

大豆异黄酮在畜牧业生产中的应用及研究进展

刘春龙^{1,2}, 李忠秋³, 单安山²

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 黑龙江省黑土生态重点实验室, 哈尔滨 150081; 2. 东北农业大学, 哈尔滨 150030; 3. 黑龙江省农业科学院畜牧研究中心, 哈尔滨 150086)

摘要 近年来, 研究者对大豆异黄酮在畜禽生产上的应用效果进行了广泛研究, 发现其生物利用率高, 可调控动物机体养分代谢, 改善饲料利用率, 并具有抗氧化作用, 可改善动物产品品质, 提高动物免疫机能和生产性能等作用, 因此, 有必要对大豆异黄酮对家畜生产的作用及研究进展作以综述。

关键词 大豆异黄酮; 畜牧生产; 应用; 研究进展

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)06-0955-06

RESEARCH PROGRESS AND APPLICATION OF SOYBEAN ISOFLAVONE IN ANIMAL INDUSTRY

LIU Chun-long^{1,2}, LI Zhong-qiu², SHAN An-shan³

(1. Heilongjiang Key Laboratory of Black Soil Ecology, Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081; 2. Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 3. Animal Science Research Centre, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

Abstract The effect of soybean isoflavone in animal industry was researched extensively in recent years. It was found that the soybean isoflavone could adjust the nutrition metabolism, improve feed utilization level and have anti-oxidation effect, improve the quality of animal product, advance animal immunity and production level. The research progress and application of soybean isoflavone in animal industry was summarized.

Key words Soybean isoflavone; Animal industry; Application; Research progress

大豆及其制品由于富含优质的蛋白质和油脂等, 营养价值高, 一直是人类(尤其是亚洲国家)膳食中的主要组分之一, 其副产物豆粕是动物日粮的主要成分。随着研究水平的深入, 大豆及其制品中陆续发现大豆活性肽、大豆异黄酮、大豆磷脂、大豆皂甙和大豆低聚糖等许多生物活性物质。研究大豆中相应活性物质的组成, 功能及作用机制, 有利于深

入开发大豆产品及提高相应附加值提供理论依据和技术支撑。

大豆异黄酮(Soybean isoflavone)是一类从大豆中分离提取出的具有多酚结构混合物的统称, 是大豆生长过程中的一种次级代谢产物, 主要分布于大豆种子的子叶和胚轴中。研究表明, 大豆异黄酮属异黄酮植物雌激素(Phytoestrogen), 具有弱的雌激

收稿日期: 2007-04-24

基金项目: 黑龙江省青年科学基金(QC05C71); 哈尔滨市青年科技创新人才专项基金项目(2006RFQYN111)

作者简介: 刘春龙(1976-)男, 博士, 主要从事反刍动物营养方向的研究工作。E-mail: liuchunlong1976@163.com

通讯作者: 单安山, 教授, 博士生导师。E-mail: asshan@mail.neu.edu.cn

素双向调节作用,在医学上具有抗肿瘤、预防骨质疏松、抗氧化、抗溶血与保护血管等多种生理功能^[1-3];在植物上具有抗溶血、抗氧化、诱导大豆结瘤、抗病原菌生长等生理活性^[4],可作为植物体内保护性物质保护植物正常生长,抵制病虫害的发生^[5];在畜牧生产上,早在 20 世纪 40 年代,研究者注意到澳大利亚某些牧场中的绵羊生殖能力强,研究发现这是因为牧场中含有特殊的三叶草植物,其富含的芒柄花素可在绵羊瘤胃中酵解为大豆黄酮(Daidzein)。1974 年,匈牙利科学家首次将异黄酮类化合物用于饲料添加剂,20 世纪 80~90 年代又陆续有科学家研究发现异黄酮类化合物有促进动物生长和提高生产力的作用^[6]。目前大豆黄酮(Daidzein)和染料木素(Genistein)被认为是大豆异黄酮中最主要的两个有效成分,先后证明其在动物体生产中具有明显的生物活性,能显著地促进动物生长、提高蛋白质合成效率、减少腹脂沉积^[7]、改善畜禽胴体品质^[8]、改善繁殖性能、提高免疫力^[9]等生理作用,逐步成为研究热点,被认为是一种具有广阔应用前景的新型饲料添加剂^[10-12]。

