

许巧, 张礼根, 郑敏萍, 等. 植物甾醇对高脂饮食犬血脂水平及抗氧化能力的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (10): 109-113.

XU Q, ZHANG L G, ZHENG M P, et al. Effects of phytosterol supplementation on blood lipid levels and antioxidant capacities in canines fed with high fat diet [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (10): 109-113.

植物甾醇对高脂饮食犬血脂水平及抗氧化能力的影响

许巧¹, 张礼根², 郑敏萍¹, 滑志民^{1*}

(1. 上海农林职业技术学院, 上海 201600;

2. 上海福贝宠物用品股份有限公司, 上海 201607)

摘要: 旨在研究植物甾醇对高脂饮食犬血脂水平及血清抗氧化能力的影响。选取健康、体重相近比格犬 18 只, 随机分为 3 组, 饲喂基础日粮 (对照组)、高脂日粮 (高脂饮食组) 和高脂日粮中添加 1% 植物甾醇的日粮 (植物甾醇组), 试验期为 10 周。结果: 试验过程中, 高脂饮食组犬血清总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG) 和低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 含量均逐渐升高, 并分别于第 2 周、第 6 周和第 2 周后显著高于对照组 ($P < 0.05$), 于第 8 周, TC 和 TG 含量超过犬高血脂症的发病标准; 添加植物甾醇后, 与高脂饮食组相比, 血清 TC、TG 和 LDL-C 含量分别于第 4 周、第 6 周和第 4 周后显著降低 ($P < 0.05$), 与对照组均无显著差异 ($P > 0.05$); 与对照组相比, 高脂饮食显著提高了犬血清丙二醛 (MDA) 含量 ($P < 0.05$), 添加植物甾醇后, MDA 含量显著降低 ($P < 0.05$), 且与对照组无显著差异 ($P > 0.05$)。由此可见, 长期给予犬高脂饮食可引发高血脂症和氧化应激, 植物甾醇可有效改善高脂饮食犬的血脂状况, 并提高机体的抗氧化能力。

关键词: 植物甾醇; 犬; 高脂饮食; 高血脂症

中图分类号: S829.2 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)10-0109-05

Effects of phytosterol supplementation on blood lipid levels and antioxidant capacities in canines fed with high fat diet

XU Qiao¹, ZHANG Ligen², Zheng Minping¹, HUA Zhimin^{1*}

(1. Shanghai Vocational and Technical College of Agriculture and Forestry, Shanghai 201600, China;

2. Shanghai Fubei Pet Products Co., Ltd., Shanghai 201607, China)

Abstract: This study investigated the effects of phytosterol supplementation on blood lipid levels and antioxidant capacities in canines fed with high fat diet. 18 healthy beagles with similar body weight were randomly allocated to 3 treatments, fed with a basal diet (the control group), high fat diet (the high-fat diet group), and high fat diet supplemented with 1% phytosterol (the phytosterol group), respectively. The trial lasted for 10 weeks. The results showed as follows: Compared with the control group, the concentrations of total cholesterol (TC) in serum, triglyceride (TG) and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) of the canines in the high-fat diet group were gradually increased during the trial, significantly higher than in the control group after weeks 2, 6 and 2 ($P < 0.05$), respectively. At week 8, the TC and TG contents exceeded the criteria for the onset of canine hyperlipidemia. Compared with the high-fat diet group, serum TC, TG, and LDL-C levels were significantly lower after weeks 4, 6, and 4 with the supplementation of phytosterol, respectively ($P < 0.05$), and were not significantly different from those in the control group ($P > 0.05$). Compared with the control group, the high-fat diet significantly increased malondialdehyde (MDA) content ($P < 0.05$) in the serum, phytosterol supplementation decreased MDA content in the serum ($P < 0.05$) to the level comparable with that in the control group ($P > 0.05$). In conclusion, canines fed with high-fat diet over a long period of time might cause hyperlipidemia and oxidative stress. Dietary phytosterols supplementation could effectively improve the blood lipid status of canine fed with high-fat diet, and improve the antioxidant capacity of the animals.

