

外源酶制剂在反刍动物生产中的应用研究综述

王彩莲, 宋淑珍, 潘发明, 王 斐, 宫旭胤, 郎 侠
(甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 就外源酶制剂在反刍动物饲料中添加的意义, 在奶牛、肉牛、绵羊及山羊生产中的应用现状等方面的研究进行综述。

关键词: 外源酶; 消化率; 反刍动物; 综述

中图分类号: S816.7 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-1463(2017)08-0069-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.08.018

酶制剂是一种生物催化剂。20世纪50年代, 科学家们在不同的动物日粮中添加淀粉酶和蛋白酶等酶制剂, 研究其对动物生产性能的影响。此后, 外源酶制剂的应用成为全球畜牧业研究热点^[1]。20世纪90年代初, 酶制剂进入中国饲料市场, 在酶制剂使用初期, 由于饲料用酶本身酶学性质、使用方法和添加剂量、饲料生产工艺等诸多因素的影响, 使用效果不稳定, 近年来, 随着酶制剂研发的进一步深入, 在反刍动物上的使用效果也逐渐显现出来。我们就酶制剂在反刍动物饲料中添加的意义及生产中应用研究现状等加以综述, 以期对提高反刍动物酶制剂使用研究水平提供参考。

1 反刍动物饲料中添加酶制剂的意义

酶制剂可以与瘤胃微生物协同作用促进植物细胞壁的消化, 释放营养物质, 便于反刍动物消化吸收。在高精料日粮条件下, 添加酶制剂可以弥补瘤胃内纤维素降解酶分泌不足。酶制剂中未被瘤胃/皱胃消化的部分在到达小肠后, 作用位

点由瘤胃转入小肠, 可加强小肠中纤维的分解, 降低小肠食糜粘稠度, 提高采食高精料日粮反刍动物营养物质的吸收, 并分解小肠中碳水化合物, 避免进入大肠后被微生物发酵所带来的危害。

2 酶制剂在反刍动物生产中的应用

2.1 在奶牛生产中的应用

饲料中添加酶制剂可以提高奶牛泌乳量, 降低乳体细胞数, 提高机体免疫力^[2-4], 改善奶牛瘤胃发酵功能及微生物组成。外源纤维素酶能够影响奶牛瘤胃某些细菌群落密度 16S-rRNA 拷贝数的种属特异性, 嗜淀粉瘤胃杆菌、产琥珀酸丝状杆菌菌群密度随着酶添加量的增大而增大或呈增大的趋势; 反刍兽新月单胞菌菌群密度在高剂量酶添加量时增大, 但整个菌群随着酶添加水平线性增大, 牛链球菌在低剂量处理时呈现减少的趋势^[5]。将木聚糖酶喷洒在奶牛全混合日粮中可提高干物质、有机质及粗蛋白采食量, 有增加矫正乳和乳脂肪的趋势, 添加木聚糖酶组产奶量增加

收稿日期: 2017-04-07

基金项目: 甘肃省自然科学基金(1308RJZA186)、甘肃省农业生物技术研究与应用开发项目(GNSW-2013-33)、甘肃省农业科学院农业科技创新重大专项(2013GAAS04-3)、甘肃省农业科学院农业科技创新青年基金专项(2012GAAS15-21)资助。

作者简介: 王彩莲(1974—), 女, 甘肃泾川人, 副研究员, 主要从事反刍动物营养及绵羊生产研究工作。E-mail: wangcl1974@163.com。

通信作者: 郎 侠(1976—), 男, 甘肃岷县人, 副研究员, 主要从事绵羊育种及家养动物遗传资源评价工作。E-mail: langxiax@163.com。

[3] 郭 蓉. 甘肃省玉门市生态环境现状与水资源评估[J]. 北京农业, 2016(2): 160-161.

[4] 景 军. 玉门市农村土地流转情况调研报告[J]. 农业科技与信息, 2015(21): 34-36; 38.

