

某些抗营养因子及毒素对饲料利用的影响

Effect of Some Anti-nutritional Factors and Toxin on Feedstuff Utilization

杨家晃

Yang Jiahuang

(广西畜牧研究所 南宁市邕武路 24号 530001)

(Guangxi Institute of Animal Husbandry Science, 24 Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001, China)

摘要 饲料中存在着某些抗营养因子及毒素,它们以不同方式在不同程度上影响着畜禽对饲料营养的消化、吸收和代谢,降低了饲料的利用效率和畜禽的生产性能,严重者影响畜禽的健康。用某些物理、化学或生物学的方法可以钝化或消除抗营养因子及毒素的作用。

关键词 抗营养因子 毒素 饲料利用

中图分类号 S 816

Abstract There are some anti-nutritional factors and toxins in feedstuff, they make effects on digestion, absorption and metabolism of feedstuff in different ways and different levels and reduce the utilization of feedstuff and productivity of animals and even harm the healthy of animals. Some techniques such as physics, chemistry and biology can inactivate or eliminate the effects of anti-nutritional factors and toxins.

Key words anti-nutritional factor, toxin, feedstuff utilization

近 20 年来,我国的饲料生产增长了 60 多倍,98 年总产量达到了 6 599 万吨,居世界第 4 位,但我国人均饲料占有量还不足 55 kg,仅为世界人均 97 kg 的 56.7%,与发达国家相比,更是相差甚远。而我国人均有粮不足 400 kg,可用于饲料的粮食极少。同时我国是一个自然资源相对缺乏的国家,因此如何提高现有饲料的利用率,开发非常规饲料资源,具有重大意义。饲料中的抗营养因子与毒素是制约常规饲料转化效率的提高及非常规饲料开发利用的主要障碍,了解抗营养因子与毒素对饲料利用的影响,对饲料和畜牧生产具有重要实践意义。

1 豆类饲料中的某些抗营养因子

目前所用的大多数饲料,其蛋白质主要来源于豆类的饼粕。豆类饼粕的加工工艺可分为浸提法和压榨法。现今国内外大多数厂家都采用有机溶剂浸提法制取豆粕,用此方法制取但未经其他处理的豆粕称为生豆粕。生豆粕和生大豆(或全脂大豆)均含有大量的抗营养因子:如蛋白酶抑制因子、脲酶、植物凝集素、单宁、植酸、抗维生素因子、甲状腺肿因子、非淀粉

性多糖和皂苷等^[1,2]。饲喂生豆粕或全脂大豆均会降低畜禽的生产性能,并对其健康产生不良影响。

豆类饲料的蛋白酶抑制因子中,Kunit [KTI]和 Bowman-Birk [BBI]两类胰蛋白酶抑制因子在动物营养中最具重要意义。KTI 是一单链多肽,分子量为 21 384,由 181 个氨基酸残基构成,分子中含 2 个二硫键,其一活性中心是在精氨酸 63-异亮氨酸 64,1 分子 KTI 与 1 分子的胰蛋白酶结合而使其失去活性;BBI 是由 7 个氨基酸残基构成的分子量较小的蛋白质,含有 7 个二硫键,胱氨酸丰富,它有二个活性中心,1 分子的 BBI 能与 2 分子的胰蛋白酶结合^[3]。胰蛋白酶抑制因子的主要作用机理:(1)抑制胰蛋白酶和糜蛋白酶的活性,降低饲料蛋白质的消化;(2)在肠中诱发肠粘膜细胞释放胆囊收缩素(CCK),此激素刺激胰腺细胞分泌更多胰蛋白酶和糜蛋白酶,增加内源 N 的损失,过分刺激胰腺分泌时还会造成分泌失调性肥大或增生^[2,4]。

脲酶的作用是:当生豆粕或生大豆食入胃肠后,在适当的水分、温度和 pH 值条件下,脲酶被激活,将豆中的含氮化合物降解生成的尿素及几种尿素衍生物分解成氨,大量的氨会引起动物中毒^[2]。

植物凝集素是由两个略有不同的亚基构成的糖

蛋白^[5], 它能与肠道细胞的刷状缘相互作用, 束缚小肠表面的碳水化合物, 引起肠壁损坏, 影响消化。此外凝集素的 L 亚单位特异性地与淋巴细胞结合, 对免疫系统有破坏作用。

