

抗氧化剂在动物生产中的应用研究进展

陈英^{1,2,3}, 齐仁立^{1,2,3}, 黄金秀^{1,2,3}, 黄萍^{1,2,3}, 宋凡^{1,2,3}, 刘作华^{1,2,3*}

(1. 重庆市畜牧科学院, 重庆 402460; 2. 农业部养猪科学重点实验室, 重庆 402460; 3. 养猪科学重庆市市级重点实验室, 重庆 402460)

摘要 阐述了自由基对机体的损害及其来源, 总结了2类抗氧化剂的作用机理, 综述了抗氧化剂在动物生产中的应用情况。

关键词 抗氧化剂; 自由基; 动物生产

中图分类号 S815.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)23-09631-02

Research Progress of Application of Antioxidants in Animal Production

CHEN Ying et al (Chongqing Academy of Animal Husbandry, Chongqing 402460)

Abstract The radical damage to the body and its' sources were described, and the mechanism of two types of antioxidants was summarized, the application of antioxidants in animal production was reviewed also.

Key words Antioxidants; Radical; Animal production

自由基是指能独立存在且含有未成对电子的原子、原子团、分子或离子, 其化学性质很活泼, 正常状态下在生物体内处于动态平衡^[1-2]。近年来研究表明自由基的生成超过组织抗氧化防御水平就会产生氧化应激, 其大小取决于组织消除自由基的能力^[3]。在动物生产中出现的种畜繁殖障碍、幼畜发病率高和成活率低、畜产品品质下降等现象都与氧化应激有关, 而抗氧化剂则能减少或清除自由基, 减少或阻止自由基氧化应激的破坏^[4]。笔者对机体内自由基产生的过程、抗氧化剂的作用机理及其在动物生产中的应用进行了综述。

1 自由基的产生与抗氧化剂的作用机理

自由基对机体的损害主要体现在破坏细胞膜、使血清抗蛋白酶失活、损伤基因等方面^[5]。按照其产生途径和来源可分为3类: ①营养素在线粒体中的正常代谢和呼吸过程中, 吸入的氧气产生水和ATP, 但此过程中氧未完全还原, 形成了具有氧化特性的自由基——活性氧(ROS)^[6]; ②在活性氧的作用下, 组织细胞会因脂质过氧化而产生脂类自由基^[7]; ③由苯醌和苯酚类化合物发生氧化还原反应而产生, 在电子传导中起特殊作用, 此类自由基还是线粒体中执行功能的主要自由基, 即半醌类自由基^[8]。

在动物生产中使用天然或人工合成抗氧化饲料添加剂可以有效保持机体内的氧化平衡, 减轻氧化应激的危害, 有效维持畜禽良好的生产性能和繁殖性能。目前有应用前景的抗氧化剂可分为两大类: 酶类抗氧化剂和非酶类抗氧化剂。酶类抗氧化剂是细胞膜和细胞器膜上存在多种特异性消除自由基的酶系, 能够消除相关自由基, 从而抑制自由基的脂质过氧化^[2]。非酶类抗氧化剂是指某些能够直接清除或作为酶系统的辅助因子增强其对自由基清除能力的一些营养素与非营养素, 包括人工合成抗氧化剂、维生素、微量元

