

大豆黄酮对妊娠母猪繁殖性能、血清激素含量、抗氧化能力及免疫机能的影响

张琦琦¹ 李延² 陈代文¹ 余冰¹ 黄志清¹ 郑萍¹

虞洁¹ 罗玉衡¹ 毛湘冰¹ 罗钧秋¹ 何军^{1*}

(1.四川农业大学动物营养研究所,成都 611130;2.四川君正生物饲料有限公司,成都 611130)

摘要: 本试验旨在探究饲料中添加大豆黄酮(DA)对妊娠母猪繁殖性能、血清激素含量、抗氧化能力及免疫机能的影响。选取3~5胎、体重相近的长×大二元母猪40头,受孕后随机分为2组,分别为对照组(基础饲料)和大豆黄酮组(基础饲料+200 mg/kg DA),每组20个重复,每个重复1头母猪。试验期114 d。结果表明:与对照组相比,1)饲料中添加DA显著增加仔猪的初生窝重和窝健仔数($P<0.05$),而窝总仔数、窝活仔数及仔猪初生个体重均无显著差异($P>0.05$)。2)饲料中添加DA极显著增加妊娠85 d母猪的血清孕酮(P)和胰岛素样生长因子-1(IGF-1)含量($P<0.01$),显著增加妊娠35和85 d的血清雌激素(E)和瘦素(LEP)含量($P<0.05$)。3)饲料中添加DA极显著或显著增加妊娠35和85 d母猪的血清免疫球蛋白G(IgG)含量($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。4)饲料中添加DA极显著增加妊娠35和85 d母猪的血清超氧化物歧化酶(SOD)活性($P<0.01$),显著增加妊娠85 d的血清总抗氧化能力(T-AOC)($P<0.05$)。综上所述,饲料中添加DA可改善妊娠母猪的繁殖性能,调节血清繁殖激素水平,增强机体抗氧化能力和免疫机能。

关键词: 大豆黄酮;母猪;繁殖性能;抗氧化;免疫

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)10-4710-07

母猪的繁殖效率与养猪生产效益密切相关。随着国内养猪业的快速发展,国外优良品种的持续引进和利用,我国母猪生产水平有了较大提升,但随之而来的母猪繁殖障碍问题日益突出,已经成为提高养猪经济效益的瓶颈。因此,如何有效改善母猪的繁殖性能是提高猪场效益、确保养猪生产可持续发展的重大需求。

哺乳动物的繁殖活动受体内神经内分泌系统的严格调控,从生殖细胞的形成到胚胎的发生与成熟,每一步都在体内众多激素[如雌激素(E)、促卵泡素、促黄体素等]的调控下发生。其中,由卵巢和胎盘分泌的E在动物的繁殖周期中发挥着

重要作用。E不仅能够刺激胎盘的发育,为胎儿的生长创造有利条件,而且能够防止黄体溶解,有利于妊娠的维持,并促进分娩机制的启动^[1]。此外,E能与催乳素相互协调而促进乳腺发育并泌乳^[1]。当动物处于空怀期时,体内较高水平的E能够促进动物发情并排卵^[1]。生产实践表明,母猪在3~5胎时繁殖性能达到高峰,但随着胎龄的增加繁殖性能逐渐下降,其中E分泌不足是导致上述变化的重要因素之一。

研究发现,给动物补充适宜剂量的植物E,如染料木黄酮、大豆黄酮(daidzein, DA)等均能改善动物的繁殖性能^[2-3]。DA是一种主要存在于豆

收稿日期:2019-03-29

基金项目:四川省重大科技专项“安全高效生物饲料技术体系建设及集成应用”(18ZDZX0048)

作者简介:张琦琦(1993—),女,陕西延安人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: qqzhang6699@163.com

