

棉酚在肉禽体内的毒性和残留及其营养对策的研究进展

曾秋凤 柏 鹏

(四川农业大学动物营养研究所, 教育部动物抗病营养重点实验室, 雅安 625014)

摘要: 棉酚是棉籽饼粕含有的主要毒性物质, 其对畜禽存在蓄积性毒性, 在畜产品中残留量高, 除了直接影响到动物生长性能外, 也间接影响到人类健康。同时, 棉酚也限制了棉籽饼粕在动物生产中的广泛应用。因此, 本文拟对棉酚的结构与分类, 棉酚对肉禽的毒性效应及其在禽体内的残留与消除规律、营养对策等作一简要综述, 并进一步指出有待研究的问题, 为后续开展棉酚对家禽健康及畜产品安全的影响及其机理研究提供参考。

关键词: 棉酚; 残留; 营养对策; 肉禽

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)05-0917-06

棉籽饼粕作为棉籽榨油后的副产物, 其粗蛋白质含量高达 40% ~ 45%, 是动物良好的非常规蛋白质饲料原料。但因棉籽饼粕中含有棉酚(gossypol), 含量为 1 500 ~ 18 000 mg/kg, 极大地限制了棉籽饼粕在饲料工业上的大规模应用。棉酚为一种多酚化合物, 广泛分布于棉类植物的根、茎、叶和种子的色素腺体细胞中, 是一种不溶于水而溶于有机溶剂的黄褐色聚酚色素, 其为细胞、血管、神经性毒素。目前, 除了进一步提高和完善棉籽饼粕的加工工艺, 降低棉籽饼粕的用量外, 利用营养措施来缓解棉酚的毒性也不失是一种有效的方法, 但仍有待进一步研究与提高。关于棉籽饼粕及棉酚的综述较多^[1-4], 本文重点围绕棉酚的分类, 棉酚对肉禽的毒性效应及其残留与消除规律以及营养缓解措施等作一简要综述。

1 棉酚的结构及分类

1.1 棉酚的结构

早在 1938 年, Adams 等^[5]对棉酚的比例、反应和氧化产物进行了经典研究, 首次确定了棉酚的结构, 并阐明了棉酚大量不寻常的化学反应。

在 Adams 等^[5]确定棉酚结构后 20 年, Edwards^[6]通过合成棉酚再次确定了棉酚的结构。

棉酚的结构由 2 个萘环通过各自的内部萘单元的 2 - 和 2' - 碳原子联合而成。位于萘单元上 1 - 和 1' - 位的 2 个羟基非常活泼, 能连同与其临近的 8 - , 8' - 位的醛基使棉酚分子的化学性质活泼。这 2 个醛基自身也具有很多有趣的化学作用, 在棉酚的互变异构体中起到了重要作用, 被认为是棉酚产生毒性的主要原因^[7]。棉酚有 3 种互变异构体, 双醛式(ald-ald)、双内醚式(lac-lac)和双烯酮式(ket-ket), 熔点分别为 214、199、184 °C, 其存在形式随介质的不同而有所不同^[8]。棉酚除了互变异构体外, 由于其 3, 3' - 甲基和 1, 1' - 羟基的相互作用导致了 2, 2' - 萘键的阻塞, 引起此键的旋转, 从而出现了棉酚的立体异构体(图 1)。一般将 2 种对映体命名为(+) - 和(-) - 对映体(通常简称为右旋和左旋)。这 2 种对映体均在棉籽饼粕中广泛分布, 不过因棉籽品种不同, 其比例有所不同。如皮马棉(pima)主要含左旋棉酚, 而高地棉(upland)主要含右旋棉酚。

收稿日期: 2012 - 11 - 22

基金项目: 肉鸭饲料高效利用技术的示范与推广国家成果转化基金(2011GB2F000002); 四川农业大学双支计划团队资助

作者简介: 曾秋凤(1974 -), 女, 湖南衡阳人, 副研究员, 硕士生导师, 博士, 主要从事家禽营养科研工作。E-mail: zqf@sicau.edu.cn