1 对繁殖性能的影响

大豆异黄酮在结构上与哺乳动物的 17 β -雌二醇相似,具有雌激素的活性基团-二酚羟基,生物活性约相当于雌二醇的 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 倍,可与生物体内子宫或乳腺细胞的雌激素受体(ER)结合而表现为较弱的雌激素活性和抗雌激素活性的双重作用。异黄酮类植物雌激素与雌激素受体的结合试验表明,染料木素与雌激素受体结合力最强,大豆黄酮次之,芒柄花素最弱,皂苷异黄酮则没有亲和力,但有弱雌激素活性,其中染料木素活性最高的原因,可能与其在 A 环 C5 位多一个羟基有关^[13]。

众多学者报道了大豆异黄酮影响动物的繁殖机能。体外研究表明,雌激素能减少卵泡细胞退化萎缩,导致更多的卵泡成熟和排卵,因而潜在地增加了产仔数。大鼠饲喂高大豆异黄酮的饲料后能抑制子宫兴奋,防止自发性流产,大豆异黄酮对初情期日龄没有影响,但使发情周期稍有延长。根据体内雌激素浓度高低、受体数目、结合程度及使用剂量,大豆异黄酮会对机体雌激素活性呈现促进或拮抗作用^[14]。一般来说,异黄酮在内源性雌激素水平较低时表现为雌激素激动剂的作用,例如诱发发情或促

进乳腺发育;而当体内雌激素水平偏高时,它与雌激素受体结合后就表现出抗雌激素的作用。You 等^[15]试验表明,300 mg kg⁻¹染料木素饲料的日粮能使后代雌性仔鼠的阴门开张时间提早,而 800 mg kg⁻¹的日粮会表现出雌激素效应,引起持续发情,并且呈累积效应。

牧草中的植物异黄酮对动物的繁殖性能具有一定的负面影响。1940 年,澳大利亚西部的绵羊由于饲喂富含大豆异黄酮的三叶草而出现明显的不育症状,随后,有多种植物被发现含有激素类物质,动物饲喂这些植物,会影响其生殖能力,Lundh^[16]也报道了过量摄食大豆异黄酮丰富的豆科牧草对母畜产生的繁殖危害。另外,张荣庆等^[17]研究表明高剂量大豆黄酮(150 mg kg⁻¹ BW)明显抑制大鼠的胚胎着床,导致雌性大鼠性周期紊乱,间情期显著延长。研究发现,给新生大鼠饲喂染料木素可对青春期至成年期的雄鼠生殖系统,特别是输精管结构和功能造成一定程度的损害。通常情况下单胃动物不太可能接触过量的异黄酮化合物,而放牧的草食家畜由于放牧不当,采食含异黄酮较高的青草、青贮等饲料,吸收过量的异黄酮进而导致垂体和卵巢之间的正常激素调节紊乱,或者抑制垂体促性腺激素的分泌,可导致母畜暂时或永久性不孕。由于异黄酮在各种动物体内吸收代谢途径的差异和激素受体不同,各种动物对异黄酮的激素敏感性也不同,羊比牛要敏感,大量摄入异黄酮后,羊出现不育症状,而牛一般不易出现不育症状,猪对异黄酮的激素敏感性现在还不能确定,猪摄入大量异黄酮后,是否会影响到其生殖能力还有待于进一步研究。

