组胸腺重差异不显著($P>0.05$),试验组体重和对照组胸腺指数两项差异显著($P<0.05$),其余各项均差异极显著($P<0.01$)。4 种样品间各测定项目的比较结果见表 4 和表 5。可以看出 C 样品的对照组体重最大,且与其它 3 种样品的对照组有极显著差异,对照组的脾脏重和脾指数都是 B 样品最大,与样品 C、D 间无显著差异($P>0.05$),而与样品 A 间有极显著差异($P<0.01$)。试验组样品 D 的各项指标均排在首位,样品 A 的各项指标均排在最后,且二者之间有极显著差异($P<0.01$)。按照《中国兽药典 2015 版(二部)》标准判断,样品 D、C 合格,样品 B、A 不合格,但样品 B、A 也具有一定的生物活性。合格样品 C、D 间在体重、脾重和脾指数方面均差异不显著($P>0.05$),而在胸腺重和胸腺指数两方面差异显著($P<0.05$)。

3 讨论与结论

黄芪多糖具有促进动物生长的作用,并含未知生长因子(UGF)可显著提高畜禽的生长速度,促进脾脏发育,提升机体抵抗力,这些在本试验中得到部分证实^[4,11]。

表 1 4 种黄芪多糖样品生物活性检测结果

Tab 1 Results of 4 Astragalus polysaccharide samples' bioactivity

| 样品 | 测定项目 | 分组 | 测量值 | | | | | | | | t 值 |
|----|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| A | 体重/g | 试验组 | 25.13 | 26.88 | 25.64 | 26.98 | 21.26 | 21.02 | 26.40 | 21.99 | -1.83 |
| | | 对照组 | 26.64 | 24.87 | 26.93 | 26.74 | 26.38 | 25.60 | 24.87 | 27.41 | |
| | 脾重/mg | 试验组 | 68.90 | 75.70 | 72.50 | 70.80 | 58.30 | 49.40 | 81.50 | 67.00 | 2.47 * |
| | | 对照组 | 61.30 | 60.40 | 55.10 | 57.70 | 55.90 | 57.20 | 60.40 | 62.90 | |
| | 胸腺重/mg | 试验组 | 93.80 | 50.40 | 93.80 | 116.40 | 67.80 | 33.80 | 106.30 | 45.00 | -1.74 |
| | | 对照组 | 104.90 | 72.80 | 89.20 | 91.90 | 119.90 | 143.80 | 72.80 | 103.70 | |
| | 脾指数 | 试验组 | 2.74 | 2.82 | 2.83 | 2.62 | 2.74 | 2.35 | 3.09 | 3.05 | 5.49 ** |
| | | 对照组 | 2.30 | 2.43 | 2.05 | 2.16 | 2.12 | 2.23 | 2.43 | 2.29 | |
| | 胸腺指数 | 试验组 | 3.73 | 1.88 | 3.66 | 4.31 | 3.19 | 1.61 | 4.03 | 2.05 | -1.53 |
| | | 对照组 | 3.94 | 2.93 | 3.31 | 3.44 | 4.55 | 5.62 | 2.93 | 3.78 | |
| B | 体重/g | 试验组 | 28.49 | 25.61 | 22.83 | 26.77 | 31.80 | 29.04 | 29.61 | 33.07 | -0.76 |
| | | 对照组 | 28.97 | 23.22 | 27.89 | 28.19 | 33.38 | 31.13 | 30.39 | 34.50 | |
| | 脾重/mg | 试验组 | 151.50 | 141.50 | 92.30 | 137.60 | 155.70 | 159.70 | 157.80 | 156.30 | 1.33 |
| | | 对照组 | 140.70 | 120.20 | 152.10 | 131.00 | 119.60 | 132.10 | 136.90 | 126.50 | |
| | 胸腺重/mg | 试验组 | 126.10 | 139.70 | 88.10 | 117.30 | 122.90 | 93.40 | 99.10 | 132.80 | -1.64 |
| | | 对照组 | 150.20 | 174.10 | 135.70 | 122.60 | 151.20 | 203.20 | 80.40 | 103.60 | |
| | 脾指数 | 试验组 | 5.32 | 5.53 | 4.04 | 5.14 | 4.90 | 5.50 | 5.33 | 4.73 | 1.85 |