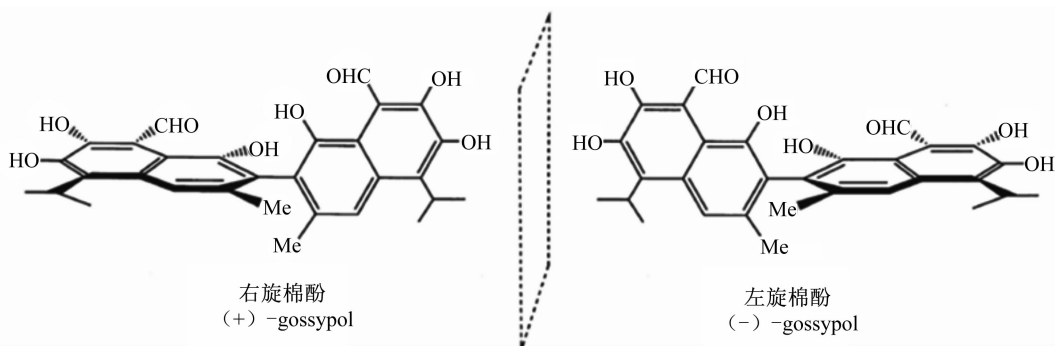


图1 棉酚的对映体

Fig. 1 The enantiomers of gossypol^[8]

1.2 棉酚的分类

棉酚主要分为游离棉酚 (FG) 和结合棉酚 (BG), 二者一起被称为总棉酚 (TG)。

Boatner^[9]报道指出,棉酚至少含有 15 种棉酚类似物或衍生物,其中 9 种被分离并定性。9 种类似物或衍生物中大部分都是棉酚氧化物或聚合物。这些类似物和衍生物由于具有活性醛基和羟基,因此被认为有毒。AOCS^[10]定义棉酚中易被乙醚或丙酮水溶液提取的物质(包括棉酚和棉酚衍生物及类似物)为 FG, TG 简单定义为 BG 和 FG 以及二者的衍生物和类似物的总和。BG 一般包括与氨基酸结合的棉酚、与磷脂结合的棉酚和与小肽结合的棉酚^[11-12],这些化学键不易被打破,所以认为 BG 无毒。然而 Pons^[11]发现与磷脂结合的棉酚和 FG 毒性相当,而氨基酸 BG 和小肽 BG 无毒,而 Berardi 等^[13]发现 BG 除了降低棉籽饼粕的营养价值外,可能在单胃动物消化道内释放出 FG,同时 Calhoun 等^[14]发现 FG 并不总是与毒性有关。因此,虽然不否定将 FG 作为棉籽饼粕毒性根源的正确性,但以上研究结果也说明了仅将 FG 作为棉籽饼粕毒性的衡量指标可能存在一定的局限性。

在 20 世纪 60 年代,国外学者发现了棉酚存在左旋和右旋对映体,并逐渐开始将棉酚分为了左旋棉酚和右旋棉酚 2 类。随着科技的进步及高端仪器的普及,在医学上对左旋棉酚和右旋棉酚进行了大量研究^[15],结果表明,左旋棉酚的毒性远高于右旋棉酚,有的学者甚至发现右旋棉酚在一些动物上基本没有毒性。棉酚旋光性的问题也已被营养学家所重视,家禽营养学家已开始将 TG, 以及左旋 TG、右旋 TG 连同 FG 共同作为棉酚的毒

性指标^[16-20]。但由于左右旋棉酚的测定方法比较困难繁琐,又没有出台相应的国家标准,同时必须依靠高效液相色谱测定,其测定费用昂贵,现在主流的分类还是 FG 和 BG。