2 对泌乳性能的影响

乳腺发育是动物泌乳生理过程的首要环节,主要受下丘脑、垂体神经内分泌系统的调控^[18]。研究发现反刍动物过量采食含有异黄酮的豆科牧草,非怀孕母羊和阉公羊的乳头增长,甚至导致泌乳的现象,可见大豆异黄酮具有促进乳腺发育和促进泌乳的作用^[17,19]。刘德义^[20]在奶牛日粮中添加 60 mg kg⁻¹的大豆异黄酮,结果极显著的提高了奶牛产奶量,这个结果与杨建英等^[21]以 20 mg kg⁻¹大豆黄酮日粮饲喂泌乳中期奶牛对产奶性能影响的结果一致。张荣庆^[17]研究表明,大豆黄酮能显著促进去卵巢或卵巢完整大鼠(40 日龄)的乳腺发育,表现为乳

腺重量和 DNA, RNA 含量显著提高, 明显提高血中 GH 和 PRL 含量, 同时受体分析结果表明, 大豆黄酮不仅明显提高大鼠乳腺、垂体和下丘脑胞浆雌二醇受体的数目和亲和力(除下丘脑亲和力下降例外), 还可提高乳腺孕酮受体的数目。体外受体竞争结合试验结果表明, 大豆黄酮与大鼠乳腺、垂体和下丘脑的胞浆雌二醇受体具有明显的竞争结合力。另外, 科研人员也在猪泌乳性能方面开展了一些研究, 张庆荣^[17]对妊娠母猪口服异黄酮的试验表明, 血清及初乳中生长激素(GH)和催乳素(PRL)含量极显著提高, 血及初乳中 GH 分别提高了 155.36% 和 53.87%, PRL 含量分别提高了 86.45% 和 219.08%。GH 可以通过调节物质代谢和营养成分在组织间的分配保证乳腺摄取丰富的营养、刺激肝脏(或其它器官)产生胰岛素样生长因子 IGFs, 作用于乳腺细胞的 IGFs 受体促进乳腺发育和泌乳的途径促进乳腺发育, 同时 PRL 可以直接作用于乳腺的 PRL 受体、上调雌二醇和孕酮受体、诱导肝脏产生催乳素协同因子 Synlactin 发挥促进乳腺发育和泌乳的作用; 刘根桃等^[19]对试验组母猪从分娩的第 1 天起在日粮中添加 5 mg kg⁻¹异黄酮植物雌激素至 45 d 断奶, 结果表明, 异黄酮植物雌激素可极显著地提高母猪泌乳量, 对仔猪前期生长有积极作用, 同时观察到试验组 9 头母猪中, 在哺乳期 28~35 d 期间有 5 头出现发情行为, 而对照组没有此现象。

大豆异黄酮促进乳腺发育的可能机制包括下列几个方面: 1) 直接作用于乳腺的雌二醇受体, 表现雌激素样的生物效应, 2) 增加乳腺细胞的雌、孕激素受体数目和亲和力; 3) 作用于下丘脑和垂体, 促进垂体 GH 和 PRL 分泌, 通过增加内源性 GH、PRL 水平, 发挥促进乳腺发育的作用。

3 对产蛋性能的影响

大豆异黄酮对鹌鹑、鸡、鸭的产蛋性能有良好的促进作用, 特别是产蛋后期, 产蛋鹌鹑饲喂大豆异黄酮后产蛋率提高, 延长了产蛋期。刘燕强和韩正康^[22]研究表明: 330 日龄罗曼蛋鸡随机均分为对照组(喂基础日粮)和试验组(基础日粮 + 3 mg kg⁻¹大豆异黄酮), 结果试验组产蛋率、蛋重和饲料转化率提高, 同时添喂大豆异黄酮使试验鸡血液中 T₃、T₄ 和孕酮水平均显著升高; Berry^[23]用 10 mg d⁻¹的染料木素处理小母鸡, 发现其可以促进小母鸡输卵管