| | | 对照组 | 4.86 | 5.18 | 5.45 | 4.65 | 3.58 | 4.24 | 4.50 | 3.67 | |
| | 胸腺指数 | 试验组 | 4.43 | 5.45 | 3.86 | 4.38 | 3.86 | 3.22 | 3.35 | 4.02 | -1.20 |
| | | 对照组 | 5.18 | 7.50 | 4.87 | 4.35 | 4.53 | 6.53 | 2.65 | 3.00 | |
| C | 体重/g | 试验组 | 29.48 | 31.41 | 30.13 | 28.33 | 25.87 | 25.48 | 24.67 | 26.62 | -6.19 |
| | | 对照组 | 34.63 | 33.46 | 32.86 | 31.22 | 34.58 | 36.06 | 35.13 | 34.23 | |
| | 脾重/mg | 试验组 | 172.80 | 112.90 | 256.70 | 164.10 | 119.70 | 123.60 | 141.50 | 202.40 | 1.54 |
| | | 对照组 | 198.90 | 147.30 | 111.40 | 92.90 | 34.90 | 130.80 | 174.80 | 91.20 | |
| | 胸腺重/mg | 试验组 | 73.00 | 59.50 | 109.00 | 50.20 | 100.50 | 83.20 | 106.90 | 144.50 | -1.02 |
| | | 对照组 | 76.90 | 85.20 | 99.00 | 83.90 | 205.80 | 109.00 | 113.20 | 102.00 | |
| | 脾指数 | 试验组 | 5.86 | 3.59 | 8.52 | 5.79 | 4.63 | 4.85 | 5.74 | 7.60 | 2.90 * |
| | | 对照组 | 5.74 | 4.40 | 3.39 | 2.98 | 1.01 | 3.63 | 4.98 | 2.66 | |
| | 胸腺指数 | 试验组 | 2.48 | 1.89 | 3.62 | 1.77 | 3.88 | 3.27 | 4.33 | 5.43 | 0.21 |
| | | 对照组 | 2.22 | 2.55 | 3.01 | 2.69 | 5.95 | 3.02 | 3.22 | 2.98 | |
| D | 体重/g | 试验组 | 34.07 | 35.45 | 31.56 | 32.63 | 25.68 | 28.05 | 26.06 | 23.81 | -0.11 |
| | | 对照组 | 28.92 | 23.62 | 27.69 | 28.69 | 33.58 | 31.43 | 30.69 | 34.35 | |
| | 脾重/mg | 试验组 | 170.80 | 227.50 | 193.80 | 196.10 | 188.10 | 150.10 | 353.00 | 120.00 | 2.71 * |
| | | 对照组 | 140.50 | 119.90 | 151.90 | 131.10 | 119.30 | 131.90 | 136.80 | 126.40 | |
| | 胸腺重/mg | 试验组 | 124.10 | 124.90 | 167.90 | 146.50 | 185.80 | 148.90 | 161.10 | 111.30 | 0.39 |
| | | 对照组 | 150.10 | 173.70 | 135.60 | 122.40 | 151.00 | 203.10 | 80.20 | 103.30 | |
| | 脾指数 | 试验组 | 5.01 | 6.42 | 6.14 | 6.01 | 7.32 | 5.35 | 13.55 | 5.04 | 2.32 * |
| | | 对照组 | 4.86 | 5.08 | 5.49 | 4.57 | 3.55 | 4.20 | 4.46 | 3.68 | |
| | 胸腺指数 | 试验组 | 3.64 | 3.52 | 5.32 | 4.49 | 7.24 | 5.31 | 6.18 | 4.67 | 0.36 |
| | | 对照组 | 5.19 | 7.35 | 4.90 | 4.27 | 4.50 | 6.46 | 2.61 | 3.01 | |

表 2 4 种黄芪多糖样品两种指数试验组与对照组的均值之差

Tab 2 Mean difference of Astragalus polysaccharide samples' two index between test groups and control groups

| 指数 | A | B | C | D |
|------|-------|-------|------|------|
| 脾脏指数 | 0.53 | 0.55 | 2.23 | 2.37 |
| 胸腺指数 | -0.76 | -0.76 | 0.13 | 0.26 |