2 棉酚对肉禽的毒性效应

2.1 肉鸡

棉酚的毒性主要由活性醛基和羟基产生,大量棉酚进入消化道后可刺激胃肠黏膜引起胃肠炎,并能通过消化道进入血液,随血液循环广泛分布于动物体内,损害心、肝、肾等实质性器官^[2]。棉酚中毒表现为食欲减退、体重下降、全身水肿、虚弱、呼吸困难、血红蛋白尿、出血性肠炎、肺水肿、肝脏和心肌变形坏死^[21]。Sharma 等^[22]研究发现,雏鸡采食含有 FG 90 mg/kg (不去壳棉籽饼粕 15%) 的饲料,雏鸡出现严重的生长抑制。Kakani 等^[20]进一步的研究证实,给肉鸡饲喂 TG 为 400 mg/kg 饲料会造成肉鸡肝脏重量明显升高,随着肉鸡 TG 中左旋棉酚含量的增加肉鸡生长性能随之下降,其体增重与肉鸡血浆、肝脏、心脏、肾、肌肉中左旋棉酚的含量呈负相关,这表明棉酚对肉鸡的毒性主要是由左旋棉酚引起。但 Hermes 等^[23]认为当饲料中的 FG 含量低于 250 mg/kg 时,肉鸡生长性能不会受到影响。可见肉鸡对饲料棉酚的耐受范围较广, Nagalakshmi 等^[3]总结出肉鸡对饲料 FG 的耐受范围为 90 ~ 1 000 mg/kg。从以上报道可看出,尽管肉鸡对饲料棉酚的耐受范围较宽,但棉酚依然是肉鸡健康生产中的一个安全隐患,由于棉酚本身的毒性与棉花的品种、产地、棉籽饼粕的加工工艺等密切相关,肉鸡饲料棉酚的安全限量仍需严格控制。

2.2 肉鸭

在肉鸭饲料中棉籽饼粕的用量较大,但关于棉酚在肉鸭上的研究罕有报道。肉鸭对饲料 FG 或 TG 的耐受范围以及对饲料棉酚的敏感性如何至今也未见相关报道。周联高等^[24]分别用 0%、3%、6% 和 9% 的棉籽饼粕代替豆粕饲喂 14 日龄樱桃谷肉鸭至 35 日龄,结果发现 3% 和 6% 组在生长性能和屠体性能上和对照组没有显著差异,而 9% 组的体增重显著低于对照组,而肝脏器官指数显著高于对照组,但作者并未对饲料或棉籽饼粕原料中的 FG 以及肉鸭体内残留的 FG 进行准确测定,只估计了棉籽饼粕的 $FG \leq 450 \text{ mg/kg}$,相当于 9% 棉籽饼粕组饲料 $FG < 40.5 \text{ mg/kg}$ 。王雅倩等^[25]同样分别用含 0%、3%、6% 和 9% 的棉籽饼粕饲喂 21 日龄樱桃谷肉鸭至 35 日龄,结果发现各组体增重、料重比和屠体性能以及肝脏器官指数无显著差异,3% 组和 6% 组肉鸭的谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性和对照组没有明显差异,但 9% 组肉鸭的谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性显著高于对照组。同样,作者也没有测定饲料或棉籽饼粕中 FG 的含量以及在肉鸭体内残留情况。本课题组采用棉籽饼粕等蛋白替代玉米-豆粕型基础饲料中 0%、25%、50%、75% 和 100% 豆粕,饲喂 14 日龄樱桃谷肉鸭至 35 日龄,结果发现,100% 替代组(棉籽饼粕的用量为 23.27%)肉鸭体增重及胸肌率极显著低于其他各组,料重比极显著升高,肝脏指数以及血液谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性等各组之间没有显著差异,100% 替代组饲料 FG 实测值为 156 mg/kg 。从以上研究结果可推测,肉鸭对饲料棉酚的敏感性高于肉鸡,且病理表现形式或靶器官可能不一致,但关于肉鸭对饲料棉酚的耐受性及其残留和消除规律目前并未见研究报道,且研究深度不够,仅停留在棉籽饼粕对肉鸭生长性能的影响。