生长, 由此推断染料木素对母鸡发挥了雌激素样作用, 并且影响禽类的繁殖; 朱建平^[24]在 56 周龄父母代樱桃谷肉种鸭日粮中添加不同水平的大豆黄酮, 观测大豆黄酮对肉种鸭的产蛋率、料蛋比、孵化率及卵巢发育等繁殖性能的影响, 结果在产蛋后期添加 4~6 mg kg⁻¹的大豆黄酮能明显提高种鸭的产蛋率、促进卵泡的发育, 能明显提高种母鸭的繁殖性能, 同时对其受精率结果分析表明, 大豆黄酮对种公鸭的精液质量没有负面影响, 分析饲料转化率和孵化率指标, 表明大豆黄酮能明显调控营养成分的有效利用、增强机体体质和促进机体发育; 马学会^[25]报道, 饲料中添加大豆黄酮可增加蛋壳厚度和蛋壳重, 降低破蛋率, 改善蛋壳品质, 尤其是添加 10 mg kg⁻¹时, 对蛋壳厚度和蛋壳重影响较大。由此说明大豆黄酮可能增加产蛋后期鸡对钙的吸收, 这与雌激素的活力可使血钙升高的机制是一致的。孟婷^[26]报道, 添加适量大豆黄酮后能够不同程度地改变产蛋后期产蛋鸡的部分内分泌激素水平, 大豆黄酮使血液雌激素水平降低, 同时, 瘦素和尿酸水平显著下降。

产蛋是禽类在神经内分泌系统调控下的复杂生理过程, 体内激素和营养因素对产蛋性能有显著影响。孕酮可刺激腺垂体释放促卵泡素和促黄体素释放, 加速卵泡成熟和排卵, 同时, 甲状腺素与产蛋性能有关, 与营养物质的消化、吸收和分配密切相关, 而且可促进十二指肠绒毛和十二指肠上皮的形成。大豆异黄酮提高产蛋鸡生产的机制, 一方面可能与其直接调控繁殖机能有关, 另一方面与其调控营养成分的有效利用率, 从而实现提高产蛋性能也有关系。

4 对生长性能的影响

目前对大豆异黄酮影响动物生长性能及胴体品质的作用效果存在不同的试验结果, 这与试验所涉及的动物的种类、性别、动物所处的不同生理时期、不同生长阶段以及大豆异黄酮的添加量、饲料结构等方面有关。多数研究结果趋于肯定: 即日粮中添喂低剂量大豆黄酮, 可提高蛋用鸡、鸭和鹌鹑的产蛋率和饲料利用率, 增加高邮鸭的采食量和日增重^[27-28]。刘哲洁等^[29]在 21 日龄雄性东北仔鹅日粮中添加 3 mg kg⁻¹大豆黄酮, 试验组比对照组增重提高 18.7%, 料重比对照组为 4.35, 试验组为 3.16。

王国杰等对 32 ~ 60 日龄雄性肉仔鸡添加 3 mg kg^{-1} 日粮,结果表明,试验组较对照组日增重、胸肌和腿肌均有提高^[30],这个结果在一定程度上说明大豆异黄酮的促肌肉生长作用是肌纤维的营养性肥大,蛋白质合成代谢加强,而不是加速细胞增殖的结果,同时,试验组血清尿素氮含量显著下降,说明蛋白质分解代谢下降,动物体内氮的积累增加。王利华等试验结果证实大豆异黄酮在降低肉鸡脂肪沉积方面有显著的效果,同时血清尿酸含量较空白对照组差异显著^[8],说明大豆异黄酮对蛋白质的积累有显著的效果。

在猪生长的相关研究中也有类似报道,韦习会等^[31]对大约克夏母猪和二花脸母猪分别按预产期不同间隔分成试验组和对照组,在试验组母猪妊娠 85 d 至产后 7 d 间,分别添加大豆异黄酮 8 mg kg^{-1} 和 5 mg kg^{-1} 基础日粮,结果表明 20、28 及 45 日龄大约克夏仔猪个体重和窝重,试验组比对照组分均有显著提高。

