

地顶孢霉培养物 在奶牛生产中的应用

付瑶¹ 王俊¹ 齐志国¹ 李晓祥² 路永强¹ 郭江鹏¹ 徐自奥²

1. 北京市畜牧总站, 北京 100107

2. 合肥迈可罗生物工程有限公司, 安徽合肥 230088

摘要 地顶孢霉培养物是国内首个虫草源真菌饲料添加剂, 属于一种新型绿色饲料添加剂。它由采自大别山区的古尼虫草上分离的地顶孢霉(*Acremonium terricola*), 利用天然培养基, 经过液固双相发酵等先进工艺加工而成。其含有的虫草酸、虫草素、虫草多糖等多种活性物质, 对奶牛具有促生长、增强抗氧化性、提高免疫功能等多重作用, 且正常剂量下无毒副作用。研究从地顶孢霉培养物的主要活性成分及生物学功能、地顶孢霉培养物在奶牛生产中的应用两个方面做以综述, 以更好地指导奶牛生产实践。

关键词 地顶孢霉培养物; 奶牛

中图分类号: S 816.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-2813 (2018) 03-0015-05

DOI 编号: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2018.03.004

随着我国生态文明建设的大力推进, 各行各业对环保问题日益重视, 绿色发展的理念逐渐深入人心。畜牧业作为我国第三大污染行业, 其污染问题引起社会各界的高度重视。近年来, 国务院、农业部及地方领导部门相继出台一系列政策, 以促进畜牧业绿色、安全和可持续发展。

在奶牛养殖环节, 粪便中氮、磷的残留, 以及终产物牛奶和牛肉中药物的残留是引起环境污染和造成食品安全问题的重要因素, 饲料因素是此类问题出现的重要环节。随着国家环保和食品质量安全政策的收紧, 寻找抗生素替代物已成为当前动物营养界研究的热点之一, 绿色饲料添加剂更是以其“天然、绿色、无污染和无残留”的特性引起广泛关注。虫草类饲料添加剂属于绿色添加剂。一般来说, 制备虫草类添加剂的虫草类型主要有蛹虫草、古尼虫草和虫草分离菌的菌丝体等^[1]。我们所说的

地顶孢霉培养物, 其前身是古尼虫草上分离得到的地顶孢霉真菌, 古尼虫草是寄生于土中的蝙蝠蛾科昆虫幼虫复合体^[2], 但购买价格高昂, 如果应用于动物生产, 会大大增加饲料成本。为在发挥其优势功能的基础上降低成本, 近年来的研究发现用地顶孢霉人工培养物替代天然古尼虫草作为饲料添加剂应用于奶牛, 对其生产有一定的积极作用。

1 地顶孢霉培养物主要活性成分及生物学功能

地顶孢霉培养物是由古尼虫草提取的地顶孢霉菌 SDAY 培养基斜面培养后, 经察氏培养液体扩大培养和固体发酵室培养得到灭活的真菌饲料添加剂^[3], 主要功能性活性成分为虫草酸、虫草素和虫草多糖等, 与天然古尼虫草相比, 功能性成分相似且成本低, 如果制成产品销售, 其每公斤的销售价格比天然古尼草低 99.67%, 故可作为替代物质使用。

1.1 虫草酸

虫草酸, 即 D-甘露醇, 是虫草类真菌中的主要有效成分之一。研究人员从虫草类真菌中分离出甘露醇单体, 并通过物理和化学反应鉴定其结构为 D-甘

收稿日期: 2018-3-7

第一作者: 付瑶, 硕士, 研究方向为反刍动物营养。

通信作者: 路永强, 硕士, 研究员, 研究方向为畜牧技术研究与推广。

露醇，结构式如图 1。研究表明，虫草酸具有利尿脱水、提高血浆渗透压、镇喘祛痰、抗自由基、抑菌及抑制病毒等药理作用^[4]，并且对癌症、脑血栓、心肌梗死和肾功能衰退等多种疾病有一定的疗效^[5]。