* 通信作者:何军,教授,博士生导师,E-mail: hejun8067@163.com

类、牧草和谷物中的异黄酮类,具有类似哺乳动物 E 的结构,因此能与体内 E 受体结合发挥 E 样或抗 E 样活性^[4]。目前,有关 DA 对动物繁殖性能的影响已有大量报道,但大部分研究仍集中在 DA 对动物繁殖性能的表现评价上,有关其作用机理尚不清楚;此外,针对不同动物所处的不同生理阶段,其作用效果也不一致。因此,本试验拟通过在饲料中添加 DA,研究其对妊娠母猪繁殖性能、血清激素含量、抗氧化能力及免疫机能的影响,旨在为 DA 的生理功能研究积累资料,为改善母猪的繁殖性能提供可靠参考数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

DA 纯度为 10%,由四川君正生物饲料有限公

司提供。

1.2 试验设计与试验饲料

试验于四川省广元市旺苍县罗氏牧业有限公司种畜场进行,采用单因子设计,选取 3~5 胎、体况良好、体重相近的长×大二元母猪 40 头,受孕后随机分为 2 组,分别为对照组(基础饲料)和 DA 组(基础饲料+200 mg/kg DA),每组 20 个重复,每个重复 1 头母猪。试验期 114 d。对照组妊娠母猪饲喂玉米-豆粕型基础饲料,DA 组则用等量的 DA 替代对照组饲料中的玉米。基础饲料配制参考 NRC(2012)妊娠母猪的营养需要,其组成及营养水平见表 1。所有饲料均为粉料,不含抗生素。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

%

项目 Items	妊娠前期 Early gestation	妊娠后期 Later gestation
原料 Ingredients		
玉米 Corn	61.35	65.30
豆粕 Soybean meal (44.2% CP)	13.20	19.25
麦麸 Wheat bran	18.80	6.75
鱼粉 Fish meal	1.50	3.00
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.50	1.70
碳酸钙 CaCO ₃	0.95	1.00
食盐 NaCl	0.50	0.60
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl	0.20	0.40
维生素和微量元素预混料 Vitamin and trace element premix ¹⁾	2.00	2.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
消化能 DE/(MJ/kg)	12.55	13.10
粗蛋白质 CP	14.51	16.89
赖氨酸 Lys	0.61	1.08
钙 Ca	0.95	1.09
总磷 TP	0.81	0.84
有效磷 AP	0.53	0.61

¹⁾维生素和微量元素预混料为每千克饲料提供 Vitamin and trace element premix provided the following per kg of diets: VA 11 023 IU, VD₃ 1 653 IU, VE 44 IU, VK 4.4 mg, VB₆ 6 mg, VB₁₂ 40 μg, 烟酸 nicotinic acid 55 mg, 泛酸 pantothenic acid 33 mg, 叶酸 folic acid 9.9 mg, 生物素 biotin 0.22 mg, 氯化胆碱 choline chloride 550 mg, Cu (as copper sulfate) 30 mg, Fe (as ferrous sulfate) 165 mg, I (as potassium iodate) 3.0 mg, Zn (as zinc oxide) 165 mg, Mn (as manganese sulfate) 40 mg, Se (as sodium selenite) 0.25 mg。

²⁾营养水平为计算值,参照中国饲料原料数据库提供的数值进行计算。Nutrient levels were calculated values calculated by the values in Chinese feed database.

1.3 饲养管理

饲养管理和免疫程序均按照猪场饲养管理标准执行,猪舍保持通风透气,干燥清洁,舍内温度控制在 20~25 ℃。试验期间每天观察母猪的健康状况、采食情况,于每天 07:00 和 15:00 进行喂料,妊娠 1~35 d 饲喂妊娠前期料 2.0 kg/d,妊娠 36~85 d 饲喂妊娠前期料 2.6 kg/d,妊娠 86 d 至分娩饲喂妊娠后期料 3.2 kg/d,自由饮水。试验母猪配种完毕后,立即由配种舍转到妊娠舍,单栏饲养于限位栏,在预产期前 1 周将妊娠母猪转入分娩舍。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 繁殖性能