3 棉酚在家禽体内的残留规律

Henry 等^[26]发现 FG 在家禽体内的残留具有剂量和时间效应,并认为家禽对于 FG 的耐受力除了剂量和时间外还受饲料赖氨酸(Lys)水平、铁离子含量、家禽品种、家禽年龄、家禽性别等因素的影响^[27]。

近年来,食品安全正逐渐成为人们日益关注和重视的问题。美国食品及药物管理局规定食品

中 FG 残留不超过 450 mg/kg 。中国《国家卫生标准》(GB2716—88)规定,棉籽油 FG 含量不超过 200 mg/kg ,而苏联国家标准为不超过 100 mg/kg ^[4]。这些标准说明了 FG 在食品中限量缺乏统一的标准。在中国,除了对棉籽油中 FG 含量做了规定外,并没有对他食品中 FG 含量做出规定。然而很多研究已经表明动物采食含棉籽饼粕饲料后,动物内脏、肉、蛋、奶等畜产品中会残留一定量的棉酚,这些棉酚是否对人类健康产生潜在的危害,目前并不清楚,同时由于对畜产品中棉酚残留及消除规律的研究太少,缺乏相关数据支撑。

Kakani 等^[20]分别用左旋棉酚和右旋棉酚比例为 258.8:141.2、191.2:208.8 和 134.8:265.2 的饲料饲喂肉鸡发现,无论饲料中左旋棉酚和右旋棉酚的比例为多少,左旋棉酚在肝脏、肾脏、血浆、肌肉等组织中的残留规律均为左旋棉酚低于右旋棉酚。Gamboa 等^[16]和 Lordelo 等^[17]也研究发现对于肉鸡和蛋鸡,左旋棉酚在脏器的累积低于右旋棉酚。而 Lordelo 等^[18]饲喂育成期种鸡发现在开产前更换棉籽饼粕饲料为正常豆粕饲料后左旋棉酚这一棉酚毒性主要因素的消退快于右旋棉酚,这为日后规定在肉禽上市前做一个类似休药期为棉酚的消除提供了一个很好的参考。

中国现行饲料卫生标准(GB13078—2001)对于饲料中 FG 允许量规定为 $\leq 1200 \text{ mg/kg}$ 棉籽饼粕原料,配合饲料中肉用仔鸡、生长鸡 $\leq 100 \text{ mg/kg}$,产蛋鸡 $\leq 20 \text{ mg/kg}$,生长肥育猪 $\leq 60 \text{ mg/kg}$ ^[4]。然而在实际生产中,棉籽饼粕更多用于肉鸭饲料中,但该标准并未对肉鸭饲料中 FG 允许量作出相应的规定。

4 棉酚毒性消除的营养对策

棉酚在动物体内能与蛋白质、Lys 的 ϵ -氨基和铁等结合,使体内一些功能性蛋白酶失活,如棉酚可与胰蛋白酶和胃蛋白酶结合,还可以与胃蛋白酶原发生不可逆结合。目前,消除棉酚毒性的营养对策并不完善,有待进一步的研究。

4.1 提高饲料 Lys 水平或利用氨基酸模式配制饲料

Henry 等^[26]给 1~21 日龄雏鸡饲喂含 20% 商品棉籽饼粕(FG 含量为 75 mg/kg)的饲料导致体重下降,饲料转化率降低,当时被认为是棉酚的作用。但在该基础饲料中添加 2% Lys 缓解了棉酚