素、中草药、植物提取物等^[4]。

2 抗氧化剂在动物生产中的应用

2.1 维生素类 维生素是动物体内最重要的非酶促系统的抗氧化剂, 在应激状态下补充适量维生素可以显著提高动物的抗氧化能力, 进而提高了动物的抗应激能力^[9-10]。Wiestaw Sobotkaa等^[11]研究表明补充维生素E可以提高血清和肉中的 α -生育酚的浓度($P < 0.01$), 降低新鲜和贮存过程中背最长肌的硫代巴比妥酸反应物质(TBARS)($P < 0.01$)。Mourot等^[12]发现在育肥猪饲料中添加维生素E和植物抗氧化剂后能够降低火腿(贮藏7个月)的丙二醛(MDA)含量下降($P < 0.001$)和脂肪酸的过氧化反应。刘圈炜等^[13]研究表明随着日粮中维生素A添加水平的提高(2 500~7 500 IU/kg), 海南和牛的血清抗氧化能力逐渐增强, 提高血液中一些关键酶的活性($P > 0.05$)。李彦等^[14]研究表明增加日粮 V_A 、 V_E 水平可以改善肉鸡日增重和饲料转化率, 增加血清中超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶的活性, 降低血清中丙二醛含量, 提高细胞免疫水平。武江利等^[15]研究表明在蛋鸭育成期的基础日粮中添加15~20 IU/kg V_E , 可以提高生长性能及血清和肝脏中总抗氧化能力、超氧化物歧化酶与谷胱甘肽过氧化物酶的活性, 降低肝脏中丙二醛含量, 增加血液中免疫球蛋白、白细胞介素和甲状腺素的浓度。Eicher等^[16]研究表明维生素C和酵母细胞壁 β -葡聚糖能够改善断奶仔猪的生产性能, 降低肝和小肠内TNF- α 的表达, 增强免疫力。

2.2 微量元素 微量元素的抗氧化功能主要体现在硒、铜、锌、锰等元素, 具有提高抗氧化酶活性的作用, 是机体中自由基消除系统中重要酶的活性中性元素^[17]。张艳艳等^[18]研究表明日粮中添加硒能够改善肉兔生长性能, 提高机体的抗氧化能力, 2~3月龄肉兔添加0.15 mg/kg为宜。占秀安等^[19]研究表明DL-硒代蛋氨酸较亚硒酸钠能够提高母猪乳和血清中硒含量, 增强母猪的抗氧化能力, 促进乳猪生长。岳双明等^[20]研究表明锌与蛋白质互作有利于提高仔猪生产性能(增强抗氧化能力和免疫力, 其中以高锌高蛋白组(锌3 000 mg/kg, 蛋白质23%)的效果最佳, 而且锌主要在断奶

基金项目 国家生猪产业技术体系专项(CARS-36); 农业科研杰出人才培养计划项目。

作者简介 陈英(1983-), 女, 重庆人, 助理研究员, 硕士, 从事动物分子营养研究, E-mail: chenying_cq@163.com。* 通讯作者, 研究员, 博士, 硕士生导师, 从事动物营养方面研究, E-mail: liuzhohua66@tom.com。

收稿日期 2013-07-14

后 2 周发挥作用。王巧莉等^[21]研究表明日粮中添加酵母硒可以提高肉鹅的免疫与抗氧化能力,以 0.3 mg/kg 的添加量效果最佳。高惠林等^[22]研究表明锌源的添加能够提高桃源鸡血清中 SOD 酶活性,降低血清中 MDA 含量,减轻自由基的损伤,从而提高机体的抗氧化能力,在高温条件下更加明显。付瑞珍^[23]研究表明锌、铁与维生素 A 互作对提高肉仔鸡血清 CuZn-SOD 活性的影响极显著($P < 0.01$),对提高肉仔鸡肝脏 GSH-Px 活性和降低 MDA 含量影响极显著($P < 0.01$),锌、铁、维生素 A 三者在肉仔鸡抗氧化方面存在协同效应。Li 等^[24]在育肥猪饲料中添加 0、0.3 和 3.0 mg/kg Se 的富硒酵母,发现随着添加量的增加,新鲜猪肉的滴水损失和硫代巴比妥酸反应物质减少,提高肉的抗氧化性能。Ma 等^[25]发现在肉鸡日粮中添加 Zn-Gly (90 或 120 mg/kg) 能够提高血液中超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶的活性,降低肝脏中丙二醛含量,增加肠道绒毛高度和隐窝深度。