妊娠母猪自然分娩后 12 h 内,记录其繁殖性能指标:窝总仔数、窝活仔数、窝死胎数、窝木乃伊数、窝弱仔数、窝健仔数、初生窝重、初生个体重。

1.4.2 血清生化指标

于妊娠 35 和 85 d 每组各选取 6 头母猪进行耳缘静脉采血,室温静置 30 min 后 3 500 r/min 离心 15 min,制备血清,分别检测妊娠 35、85 d 的血清 E、孕酮(P)、瘦素(LEP)、胰岛素样生长因子-1(IGF-1)、免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)、葡萄糖(GLU)、甘油三酯(TG)、总胆固醇

(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量,总抗氧化能力(T-AOC),超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性及丙二醛(MDA)含量。测定血清激素和免疫指标所用试剂盒购自上海酶联生物科技有限公司,测定血清抗氧化和代谢相关指标所用试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.5 数据统计与分析

使用 Excel 2007 对所有试验数据进行初步整理,所有测定结果以每头母猪为统计单位,采用 SPSS 20.0 软件进行独立样本 *t* 检验,结果以平均值±标准差表示,以 $P<0.05$ 为差异显著判断标准, $P<0.01$ 为差异极显著判断标准。

2 结果

2.1 DA 对妊娠母猪繁殖性能的影响

如表 2 所示,与对照组相比,DA 组仔猪的初生窝重和窝健仔数显著增加 ($P<0.05$),初生个体重无显著差异 ($P>0.05$);窝总仔数增加 1.17 头,窝活仔数增加 1.50 头,但差异均未达到显著水平 ($P>0.05$)。

表 2 DA 对妊娠母猪繁殖性能的影响

Table 2 Effects of DA on reproductive performance of pregnant sows

项目 Items	对照组 Control group	大豆黄酮组 DA group	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
窝活仔数 Number of live piglets per litter/头	10.50±1.52	12.00±2.19	0.198
窝死胎、木乃伊数 Number of stillborn and mummified piglets per litter/头	0.83±0.41	0.50±0.84	0.401
窝弱仔数 Number of weak piglets per litter/头	1.00±1.26	0.83±1.17	0.780
窝健仔数 Number of viable piglets per litter/头	9.50±1.05 ^a	11.17±1.17 ^b	0.027
窝总仔数 Number of total piglets per litter/头	11.33±1.21	12.50±2.17	0.277
初生窝重 Weight of piglets birth per litter/kg	13.04±2.22 ^a	16.54±1.90 ^b	0.015
初生个体重 Weight of individual piglets/kg	1.25±0.18	1.40±0.20	0.195

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$),无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。

In the same row, values with small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P<0.01$), while with no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 DA 对妊娠母猪血清生化指标的影响

2.2.1 DA 对妊娠母猪血清激素含量的影响

如表 3 所示,与对照组相比,DA 组妊娠 85 d

母猪的血清 P 和 IGF-1 含量极显著增加 ($P<0.01$),妊娠 35 和 85 d 的血清 E 和 LEP 含量显著增加 ($P<0.05$)。

表 3 DA 对妊娠母猪血清激素含量的影响

Table 3 Effects of DA on serum hormone contents of pregnant sows

项目 Items	对照组 Control group	大豆黄酮组 DA group	P 值 P-value
妊娠 35 d Day 35 of gestation			
雌激素 E/(pmol/L)	133.26±23.64 ^a	167.47±24.99 ^b	0.035
孕酮 P/(pmol/L)	2 850.18±314.14	2 967.24±246.01	0.489
瘦素 LEP/(ng/mL)	1 538.36±194.14 ^a	1 838.49±264.31 ^b	0.049
胰岛素样生长因子-1 IGF-1/(μg/L)	7.83±1.10	8.35±1.11	0.429
妊娠 85 d Day 85 of gestation			
雌激素 E/(pmol/L)	141.91±21.07 ^a	165.85±15.62 ^b	0.049
孕酮 P/(pmol/L)	2 691.88±230.66 ^A	3 095.45±136.10 ^B	<0.010
瘦素 LEP/(ng/mL)	1 505.48±162.85 ^a	1 788.10±208.82 ^b	0.026
胰岛素样生长因子-1 IGF-1/(μg/L)	6.89±0.30 ^A	8.72±0.69 ^B	<0.010