对于肉鸡生长性能的负面效果,因此,推测雏鸡生长性能的降低可能是由于棉酚与 Lys 结合后造成 Lys 缺乏导致的。Gamboa 等^[16]以可消化氨基酸配制饲料发现,给 1~21 日龄肉鸡饲喂含 28% 棉籽饼粕饲料(FG 含量为 500 mg/kg)对肉鸡体增重没有负面影响。同时 Watkins 等^[28]给 1~21 日龄肉鸡饲喂含 30% 棉籽饼粕饲料也对肉鸡体增重没有显著影响,这或许说明肉鸡对 FG 的耐受性要高于过去的估计,而过去棉籽饼粕对肉鸡生长性能的负面影响可能和氨基酸的可消化性及棉籽饼粕的加工工艺有关。Sterling 等^[27]认为适量提高饲料蛋白质水平,棉籽饼粕饲料可以代替豆粕饲料而获得相似的生长性能。赵茹洁^[29]以平衡氨基酸模式配制棉籽饼粕饲料(饲料 FG 含量为 179 mg/kg)饲喂 28 周龄蛋鸡发现蛋鸡生长性能没有受到显著影响,但试验前 4 周蛋鸡红细胞计数差异显著,同时,当饲料中 FG 含量高于 100 mg/kg 后,蛋鸡将产变色蛋。

4.2 提高饲料铁离子浓度

棉酚能与铁离子结合,形成螯合物,当棉酚通过血液循环时,可与血红蛋白结合,使动物的红细胞减少,造成动物贫血。同时,在饲料制备过程中,棉酚极可能与饲料中的铁离子结合,导致饲料中实际可利用铁离子低于理论值。

Waldroup^[1]总结到,当不额外添加铁时,饲料 FG 含量在 100 mg/kg 可以接受,当额外添加铁时,饲料 FG 含量可以达到 400 mg/kg。Watkins 等^[28]发现以铁:FG 为 2:1 时,含有 30% 棉籽饼粕(FG 含量为 400 mg/kg)饲料对 1~42 日龄肉鸡的生长性能没有负面影响,但显著增加了肉鸡采食量,提高了料重比。方琴音^[30]以不同含量 FG (30~200 mg/kg)的棉籽饼粕饲料饲喂 37 周龄蛋鸡,发现蛋鸡饲料中 FG 含量不能超过 30 mg/kg,而作者同时以铁离子:FG = 1:1、1.5:1、2:1 的比例添加到饲料中后发现,以 1:1 添加的脱毒效果最佳。然而,额外添加铁也有缺点,第一,铁元素较为昂贵;第二,添加额外的铁会增加粪中的金属离子浓度,导致环境污染;第三,添加铁会降低磷的利用率^[31]。

4.3 添加抗氧化能力强的饲料添加剂

Janero 等^[32]早在 1988 年就研究发现,棉酚通过促进自由基的形成而与生物膜发生反应,使生物膜的正常生理功能受损。给大鼠饲喂高剂量的

棉酚后大鼠体内抗氧化物质如维生素 E、维生素 C 的浓度和谷胱甘肽过氧化物酶的活性均显著降低^[33]。Willard 等^[34]也指出,棉酚对动物生长性能及毒性效应与促进动物体内自由基形成或降低动物体内抗氧化物质如 α -生育酚和 β -视黄醇含量有关,近年来在医学方面的研究较为深入。这就提示我们,在缓解棉籽饼粕中棉酚毒性问题上,除了应用加工工艺,物理、化学、生物脱毒以外,能否进一步通过在畜禽饲料中添加抗氧化能力强的饲料添加剂如 L-肉碱、植物精油、益生菌或维生素、维生素 E 和维生素 C 等来缓解以提高棉籽饼粕的用量有待进一步探讨。

5 小 结

综上所述,含不同水平棉酚饲料对家禽生长性能及健康的影响以及在家禽体内的残留与消除规律有待进一步研究,尤其在肉鸭上需要更多更为系统的研究,为肉鸭商品配合饲料中棉酚允许量的规定提供数据与理论支撑。饲料棉酚对家禽健康造成潜在隐患的阈值以及造成健康危害的机制也需要进一步探讨,为畜产品安全和抗病营养积累新的资料。同时,利用现有的先进营养理念和措施开展更多营养领域的研究,对进一步提升营养缓解棉酚毒性方法和手段,增加家禽尤其肉鸭饲料中棉籽饼粕的用量,节约饲料成本具有重大的现实意义。