表 3 脾脏重与胸腺重及两种指数间的相关系数

Tab 3 Correlation coefficient among spleen weight, thymus weight and two indexes

| 组别 | 项目 | A | B | C | D |
|-----|-------|---------|---------|----------------------|---------|
| 试验组 | 两器官重间 | 0.6054 | 0.3842 | 0.4475 | 0.3572 |
| | 两指数间 | 0.2310 | 0.1888 | 0.5045 | 0.5034 |
| 对照组 | 两器官重间 | -0.2974 | -0.2053 | -0.6860 | -0.2094 |
| | 两指数间 | -0.3527 | 0.4286 | -0.7704 [*] | 0.4059 |

表 4 4 种黄芪多糖样品试验组间各测定项目的比较结果

Tab 4 Comparison results of test item among the four sample test groups

| 样品 | n | 体重/g | 脾脏重/mg | 胸腺重/mg | 脾指数 | 胸腺指数 |
|----|---|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| A | 8 | 24.41 ^{bb} ±2.56 | 68.01 ^{cb} ±10.08 | 75.91 ^{cc} ±30.82 | 2.78 ^{cb} ±0.23 | 3.06 ^{bb} ±1.06 |
| B | 8 | 28.40 ^{ab} ±3.31 | 144.05 ^{ba} ±22.37 | 114.93 ^{ba} ±19.13 | 5.06 ^{ba} ±0.50 | 4.07 ^{ab} ±0.70 |
| C | 8 | 27.75 ^{ab} ±2.44 | 161.71 ^{ab} ±49.01 | 90.85±30.64 ^{bc} | 5.82±1.59 ^{ab} | 3.33±1.25 ^{bb} |
| D | 8 | 29.66 ^a ±4.33 | 199.93 ^a ±69.80 | 146.31 ^a ±25.15 | 6.86 ^a ±2.81 | 5.05 ^a ±1.25 |

同列肩标字母相同为差异不显著,不同字母为差异显著,小写字母代表 0.05 显著水平,大写字母代表 0.01 显著水平。下表同

表 5 4 种黄芪多糖样品的对照组间各测定项目的比较结果

Tab 5 Comparison results of test item among the four sample control groups

| 样品 | n | 体重/g | 脾脏重/mg | 胸腺重/mg | 脾指数 | 胸腺指数 |
|----|---|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| A | 8 | 26.18 ^{cb} ±0.96 | 58.86 ^{bb} ±2.78 | 99.88 ^a ±23.95 | 2.25 ^{bb} ±0.14 | 3.81 ^{ab} ±0.91 |
| B | 8 | 29.71 ^{bb} ±3.53 | 132.39 ^a ±10.87 | 140.13 ^a ±38.89 | 4.52 ^a ±0.67 | 4.83 ^a ±1.63 |
| C | 8 | 34.02 ^a ±1.49 | 122.78 ^a ±51.97 | 109.38 ^a ±40.99 | 3.60 ^a ±1.47 | 3.21 ^{ba} ±1.15 |
| D | 8 | 29.87 ^{bb} ±3.44 | 132.23 ^a ±10.89 | 139.93 ^a ±38.90 | 4.48 ^a ±0.67 | 4.78 ^a ±1.60 |

试验结果表明,黄芪多糖对脾脏的发育具有促进作用,这一点与闫春贤和高阳的研究结果相一致^[5,8],而对胸腺的促进作用不明显或具有延缓胸腺退化的作用,并且脾脏指数的差值和胸腺指数的差值间存在显著的正相关关系,这说明在进行黄芪多糖生物活性检测时,胸腺指数具有一定的参考价值,具体标准有待进一步研究确定。另外,脾指数可灵敏反映出黄芪多糖的生物活性,而胸腺指数反映不灵敏。试验组样品 B 在体重、胸腺重和胸腺指数方面的良好表现,可能与样品本身的质量及试验

误差有关,4 种样品间存在差异性,这可能与各厂家生产黄芪多糖的工艺不同、黄芪多糖样品的质量差异有关。

对照组间各测定项目上均有差异性,可能是由于试验条件的限制和动物福利要求,减少了试验动物使用数量,在试验动物选择和分组环节未能很好的控制试验误差,对昆明鼠的日龄、性别等因素没有足够重视,再加上昆明鼠本身会存在一定的个体差异,这可能是各对照组间测定项目均有不同程度差异的重要因素。

在实际操作方面,《中国兽药典 2015 版(二部)》提供的检测方法具有可操作性。从解剖的角度来说,脾脏相较于其它脏器更易摘取。此外,本试验运用《中国兽药典 2015 版(二部)》提供的方法对河南省 4 家兽药厂提供的黄芪多糖样品进行生物活性检测,检测出了 2 个生物活性合格样品和 2 个生物活性不合格样品,进一步证实了该方法的可行性。