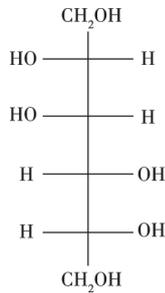


图 1 虫草酸结构式

1.2 虫草素

虫草素属于腺苷类活性物质，结构为 3-脱氧腺苷，结构式如图 2 所示^[6]。它是第 1 个由真菌中分离得到的核苷类抗菌素，由 Cunningham K G 等^[7]最先从蛹虫草的培养滤液中分离得到，后来研究发现虫草属的其它种中也含有虫草素。虫草素具有广谱的抗菌活性，研究表明：它具有抑制肿瘤、抗病毒、免疫调节和抑制 mRNA 翻译的作用^[8-11]。对高血脂、白血病等疾病有一定的治疗作用^[4,12]。

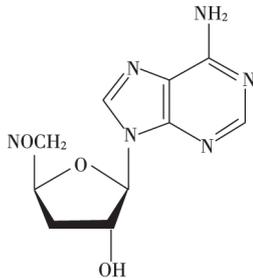


图 2 虫草素结构式

1.3 虫草多糖

虫草多糖属于高分子复合物，其中，由半乳糖和甘露糖构成的半乳甘露聚糖在虫草多糖中占相当大的比例，是虫草中含量最高的药理活性物质，具有增强免疫力、抗肿瘤等作用^[4]。虫草多糖对免疫器官具有积极作用。研究表明，虫草多糖可以增加脾脏和胸腺等主要免疫器官的重量或者是延缓由于药物使用而引起的重量减轻^[13]，对免疫细胞具有保护作用。还有学者认为，虫草多糖能够活化 NK 细胞、T 细

胞以及单核巨噬细胞等特异性或者非特异性淋巴细胞，通过保护免疫细胞发挥对机体的免疫保护作用^[14-15]，对肿瘤细胞具有免疫作用。同时，虫草多糖可以通过刺激细胞因子产生和激活免疫细胞，进而抑制 S₁₈₀ 肿瘤生长，提高对 S₁₈₀ 细胞的抑制率^[16]。

2 地顶孢霉培养物在奶牛生产上的应用

2.1 地顶孢霉培养物对奶牛血液指标的影响

奶牛的血清生化指标中，血清中脂肪代谢产物和葡萄糖 (GLU) 浓度的检测对预防奶牛疾病的发生有重大意义。脂肪代谢产物中，三酰甘油 (TG) 是反映机体脂肪消化吸收情况的直接指标^[21]。血清 β -羟基丁酸 (BHBA) 和非酯化脂肪酸 (NEFA) 是衡量奶牛能量状况的重要指标^[3]，能够反映动物体的能量负平衡状态^[18]。其中，BHBA 是酮病诊断的重要指标，NEFA 是 TG 的重要分解产物。研究表明，添加地顶孢霉培养物 (10 ~ 30 g · 头 · d⁻¹) 能够降低 BHBA 和 NEFA 浓度，余伯成等^[20]发现虫草多糖能够维持 TG 较低水平，预防肝和心血管疾病，因而地顶孢霉培养物对预防肝和心血管疾病也有一定作用。GLU 是动物体能量的重要来源，在维持奶牛各组织器官的生理功能方面能够发挥积极作用^[17]。研究表明，添加地顶孢霉培养物 (10 ~ 30 g · 头 · d⁻¹) 能够提高血清 GLU 浓度，血清中 GLU 浓度与 BHBA 和 NEFA 呈负相关，这与迟景波^[19]的研究结果一致。同时，GLU 浓度增加证明地顶孢霉培养物可以促进奶牛体内糖代谢，这与李洋等^[22]在小鼠上得到的试验结果相同。