2.3 牛磺酸 牛磺酸作为一种条件性必需氨基酸,它在体内发挥重要的生理功能,具有保护细胞、抗氧化、提高免疫力、提高繁殖能力和改善脂肪代谢等作用。Zeng 等^[26]研究表明添加牛磺酸能够提高肉鸡饲料的表观代谢能和粗脂肪消化率,提高脂肪酶的活性,显著减少血清总胆固醇、甘油三酯、游离脂肪酸、葡萄糖和血清高密度脂蛋白胆固醇的含量,以添加 0.15% 的牛磺酸为宜。王芙蓉等^[27]研究表明添加 100 mg/kg Tau 可以显著提高鹌鹑血清总抗氧化能力,减少血清丙二醛的产生($P < 0.05$),添加 500 mg/kg Tau 可以显著增加 T 淋巴细胞增殖能力($P < 0.05$)。杨小然等^[28]研究表明饲料中添加 0.10% 的牛磺酸可以显著提高蛋雏鸭的平均日增重(ADG),降低料重比(WG)($P < 0.05$)。同时,饲料中添加 0.10% 的牛磺酸还可以显著提高肝脏中超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性、总抗氧化能力(T-AOC)以及法氏囊和脾脏指数($P < 0.05$),并显著降低肝脏中丙二醛(MDA)含量($P < 0.05$)。

2.4 中草药抗氧化剂 中草药作为我国传统的医药品种,因其来源广、价格低廉、取材容易、毒副作用小和无药物残留等优点,有逐渐成为抗生素替代品的趋势。中草药作为饲料添加剂,具有促进动物生长、改善动物免疫功能和抗病力等作用。乔国华等^[29]研究表明女贞子能改善绵羊血液抗氧化功能,提高谷胱甘肽还原酶和超氧化物歧化酶的活性,降低血浆丙二醛含量($P < 0.05$)。郑会超等^[30]用板蓝根、荷叶、菊花等制成中草药散剂饲喂奶牛,结果表明复方散剂能够显著提高奶牛的产奶性能,具有降低奶牛直肠温度、提高呼吸频率和解血液中的氧化应激状态趋势。陈静等^[31]用头翁、黄柏、秦皮、山楂、甘草、松针粉等制成中草药添加剂饲喂断奶仔猪,结果表明中草药对仔猪的抗氧化作用在断奶后 7 d 的效果最好,降低了血清羟自由基和丙二醛的含量;到断奶后 21 d,差异不显著。张庆茹等^[32-33]报道党参、黄芪、女贞子提取物可以提高奶牛的抗氧化功能和乳产量。

3 小结

综上所述,近年来对自由基以及抗氧化剂的研究已相当

广泛。氧化应激的危害在动物生产中已有发生,需要引起养殖业的高度重视。目前关于自由基及抗氧化剂在基础和应用研究中亟待解决的问题主要包括:在动物养殖过程中氧化应激发生的原因、机理以及危害;各种抗氧化剂的作用机理、使用方法以及用量等;氧化应激与抗氧化剂对畜禽产品的质量、安全的关系。