2.2.2 DA 对妊娠母猪血清免疫球蛋白含量的影响

母猪的血清 IgG 含量极显著增加 ($P<0.01$), 妊娠 85 d 的血清 IgG 含量显著增加 ($P<0.05$)。

如表 4 所示, 与对照组相比, DA 组妊娠 35 d

表 4 DA 对妊娠母猪血清免疫球蛋白含量的影响

Table 4 Effects of DA on serum immunoglobulin contents of pregnant sows

项目 Items	对照组 Control group	大豆黄酮组 DA group	P 值 P-value
妊娠 35 d Day 35 of gestation			
免疫球蛋白 A IgA	28.92±6.18	28.11±4.84	0.806
免疫球蛋白 G IgG	310.15±16.93 ^A	424.28±20.63 ^B	<0.010
妊娠 85 d Day 85 of gestation			
免疫球蛋白 A IgA	31.00±6.42	33.75±4.74	0.418
免疫球蛋白 G IgG	273.00±42.02 ^a	377.94±87.92 ^b	0.033

2.2.3 DA 对妊娠母猪血清抗氧化和代谢相关指标的影响

如表 5 所示, 与对照组相比, DA 组妊娠 35 和 85 d 母猪的血清 SOD 活性极显著增加 ($P<0.01$), 妊娠 85 d 的血清 T-AOC 显著增加 ($P<0.05$); 而血清代谢相关指标无显著差异 ($P>0.05$)。

3 讨论

研究表明, DA 作为一种植物 E 具有改善动物繁殖性能的功效。刘根桃等^[3]研究发现, 于母猪分娩前 30 d 到产后 7 d 在饲料中添加 0.005 mg/kg DA, 可显著增加仔猪的初生窝重和出生后 20 d 窝重。王银钱等^[5]研究发现, 于母猪发情期和妊娠晚期在饲料中添加 6 mg/kg DA, 母猪的产仔数有增加趋势。本试验中, 饲料中添加

DA 可显著增加仔猪的初生窝重和窝健仔数, 与前人研究结果相一致。与对照组相比, DA 组的窝总仔数 (12.50 vs. 11.33) 和窝活仔数 (12.00 vs. 10.50) 也均有增加, 但未达到显著水平。Ren 等^[6]研究报道, 于母猪妊娠 85 d 开始在饲料中添加 8 mg/kg DA, 雄性仔猪的初生重显著增加。Rehfeldt 等^[7]于母猪妊娠 85 d 到分娩在饲料中添加 DA, 发现母猪的产仔数、仔猪的窝重和初生重均有增加, 但差异不显著。刘杰等^[8]研究发现, 于母猪妊娠 74 d 到哺乳期在饲料中添加 15 mg/kg DA, 并没有对母猪的繁殖性能产生显著影响。以上结果的差异可能是由于受试母猪的品种、受试时间、受试方式、母猪所处的生理阶段及 DA 添加剂量的不同所导致。目前认为 DA 对动物繁殖性能的调控作用主要与其具有 E 活性、调节神经内

分泌系统性腺轴促性腺激素的分泌有关^[9],但确切机制仍不清楚,需要进一步研究。

表5 DA对妊娠母猪血清抗氧化和代谢相关指标的影响

Table 5 Effects of DA on serum antioxidant, related-metabolism indexes of pregnant sows