在反刍动物方面,有关大豆异黄酮影响肉牛、肉羊生长性能的报道国内尚未见报道,仅见一些有关瘤胃发酵的影响。杨国宇等^[32]的研究表明,水牛经十二指肠瘘管灌注大豆黄酮后,可使血液睾酮水平上升,同时提高瘤胃微生物蛋白(MCP),总挥发性脂肪酸(TVFA)和氨氮水平,而各酸比例没有明显变化。由此可以推断大豆黄酮可能通过升高血液和瘤胃液的睾酮水平,强化了瘤胃微生物的代谢活动,在一定程度上有可能改善反刍动物的生长性能。饲料中的异黄酮植物雌激素一方面可能直接影响瘤胃微生物的主要消化酶活性,从而对瘤胃消化代谢发挥调控作用;另一方面,也可能经过瘤胃内微生物的代谢作用由胃肠道进入血液循环血流,通过体内内分泌水平变化间接影响机体的生理机能。

一般认为大豆异黄酮的促生长作用具有性别差异,对雄性动物的促生长作用明显。郭晓红等^[33]分别在肉仔鸡日粮中添加大豆黄酮 5、10、15 mg kg^{-1} ,结果表明,添加大豆异黄酮可显著增加肉公鸡的平均体增重、饲料效率及平均日采食量,但对肉母鸡生产性能则无显著影响。国内外相关的研究表明,异黄酮类对动物生理生化指标和生产性能的影响主要有以下几点:提高饲料转化率,促进动物生长,明显提高公鸡、大鼠、猪及雄性牛羊等动物血清睾酮水平,达到促进生长的目的。

关于大豆异黄酮的促生长作用机制,韩正康认

为可能是大豆异黄酮的弱雌激素能与下丘脑、垂体等的受体不同程度地结合,影响动物神经内分泌系统,促进雄性动物的睾酮生成和释放增强;同时,也影响其生长轴,使垂体的生长激素(GH)生成和释放增加,刺激 GH-R 和 IGF-I 生成^[14]。大豆异黄酮既能提高 GH 水平,也能促进 GH-R 的发育,从而使 IGF-I 水平显著增高。而其对肌肉组织强大有增长作用,致使动物生长加速。

5 对机体抗氧化及抗自由基作用的影响

大豆异黄酮的苷元,尤其是主要活性成分染料木素和大豆黄酮具有多酚羟基结构,此结构是二者具有抗氧化性的关键。其中染料木素 7 位羟基上的氧原子同时受苯环上的大 π 键的 P - π 共振效应,又受到其对位,即 10 位上的吸电子基团 - 羟基的诱导效应,这两种效应同作用的结果,使得这个氧原子上的电子云向大 π 键方向转移,对氢原子的吸引力相对减弱很多,因此这个酚羟基上的氢原子就容易在外来吸引力的作用下与氢原子脱离,形成氢离子,发挥还原效应。

大豆异黄酮抗氧化作用首先是依靠本身的特殊结构清除活性氧自由基,预防脂质过氧化的产生和阻断脂质过氧化的链式反应。其次,还可以诱导机体器官或细胞的抗氧化酶活性增高。庄颖等^[34]以喂养高胆固醇饲料造成高脂血症(HC)的大鼠为研究对象,观察大豆异黄酮对大鼠体内过氧化状态的影响,结果表明,高剂量大豆异黄酮对进食高脂饲料引起的体内脂质过氧化物升高具有拮抗作用,能够改善高脂所致体内异常的过氧化状态,减轻对机体的过氧化损伤。闫祥华等^[35]在 Fe^{2+} 诱导亚油酸脂质过氧化体系中用电子自旋共振波谱法和比色法检测体系中脂质自由基、硫代巴比妥酸反应物质(TBARs),结果显示,无论在脂质过氧化启动前还是启动后向体系中加入 5 ~ 200 μmol 大豆异黄酮均显著抑制 TBARS 的生成,大豆异黄酮的作用特点类似 α -维生素 E,只是作用强度弱一些,5 ~ 200 μmol 大豆异黄酮时脂质过氧化体系中产生的脂质自由基具有显著的清除效果,此作用随大豆异黄酮浓度升高而增强。Breinholt^[36]用大豆异黄酮对小鼠过氧化损伤模型进行干预,结果发现:大豆异黄酮对小鼠红