参考文献

- [1] 叶怀庄,徐立红.生物组织总氧自由基清除能力检测方法的建立[J].中华预防医学杂志,2002,36(6):410-411.
- [2] 陶新,许梓荣,汪以真.营养物质对生物自由基产生及清除影响的研究进展[J].中国畜牧杂志,2005,41(10):61-63.
- [3] 谯晓安.运动营养中的抗氧化剂研究进展[J].南京体育学院学报,2003,4(2):15-18.
- [4] 黄权,苏琳.动物体内氧化应激与抗氧化剂应用研究进展[J].中国兽药杂志,2013,47(5):66-69.
- [5] 王慧.生物体系内自由基的危害及清除自由基技术研究进展[J].中国科技博览,2011(36):265.
- [6] 武书庚,齐广海,李海涛.氧化应激与疾病[J].饲料与畜牧,2009(3):10-12.
- [7] 李勇,孔令青,高洪,等.自由基与疾病研究进展[J].动物医学进展,2008,29(4):85-88.
- [8] 解温品,秦士新.自由基医学研究进展[J].中华损伤与修复杂志,2012,7(2):71-73.
- [9] PENG C, QIU G M, CHENG J, et al. Dietary Lipoic Acid Influences Antioxidant Capability and Oxidative Status of Broilers[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011, 12(12):8476-8488.
- [10] 赵保路.自由基、营养、天然抗氧化剂与衰老[J].生物物理学报,2010(1):26-36.
- [11] SOBOTKA W, FLIS M, ANTOSZKIEWICZ Z, et al. Effect of oat by-product antioxidants and vitamin E on the oxidative stability of pork from pigs fed diets supplemented with linseed oil[J]. Archives of Animal Nutrition, 2012, 66(1):27-38.
- [12] MOUROT J, ROBERT N, RAYNAUD L, et al. Effect of addition of n-3 fatty acids and plant antioxidants in pig diet on the nutritional and sensorial quality of dry-cured hams[J]. Journées dala Recherche Porcine France, 2012, 44:51-52.
- [13] 刘圈伟,孙瑞萍,魏立民,等.维生素 A 对海南和牛抗氧化指标及血液生化指标的影响[J].中国畜牧兽医,2012,39(9):110-113.
- [14] 李彦,杨在宾,杨维仁,等.日粮维生素 A 和维生素 E 水平对肉鸡抗氧化和免疫性能的影响[J].动物营养学报,2008,20(4):417-422.
- [15] 武江利,王安,张养东.维生素 E 对育成金定鸭生长及免疫和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2008,20(6):686-691.
- [16] EICHER S D, MCKEE C A, CARROLL J A, et al. Supplemental vitamin C and yeast cell wall β -glucan as growth enhancers in newborn pigs and as immunomodulators after an endotoxin challenge after weaning[J]. Journal of Animal Science, 2012, 90:2581-2589.
- [17] 袁森泉.调整奶牛日粮矿物质以防氧化应激[J].饲料广角,1996(4):21-24.
- [18] 张艳艳,李福昌.日粮不同硒水平对 2~3 月龄肉兔生长性能、抗氧化指标和肉质的影响[J].动物营养学报,2010,22(1):82-87.
- [19] 占秀安,李星,赵茹茜,等.日粮添加硒代蛋氨酸对母猪生产性能、血清及乳中硒含量和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2009,21(6):910-915.
- [20] 岳双明,周安国,王之盛,等.日粮锌与蛋白质互作对断奶仔猪生产性能以及部分血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2009,21(3):279-287.
- [21] 王巧莉,王宝维,范永存,等.酵母硒对肉鹅免疫和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2009,21(3):398-404.
- [22] 高惠林,王前光,田科雄,等.不同锌源及其水平对桃源鸡血清抗氧化指标的影响[J].安徽农业科学,2008,36(5):1864-1865,1872.
- [23] 付瑞珍,袁纛,陈如水.锌、铁和维生素 A 互作对肉仔鸡血清和肝脏抗氧化效应的影响[J].中国畜牧杂志,2007,43(27):13-16.
- [24] GANG J L, CHANG J Z, HUA Y, et al. Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased Sep11 gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast[J]. Meat Science, 2011, 87(2):95-100.

空气循环不充足、分解条件受限造成短期内不能将可燃物转化为土壤碳。掩埋耗费的人力和物力比其他方式要多,林下可燃物被掩埋在土壤深层,被分解者消耗小部分的碳,其他大部分转化为土壤碳,对增加森林碳汇的效果最为明显。

权衡 4 种方式的利弊,从森林防火的方面看 4 种管理方式的固碳效益,掩埋是最有利于提高森林固碳效益的管理模式,其次是计划烧除和绞碎覆盖碾压,最后是清理。

4 讨论

(1) 适当的、低强度的计划烧除可烧除林内枯枝落叶,减少可燃物积累,降低林地火险,预防森林火灾,还可促使凋落物变为林木生长发育所需的养分,促进维持森林群落的自我更新,提高森林固碳效益,增加森林碳汇。在林区做好计划烧除工作,可以有效阻隔林火的发展蔓延,起到预防森林火灾的作用,并且对减少林内可燃物、降低森林火险等级、促进林草更新、减少病虫害的发生等都有积极的意义。