参考文献:

- [1] WALDROUP P W. Cottonseed meal in poultry diets [J]. Feedstuffs, 1981, 53: 21-24.
- [2] 周瑞宝. 棉酚毒性试验研究进展 [J]. 郑州粮食学院学报, 1991(1): 99-103.
- [3] NAGALAKSHMI D, SAVARAM V, RAMA R, et al. Cottonseed meal in poultry diets: a review [J]. The Journal of Poultry Science, 2007, 44(2): 1-16.
- [4] 吕云峰, 王修启, 赵青余, 等. 棉酚在饲料中安全限量及畜产品中残留研究进展 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 1-5.
- [5] ADAMS R, GEISSMAN T A, MORRIS R C. Structure of gossypol. X VI. Reduction products of gossypolone tetra methyl ether and gossypolonic acid tetra-methyl ether [J]. Journal of the American Chemical Society, 1938, 60: 2967-2970.
- [6] EDWARDS J D. Total synthesis of gossypol [J].

- Journal of the American Chemistry Society, 1958, 80: 3798 – 3799.
- [7] VANDER JAGT D L, DECK L M, ROYER R E. Gossypol prototype of inhibitors targeted to dinucleotide folds [J]. *Currency Medicine Chemistry*, 2000, 7: 479 – 498.
- [8] KENAR J A. Reaction chemistry of gossypol and its derivatives [J]. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 2006, 83, 269 – 302.
- [9] BOATNER C H. Gossypolone in melanoma cell lines [J]. *Melanoma Research*, 1948, 7 (5) : 364 – 372.
- [10] AOCS. Determination of free gossypol [S]. Boulder; American Oil Chemists Society, 1985.
- [11] PONS W A. Gossypol analysis: past and present [J]. *Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 1977, 40: 1068
- [12] BOTSOGLOU N A. Liquid chromatograph determination of unbound and acetonesoluble bound gossypol in cottonseed meals and mixed feeds [J]. *Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 1992, 75: 815.
- [13] BERARDI L C, GOLDBLATT L A. Gossypol in toxic constituents of plant foodstuffs [C] // LIENER I E. New York; Academic Press, 1980: 183 – 237.
- [14] CALHOUN M C, KUHLMANN S K, BALWIN B C. Assessing the gossypol status of cattle fed cotton feed products [C] // Proceedings of the pacific northwest animal nutrition conference. Portland OR: [s. n.], 1995: 147A – 158A.
- [15] SHELLEYA M D, HARTLEYA L, FISH R G, et al. Stereo-specific cytotoxic effects of gossypol enantiomers and gossypolone in tumour cell lines [J]. *Cancer letters*, 1999, 135: 171 – 180.
- [16] GAMBOA D A, CALHOUN M C, KUHLMANN S W, et al. Tissue distribution of gossypol enantiomers in broilers fed various cottonseed meals [J]. *Poultry Science*, 2001, 80: 920 – 925.
- [17] LORDELO M M, DAVIS A J, WILSON J L, et al. Cottonseed meal diets improve body weight uniformity in broiler breeder pullets [J]. *The Journal of Applied Poultry Research*, 2004, 13: 191 – 199.
- [18] LORDELO M M, DAVIS A J, CALHOUN M C, et al. Relative toxicity of gossypol enantiomers in broilers [J]. *Poultry Science*, 2005, 84: 1376 – 1382.
- [19] LORDELO M M, CALHOUN M C, DALE N M, et al. Relative toxicity of gossypol enantiomers in laying and broiler breeder hens [J]. *Poultry Science*, 2007, 86: 582 – 590.
- [20] KAKANI R, GAMBOA D A, CALHOUN M C, et al. Relative toxicity of cottonseed gossypol enantiomers in broilers [J]. *The Open Toxicology Journal*, 2010, 4: 26 – 31.
- [21] ROBINSONA P H, GETACHEWA G, DE PETERS E J. Influence of variety and storage for up to 22 days on nutrient composition and gossypol level of pima cottonseed [J]. *Animal Feed Science and Tcchnology*, 2001, 91: 149 – 156.
- [22] SHARMA N K, LODHI, G N, ICHHPONANI J S. Cottonseed cake, a potential source of vegetable protein for poultry [J]. *Indian Journal of Animal Science*, 1978, 48: 132 – 140.
- [23] HERMES M H, ASKER N E, SHULKAMY M T, et al. The effect of using different levels of decorticated cottonseed meal on the performance of chicken [J]. *Annals of Agricultural Science*, 1983, 28: 1415 – 1428.
- [24] 周联高, 吴蓉蓉, 章世元, 等. 不同比例棉籽粕替代豆粕在樱桃谷鸭饲料中的应用 [J]. *饲料工业*, 2008, 17 (29) : 22 – 25.
- [25] 王雅倩, 俞路. 棉籽粕在樱桃谷肉鸭饲料中的应用研究 [J]. *中国饲料*, 2009 (6) : 16 – 18.
- [26] HENRY M H, PESTI G M, BAKALLI R, et al. The performance of broiler chicks fed diets containing extruded cottonseed meal supplemented with lysine [J]. *Journal Apply Poultry Research*, 2000, 11: 127 – 133.
- [27] STERLING K G, COSTA E F, HENRY M H, et al. Responses of broiler chickens to cottonseed and soybean meal-based diets at several protein levels [J]. *Poultry Science*, 2002, 81: 217 – 226.
- [28] WATKINS S E, WALDROUP P W. Utilization of high protein cottonseed meal in broiler diets [J]. *Journal Apply Poultry Research*, 1995, 4: 310 – 318.
- [29] 赵茹洁. 可消化 AA 平衡的高棉粕饲料对蛋鸡的生产性能、健康状况及蛋品质的影响 [D]. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学, 2003.
- [30] 方琴音. 饲料不同棉籽饼用量对商品蛋鸡生产性能、蛋品质、血液生化指标的影响研究 [D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2004.
- [31] PANIGRAHI S, PLUMB V E. Effects on dietary phosphorus of treating cottonseed meal with crystalline ferrous sulphate for the prevention of brown yolk discoloration [J]. *British Poultry Science*, 1996, 37: 403 – 411.
- [32] JANERO D R, BURGHARDT B. Protection of rat myocardial phospholipids against peroxidative injury