细胞、肝脏和心肌的 SOD 活性及心肌和肝脏的 GSH-PX 活性均显著提高,同时心肌细胞的病理损伤也明显减轻。

6 对机体免疫水平的影响

Wang^[37] 试验发现,大豆黄酮与染料木素对免疫系统(尤其是 T 淋巴细胞)的雌激素受体有相似的亲和力,大豆黄酮能显著促进脾淋巴细胞及其 IL-2 和 IL-3 的产生,而相同剂量的染料木素却没有显著影响。张荣庆和韩正康^[38] 研究了异黄酮植物雌激素对小鼠免疫功能的影响时发现,每天给小鼠灌服异黄酮植物雌激素芒柄花素或大豆黄酮 20 mg kg⁻¹ 连续 7 d,可显著提高正常小鼠胸腺重量和腹腔巨噬细胞吞噬功能,提高空斑形成细胞的溶血能力和外周血 T 淋巴细胞百分率。张荣庆等^[17] 在母猪的试验中又进一步发现母猪妊娠后期连续饲喂 5 mg kg⁻¹ 大豆异黄酮,不但可明显提高母猪对猪瘟疫苗的特性免疫反应。体外培养脾淋巴细胞发现,大豆黄酮能显著提高刀豆素 A (ConA) 或脂多糖 (LPS) 诱导脾淋巴细胞的增殖反应,并促进 T 淋巴细胞产生 IL-1 和 IL-2。对小鼠的实验研究表明,芒柄花素和异黄酮均能明显提高腹腔巨噬细胞的吞噬功能和空斑形成细胞 (PFC) 的溶血能力,提高胸腺重量和外周血 T 淋巴细胞总数,促进植物血凝素 (PHA) 诱导的外周血淋巴细胞转化。细胞免疫中的主要效应细胞是 T 细胞、NK 细胞及 K 细胞,可通过对外周血淋巴细胞酸性 α -醋酸萘酯酶 (ANAE) 测定和淋巴细胞转化来评价。研究表明,大豆黄酮等植物雌激素可促进和诱导淋巴细胞的转化与增殖,维护淋巴细胞的生长,使其 ANAE 阳性率显著提高。张响英等^[39] 研究了耳后皮下注射乳化后的大豆黄酮 0.5 mg kg⁻¹ 大豆黄酮对仔公猪细胞免疫功能的影响,试验发现红细胞 (RBC),白细胞 (WBC) 均照对照组有显著提高。

大豆异黄酮类雌激素不仅对机体的细胞免疫、体液免疫和非特异性免疫功能有影响,还能通过直接作用于免疫器官(胸腺和脾脏)或各种免疫细胞上的雌激素受体,调节垂体生长激素 (GH) 和催乳素 (PRL) 的分泌,通过 GH 和 PRL 促进胸腺上皮组织合成和分泌胸腺素,间接调节免疫功能;同时降低体内生长抑素 (SS) 含量,解除 SS 对免疫细胞的抑制作用,进而提高动物的免疫机能。