蛋白质代谢产物中，白蛋白 (ALB) 与球蛋白 (GLB) 之和为总蛋白 (TP)，ALB 在转运营营养物质及为机体提供蛋白质方面发挥重要作用^[23]，GLB 作为奶牛血液中的抗体，反映了奶牛的抗病能力^[24]。王一臻^[25]研究发现添加地顶孢霉培养物 (10 ~ 30 g · 头 · d⁻¹) 可以增加 ALB 和 GLB 的含量，表明添加地顶孢霉培养物可以提高奶牛的免疫力。

血清酶类中，谷丙转氨酶 (ALT)、谷草转氨酶 (AST) 与肝病相关，是机体主要的转氨酶，可以体现肝细胞的损伤程度^[26]。研究表明，使用地顶孢霉培养物能够引起 ALT 含量显著下降，对 AST 含量没有显著影响。可见，使用地顶孢霉培养物对肝

脏组织没有负面影响。

血清中超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH - Px)以及总抗氧化能力(T - AOC)能够体现机体的抗氧化能力。其中, SOD 和 GSH - Px 参与维持氧化与抗氧化过程, 同时对修复氧化应激损伤有积极作用, T - AOC 能够体现血液中氧化与抗氧化的动态平衡。王一臻^[25]的研究发现在围产期奶牛饲料中添加 $30 \text{ g} \cdot \text{头} \cdot \text{d}^{-1}$ 地顶孢霉培养物可以显著提高血清中 SOD、GSH - Px 活性及 T - AOC, 这与地顶孢霉培养物所含的活性成分具有的潜在的抗氧化和抗脂质氧化活性有关^[27]。

2.2 地顶孢霉培养物对奶牛瘤胃发酵和瘤胃微生物的影响

瘤胃液 pH 值、氨态氮浓度和 VFA 浓度是判断奶牛瘤胃发酵情况的重要参考数据。瘤胃液 pH 值受瘤胃内容物中 VFA 与唾液缓冲盐的反应、瘤胃上皮吸收 VFA 的能力和瘤胃内容物外流等因素共同影响^[28], pH 值降低可以增强瘤胃上皮细胞的吸收能力, 对瘤胃的发酵产生正向作用^[29]。氨态氮浓度可以反映饲料营养成分中蛋白质、多肽、氨基酸和尿素等分解代谢情况, 同时瘤胃微生物蛋白质主要来自于氨态氮^[30]。VFA 是碳水化合物分解的终产物, 也是反刍动物维持和生的主要养分和能量来源, 可为反刍动物供给总能量的 70% ~ 80%^[31]。其中, 乙酸为乳脂合成作出主要贡献, 丙酸为葡萄糖合成作出主要贡献, 两者均可以反映瘤胃的发酵模式。体内试验和体外发酵试验等研究均表明, 在日粮中添加 $10 \sim 30 \text{ g} \cdot \text{头} \cdot \text{d}^{-1}$ 地顶孢霉培养物, 可以使瘤胃液 pH 值显著降低, 且在正常范围内, 氨态氮浓度、总挥发性脂肪酸、乙酸和丙酸浓度显著提高^[3 25 32]。同时, 体外发酵研究表明, 添加地顶孢霉培养物可以使甲烷产量显著降低。这些结果与 Yeo J M 等^[33]的研究结果一致, 均认为在体外发酵条件下, 与地顶孢霉培养物具有相同活性成分的蛹虫草菌丝可降低瘤胃液 pH 值和甲烷产量, 并提高挥发性脂肪酸产量。同时, Wu W C 等^[34]认为地顶孢霉培养物中的蛋白质、氨基酸等功能性成分可以提高微生物利用蛋白的能力, 促进蛋白质转化为氨态氮, 进而提高氨态氮的浓度。由此可见, 地顶