豆类饲料中的抗维生素因子以 L_{ox} (脂肪加氧酶或脂肪含氧酶) 最有代表性, L_{ox} 可氧化脂肪, 生成的氧化物可将 VA、VD 和 VE 等脂溶性维生素及胡萝卜素破坏^[2]。近年来曾发现氧化物与大豆中的血球凝集素形成有关, 会使体内 VB₁ 的消耗量增加, 因而长期饲喂全脂大豆或生豆粕会使动物易发生维生素缺乏症, 其中以肉鸡表现最为突出。

豆类饲料中的抗营养因子可分为热稳定性和热不稳定性抗营养因子, 用 120°C 15 min 或 105°C 30 min 处理可将其中大部分热不稳定性抗营养因子如蛋白酶抑制因子、脲酶、凝集素和抗维生素因子等破坏, 从而收到良好的饲养效果。但其热稳定性抗营养因子如植酸、单宁、非淀粉性多糖等, 还要经过其他化学或生物学的方法处理, 如添加化学钝化剂或酶制剂等。Johm Goight (1996) 在玉米-豆粕型日粮中添加植酸酶, 有效地提高生长猪的性能, 平均日增重提高 21.62%~68.3%, 饲料报酬提高 10.11%~58.5%^[6]。王文元等^[7] 在生豆粕日粮中添加适当的化学钝化剂饲喂蛋鸡试验结果表明, 添加钝化剂试验组的产蛋率、料蛋比、总蛋重和氮代谢率分别比喂生豆粕组的高 21.0%, 20.50%, 23.30% 和 13.07%, 差异非常显著, 即使是比喂熟豆粕 (经热处理) 组的也分别高 4.30%, 2.5%, 4.1% 和 2.04%。

2 植酸

植酸作为一个重要的抗营养因子不仅存在于豆类饲料中, 同时也存在于其他植物性饲料中。

植酸是肌醇六磷酸的俗称, 其化学名称为环己六醇六磷酸酯, 分子式为 $C_6H_{18}O_{23}P_6$, 在其分子结构中有 6 个磷酸基团, 是植物磷的重要贮存形式, 植物饲料中的磷 50%~70% 以植酸磷的形式存在, 见表 1。

单胃动物体内因缺乏植酸酶, 故对植酸磷的利用率很低, 猪对玉米和豆粕中磷的生物利用率仅有 12% 和 23%^[8]。

由于植酸分子中的 6 个磷酸基团带有强大的负电荷, 在 pH 值 3.5~1.0 的条件下对 Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} 等具有很强的络合能力, 形成稳定难溶的化合物, 从而降低饲料中这些矿物元素的利用^[9]; 此外, 在酸性条件下, 带负电荷的植酸盐和带正电荷的蛋白质、氨基酸残基结合形成植酸-蛋白质二元复合物; 在中性条件下则形成植酸-金属离

子-蛋白质三元复合物, 因此降低蛋白质的溶解度和消化率^[10]; 植酸盐还可以与胃蛋白酶、胰蛋白酶结合而降低饲料蛋白的消化率^[11]。

表 1 饲料中植酸磷含量

Table 1 The content of phytate phosphorus in feedstuff

饲料 Feedstuff	总磷 Total phosphorus (%)	植酸磷 Phytate phosphorus (%)	植酸磷/总磷 Phytate P. / Total P. (%)
玉米 Corn grain	0.27	0.15	56
高粱 Sorghum grain	0.36	0.19	53
大麦 Barly grain	0.41	0.19	46
黑麦 Rye grain	0.30	0.19	63
稻谷 Paddy	0.36	0.16	44
糙米 Rough rice	0.35	0.20	57
米糠 Rice bran	1.43	1.33	93
小麦麸 Wheat bran	0.92	0.68	74
豆粕 Soybean meal (Sol.)	0.61	0.44	72
菜籽粕 Rapeseed meal (Sol.)	1.07	0.65	61

* 来自中国饲料数据库 (1995). From the feed data base in China (1995).