[5] 樊红卫, 李金霞, 赵明强. 4个番茄新品种在玉门市双拱双膜示范区的引种初报[J]. 甘肃农业科技, 2016(5): 41-43.

(本文责编: 陈 伟)

时间较添加纤维素酶 + 木聚糖酶组提前^[6]。日粮中添加复合酶(木聚糖酶+纤维素酶)可以促进后备荷斯坦奶牛(3~7月龄)的生长,增加瘤胃液中总挥发性脂肪酸和乙酸含量,提高乙酸/丙酸比例,改善瘤胃发酵水平;还可提高 TMR 的 NDF、ADF 和总能表观消化率,使粪便干物质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维及粪便中氮、磷排泄量减少;磷的表观消化率呈增大趋势^[7-8]。但也有报道认为泌乳奶牛日粮中添加以纤维素酶和木聚糖酶为主的酶制剂对其瘤胃发酵及产奶性能没有影响^[9]。奶牛混合日粮中添加植酸酶,使瘤胃及整个消化道植酸降解率升高,流入十二指肠的微生物磷和粪便中磷的排泄量增大,但对瘤胃 pH、中性洗涤纤维的降解率没有影响。当奶牛总磷摄入量不受影响的情况下,植酸磷的摄入量下降,无机磷摄入量增大,流入瓣胃的无机磷减少,对产奶量和奶的组成没有影响^[10-11]。泌乳奶牛日粮中添加外源淀粉酶具有改善其生产性能的潜力^[12]。外源淀粉酶可以提高具有中等采食量和中等生产水平的泌乳早期奶牛瘤胃淀粉消化率,增加瘤胃有机质真消化率,但对微生物氮流入十二指肠没有影响;淀粉酶降低乙酸/丁酸比,增加乙酸/丙酸比,特别是饲喂高淀粉日粮时,淀粉酶能够提高瘤胃总挥发性脂肪酸的浓度;另外添加淀粉酶后瘤胃微生物淀粉酶活性增大,而原虫数量呈现下降的趋势;但对奶牛的采食量、生产性能、干物质及纤维(中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维)消化率、瘤胃消化力没有影响,对分解纤维和淀粉的细菌及其群落没有或影响较小^[13]。日粮中添加淀粉酶可以提高泌乳奶牛中性洗涤纤维消化率,并且高淀粉日粮中添加外源淀粉酶效果优于低淀粉日粮,在低淀粉日粮中添加淀粉酶对奶牛的采食量、体重、体况、产奶量、奶的组成影响较小^[14];低淀粉日粮中添加淀粉酶奶牛乳脂肪、固形物、能量矫正乳饲料转化率、干物质及营养物质消化率提高^[15]。但也有报道,在低淀粉混合日粮中添加淀粉酶,奶牛生产性能(产奶量、矫正乳脂肪、蛋白质)降低,但营养物质的消化率升高^[16]。泌乳中期饲喂低淀粉高纤维日粮的奶牛,外源淀粉酶对奶牛干物质采食量、生产性能没有影响^[17]。