项目 Items	对照组 Control group	大豆黄酮组 DA group	P值 P-value
妊娠 35 d Day 35 of gestation			
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	6.65±2.34	7.22±2.21	0.676
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	59.52±3.16 ^A	66.04±3.69 ^B	<0.010
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	10.62±3.52	12.61±4.35	0.402
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	1 139.48±133.49	1 239.69±229.07	0.376
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	4.07±0.86	4.84±1.23	0.238
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	4.61±0.25	4.79±0.23	0.246
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.35±0.18	0.37±0.15	0.825
总胆固醇 TC/(mmol/L)	2.85±0.49	2.78±0.62	0.823
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	1.80±0.22	1.88±0.39	0.682
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	1.28±0.13	1.20±0.12	0.293
妊娠 85 d Day 85 of gestation			
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	5.30±1.07 ^a	7.57±2.08 ^b	0.039
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	62.00±4.52 ^A	71.34±4.68 ^B	<0.010
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	17.65±2.66	18.97±4.40	0.543
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	1 322.35±181.92	1 461.97±211.66	0.249
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	3.60±0.71	2.94±0.63	0.118
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	4.59±0.35	4.88±0.50	0.275
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.57±0.16	0.69±0.11	0.160
总胆固醇 TC/(mmol/L)	3.67±0.59	3.75±0.68	0.819
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/(mmol/L)	1.18±0.37	1.42±0.27	0.235
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C/(mmol/L)	1.05±0.44	1.27±0.35	0.373

研究表明,DA可通过与体内E受体竞争性结合,影响下丘脑-垂体-性腺轴,从而改变内源性激素水平,并进一步调控生殖功能^[10]。对处于妊娠期的哺乳动物来说,P是建立和维持妊娠的关键,其功能主要是支持排卵和刺激子宫及乳腺的发育^[11]。而E不仅在维持妊娠过程中起着重要作用,而且参与胚胎的着床过程^[12]。本研究中,饲料中添加DA可显著增加妊娠85d母猪的血清P含量、妊娠35和85d的血清E含量,这表明DA改善母猪的繁殖性能与体内较高的激素水平有关。IGF-1在控制机体生长发育方面起着非常重要的作用^[13]。研究指出,外源性E可以刺激组织和细胞生长^[14]。本研究中,饲料中添加DA可显著增加妊娠85d母猪的血清IGF-1含量,这与饲料中添加DA可提高小公牛的血清生长激素(GH)和IGF-1含量的研究结果^[15]相一致。Wang等^[16]报道也指出,给雄性仔猪肌肉注射DA能够提高其血

清IGF-1含量。导致这些结果的确切机制仍不清楚,但可能与DA具有E活性、调节生长轴功能有关^[6]。此外,LEP也被证实在调节胚胎发育和着床中发挥着重要作用^[17]。本试验中,DA组妊娠35和85d母猪的血清LEP含量显著升高。

机体的免疫反应与动物健康密切相关,测定血清免疫球蛋白含量是最常用的评价机体免疫功能的方法之一。本试验结果表明,DA组妊娠35和85d母猪的血清IgG含量较对照组显著升高,这说明饲料中添加适量DA对增强母猪的免疫功能有重要作用。Zhao等^[15]研究表明,饲料中添加不同剂量的DA可显著增强小公牛的血清IgG和IgM含量。张响英等^[18]给仔公猪按每千克体重注射0.5mg/kg DA后,发现仔猪的胸腺和脾脏重量显著增加。谷子林等^[19]报道也表明,饲料中添加DA可提高蛋鸡的脾脏指数和新城疫血凝抑制(ND-HI)抗体水平。本试验结果与前人研究结果

一致,虽然 DA 影响血清免疫球蛋白含量的机制尚不清楚,但现有证据表明 DA 可能刺激抗体生成细胞(如淋巴细胞)数量的增加或活化^[20]。

本研究还发现,饲料中添加 DA 可显著增加妊娠 35 和 85 d 母猪的血清 SOD 活性,妊娠 85 d 的血清 T-AOC 也显著增加,说明 DA 可增强母猪的抗氧化能力。Zhao 等^[15]报道指出,饲料中添加 DA 能够显著提高小公牛的血清 T-SOD 和 GSH-Px 活性。Liu 等^[21]研究也指出,在热应激奶牛泌乳后期饲料中添加 DA,其血清 T-AOC、SOD、GSH-Px 和 CAT 活性均显著增加,MDA 含量显著降低,与本试验结果一致。DA 具有清除自由基的特性,其化学基团可直接与自由基反应,终止自由基的连锁反应^[22]。因此,DA 可以直接或间接增强动物的抗氧化活性,其抗氧化活性很可能是由于 DA 本身的性质^[23]。研究也表明,DA 可改善畜禽的脂肪代谢^[24]和血液 GLU 含量^[25],而本试验中并未发现 DA 对母猪的血清代谢相关指标产生显著影响。