植酸酶可将植酸水解使之释放出磷, 提高磷的利用效率, 并消除其抗营养作用。刘作华等^[12] 在 20 kg~60 kg 生长猪的玉米-豆粕型基础日粮中添加 30×10^5 [750 μ (单位)/kg 饲料] 植酸酶时, 猪的日增重提高 14.5%, 总磷和植酸磷的消化率分别提高 39.3% 和 38.4%, 氮的沉积效率增加 14.4%。张莹等^[13] 在每 kg 种鸡饲料中用 300 μ 植酸酶替代 1.8 g 无机磷进行试验, 结果极其显著地提高种蛋的孵化性能, 其中入孵健胚率提高 1.6%, 活胚蛋健雏率 1.51%, 残次雏率降低 0.54%, 差异极其显著 ($P < 0.01$)。

3 非淀粉性多糖

非淀粉性多糖 (NSP) 主要分布在谷物饲料中, 它包括 β -葡聚糖, 阿拉伯木聚糖, 葡萄甘露聚糖, 半乳甘露聚糖, 鼠李半乳糖醛酸聚糖 I 和 II, 阿拉伯糖, 半乳聚糖和阿拉伯半乳聚糖等。其中 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖在饲料中的含量最高, 因而是两种最重要的 NSP 抗营养因子。 β -葡聚糖又称 β -(1 \rightarrow 3)-(1 \rightarrow 4) 葡聚糖, 由于 β -(1 \rightarrow 3) 键的存在, β -葡聚糖的主链呈不规则形, 因而阻止 β -葡聚糖分子紧密地联结在一起, 致使水分子易于渗入 β -葡聚糖的分子束中, 故 β -葡聚糖易溶于水; 阿拉伯木聚糖也称戊聚

糖,其化学结构的主链为 β - (1 \rightarrow 4)木聚糖,侧链为 α - (1 \rightarrow 2,3)阿拉伯糖,阿拉伯糖侧链的数量和分布是可变的,随谷物种类甚至品种而异,阿拉伯糖与木聚糖的比例通常在0.65:1~0.74:1,侧链数量增加,水分子容易渗入,溶解度增大^[14]。

NSP分为水溶性和水不溶性两种,水溶性NSP具有明显的抗营养作用。原因是水溶性NSP具有很高的粘性,这些粘性多糖减缓了消化道中消化酶及其底物的扩散速度,阻止其相互作用,降低底物的消化率^[15],同时阻碍被消化的养分接近小肠粘膜,因而阻碍养分的吸收^[16],在高粱日粮中加入3%的水溶性NSP,肉仔鸡的干物质消化率下降8.4%,表现代谢能下降9.9%^[17],同时产生粘性粪便,降低垫草质量。饲喂蛋鸡时易产生脏蛋。

NSP酶能把NSP切割成较小的聚合物,大幅度降低水溶性NSP的粘性从而降低食糜的粘度^[18];NSP酶还能破坏细胞壁结构,释放出被细胞壁NSP网状结构束缚的营养物质,从而提高饲料能量和各种养分的消化率。在猪的大麦基础日粮中加入 β -葡聚糖酶,可明显降低猪肠道食糜的粘度,提高日粮干物质,有机质,粗蛋白, β -葡聚糖以及各种氨基酸的消化,使猪的日增重提高5%~45%,饲料报酬提高3%~15%^[19]。

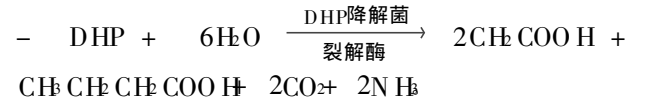
4 含羞草素

银合欢是一种较适合于广西生长的速生木本豆科饲料,它不仅生长快,产量高,且含有丰富的蛋白质,氨基酸,胡萝卜素及其他营养物质,在国际上被誉为“奇迹树”、“蛋白质库”,但它同时含有含羞草素对家畜有毒而长期妨碍了对它的开发利用。