2.2 在肉牛生产中的应用

酶制剂的种类、添加量、酶处理时间及饲料类型、肉牛的生长阶段等均会对使用效果产生影响。肉牛育肥期酒糟-蛋白型日粮中添加纤维素酶,具有潜在改善其瘤胃中淀粉的消化率、蛋白质代谢、饲料转化率和动物健康的作用^[18]。犊牛精料中添加淀粉酶可显著提高日粮淀粉表观消化率,添加胃蛋白酶有机物和淀粉的消化率提高,添加复合酶(淀粉酶+胃蛋白酶)可明显提高有机物、淀粉和蛋白质的表观消化率。与添加单一酶相比,复合酶的添加可显著提高有机物、淀粉、蛋白质的表观消化率($P < 0.05$)^[19]。断奶犊牛日粮中添加以纤维素酶为主的复合酶制剂的效果优于木聚糖酶,纤维素酶+(果胶酶、蛋白酶、淀粉酶)日增重提高 7.51%($P < 0.05$),混合精料、粗料与增重比分别下降 7.00%($P < 0.05$)、1.23%($P < 0.05$);日粮中添加木聚糖酶+(果胶酶、蛋白酶与淀粉酶)犊牛增重提高 4.20%($P < 0.05$),混合精料、粗料与增重比分别下降 3.86%($P < 0.05$)和 0.31%($P > 0.05$)^[20]。肉牛日粮中添加复合酶制剂(纤维素酶+木聚糖酶+ β -葡聚糖酶)可显著提高对肉牛粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维的消化率^[21]。架子牛日粮中添加复合酶制剂(纤维素酶+木聚糖酶+蛋白酶+淀粉酶)后采食量显著降低($P < 0.01$),粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和总能的表观消化率显著升高($P < 0.05$),血清总胆固醇浓度升高,总蛋白和尿素氮代谢影响不显著^[22]。舍饲牦牛日粮中添加纤维素酶和木聚糖酶的复合粉剂,牦牛的日常增重、采食量、饲料转化率、纤维类物质的消化率和瘤胃 NH₃-N 利用效率随着日粮中酶添加量的增加而提高,瘤胃丙酸浓度增加,乙酸/丙酸值降低,发酵类型改变(由乙酸型向丙酸型转换),但瘤胃健康没有受到影响^[23]。

2.3 在绵羊生产中的应用

外源酶对内源酶分泌有促进作用。绵羊饲料中添加纤维素酶以及与吐温-80 复合制剂,可以提高瘤胃木聚糖酶、纤维素酶以及蛋白酶活性,并在一定程度上提高饲料消化率^[24]。绵羊日粮中直接添加外源纤维素酶显著或极显著提高其对干物质($P < 0.01$)、有机质、粗蛋白($P < 0.05$)采食

量,但酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维采食量不受影响;显著提高苜蓿粗蛋白、半纤维素表观消化率($P < 0.05$),改善绵羊氮平衡,增加瘤胃总挥发性脂肪酸浓度($P < 0.05$)^[25]。添加方式不同,效果不同。绵羊瘤胃中直接添加纤维素酶系(内切葡聚糖酶+木聚糖酶)瘤胃液丙酸摩尔比升高,乙酸与丙酸比降低;饲喂后4h纤维分解菌数量呈增加的趋势;牧草干物质和中性洗涤纤维的降解率提高;外源纤维素酶直接加入绵羊瘤胃中能够刺激纤维菌生长,增加纤维素酶、内切葡聚糖酶和木聚糖酶活性,但对外切葡聚糖酶和淀粉酶活性没有影响,不会对日粮的消化率、瘤胃pH、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、总VFA浓度造成影响^[26]。绵羊日粮中添加纤维素酶+木聚糖酶其瘤胃总挥发性脂肪酸和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度升高,干物质采食量、瘤胃pH、总氮浓度也不受影响^[27]。但陈宇^[28]报道,添加外源酶可改善湖羊瘤胃微生物发酵特性。在不影响营养物质采食量的情况下,添加外源酶制剂显著提高羔羊体增重、平均日增重($P < 0.05$)和营养物质(干物质、有机质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维)的消化率,但未发现对粗蛋白的消化率有影响^[29];改善羔羊胃肠道内环境,促进其生长发育^[30-31]。用不同配伍的酶制剂处理秸秆型饲料对育肥羊生长性能和营养物质消化率有积极的影响,添加纤维素酶系提高营养物质消化率11.00%,增重提高23.51%,饲料转化率提高26.36%,1kg增重饲料成本降低18.42%^[32]。哺乳期绵羊精料中添加纤维素酶产品对产奶量、乳成分、干物质采食量、羔羊的生长发育以及母羊的体重、体况变化均无影响,干乳期绵羊精料中添加纤维素酶产品其饲料利用率提高,采食量减少9%^[33]。