Keywords: phytosterols; canine; high fat diet; hyperlipidemia

收稿日期: 2023-09-27; 修回日期: 2024-07-30

基金项目: 上海农林职业技术学院科研课题 (KY2-0000-20-11); 上海农林职业技术学院中青年领军人才计划 (A6-02RS-23-34)

第一作者: 许巧, 女, 硕士, 讲师

* 通信作者: 滑志民, 硕士, 副教授, 主要从事动物营养学研究, E-mail: 14226@shafc.edu.cn.

犬高脂血症是指犬血液中的脂质含量异常升高,主要表现为甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量升高^[1-2]。近年来,因食物营养过剩、运动不足及绝育等原因,导致犬的高脂血症及肥胖症的发病率急剧上升。目前,犬高脂血症已成为一种重要的临床疾病,根据宋璐莎等^[3]的调查显示,犬高脂血症的平均发病年龄为(7.64±3.49)岁,6岁以上的高脂血症患犬占病例总数的67.6%,成为诱发犬动脉粥样硬化和冠心病的头号“凶手”。高脂血症与许多潜在疾病,如糖尿病、脂肪肝、胰腺炎、甲状腺机能减退等的发生密切相关^[4]。TG是犬粮中的主要脂肪组成,因此当犬进食后会发生短暂性的TG浓度增高,但餐后血脂升高是一种正常的生理现象,为消除餐后高血脂的影响,应在犬至少禁食12 h后进行血脂检测^[5]。临床上,犬高脂血症的发病标准为血清TG浓度超过1.7 mmol/L,胆固醇浓度超过7.8 mmol/L^[1]。

许多化学药物可以改善犬高脂血症,如他汀类药物、贝特盐和依折麦布等,但大多较为昂贵,且具有一定副作用^[6]。因此,寻找能预防和治疗高脂血症的替代物成为研究热点。近年来,植物源性提取物因其安全、高效、无残留、无抗药性等优势逐渐引起学者们的关注。随着研究深入,关于植物源性提取物用于治疗高脂血症的研究亦逐渐增多^[7-9],饲料中添加植物提取物可调节高脂血症犬健康的研究也被陆续报道^[10-11]。植物甾醇是存在于植物中的一种天然甾体,在人和动物体(畜禽、大鼠)的研究中发现,植物甾醇能有效降低血液中胆固醇和TG的含量,对心血管疾病等具有良好的防治效果,且表现出极高的安全性^[12-14]。迄今,已开发出多种含有植物甾醇的功能性食品,用于改善血脂异常症状,但将其用于调节犬血脂水平的研究还未见报道。结合植物甾醇的降血脂功能,本研究假设植物甾醇亦可用于改善高脂血症犬的血脂水平。另外,报道显示植物甾醇亦可作动物抗氧化剂使用,能显著降低机体脂质过氧化产物,提高抗氧化酶活性^[15-16]。

本试验以高脂日粮复制犬高脂血症,通过在高脂日粮中添加植物甾醇,检测犬的血脂水平、抗氧化指标等,探究植物甾醇在高脂血症犬饲料中的应用效果,以期能为植物甾醇能够用于生产功能性降脂处方粮或保健品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及分组

选取年龄相近、体重(12.5±2.35) kg的健康成年比格犬18只,由上海农林职业技术学院实训基地

提供。随机分成3组,每组6只,对照组犬饲喂基础日粮,高脂饮食组犬饲喂高脂日粮,植物甾醇组犬饲喂高脂日粮+1%植物甾醇。植物甾醇由南京诺齐生物科技有限公司馈赠,日粮均由上海福贝宠物用品有限公司配制提供,各组日粮组成及营养成分含量如表1所示。根据企业推荐的饲喂量标准,固定犬的每日采食量。预试验1周,正式试验为10周。

所有试验犬饲养于上海农林职业技术学院实训基地,单笼饲养,动物实验室室温(22±5)℃,湿度60%~80%。试验前1周对犬舍、饲养用具及周边环境进行卫生清洁和消毒。