(2) 清理林下可燃物虽然破坏了森林可燃物的连续分布,达到了预防森林火灾的目的,但是也切断了森林枯落物向森林土壤输入碳,不利于森林土壤碳储量的积累。

(3) 绞碎覆盖碾压可燃物破坏了可燃物的连续分布,在一定程度上达到了预防森林火灾的目的,但是这种方式并没有从根本上减少可燃物的载量,只是减少了可燃物接触空气的面积,一旦发生森林火灾,火强度不会降低,可能会发展为地下火,且不利于发现和扑救,加上可燃物长期积累会导致更大规模的森林火灾,造成更多的碳释放。

(4) 掩埋林下可燃物可以破坏森林可燃物的连续分布,达到预防森林火灾降低森林火险和森林火灾强度的目的,虽然破坏了土壤表层碳的转化环境和碳输入量,但是使得森林可燃物在土壤深层大量地转化并固定在深层土壤,这是最有效的增加土壤碳储量的森林防火管理方式,但是掩埋要花费大量的人力。

参考文献

[1] 李江. 中国主要森林群落林下土壤有机碳储量格局及其影响因子研究[D]. 雅安:四川农业大学,2008.

[2] WOODWELL G M, WHITTAKER R H, REINERS W A, et al. The biota and the world carbon budget[J]. *Science*, 1978, 199: 141 - 146.

[3] OLSON J S, WATTS J A, ALLISON L J. Carbon in Live Vegetation of Major World Ecosystems[R]. Report ORNL - 5862. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn, 1983: 15 - 25.

[4] POST W M, EMANUEL W R, ZINKE P J, et al. Soil Pools and World Life Zone[J]. *Nature*, 1982, 298: 156 - 159.

[5] 沈晓夫. 森林大火加速全球变暖[N]. 人民政协报, 2002 - 12 - 03(B01).

[6] 陈遐林. 华北主要森林类型的碳汇功能研究[D]. 北京:北京林业大学, 2004.

[7] VAZQUEZ A, MORENO J M. Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain) [J]. *Forest Ecology and Management*, 2001, 147: 55 - 65.

[8] 胡海清. 大兴安岭主要森林可燃物理化性质测定与分析[J]. *森林防火*, 1995, 44(1): 27 - 31.

[9] 姜乃准. 黑龙江省气候变化趋势对森林火灾影响的研究[J]. *森林防火*, 1995(3): 23 - 26.

[10] STEVEN R W. Is global warming causing more, larger wildfires? [J]. *Science*, 2006, 313(18): 927 - 928.

[11] FRASER R H, LI Z. Estimating fire - related parameters in boreal forest using SPOT VEGETATION[J]. *Remote Sens Environ*, 2002, 82: 95 - 110.

[12] 林德荣. 森林碳汇服务市场化研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2005.

[13] 涂慧萍, 陈世清, 陈建群. 对森林碳汇及试点的思考[J]. *林业资源管理*, 2004(6): 18 - 21.

[14] MENEILL J R, WINIWARTER V. Soil and trouble [J]. *Science*, 2004, 304: 1614 - 1615.

[15] LAL R. Forest soil and carbon sequestration[J]. *Forest Ecology & Management*, 2005, 220: 242 - 258.

[16] BARTEL P. Soil and carbon sequestration and its role in economic development: a donor perspective[J]. *Journal of Arid Environments*, 2004, 59: 643 - 644.

[17] 黄从德. 四川森林生态系统碳储量及其空间分异特征[D]. 雅安:四川农业大学, 2008.

[18] 杨淑香, 王立明. 北京十三陵林场公益林可燃物特征与经营[J]. *森林防火*, 2007(1): 14 - 17.

[19] 张小全, 武曙红, 何英, 等. 森林、林业活动与温室气体的减排增汇[J]. *林业科学*, 2005, 41(6): 150 - 156.

[20] CARTER M C, FOSTER C D. Prescribed burning and productivity in southern pine forests: a review[J]. *For Ecol Manage*, 2004, 191: 93 - 109.