2.4 在山羊生产中的应用

日粮中添加高水平纤维素酶(8 000 U/kg)和木聚糖酶(18 750 U/kg)复合酶可以降低莎能奶山羊的干物质采食量,增加干物质、有机物、粗蛋白质、NDF、ADF的消化率,提高校正乳的产量^[34]。添加纤维素酶可极显著提高湘东黑山羔羊的生产性能^[35],对陕北绒山羊具有明显的增重效果,经济效益显著^[36]。

3 展望

酶制剂已经是公认的最有发展应用前景、安

全、高效的饲料添加剂之一,但由于其生物特性、作用规律的复杂性以及反刍动物消化系统的特殊性,酶制剂的应用效果很不稳定,其在改善动物生产性能、提高饲料利用效率、减少环境污染、增加经济效益等方面的功效尚未充分发挥。要解决这些问题,就要加强菌种选育(如应用分子生物学技术)和酶生产工艺等基础研究工作,寻找酶活性稳定的优良菌株,并研制能够显著改善反刍动物饲料营养价值的酶制剂。其次应开展酶动力学、反刍动物消化机理和消化过程的应用理论研究,加强适用于反刍动物饲料的酶制剂的研发,尤其是关注后续应用技术的配套研发。另外,由于酶制剂是蛋白质,易失活,因此如何保持酶制剂的稳定性和饲用效果也是今后酶制剂在生产和处理过程中的一个重要研究方向。随着人们越来越关注反刍动物产品中使用生长激素和抗生素,采用酶制剂类绿色添加剂将会在反刍动物产品生产体系中发挥更重要的作用^[37-38]。

参考文献:

- [1] ADEOLA O, COWIESON A J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production[J]. *J. Anim. Sci.*, 2011, 89(10): 3189-3218.
- [2] 任慧波, 刘海林, 王向荣, 等. 复合酶制剂对热应激下奶牛生产性能的影响研究[J]. *饲料工业*, 2013(20): 19-21.
- [3] 扈添琴, 韩兆玉, 王群, 等. 酶制剂和植物甾醇复合物对泌乳奶牛生产性能和血清指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2014, 26(1): 236-244.
- [4] 田德军, 刘晓辉, 刘超, 等. 复合酶制剂对奶牛生产性能的影响[J]. *中国牛业科学*, 2012, 38(4): 14-16.
- [5] CHUNG Y H, ZHOU M, HOLTSHAUSEN L, *et al.* A fibrolytic enzyme additive for lactating Holstein cow diets: ruminal fermentation, rumen microbial populations, and enteric methane emissions[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2012, 95(3): 1419-1427.
- [6] ROMERO J J, MACIAS E G, MA Z X, *et al.* Improving the performance of dairy cattle with a xylanase-rich exogenous enzyme preparation[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2016, 99(5): 3486-3496.
- [7] 国春艳. 木聚糖酶和纤维素酶对后备奶牛生长代谢、瘤胃发酵及微生物区系的影响[D]. 北京: 中农业科