4 结 论

本试验条件下,妊娠母猪饲料中添加 200 mg/kg DA 可增加仔猪的初生窝重、窝健仔数,改善妊娠母猪的繁殖性能,提高血清繁殖激素含量,增强机体的抗氧化能力和免疫机能。

参考文献:

[1] 任花池.日粮营养对母猪雌激素水平和繁殖性能的影响[J].畜禽业,2017,28(6):3,5.
 [2] SANTELL R C, CHANG Y C, NAIR M G, et al. Dietary genistein exerts estrogenic effects upon the uterus, mammary gland and the hypothalamic/pituitary axis in rats[J]. Journal of Nutrition, 1997, 127(2): 263-269.
 [3] 刘根桃,郑元林,陈伟华,等.妊娠后期母猪饲喂大豆黄酮对泌乳性能及初乳中激素水平的影响[J].南京农业大学学报,1999,22(1):69-72.
 [4] SETCHELL K D. Phytoestrogens: the biochemistry, physiology, and implications for human health of soy isoflavones[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1998, 68(6): 1333S-1346S.
 [5] 王银钱,刘文科,李存.大豆黄酮对母猪繁殖性能及特种野猪成活率和哺乳期生长速度影响[J].饲料与畜牧(规模养猪),2009(2):41.
 [6] REN M Q, KUHN G, WEGNER J, et al. Feeding daidzein to late pregnant sows influences the estrogen receptor beta and type 1 insulin-like growth factor recep-

tor mRNA expression in newborn piglets[J]. Journal of Endocrinology, 2001, 170(1): 129-135.
 [7] REHFELDT C, ADAMOVIĆ I, KUHN G. Effects of dietary daidzein supplementation of pregnant sows on carcass and meat quality and skeletal muscle cellularity of the progeny[J]. Meat Science, 2007, 75(1): 103-111.
 [8] 刘杰,李永明,徐子伟,等.大豆黄酮对母仔猪生产性能和免疫功能的影响[J].浙江农业科学,2012(3): 400-402.
 [9] WANG G, CHEN J, PARVIZI N. Effects of the daidzein on reproductive neuroendocrine hormones of animals and mechanism involved[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2000, 13: 108.
 [10] SETCHELL K D R, CASSIDY A. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health[J]. The Journal of Nutrition, 1999, 129(3): 758S-767S.
 [11] ARCK P, HANSEN P J, JERICEVIC B M, et al. Progesterone during pregnancy: endocrine-immune cross talk in mammalian species and the role of stress[J]. American Journal of Reproductive Immunology, 2007, 58(3): 268-279.
 [12] ROY S K, SENGUPTA J, PARIJA B C, et al. *In vitro* inhibition of trophoblast maturation and expansion of early rat blastocysts by an estrogen antagonist[J]. Acta Endocrinologica, 1982, 99(1): 129-135.
 [13] FLORINI J R, EWTON D Z, COOLICAN S A. Growth hormone and the insulin-like growth factor system in myogenesis[J]. Endocrine Reviews, 1996, 17(5): 481-517.
 [14] KLOTZ D M, HEWITT S C, KORACH K S, et al. Activation of a uterine insulin-like growth factor I signaling pathway by clinical and environmental estrogens: requirement of estrogen receptor- α [J]. Endocrinology, 2000, 141(9): 3430-3439.
 [15] ZHAO X H, CHEN Z D, ZHOU S, et al. Effects of daidzein on performance, serum metabolites, nutrient digestibility, and fecal bacterial community in bull calves[J]. Animal Feed Science and Technology, 2017, 225: 87-96.
 [16] WANG G L, ZHANG X Y, HAN Z Y, et al. Effects of daidzein on body weight gain, serum IGF- I level and cellular immune function in intact male piglets[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2002, 15(7): 1066-1070.
 [17] CERVERO A, HORCAJADAS J A, DOMÍNGUEZ A, et al. Leptin system in embryo development and implantation: a protein in search of a function[J]. Reproductive BioMedicine Online, 2005, 10(2): 217-223.
 [18] 张响英,王根林,唐现文,等.大豆黄酮对仔公猪细胞免疫功能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2005(1):