表1 日粮组成及营养成分含量 %

项目	对照组	高脂饮食组	植物甾醇组
原料组成			
鸡肉粉	26.00	26.00	26.00
红薯干	23.20	23.20	23.20
豌豆	15.00	12.00	12.00
木薯淀粉	15.00	11.00	11.00
鸡肝水解液	4.20	4.20	4.20
鸡油	4.00	11.00	11.00
鸡肝水解粉	2.50	2.50	2.50
鱼粉	2.00	2.00	2.00
牛肉骨粉	2.00	2.00	2.00
蛋黄粉	1.00	1.00	1.00
奶酪粉	1.00	1.00	1.00
甜菜粕颗粒	0.55	0.55	0.55
啤酒酵母粉	0.50	0.50	0.50
鱼油	0.50	0.50	0.50
纤维素	0.50	0.50	0.50
丝兰粉	0.05	0.05	0.05
预混料 ¹⁾	2.00	2.00	2.00
植物甾醇	-	-	1.00
营养成分			
粗蛋白	31.12	29.30	28.94
粗脂肪	10.32	18.09	18.11
粗灰分	7.14	6.52	6.45
钙	1.56	1.45	1.43
总磷	1.27	1.14	1.14
水溶性氯化物	0.17	0.14	0.15

注:¹⁾预混料为每千克饲料提供:Fe 200 mg, Mn 30 mg, Cu 16 mg, Zn 110 mg, I 2 mg, Se 0.5 mg, VA 21 000 U, VD₃ 17 000 U, VE 60 U, VK 1 mg, VB₁ 8 mg, VB₂ 10 mg, 泛酸 30 mg, 烟酸 60 mg, 吡哆醇 12 mg, 生物素 0.2 mg, 叶酸 1.2 mg。

1.2 血液样本采集与处理

正式试验开始后,每2周在禁食、禁水12 h后,于早上9:00使用非抗凝血管前肢静脉采血2 mL,静置约30 min后,3 000 r/min离心10 min,吸取上层血清于离心管中,-20℃保存待测。

1.3 相关指标测定

1.3.1 血清脂代谢指标检测

采用试剂盒测定血清中TC、TG、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和LDL-C的含量,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.3.2 血清抗氧化指标检测

血清中总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性和丙二醛(MDA)含量均使用试剂盒测定,所用试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

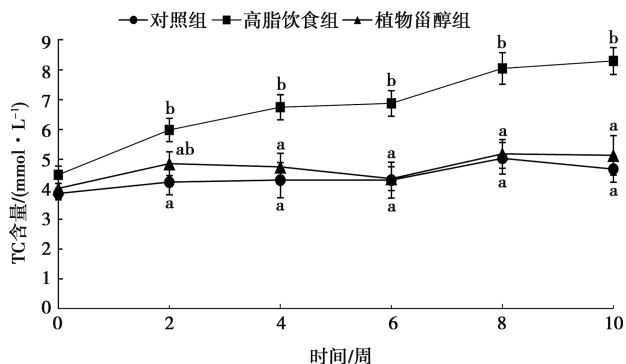
1.4 数据统计和分析

试验数据经Excel 2017初步整理,采用SPSS 21.0软件进行单因素方差(One-way ANOVA)分析进行显著性检验,用Duncan's法进行多重比较,以 $P<0.05$ 为显著水平,数据以“平均数±标准误”表示。

2 结果

2.1 植物甾醇对高脂饮食犬血清TC含量的影响

由图1所示,随着饲喂时间的延长,高脂饮食组犬血清TC含量逐渐升高,于第8周时超过7.8 mmol/L;试验开始2周后,高脂饮食组犬血清TC含量均显著高于对照组($P<0.05$);植物甾醇组犬血清TC含量在饮食前2周有上升趋势,但自第4周后,TC含量与对照组无显著差异($P>0.05$),而显著低于高脂饮食组($P<0.05$)。



注:同时间比较,不同字母表示差异显著($P<0.05$),无字母或相同字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同。

图1 植物甾醇对高脂饮食犬血清TC含量的影响

2.2 植物甾醇对高脂饮食犬血清TG含量的影响

如图2所示,整个试验期高脂饮食组犬血清TG含量逐渐升高,于第8周时超过1.7 mmol/L;试验开始6周后,高脂饮食组犬血清TG含量均显著高于对照组($P<0.05$);整个试验过程中,植物甾醇组犬血清TG含量与对照组无显著差异($P>0.05$),在试验6周后,显著低于高脂饮食组($P<0.05$)。