孢霉培养物为饲料在瘤胃内的降解创造了良好的条件, 对保持奶牛瘤胃内环境及代谢的稳定性具有积极的作用。

瘤胃微生物是特定的微生物群落, 它定植在奶牛瘤胃中, 能够帮助消化纤维素等大分子有机物、产生菌体蛋白并提高消化率^[35]。瘤胃中的纤维分解菌在帮助反刍动物消化纤维性饲料方面发挥了重要作用, 我们可以通过保持纤维分解菌的活性提高反刍动物对粗饲料的消化率和利用率^[36]。研究表明, 日粮中添加 $30 \text{ g} \cdot \text{头}/\text{天}$ 地顶孢霉培养物可以显著提高瘤胃中黄色瘤胃球菌和白色瘤胃球菌两种纤维分解菌的相对含量^[37], 显著降低产琥珀酸丝状杆菌的相对含量, 在一定程度上说明地顶孢霉培养物对纤维分解菌数量变化起调控作用。瘤胃中的淀粉分解菌在帮助反刍动物消化淀粉方面发挥了重要作用, 它在瘤胃中的主要发酵产物为丙酸^[36]。普雷沃氏菌是主要的淀粉分解菌, 为瘤胃的优势菌群^[38], 研究显示, 每头牛每天饲喂 30 g 地顶孢霉培养物可以显著提高瘤胃中普雷沃氏菌的相对含量^[37], 这表明地顶孢霉培养物的使用提高了奶牛对饲料中淀粉的分解能力。原虫能够利用纤维素酶将饲料纤维消化降解, 并产生挥发性脂肪酸^[39]。同时, 原虫参与蛋白质降解过程, 具有较强的降解不溶性蛋白质的能力^[40], 李洋等^[37]认为添加地顶孢霉培养物可以显著增加瘤胃中原虫的数量, 提高对蛋白质的降解能力。可见, 地顶孢霉培养物能够对瘤胃微生物产生积极作用, 但其对不同种类微生物发挥作用的机制仍需继续探究。

2.3 地顶孢霉培养物对牛乳的影响

牛乳中的风味因子、维生素等影响牛奶的品质, 随着人们对高质量乳制品需求的不断增加, 牛奶的营养、风味和安全显得尤为重要。在对牛乳营养成分的影响上, 添加 $30 \text{ g} \cdot \text{头} \cdot \text{d}^{-1}$ 地顶孢霉培养物可以明显提高牛乳中维生素 A、D、E 的含量, 总氨基酸以及天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸这四种风味氨基酸的含量也有所提高^[41]; 在对牛乳体细胞数的影响上, 李洋等^[42]的研究表明, 添加地顶孢霉培养物可以显著降低牛乳中的体细胞数, $30 \text{ g} \cdot \text{头} \cdot \text{d}^{-1}$ 为最适添加量, 并认为体细胞数

的降低与地顶孢霉培养物中的功能性成分具有的抗氧化性有关。前人的研究表明,抗氧化剂的摄入能够提高 GSH - Px 活性和 T - AOC,从而使牛乳中体细胞数降低^[43],这在一定程度上可以解释地顶孢霉培养物中功能性成分使牛乳体细胞数降低的原因。在对牛乳风味的影响上,刘辉放等^[41]的研究表明,在饲料中添加 30 g/头·天地顶孢霉培养物后,牛乳中风味物质的种类和数量有相应的提高,主要为麦芽酚系列、呋喃系列和棕榈酸系列衍生物。

3 小结

在质量兴农和绿色兴农作为乡村振兴战略重要举措的背景下,奶业作为我国农业发展的重要组成部分,也一直坚持质量和绿色发展并重的原则。研究所综述的虫草源真菌饲料添加剂——地顶孢霉培养物符合我国奶业发展现阶段环保要求,其含有的虫草酸、虫草素和虫草多糖等功能性成分在保持奶牛健康、提高其抗氧化性和免疫力,以及改善牛乳品质等方面发挥着积极作用,可以作为一种新型饲料添加剂应用于奶牛生产,具有广阔的应用前景。但对于地顶孢霉培养物应用于奶牛生产的研究大多仅限于特定地域或条件,缺少更大范围的数据支撑试验结果。同时,对于地顶孢霉培养物的使用仍处于起步阶段,对其活性成分发挥的具体的作用机理研究还不够深入,也缺乏地顶孢霉培养物使用的推荐标准。因而,继续提高生产试验的权威性、加强作用机理研究的深入性、建立标准体系的迫切性是未来地顶孢霉培养物大范围推广的突破点。