使用《中国兽药典 2015 版(二部)》提供的方法,对 4 种黄芪多糖样品进行生物活性检测,结果是 2 个样品合格 2 个样品不合格。黄芪多糖有促进昆明鼠脾脏生长发育的作用,或可减缓其胸腺退化的进程。脾重和胸腺重之间、脾指数和胸腺指数之间均存在弱的正相关关系。脾指数能灵敏反映黄芪多糖的生物活性,用脾指数作为黄芪多糖生物活性检测指标是可行的。胸腺指数、脾指数在试验组与对照组的差值之间存在正相关关系,胸腺指数可以作为黄芪多糖生物活性检测的参考指标。

参考文献:

- [1] 李一凡. 探讨黄芪多糖对鸡新城疫抗体效价的影响[J]. 兽医导刊, 2017(16):210.
Li Y F. To explore the effect of Astragalus polysaccharides on the antibody titer of Newcastle disease in chickens[J]. Veterinary Orientation, 2017(16):210.
- [2] Liu Q Y, Yao Y M, Zhang S W, et al. Astragalus polysaccharides regulate T cell-mediated immunity via CD11c (high) CD45RB (low) DCs in vitro[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 136(3):457-64.
- [3] 万思敬. 黄芪多糖稀释液对猪瘟疫苗免疫效果的影响[J]. 中国动物保健, 2017, 19(11):73-74.
Wan S J. Effects of astragalus polysaccharide diluent on the immune efficacy of swine fever vaccine[J]. China Animal Health, 2017, 19(11):73-74.
- [4] 李朝辉, 孙龙, 王健, 等. 枯草芽孢杆菌和黄芪多糖对雏鸡免疫力的影响[J]. 吉林畜牧兽医, 2019, 40(1):5-8.
Li Z H, Sun L, Wang J, et al. Effect of bacillus subtilis and astragalus polysaccharide on chicken immunity[J]. Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2019, 40(1):5-8.
- [5] 闫春贤. 黄芪多糖对仔鸡机体免疫力的影响[J]. 时代报告, 2012, (3):35.
Yan C X. Effect of astragalus polysaccharide on body immunity of chicken[J]. Time Report, 2012, (3):35.
- [6] 徐端红, 贾新彦, 胡梅. 黄芪多糖对断奶羔羊生长性能及免疫力的影响[J]. 中国饲料, 2018(12):56-59.
Xu R H, Jia X Y, Hu M. Effects of astragalus polysaccharides on growth performance and immunity of weaning lambs[J]. China Feed, 2018(12):56-59.
- [7] 宣小龙. 黄芪多糖提高干奶期奶牛乳腺免疫力试验[J]. 草业与畜牧, 2011(2):4-6.
Xuan X L. Effect of astragalus polysaccharide on mammary gland immunity in dairy cows during dry period[J]. Prataculture & Animal Husbandry, 2011(2):4-6.
- [8] 高扬, 王洪芳, 陈辉, 等. 饲料添加黄芪多糖对蛋鸡免疫功能及肠道菌群的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(3):447-451.
Gao Y, Wang H F, Chen H, et al. Effects of dietary astragalus polysaccharides on immune function and intestinal flora in laying hens[J]. ACTA ZOONUTRIMENTA SINICA, 2011, 23(3):447-451.
- [9] 于小川, 赵明晓, 宋玉财, 等. 黄芪多糖在畜禽保健中的应用[J]. 山东畜牧兽医, 2016, 37(9):87-88.
Yu X C, Zhao X M, Song Y C, et al. Application of astragalus polysaccharide in livestock and poultry health[J]. Shandong Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, 2016, 37(9):87-88.
- [10] 侯晓礁, 王海良, 王秀敏, 等. 黄芪多糖粉对妊娠后期母猪生产性能的影响[J]. 饲料研究, 2009(6):36-37.
Hou X Q, Wang H L, Wang X M, et al. Effect of astragalus polysaccharide powder on production performance of sows in late pregnancy[J]. FEED RESEARCH, 2009(6):36-37.
- [11] 许灵波. 黄芪多糖在动物生产中应用的研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2015, 51(3):84-87.
Xu L B. The research progress of astragalus polysaccharide application in animal production[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2015, 51(3):84-87.

(编辑:陈希)