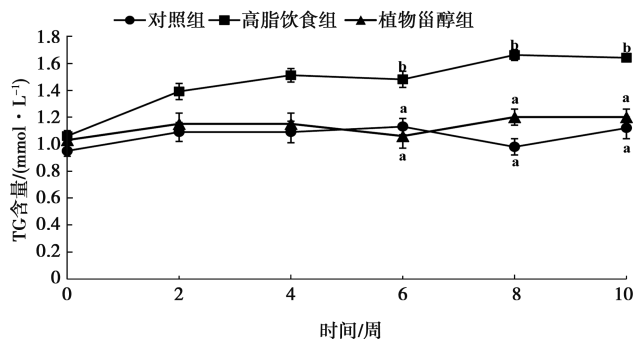


图2 植物甾醇对高脂饮食犬血清TG含量的影响

2.3 植物甾醇对高脂饮食犬血清HDL-C含量的影响

如图3所示,整个试验过程中,各组犬血清HDL-C含量基本维持在同一水平,各组间无显著差异($P>0.05$)。

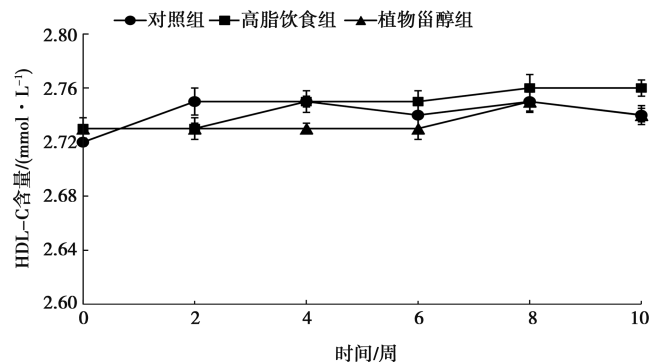


图3 植物甾醇对高脂饮食犬血清HDL-C含量的影响

2.4 植物甾醇对高脂饮食犬血清LDL-C含量的影响

由图4所示,整个试验期高脂饮食组犬血清LDL-C含量逐渐升高,试验开始2周后,高脂饮食组犬血清LDL-C含量显著高于对照组($P<0.05$);植物甾醇组犬血清LDL-C含量在饮食前2周有上升趋势,但自第4周后,LDL-C含量与对照组无显著

差异 ($P > 0.05$), 而显著低于高脂饮食组 ($P < 0.05$)。

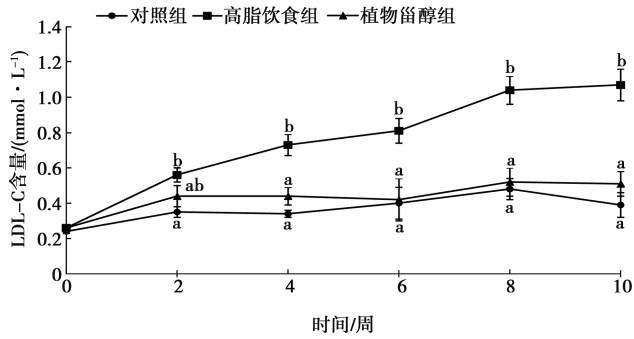


图4 植物甾醇对高脂饮食犬血清 LDL-C 含量的影响

2.5 植物甾醇对高脂饮食犬血清抗氧化能力的影响

如表2所示, 试验前, 各组犬血清 MDA 含量和 T-SOD 活性均无显著差异 ($P > 0.05$); 试验结束后, 高脂饮食组犬血清 MDA 含量显著高于对照组和植物甾醇组 ($P < 0.05$), 植物甾醇组与对照组无显著差异 ($P > 0.05$)。

表2 植物甾醇对高脂饮食犬血清抗氧化能力的影响

项目	对照组	高脂饮食组	植物甾醇组
MDA/ (nmol · mL ⁻¹)			
试验前	9.29±0.52	9.57±0.36	9.91±0.38
试验后	7.22±0.84 ^a	12.25±0.97 ^b	7.32±0.90 ^a
T-SOD/ (U · mL ⁻¹)			
试验前	33.15±0.42	32.41±0.69	32.16±0.85
试验后	32.85±0.42	32.00±0.98	32.28±0.61