7 结语

综上,大豆异黄酮具有广泛的生物活性,可促进动物乳腺的发育、增加泌乳量、促进胎儿的发育、提高仔畜的初生重和育成率、加速畜禽的生长、提高生产性能等多种功能,在畜牧生产上具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] Teede H J, Dalais F S, Kotsopoulos D, et al. Dietary soy has both beneficial and potentially adverse cardiovascular effects: a placebo controlled study in men and postmenopausal women [J]. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2001, 86: 3053 - 3060.
- [2] Lee-Jane W L, Karl E A, James J G, et al. Decreased ovarian hormones during a soy diet: implications for breast cancer prevention [J]. *Cancer Research*, 2001, 60: 4112 - 4121.
- [3] Watanabe S, Uesugi S, Kikuchi Y. Isoflavones for prevention of cancer, cardiovascular diseases, gynecological problems and possible immune potentiation [J]. *Biomed Pharmacother*, 2002, 56 (6): 302 - 312.
- [4] Kossiac R M, Bookland R, Barketi T, et al. Isolation of *Bradyrhizobium japonicum* common nod genes by isoflavones isolated from *Glycine max* [J]. *Proc Natl Academic Science*, 1987, 84: 7428 - 7432.
- [5] Graham T L. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seedling tissues and in seed and root exudates [J]. *Plant Physiology*, 1991, 95: 594 - 603.
- [6] 屈健. 异黄酮类化合物的生物学功能及其在养殖业中的应用 [J]. *兽药与饲料添加剂*, 2002, 7(4): 18 - 20.
- [7] 刘燕强, 韩正康. 异黄酮植物雌激素-大豆黄酮对产蛋鸡生产性能及其血液中几种激素水平的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 1998, 34(4): 9 - 10.
- [8] 王利华, 王光. 大豆异黄酮对肉鸡生产性能和胴体品质的影响 [J]. *饲料工业*, 2006, 27: 30 - 31.
- [9] 张荣庆, 韩正康, 陈杰, 等. 大豆黄酮对母猪免疫功能和血清及初乳中 GH、PRL、SS 水平的影响 [J]. *动物学报*, 1995, 41 (2): 202 - 206.
- [10] 杨玉凤, 李小玲, 刘剑霞. 饲料添加剂中的抗生素替代品 [J]. *当代畜禽养殖业*, 2005, 1: 38 - 39.
- [11] 尤明珍, 张力, 田青, 等. 大豆黄酮的生理功能及其在水禽生产中的应用 [J]. *中国家禽*, 2006, 28(24): 44 - 46.
- [12] 张平, 王珍喜. 大豆黄酮的动物营养作用研究概述 [J]. *贵州畜牧兽医*, 2006, 30(6): 7 - 9.
- [13] Draper C R, Edell M J, Dick I M, et al. Phytoestrogens reduce bone loss and bone resorption in oophorectomized rats [J]. *Journal of Nutrition*, 1997, 127: 1795 - 1799.
- [14] 韩正康, 王国杰. 异黄酮植物雌激素: 反刍动物营养生物学发