含羞草素是 β -[N-(3-羟基-4-吡啶酮)]- α -苯丙氨酸,是一种非蛋白氨基酸。由于它的化学结构与酪氨酸极其类似,因而可与酪氨酸和苯丙氨酸产生拮抗而干扰它们的代谢^[20];含羞草素及其代谢产物3,4-DHP(3-羟基-4(1H)-吡啶酮,也是一种有毒物质)可与磷酸吡哆醛复合而影响与之相关的各种酶的活性,如某些转氨酶,酪氨酸脱羧酶等^[21];同时3,4-DHP是一种致甲状腺肿物质,它降低了血液中T₃和T₄的含量,使动物甲状腺肿大,从而引起一系列的生理变化^[22];含羞草素还影响毛囊细胞的裂殖,导致毛囊退化,毛纤维生长活跃期受损,从而出现脱毛现象^[23]。作者和汪傲等用银合欢饲喂广西杂种黄牛2个月,结果产生严重中毒,表现为流涎,步态失调,尾部脱毛,精神萎靡,厌食,严重消瘦,饲喂一个月后尿中排出的有毒代谢产物3,4-

DHP高达0.6% (0.05%以上即已发生中毒)^[24]。

作者和汪傲等在广西涠洲岛发现的3,4-DHP降解细菌能将含羞草素及3,4-DHP降解成为对反刍家畜有用的挥发性脂肪酸、氨以及CO₂^[25]。其降解过程为:含羞草素



用涠洲DHP-降解细菌接种于没有此类细菌的内地乳用后备牛并饲喂100%的银合欢2个月,不仅没有发生任何中毒症状,尿中排出的3,4-DHP为0,牛的平均日增重高达0.82kg,比喂普通牧草的0.33kg高1.48倍^[26]。涠洲DHP-降解细菌的发现为开发利用银合欢这一优质蛋白质饲料资源提供了科学保障。

5 结语

尽管饲料中存在着的各种抗营养因子与毒素对饲料的利用效率有影响,有的甚至还很严重,以致某些本应成为很好的饲料资源,但至今尚未得到很好的利用,如菜籽粕和棉籽粕等,然而,随着对抗营养因子与饲料毒素研究的不断深入,随着当今生物技术的发展,尤其是酶技术的应用,这些问题将会迎刃而解。

参考文献

- 1 王耀辉. 豆类抗营养因子的研究动态. 见: 第二届全国饲料毒物与抗营养因子学术研讨会论文集, 1995. 56~72.
- 2 张明锋等. 全脂大豆中抗营养因子及其钝化研究. 见: 第三届全国饲料毒物与抗营养因子及饲用酶制剂学术研讨会论文集, 1997. 111~113.
- 3 王向阳等. 大豆胰蛋白酶抑制因子及其钝化. 饲料工业, 1996, 6: 6~9.
- 4 杨明明等. 大豆中的抗营养因子. 见: 第三届饲料毒物与抗营养因子及饲用酶学术研讨会论文集, 1997. 108~110.
- 5 霍贵成. 豆科植物中抗营养因子. 饲料博览, 1996, 5: 10~12.
- 6 陈强. 植酸酶对鸡、猪生产的作用. 中国饲料, 1996, 18: 16~18.
- 7 王文元等. 生豆饼粕抗营养因子钝化添加剂对蛋鸡生产性能的影响. 见: 第二届饲料毒物与抗营养因子学术研讨会论文集, 1995. 124~130.
- 8 黄遵锡等. 植酸在饲料工业的生物作用. 饲料研究, 1998, 9: 15~17.
- 9 Morris E R. Phytate and dietary mineral bioavailability. Phytic Acid Chemistry and Application. Graf E. Minneapolis, MN: Pilatus Press, 1986. 57~76.
- 10 Cosgrove D J. Inositol Phosphates their chemistry, biochemistry and physiology. Elsevier Scientific

Publishing Company, New York. 1980.