注: 同行比较, 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 无字母或相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

大量研究已证实, 动物长期高脂饮食可引起血清 TC、TG 和 LDL-C 含量明显升高^[9-10], 这与本试验研究结果一致。犬高脂血症的判定标准为: 血清 TC 含量超过 7.8 mmol/L, TG 含量超过 1.7 mmol/L。本试验中, 饲喂高脂日粮 8 周后 TC 和 TG 含量超过该标准, 表明高脂饮食 8 周可成功诱导犬高脂血症模型, 而李玉等^[1]的研究结果显示, 高脂饮食 6 周便成功诱导犬高脂血症模型, 出现这种差异可能与日粮中脂肪的含量有关。目前, 市场中存在部分犬粮粗脂肪含量与本试验高脂饮食组相当, 但多为全期犬粮、幼年期犬粮或工作犬犬粮等。《2020 年中国宠物行业白皮书》显示, 肥胖已成为犬猫首要的健康问题, 虽然试验犬的生活环境及运动量与宠物犬具有较大差

异, 但日益凸显的犬猫肥胖问题或许也与日粮过高的脂肪含量相关。

日粮中添加植物甾醇可改善肉鸡^[17]、肉鸭^[18]、猪^[19]、奶牛^[20]的血脂状况, 主要表现为降低血液 TC、TG、LDL-C 含量, 提高 HDL-C 含量。韩嘉宁等^[21]发现, 植物甾醇可显著减低高脂血症人群 LDL-C 含量。丁程程等^[22]报道, 在高脂饮食小鼠日粮中添加植物甾醇可有效降低血清 TC 和 LDL-C 含量, 增加 HDL-C 水平。张泽生等^[23]研究结果显示, 植物甾醇可使高脂饮食大鼠血液 TC 和 TG 含量显著降低, HDL-C 含量显著提高。本试验研究发现, 日粮中添加一定量的植物甾醇可使高脂饮食犬血液中 TC、TG、LDL-C 含量显著下降, 这与以上学者的研究结果一致, 表明植物甾醇可用于调节高脂血症犬的血脂水平。目前, 有关植物甾醇降血脂机制的研究较多, 主要有抑制肠道胆固醇的吸收, 影响胆固醇合成、分泌和运输等, 但尚无准确定论^[24]。本研究主要从犬的血清生化指标分析了植物甾醇的降血脂功效, 其机制原理还有待进一步深入研究。

T-SOD 是机体清除自由基的抗氧化酶, 可保护机体免受氧化损伤; MDA 是机体氧化反应的产物, 其含量可间接反映机体脂质过氧化程度。黄志毅等^[16]和邹胜龙等^[25]研究发现, 植物甾醇可提高血清 T-SOD 活性, 降低 MDA 含量, 提高机体抗氧化能力。本试验中, 高脂饮食导致比格犬血清 MDA 显著升高, 添加植物甾醇后, MDA 含量显著降低, 表明植物甾醇可一定程度改善机体脂质过氧化状态, 缓解高脂饮食对犬造成的氧化损伤。

4 结论

长期高脂饮食可引起比格犬体内血脂水平升高, 诱发高脂血症, 并对机体产生氧化损伤; 添加 1% 植物甾醇可有效改善高脂饮食犬的血脂代谢异常, 并缓解机体的氧化损伤。

参考文献:

- [1] 李玉, 陶焕青, 何坤, 等. 高脂饮食对犬生化指标及血液流变学的影响 [J]. 中国兽医学报, 2018, 38 (7): 1412-1415.
- [2] 杨宇国. 犬高脂血症的发生和诊治 [J]. 现代畜牧科技, 2016 (3): 123.
- [3] 宋璐莎, 何玉英, 杨永辉, 等. 108 例犬高脂血症回顾性调查 [J]. 中国兽医杂志, 2013, 49 (4): 2.
- [4] KARAM I, MA N, LIU X W, et al. Short review on hyperlipidemia [J]. J Blood Transfusions Dis, 2019, 2 (2): 86-88.
- [5] XENOULIS P G, STEINER J M. Lipid metabolism and hyperlipidemia in dogs [J]. Vet J, 2010, 183 (1): 12-21.
- [6] KARAM I, MA N, LIU X W, et al. Lowering effects of aspirin euge-