- 展与应用前景[J]. 动物营养学报,1999,11(增):65-68.
- [15] You L, Casanova M, Bartolucci E J, et al. Combined effects of dietary phytoestrogen and synthetic endocrine-active compound on reproductive development in Sprague-Dawley rats: genistein and methoxychlor[J]. Toxicol Science, 2002, 66(1):91-104.
- [16] Lundh T. Metabolism of estrogenic isoflavones in domestic animal[J]. Proc Soc Exp Biomed, 1995, 208(1):33-39.
- [17] 张荣庆, 韩正康, 陈杰, 等. 大豆黄酮促进妊娠大鼠乳腺发育和泌乳的实验研究[J]. 动物学报, 1995, 41(4):414-418.
- [18] Tucker H A. Physiologica control of mammary growth, lactogenesis and lactation[J]. Journal of Dairy Science, 1981, 64: 1403-1421.
- [19] 刘根桃, 陈杰, 韩正康. 异黄酮植物雌激素对哺乳母猪作用研究[J]. 畜牧与兽医, 1997, 29(1):5-7.
- [20] 刘德义, 周玉传, 陆天水, 等. 大豆黄酮对奶牛产奶量和乳脂率及饲料转化率的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2004, 40(4):31-32.
- [21] 杨建英, 张勇法. 大豆黄酮对奶牛产奶量和乳中常规成分的影响[J]. 饲料研究, 2005, 6:30-31.
- [22] 刘燕强, 韩正康. 异黄酮植物雌激素-大豆黄酮对产蛋鸡生产性能及其血液中几种激素水平的影响[J]. 中国畜牧杂志, 1998, 34(4):9-10.
- [23] Berry W D, Zhang X, Liu P, et al. Chick oviduct growth in response to genistein [J]. Poultry Science, 1999, 78 (suppl):113.
- [24] 朱建平, 戴林坤, 伯绍军, 等. 大豆黄酮对樱桃谷肉种鸭生产性能的影响[J]. 饲料工业, 2002, 23(1):34-35.
- [25] 马学会, 武现军, 倪耀娣, 等. 大豆黄酮对产蛋鸡蛋壳品质和骨骼代谢的影响[J]. 饲料工业, 2004, 25(7):32-34.
- [26] 孟婷, 韩正康, 王国杰, 等. 日粮中添加大豆黄酮对产蛋鸡血清生理生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2004, 16(4):30-32.
- [27] 周玉传, 卢立志. 大豆黄酮对产蛋后期绍兴鸭生产性能及血清中一些激素水平的影响[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(1):73-76.
- [28] 赵茹茜, 周玉传, 徐银学, 等. 大豆黄酮对高邮鸭增重及血清某些激素水平和垂体 GH-mRNA 表达的影响[J]. 农业生物技术学报, 2002, 10(2):176-179.
- [29] 刘哲洁, 马海田. 日粮添加大豆黄酮对东北仔鹅脂肪代谢的影响[J]. 中国饲料, 2003, 9:12-14.
- [30] 王国杰, 韩正康, 陈伟华. 大豆黄酮对肉鸡生长的影响及其作用机制研究[J]. 广东畜牧兽医科技, 1994, 19(3):4-6.
- [31] 韦习会, 夏东, 陈杰, 等. 饲喂大豆异黄酮对母猪繁殖性能及哺乳仔猪生长的影响[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(1):51-54.
- [32] 杨国宇. IFV-D 对反刍动物内源性睾酮水平及瘤胃消化代谢的影响. 畜禽优质高产生物调控研讨会论文摘要汇编[C], 中国畜牧兽医学会动物生理生化分会, 河北昌黎, 1994, 29.
- [33] 庄颖, 赵红, 张玉媛, 等. 大豆黄酮对肉仔鸡产生性能的影响[J]. 蚌埠医学院学报, 2004, 33(2):29-31.
- [34] 庄颖, 赵红, 张玉媛, 等. 大豆异黄酮对大鼠血脂和抗脂质过氧化作用的探讨[J]. 蚌埠医学院学报, 2004, 29(2):113-115.
- [35] 闫祥华, 顾景范, 孙存善, 等. 大豆异黄酮抗脂质过氧化作用及其机制初探[J]. 解放军预防医学杂志, 2000, 18(1):14-17.
- [36] Breinholt V, Lauridsen S T, Dragsted L O. Differential effects of dietary flavonoids on drug metabolizing and antioxidant enzymes in female rat[J]. Xenobiotica, 1990, 29(12):1227-1240.
- [37] Wang J, Han Z K. Effects of daidzein on muscle growth and some hormone levels in rats. Second international symposium on the role of soy in preventing and treating chronic disease[C]. Brussels Belgium, 1996, 15-18.
- [38] 张荣庆, 韩正康. 异黄酮植物雌激素对小鼠免疫功能的影响[J]. 南京农业大学学报, 1993, 16(2):64-68.
- [39] 张响英, 王根林. 大豆黄酮对仔猪细胞免疫功能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2005, 1:31-32.