参考文献

- [1]李洋,窦秀静,王一臻,等. 虫草饲料添加剂对畜禽生产性能和免疫调节的影响以及其应用前景 [J]. 中国畜牧杂志 2016,52(3): 67 - 70.
- [2]中华人民共和国. 中华人民共和国药典 1963 年版一部 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1964.
- [3]张永根,王一臻,李洋,等. 地顶孢霉培养物对奶牛瘤胃发酵、微生物区系及血液生化指标影响 [J]. 东北农业大学学报, 2016, 7(8): 60 - 66.
- [4]夏春雨,孙巍,刘学铭. 虫草有效成分的研究进展 [J]. 中国食用菌, 2009, 28(2): 3 - 7.
- [5]蔡仲军,尹定华. 水提取法测定冬虫夏草甘露醇含量 [J]. 重庆教育学院学报, 2002, 15(6): 42 - 44.
- [6]刘东泽,陈伟,高新华. 虫草菌素(3 - 2 脱氧腺苷)研究进展 [J]. 上海农业学报, 2004, 20(2): 89 - 93.
- [7]CUNNINGHAM K G, CORDYCEPIN. A metabolic product from cultures of Cordyceps militaris(Linn) Link. Part I. isolation and characterization [J]. J Chem Soc, 1951(2): 2 299 - 2 302.
- [8]HE W, ZHANG M, YE J, et al. Cordycepin induces apoptosis by enhancing JNK and p38 kinase activity and increasing the protein expression of Bcl - 2 pro - apoptotic molecules [J]. J Zhejiang Univ - Sci B (Biomed & Biotechnol), 2010, 11(9): 654 - 660.
- [9]XU F L, LEE Y L, TSAI W Y, et al. Effect of cordycepin on Hantaan virus 76 - 118 infection of primary human embryonic pulmonary fibroblasts—characterization of apoptotic effects [J]. Acta Virol, 2004, 49(3): 183 - 193.
- [10]LEE Y, NOH E, JEONG E, et al. Cordycepin inhibits UVB - induced matrix metalloproteinase expression by suppressing NF - Kb pathway in human dermal fibroblasts [J]. Exp Mol Med, 2009, 41(8): 548 - 554.
- [11]NOH E, JUNG S H, HAN J, et al. Cordycepin inhibits TPA - induced matrix metalloproteinase - 9 expression by suppressing the MAPK/AP - 1 pathway in MCF - 7 human breast cancer cells [J]. Int J Mol Med, 2010, 25(2): 255 - 260.
- [12]GUO P, KAI Q, CAO J, et al. Cordycepin prevents hyperlipidemia in hamsters fed a high - fat diet via activation of AMP - activated protein kinase [J]. J Pharmacol Sci, 2010, 113(4): 395 - 403.
- [13]俞丽霞,张冰冰,阮叶萍,等. 虫草多糖不同组分的免疫活性研究 [J]. 浙江中医学院学报, 2004, 28(1): 49 - 50.
- [14]刘杰麟,费樱. 戴氏虫草和粉被虫草多糖对巨噬细胞等活性的影响 [J]. 免疫学杂志, 2001, 17(3): 189 - 191.