through superoxide-(xanthine oxidase)-dependent iron promoted fenton chemistry by the male contraceptive gossypol [J]. *Biochemistry and Pharmacology*, 1988, 37:3335-3342.

[33] BENDER H S, DEROLF S Z, MISRA H P. Effects of gossypol on the antioxidant defense system of rat testis

[J]. *Archives of Andrology*, 1988, 21:59-70.

[34] WILLARD S T, NEUONDRO D A, LEWIS A W, et al. Effects of free gossypol in the diets of pregnant and postpartum Brahman cows on calf development and cow performance [J]. *Journal of Animal Science*, 1995, 73:496-507.

Toxicity, Residues and Nutrition Replenishment Strategy of Gossypol in Table Poultry

ZENG Qiufeng BAI Peng

(*Institute of Animal Nutrition, Key Laboratory for Animal Disease-Resistance Nutrition of China Ministry of Education, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China*)

Abstract: Gossypol is the main poisonous substance in cottonseed meal, which has cumulative toxicity for livestock and poultry, and has rich residues in animal products, and seriously affects the application of cottonseed meal in animal production. Recently, studies showed that gossypol could directly affect animal production performance, as well as indirectly affect human health. Based on the latest available information, the structure and classification of gossypol, and the toxicity, residual and eliminating rule of gossypol in table poultry, and the nutrition replenishment strategy to improve its feeding value were discussed in this review. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(5):917-922]

Key words: gossypol; residual; nutrition replenishment strategy; table poultry