- 学院, 2010.
- [8] KNOWLTON K F, TAYLOR M S, HILL S R, *et al.* Manure nutrient excretion by lactating cows fed exogenous phytase and cellulose[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2007, 90(9): 4356-4360.
- [9] PETERS A, LEBZIEN P, MEYER U, *et al.* Effect of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation and nutrient digestion in dairy cows[J]. *Arch. Anim. Nutr.*, 2010, 64(3): 221-237.
- [10] BRASK-PEDERSEN D N, GLITSØ L V, SKOV L K, *et al.* Effect of exogenous phytase on degradation of inositol phosphate in dairy cows[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2013, 96(3): 1691-1700.
- [11] JARRETT J P, WILSON J W, RAY P P, *et al.* The effects of forage particle length and exogenous phytase inclusion on phosphorus digestion and absorption in lactating cows[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2014, 97(1): 411-418.
- [12] KLINGERMAN C M, HU W, MCDONELL E E, *et al.* An evaluation of exogenous enzymes with amylolytic activity for dairy cows[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2009, 92(3): 1050-1059.
- [13] NOZIÈRE P, STEINBERG W, SILBERG M, *et al.* Amylase addition increases starch ruminal digestion in first-lactation cows fed high and low starch diets[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2014, 97(4): 2319-2328.
- [14] WEISS W P, STEINBERG W, ENGSTROM M A. Milk production and nutrient digestibility by dairy cows when fed exogenous amylase with coarsely ground dry corn [J]. *J. Dairy. Sci.*, 2011, 94(5): 2492-2499.
- [15] GENCOGLU H, SHAVER R D, STEINBERG W, *et al.* Effect of feeding a reduced-starch diet with or without amylase addition on lactation performance in dairy cows[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2010, 93(2): 723-732.
- [16] MCCARTHY M M, ENGSTROM M A, AZEM E, *et al.* The effect of an exogenous amylase on performance and total tract digestibility in lactating dairy cows fed a high-byproduct diet[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2013, 96(5): 3075-3084.
- [17] VARGAS-RODRIGUEZ C F, ENGSTROM M, AZEM E, *et al.* Effects of dietary amylase and sucrose on productivity of cows fed low-starch diets[J]. *J. Dairy. Sci.*, 2014, 97(7): 4464-4470.
- [18] HE Z X, HE M L, WALKER N D, *et al.* Using a fibrolytic enzyme in barley-based diets containing wheat dried distillers grains with solubles: ruminal fermentation, digestibility, and growth performance of feedlot steers[J]. *J. Anim. Sci.*, 2014, 92(9): 3978-3987.
- [19] 邢 壮, 张有貌, 莫 放, 等. 外源酶制剂对犊牛日粮营养物质表观消化的影响[J]. *饲料研究*, 2008(8): 62-65.
- [20] 朱元招, 刘亚力, 陈 宏, 等. 补饲不同配方酶制剂对断奶犊牛生产性能的影响[J]. *中国草食动物科学*, 2001, 3(3): 15-16.
- [21] 李 奎. 酶制剂在肉牛日粮中的应用效果研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2016.
- [22] 徐 磊, 赵拴平, 贾玉堂, 等. 不同剂量的复合酶制剂对肉牛育肥效果的影响[J]. *中国牛业科学*, 2016, 42(1): 23-26.
- [23] 王斌星, 付洋洋, 郭春华, 等. 外源酶对舍饲牦牛生产性能和养分消化率及瘤胃发酵的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2016, 52(21): 54-58.
- [24] 代行慧, 孙永强, 程宝晶, 等. 日粮中添加 Tween80、纤维素酶及其复合处理对绵羊日粮消化的影响[J]. *饲料工业*, 2007, 28(14): 34-35.
- [25] PINOS-RODRIGUEZ J M, GONZALEZ S S, MENDOZA G D, *et al.* Effect of exogenous fibrolytic enzyme on ruminal fermentation and digestibility of alfalfa and ryegrass hay fed to lambs[J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80(11): 3016-3020.
- [26] GIRALDO L A, TEJIDO M, RANILLA M J, *et al.* Influence of direct-fed fibrolytic enzymes on diet digestibility and ruminal activity in sheep fed a grass hay-based diet[J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(7): 1617-1623.
- [27] BHASKER T V, NAGALAKSHMI D, RAO D S. Development of appropriate fibrolytic enzyme combination for maize stover and its effect on rumen fermentation in sheep[J]. *J. Anim. Sci.*, 2013, 26(7): 945-951.
- [28] 陈 宇. 饲粮中添加外源酶对湖羊瘤胃发酵培养液产气量、pH 值及发酵参数动态变化的影响[J]. *畜牧与饲料科学*, 2016, 37(9): 39-44.
- [29] LÓPEZ-AGUIRRE D, HERNÁNDEZ-MELÉNDEZ J, ROJO R, *et al.* Effects of exogenous enzymes and application method on nutrient intake, digestibility and growth performance of Pelibuey lambs[J]. *Springerplus*. 2016, 5(1): 1399-1401.
- [30] 司玉萍. 添加小同剂量复合酶制剂对羔羊增重效果的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2004(10): 34.
- [31] 辛总秀. 外源消化酶对羔羊营养物质消化率及生产性的影响[J]. *粮食与饲料工业*, 2012(9): 53-55.