- 11 Singh M, Krikorian A D. Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. *J of Agric and Food Chem*, 1982, 30 799 ~ 800.
- 12 刘作华等. 植酸酶对生长猪生产性能及养分利用率的影响. *饲料研究*, 1998, 11: 4~ 6.
- 13 张莹等. 植酸酶替代种鸡料中磷酸氢钙对肉种鸡生产性能和种蛋孵化性能的影响及其经济效益. *饲料博览*, 1997, 5 3~ 5.
- 14 汪傲. 饲料抗营养因子与酶制剂应用研究进展. *动物营养研究进展*, 1996, 234~ 244.
- 15 Antoniou T, Marquardt R R. The utilization of rye by growing chicks as influenced by autoclave treatment, water extraction and water soaking. *Poultry Science*, 1982, 61: 91~ 102.
- 16 Jenkins D J A et al. . Dietary fibers, fiber analogues and glucose tolerance importance of viscosity. *British Medical Journal* 1978, 1: 1392~ 1394.
- 17 Annison G. Relationship between the levels of soluble nonstarch polysaccharides and the apparent metabolizable energy of wheats assayed in broiler chickens. *J of Agric and Food Chem*, 1991, 29 1252~ 1256.
- 18 De Silva et al. . Effects of water and β - glucanase treatment on non-starch polysaccharides in endosperm of low and high viscous barley. *Swedish Journal of Agriculture*, 1983, 13 211~ 219.
- 19 华卫东等. β -葡聚糖酶在猪的大麦基础日粮中的研究进展. *饲料研究*, 1999, 5 18~ 21.
- 20 Crouse R C et al. . Inhibition of growth of hair by mimosine. *Nature*, 1962, 194 694~ 695.
- 21 Serrano E P et al. . Biochemical mechanisms of mimosine toxicity to *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Australian Journal of Biological Science*, 1983, 36 (4): 445~ 454.
- 22 Jones R J et al. . Serum thyroxine levels and live weight gain of steers grazing leucaena pastures. *Leucaena Research Reports*, 1982, 3 2.
- 23 Hegarty M P et al. . Reaction of sheep to the consumption of leucaena glauca Benth. and to its toxic principle mimosine. *Aust J Agric Res*, 1964, 15 153~ 167.
- 24 汪傲, 杨家晃等. 用银合欢饲喂肉牛的效果及其毒性观察. *中国草地*, 1987, 4 60~ 63.
- 25 易俊东等. 含羞草素微生物降解途径的研究. 见: 第二届全国饲料毒物与抗营养因子学术研讨会论文集, 1995. 171~ 178.
- 26 汪傲, 杨家晃等. 银合欢澳洲 DHP- 降解细菌脱毒及饲喂乳牛效果的研究. *畜牧兽医学报*, 1994, 25 (3): 206 ~ 212.

(责任编辑: 黎贞崇)

(上接第 23 页 Continue from page 231)

- 16 薛应龙. 植物生理学实验. 北京: 高等教育出版社, 1985. 151~ 152.
- 17 山东农学院主编. 植物生理学实验指导. 济南: 山东科学技术出版社, 1980. 308~ 310.
- 18 Shroubeem H H, Milad N E. Effect of rare earth elements from monazite on growth vigor and chemical composition of phaseolus vulgaris. *Soil Science*, 1966, 101 130~ 134.
- 19 沈应柏, 王骏, 杨春华等. 稀土元素对 I-69 杨水培苗木生长和光合作用的影响. *北京林业大学学报*, 1991, 13 (4): 47~ 52.
- 20 Johnston M, Crof C P L, Brownell P F. *Aust J Plant Physiol*, 1989 449~ 457.
- 21 汤章诚. 逆境条件下植物脯氨酸的积累及其可能的意义. *植物生理学通讯*, 1984, (1): 15~ 21.
- 22 曹植仪. 水分胁迫下植物体内游离脯氨酸的积累及 ABA 在其中的作用. *植物生理学报*, 1985, 11 (1): 9~ 16.
- 23 王荣福. 植物抗寒指标的种类及其作用. *植物生理学通讯*, 1987, (3): 49~ 55.
- 24 刘鸿先, 曾韶西, 王以柔等. 低温对不同耐寒力的黄瓜幼苗各细胞器中超氧化物歧化酶的影响. *植物生理学报*, 1985, 11 (1): 48~ 57.
- 25 陈贻竹, 帕特森 B. 低温对植物叶片中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化氢水平的影响. *植物生理学报*, 1988, 14 (4): 323~ 328.
- 26 蒋明义, 荆家海, 王韶唐. 渗透胁迫对水稻幼苗膜脂过氧化及体内保护系统的影响. *植物生理学报*, 1991, 17 (1): 80~ 84.
- 27 曾韶西, 王以柔, 刘鸿先. 低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应. *植物生理学报*, 1991, 17 (2): 177 ~ 182.

(责任编辑: 邓大玉)