- 31-32.
- [19] 谷子林,马学会,武现军,等.大豆黄酮对产蛋鸡免疫功能的影响[J].中国畜牧杂志,2004,40(10):15-17.
- [20] WANG W Q, HIGUCHI C M, ZHANG R Q. Individual and combinatory effects of soy isoflavones on the *in vitro* potentiation of lymphocyte activation[J]. Nutrition and Cancer, 1997, 29(1):29-34.
- [21] LIU D Y, HE S J, JIN E H, et al. Effect of daidzein on production performance and serum antioxidative function in late lactation cows under heat stress[J]. Live-stock Science, 2013, 152(1):16-20.
- [22] RIMBACH G, DE PASCUAL-TERESA S, EWINS B A, et al. Antioxidant and free radical scavenging activity of isoflavone metabolites[J]. Xenobiotica, 2003, 33(9):913-925.
- [23] ZHANG R Q, HAN Z K, CHEN J, et al. Daidzein diet promotes mammary gland development and lactation in pregnant rat[J]. Acta Zoologica Sinica, 1995, 41(4):414-419.
- [24] 刘哲洁,马海田,范锡龙,等.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.
- [25] 刘德义,顾有方,陈会良,等.大豆黄酮对奶牛血清钙、磷及葡萄糖水平的影响[J].中国饲料,2005(4):20-21,24.

Effects of Daidzein on Reproductive Performance, Serum Hormone Contents, Antioxidant Capacity and Immune Function of Pregnant Sows

ZHANG Qiqi¹ LI Yan² CHEN Daiwen¹ YU Bing¹ HUANG Zhiqing¹ ZHENG Ping¹
YU Jie¹ LUO Yuheng¹ MAO Xiangbing¹ LUO Junqiu¹ HE Jun^{1*}

(1. Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Sichuan Junzheng Biological Feed Co., Ltd., Chengdu 611130, China)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of dietary daidzein (DA) on reproductive performance, serum hormone contents, antioxidant capacity and immune function of pregnant sows. Forty Landrace×Yorkshire hybrid sows with similar body weight and 3 to 5 parity were randomly divided into 2 group with 20 replicates per group and 1 sow per replicate after pregnant. The 2 group were control group (a basal diet) and DA group (the basal diet+200 mg/kg DA), respectively. The experiment lasted for 114 days. The results showed as follows: compared with control group, 1) dietary DA significantly increased the weight of piglets birth per litter and the number of viable piglets per litter ($P<0.05$). There were no significant differences in the number of total piglets per litter, the number of live piglets per litter and the weight of individual piglets ($P>0.05$). 2) Dietary DA extremely significantly increased the contents of progesterone (P) and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in serum of sows at day 85 of gestation ($P<0.01$), and significantly increased the contents of estrogen (E) and leptin (LEP) in serum at day 35 and 85 of gestation ($P<0.05$). 3) Dietary DA significantly increased the content of immunoglobulin G (IgG) in serum of sows at day 35 and 85 of gestation ($P<0.01$ or $P<0.05$). 4) Dietary DA extremely significantly increased the activity of superoxide dismutase (SOD) in serum of sows at day 35 and 85 of gestation ($P<0.01$), and significantly increased total antioxidant capacity (T-AOC) in serum at day 85 of gestation ($P<0.05$). In summary, dietary DA can improve reproductive performance, regulate serum reproductive hormone levels and enhance antioxidant capacity and immune function of pregnant sows. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(10):4710-4716]

Key words: daidzein; sows; reproductive performance; antioxidant; immunity