水稻组织培养相关研究综述

尹祥佳, 赵慧军, 李艳玫, 郝楠
(兰州职业技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 水稻是我国的主要粮食作物, 有粳稻和籼稻两个栽培亚种, 对我国粮食生产和安全起着重要的作用。同时, 水稻作为模式植物, 在组织培养研究中取得了显著的成果, 也为开展水稻分子育种研究奠定了基础。主要从选用外植体诱导愈伤组织、基本培养基成分、激素配比等方面综述了粳稻和籼稻组织培养相关研究及存在的问题, 并提出了一些建议。

关键词: 水稻; 组织培养; 影响因素; 存在问题

中图分类号: S511 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)08-0073-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2017.06.019](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2017.06.019)

Relevant Research Review on Rice Tissue Culture

YIN Xiangjia, ZHAO Huijun, LI Yanmei, HAO Nan
(Lanzhou Vocational and Technical College, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Rice is the main food crops in China, there are two cultivation of japonica and indica rice subspecies, play an important role on China's grain production and security. At the same time, as a model plant, rice tissue culture research has obtained the remarkable results, also has laid the foundation for developing rice molecular breeding research. The article mainly from the callus induction explant selection, basic culture medium, the respect such as hormone proportion respectively the influence factors of japonica and indica rice tissue culture were reviewed and the existing problems, and puts forward some Suggestions.

Key words: Rice; Tissue culture; Influencing factors; Existing question

水稻是我国乃至世界的三大粮食作物之一。面积仅次于玉米, 占我国粮食作物播种面积的 2016 年, 我国水稻播种面积为 3016 万 hm^2 , 播种 26.69%; 产量居世界第一, 约占世界水稻总产量

收稿日期: 2017-04-06

基金项目: 兰州职业技术学院 2016 年院内科研项目(项目编号: 2016B-2)。

作者简介: 尹祥佳(1984—), 男, 甘肃兰州人, 硕士, 农艺师, 从事作物遗传育种研究工作。E-mail: yinxiangjia@lvu.edu.cn。

- [32] 王红梅, 屠焰, 司丙文, 等. 不同配伍酶制剂处理玉米秸秆对肉用绵羊生长性能和营养物质消化率的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(24): 4806-4813.
- [33] FLORES C, CAJA G, CASALS R, *et al.* Performance of dairy ewes fed diets with a fibrolytic enzyme product included in the concentrate during the suckling period [J]. *Animal Sci. J.*, 2008, 2(6): 962-968.
- [34] BALA P, MALIK R, SRINIVAS B. Effect of fortifying concentrate supplement with fibrolytic enzymes on nutrient utilization, milk yield and composition in lactating goats[J]. *Anim. Sci. J.*, 2009, 80(3): 265-272.
- [35] 谢拥军, 阳建辉, 李旭红. 复合酶制剂对湘东黑山羊羔羊生产性能的影响[J]. 岳阳职业技术学院院报, 2009, 24(6): 79-81.
- [36] 李忠玲, 杜忍让, 武和平, 等. 复合酶制剂对陕北绒山羊增重效果的研究[J]. 畜牧兽医杂志, 2014, 33(6): 4-7.
- [37] 刁其玉. 酶制剂在反刍动物日粮中应用研究进展[J]. 新饲料, 2010(3): 15-17.
- [38] 贾莉, 席旭东, 韩向敏, 等. 马铃薯淀粉渣混合青贮玉米快速饲料发酵方法研究[J]. 甘肃农业科技, 2016(4): 4-7.

(本文责编: 陈伟)