- [15] 沈敏, 黄少翠, 邱德凯. 虫草多糖及脂质体包埋虫草多糖对大鼠淋巴细胞表面分子的影响 [J]. 上海免疫学杂志, 1991, 11(4): 200 - 204.
- [16] 臧其中, 何光星, 郑振源, 等. 虫草多糖的药理作用 [J]. 中草药, 1985(16): 306 - 311.
- [17] 李天星. 现代临床免疫学检验 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [18] 李国鹏. 围产期奶牛低血糖症、高酮血症、亚临床低钙血症血液生化指标的检测 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2007: 24 - 26.
- [19] 迟景波. 围产期酮病、脂肪肝奶牛血液生化指标的研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [20] 余伯成, 唐亮, 茅孝先, 等. 虫草多糖药理学研究进展 [J]. 世界科学技术: 中医药现代化, 2011, 13(3): 585 - 590.
- [21] CHELIKANI P K, AMBROSE D J, KEISLER D H, et al. Effects of dietary energy and protein density on plasma concentrations of leptin and metabolic hormones in dairy heifers. *J Dairy Sci*, 2009, 92(4): 1 430 - 1 441.
- [22] 李洋, 林聪, 许文斌, 等. 地顶孢霉培养物对大鼠生长性能、血清与肝脏抗氧化及免疫指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2016, 28(8): 2 657 - 2 666.
- [23] STANLEY C C, WILLIAMS C C, JENNY B F, et al. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves. *J Dairy Sci*, 2002, 85(9): 2 335 - 2 343.
- [24] BORG B S, LIBAL G M, WAHLSTROM R C, et al. Tryptophan and threonine requirements of young pigs and their effects on serum calcium, phosphorus and zinc concentrations. *J Anim Sci*, 1987, 64(4): 1 070 - 1 078.
- [25] 王一臻. 地顶孢霉培养物对奶牛瘤胃发酵及围产期奶牛的影响 [C]. 黑龙江: 东北农业大学, 2017.
- [26] 李洋, 潘春方, 李春雷, 等. 不同比例的湿玉米纤维饲料对奶牛瘤胃发酵特性和血液生化指标的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(1): 44 - 48.
- [27] YA MA GU CHI Y, KAGOTA S, NAKAMURA K, et al. Antioxidant activity of the extracts from fruiting bodies of cultured *Cordyceps sinensis* [J]. *Phytotherapy Research*, 2000, 14(8): 647 - 649.
- [28] 曹志军, 李胜利. 奶牛日粮有效纤维的研究进展 [J]. 中国奶牛, 2010(1): 19 - 23.
- [29] BALDWIN R L, V I AND C R MCLEOD. Effects of diet forage - to concentrate ratio and metabolizable energy intake on isolated rumen epithelial cell substrate metabolism in vitro. *Journal of Anim Sci*, 2000(78): 771 - 783.
- [30] 沈美英, 孙海洲, 卢德勋, 等. 日粮内不同粗饲料品质对绵羊瘤胃微生物区系的影响 [C]. 动物营养与饲料研究—第五届全国饲料营养学术研讨会论文集, 2006.
- [31] BERGMAN E N. Glucose - metabolism in Ruminants as Related to Hypoglycemia and Ketosis [J]. *Cornell Veterinarian*. 1973, 63(3): 341 - 382.
- [32] 李洋, 窦秀静, 张立阳, 张永根. 地顶孢霉培养物对奶牛体外发酵的影响 [C]. 第十一届(2016)中国牛业发展大会论文集, 2016.
- [33] YEO J M, LEE S J, SHIN S H, et al. Effects of cordyceps militaris mycelia on fibrolytic enzyme activities and microbial populations in vitro [J]. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2011, 24(24): 364 - 368.
- [34] WU W C, HSIAO J R, LIAN Y Y, et al. The apoptotic effect of cordy - cepin on human OEC - M1 oral cancer cell line [J]. *Cancer Chemotherapy & Pharmacology*, 2007, 60(1): 103 - 111.
- [35] 刘丹丹, 迟文峰, 张永根. 影响瘤胃微生物种群建立及其数量的因素 [J]. 饲料博览, 2007(5): 19 - 21.
- [36] 赵广永. 反刍动物营养 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2012: 3 - 17.
- [37] 李洋, 张幸怡, 张广宁, 等. 地顶孢霉培养物对奶牛粗饲料瘤胃降解参数和微生物区系的影响 [J]. 动物营养学报, 2016, 28(10): 3 238 - 3 247.
- [38] JAMI E, MIZRAHI. Composition and similarity of bovine rumen microbiota across individual animals. *Plos one*, 2012, 7(3): e33306. (下转第 23 页)