[21] CONNELL A M. Litter dynamics in Karri (*Eucalyptus diversicolor*) forests of South - Western Australia [J]. *Journal of Ecology*, 1987, 75(3): 781 - 796.

[22] JUANITA M, GOULD J, MIGUEL C. Fuel dynamics and fire behaviour in Australian mallee and heath vegetation [J]. *The Fire Environment - Innovations* [J]. *Management And Policy*, 2007(3): 221 - 227.

[23] BAFID I A, CALDNG P C, IVE J R. Fire planing for wildfire management A decision support system for mudgee nature reserve [J]. *Australia International Journal of Wildland Fire*, 1994, 4(2): 107 - 122.

[24] MCCA W L, SMITH R H, NEAL J E. Prescribed burning of thinning slash in regrowth stands of Karri (*Eucalyptus diversicolor*). 1. Fire characteristics, fuel consumption and tree damage [J]. *Australia International Journal of Wildland Fire*, 1997, 7(1): 29 - 40.

[25] 段向阁, 刘利. 计划烧除对可燃物管理的影响[J]. *森林防火*, 1997(54): 25 - 27.

[26] 高长恩, 戴俊杰, 吴林杰. 如何在红松母树林内实施计划烧除[J]. *林业劳动安全*, 2000, 13(4): 28 - 29.

[27] 王金锡, 马志贵, 牟克华, 等. 云南松森林计划烧除试验研究之二[J]. *森林防火*, 1993(38): 3 - 7.

[28] 王金锡, 马志贵, 牟克华, 等. 云南松森林计划烧除试验研究之一[J]. *森林防火*, 1993(36): 9 - 13.

[29] 马志贵, 王金锡. 论云南松森林计划火烧三原则[J]. *四川林业科技*, 1992, 13(2): 45 - 49.

[30] 杨道贵, 马志贵, 王金锡, 等. 云南松森林计划烧除对林下植被的影响[J]. *四川林业科技*, 1997, 18(1): 18 - 28.

[31] 马志贵, 鄢武先, 杨道贵. 云南松计划烧除林地危险可燃物累积量动态及计划烧除周期探讨[J]. *四川林业科技*, 1998, 19(1): 23 - 28.

(上接第 9632 页)

[25] QIANG W M, HUA H N, FENG J, et al. Effects of Zinc Glycine Chelate on Oxidative Stress, Contents of Trace Elements, and Intestinal Morphology in Broilers[J]. *Biological Trace Element Research*, 2011, 142(3): 546 - 556.

[26] ZENG D S, GAO A Z H, HUANG X L, et al. Effect of taurine on lipid metabolism of broilers [J]. *Journal of Applied Animal Research*, 2012, 40(2): 86 - 89.

[27] 王芙蓉, 佟建明, 张晓鸣, 等. 牛磺酸对鹌鹑生产性能、免疫功能及抗氧化能力的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2011, 30(2): 190 - 193.

[28] 杨小然, 王安, 郭志杰. 牛磺酸对笼养蛋雏鸡生长性能、抗氧化功能及

免疫器官发育的影响[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(5): 807 - 812.

[29] 乔国华, 周学辉, 王晓力, 等. 几种中草药对绵羊瘤胃发酵、抗氧化功能 AAA, 和营养物质消化率的影响[J]. *中国饲料*, 2011(11): 13 - 16.

[30] 郑会超, 陆诚, 张高振, 等. 中草药添加剂对夏季奶牛产奶性能及血液氧化状态的影响[J]. *中国畜牧学杂志*, 2010(3): 7 - 11.

[31] 陈静, 朴钟云, 刘显军. 中草药饲料添加剂对早期断奶仔猪血清抗氧化指标的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 2010(4): 477 - 480.

[32] 张庆如, 李建国, 李新民, 等. 中草药饲料添加剂对奶牛免疫机能的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医杂志*, 2004(10): 22 - 24.

[33] 张庆如, 李建国, 李新民, 等. 中草药饲料添加剂对奶牛内分泌机能的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医杂志*, 2005(4): 54 - 55.