- nol ester on blood lipids in rats with high fat diet [J]. *Lipids Health Dis*, 2016, 15: 1-5.
- [7] 谢琳琳, 迟晓星, 董佳萍, 等. 荞麦槲皮素对高脂饮食大鼠脂代谢及脂肪因子的调节作用 [J]. *现代食品科技*, 2023, 39 (5): 1-7.
- [8] 刁婷婷. 山楂叶总黄酮对高血脂的调节作用 [D]. 咸宁: 湖北科技学院, 2019.
- [9] 刘希鹏, 孙娟, 赵安达, 等. 岩藻多糖对高脂饮食诱导小鼠肥胖和血脂代谢紊乱的预防作用研究 [J]. *中国食物与营养*, 2024, 30 (6): 56-60.
- [10] 梁婷. 绿茶和茶多酚对高脂犬血脂、抗氧化、抗炎与免疫指标的影响 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- [11] 徐怡钟. 绿茶多酚干预犬高脂血症的初步研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- [12] 卢婧霞, 郑祖国, 徐志猛, 等. 植物甾醇降血脂机制研究进展 [J]. *中国中药杂志*, 2019, 44 (21): 4552-4559.
- [13] 文静, 陈海伟, 袁鸣, 等. 植物甾醇的生物学功能和在动物生产中的应用 [J]. *现代畜牧科技*, 2023 (2): 60-62.
- [14] 彭建, 陈刘浦, 贝亦江, 等. 植物甾醇的生理功能及在动物生产中的应用 [J]. *饲料研究*, 2021, 44 (5): 152-154.
- [15] CHENG Y F, CHEN Y P, LI J, et al. Dietary β -sitosterol regulates serum lipid level and improves intestinal immune function, antioxidant status, and morphology in broilers [J]. *Poult Sci*, 2020, 99 (3): 1400-1408.
- [16] 黄志毅, 李志华, 孙凤刚, 等. 植物甾醇对817肉鸡生长性能和抗氧化能力的影响 [J]. *家禽科学*, 2019 (12): 7-9.
- [17] 黄志毅, 李志华, 龚红, 等. 植物甾醇对清远麻鸡生长性能及血清生化指标的影响 [J]. *广东饲料*, 2019, 28 (12): 26-29.
- [18] 顾莞婷, 王恬, 沈益新, 等. 植物甾醇对肉鸭胆固醇代谢和抗氧化性能的影响 [J]. *畜牧与兽医*, 2008 (1): 13-17.
- [19] 卓锐文, 陈罡, 杨凯丽, 等. 饲料中添加酯化植物甾醇对断奶仔猪生长性能、养分表观消化率、血清生化指标、回肠消化酶活性及肠道免疫指标的影响 [J]. *动物营养学报*, 2022, 34 (7): 4237-4248.
- [20] 谢颖, 金志红, 朱靖, 等. 植物甾醇对奶牛生产性能、血液胆固醇和抗氧化能力的影响 [J]. *中国奶牛*, 2020 (2): 12-18.
- [21] 韩嘉宁, 邓宇虹, 熊龙根, 等. 植物甾醇对我国南方高血脂人群的临床降脂效果 [J]. *海南医学*, 2016, 27 (8): 1222-1225.
- [22] 丁程程, 李文芳, 陈萌, 等. 植物甾醇酯对高脂膳食大鼠脂代谢影响及其机制研究 [J]. *中国油脂*, 2017, 42 (6): 71-76.
- [23] 张泽生, 侯冬梅, 贺伟, 等. 植物甾醇对高脂膳食大鼠血脂水平的影响 [J]. *食品科学*, 2011, 32 (11): 306-309.
- [24] 王恬. 植物甾醇的性质、功能及其在动物生产上的应用 [J]. *饲料工业*, 2018, 39 (20): 1-10.
- [25] 邹胜龙, 黄志毅, 龚红, 等. 植物甾醇对快大黄鸡生长性能、屠宰性能、血清生化指标及抗氧化指标的影响 [J]. *广东饲料*, 2020, 29 (6): 21-25.