Px 活性,降低血清 MDA 含量,提高肉仔鸡的整体免疫功能和抗氧化功能。

参考文献

[1]宋晓勇,刘强,杨磊,等. 蒲公英多糖提取工艺及其抗菌活性研究 [J]. 中国药房,2010,21(47):4453-4455.
 [2]孙继梅,郑伟,周秀珍,等. 蒲公英体外抑菌活性的研究 [J]. 中国误诊学杂志,2009,9(11):2542-2543.
 [3]王利. 单味蒲公英抗炎作用实验研究 [J]. 中兽医医药杂志,2007(4):27-28.
 [4]侯京玲,周霄楠,冯沙沙,等. 蒲公英不同提取物抗炎效果研究 [J]. 中国兽医杂志,2017,53(3):64-66.
 [5]MOSMANN T. Rapid colorimetric assay for cellular-growth and cytotoxicity assays [J]. Journal of Immunology Methods,1983(65):55-63.
 [6]杨锐,李金良,李旭廷,等. 蒲公英粗多糖对断奶至3月龄生长肉兔生长性能及免疫功能的影响 [J]. 动物营养学报,2013,25(11):2770-2774.
 [7]李玉杰,崔贞爱,孙淑霞,等. 蒲公英对乌骨鸡生产

性能和免疫作用的研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医,2015(1):158-159.

[8]陈文英,郝艳霜,何欣,等. 蒲公英多糖对雏鸡外周血 CD4⁺ 和 CD8⁺T 淋巴细胞亚群的影响 [J]. 江苏农业科学,2011,39(3):265-267.
 [9]岳远西,史彬林,闫素梅,等. 黑沙蒿水提物对肉仔鸡免疫及抗氧化功能的影响 [J]. 饲料研究,2015(19):49-53.
 [10]程迪,王佳丽,周子涛,等. 厚朴总酚对肉仔鸡生长性能免疫功能及抗氧化能力的影响 [J]. 饲料研究,2015(15):1-4.
 [11]傅帅,轩振,李鸿博,等. 复方中草药制剂对肉仔鸡生产性能和抗氧化功能影响的研究 [J]. 粮食与饲料工业,2016(2):61-66.
 [12]王坤,毕聪明,陈强,等. 蒲公英多糖对肉鸡血清生化指标及抗氧化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医,2015,47(5):74-76.

通信地址: 河南省商丘市神火大道南段566号商丘职业技术学院 动物工程系 476100

(上接第19页)

[39]郭冬生,夏维福,彭小兰,等. 瘤胃原虫的生理作用及驱除原虫的研究 [J]. 饲料研究,2006(8):42-45.
 [40]NOLAN J V. Implications of protozoa and fungi for the protein nutrition of ruminants - invited review [C]. Proceedings of OECD/UNE international symposium. Armidale: OECD,1989.
 [41]刘辉放,何志敏,孙守江,等. 地顶孢霉培养物在提高牛乳营养和风味口感中的应用 [J]. 中国乳业,2017,185(5):43-46.
 [42]李洋,窦秀静,张幸怡,等. 地顶孢霉培养物对奶牛后肠道与乳中菌群数量、体细胞数及表观消化率的影响 [J]. 中国畜牧杂志,2017,53(2):110-115.
 [43]UMESH D, MAHESH CHANDRA S, SINGH S K, et al. Amelioration of altered oxidant/antioxidant

balance of Indian water buffaloes with subclinical mastitis by vitamins A, D₃, E, and H supplementation [J]. Trop Anim Health Prod, 2013, 45(4): 971-978.

通信地址: 北京市朝阳区北苑路15号北京市畜牧总站北区 100107

