

动物铬的营养研究进展*

张敏红

(中国农业科学院畜牧所, 北京, 100094)

摘要 本文从铬的生物活性形式—葡萄糖耐量因子、铬的吸收及其影响因素、应激对铬代谢的影响、铬对物质代谢的影响以及在常规饲料中添加铬的生物学效应等5个方面,扼要地评述了动物铬的营养研究进展。

关键词 铬 营养

法国化学家 Louis Vauquelin(1797)首次在自然界发现铬元素,在此以后的近两个世纪中,铬一直被认为是有毒元素,甚至是致癌物质。直至1957年, Schwarz 和 Mertz 提出了葡萄糖耐量因子(Glucose Tolerance Factor,简称GTF,下同)假说,1959年才证实了铬是大鼠生长和维持GTF的必需元素,从此揭开了铬作为GTF的主要活性成分而发挥重要生理功能的一面。

动物铬的营养研究始于六十年代初,研究者少,空白点亦多,在畜禽营养方面尤晚,90年代初方引起注目。作者根据搜集到的文献,按以下五方面进行扼要的评述。

1 铬的生物活性形式——GTF

Glaser 和 Halpern(1929)报道,酵母浸出物可使胰岛素的降血糖作用大为提高,并把这结果解释为酵母中含有丰富的维生素。Mertz 和 Schwarz(1955)在用大鼠作葡萄糖耐量试验时发现,以串酿酵母属酵母为基础饲料时,大鼠的糖耐量显著降低,补喂啤酒酵母可使糖耐量恢复。因此, Schwarz 和 Mertz(1957)假定在啤酒酵母中存在一种新的营养素——葡萄糖耐量因子(Glucose Tolerance Factor,简称GTF,下同),他们于1959年鉴定出其有效成分为三价有机铬。Mertz(1969)认为,GTF作为铬的活性形式,具有增强胰岛素活性的作用,而无机铬化合物很少或几乎没有这种功能,并把GTF描述成为具有下列特征的饲料因子:GTF能增强胰岛素的活性;GTF铬在肠道中的吸收远大于其它铬化合物;GTF中的铬必须能与体内铬代谢库中的铬相交换;GTF必须能容易地通过胎盘,并进入胎儿组织中。

Toepfer 等(1977)从啤酒酵母中提取的活性成分除铬外还含有烟酸、甘氨酸、半胱氨酸和谷氨酸,但至今尚未确定GTF的完整的化学结构,也没有获得一种完全符合上述4个特征的有机铬化合物,不过,国际上已有数种GTF样的化合物,如吡啶羧酸铬(picolinate chromium)和酵母铬。Evans(1989)认为,吡啶羧酸铬的化学结构与GTF分子的一部分结构相似。通常大多数学者把GTF认为是具有显著增强胰岛素活性的铬的生物活性形式。

2 铬的吸收及其影响因素

对铬的吸收位点和机制的了解甚少。Chen 等(1973)报道,铬在大鼠小肠的中部吸收最多,

* 国家自然科学基金资助项目
收稿日期: 1995-07-17

其次是在回肠和十二指肠。

铬的吸收与化学结合形式有很大的关系。Anderson 和 Kozlovsky(1985)、Offenbacher 等(1986)报道, 无机铬难以被吸收, 其吸收率仅为 1%~3%。Seerley(1993)得出结论认为, 有机铬较易被吸收, 其吸收率约为 10%~25%, 从而 Doisy 等(1976)推测, 铬很可能以小分子量的有机铬配合物的形式通过肠粘膜进入体内。Polansky 等(1993)的研究结果认为, 不同有机铬化合物的吸收率不同, 而且铬的吸收与组织总铬含量并不相关。Anderson 等(1993)给大鼠补充 9 种化学形式的铬, 发现某些化学形式的铬(包括氯化铬)很少进入组织中。在所测试的 9 种化学形式之间进入组织的铬相差数倍。

与其它矿物质的交互作用也影响铬的吸收和体内铬的最终营养状况。Chen 等(1973)报道, 铬与铁都是由血液中运铁蛋白运输, 它们分别占据运铁蛋白分子的不同位点。当铁过量时, 与铬争夺这些位点, 从而使转运到组织中的铬减少。Hahn 和 Evans(1975)得出结论, 锌与铬在小肠中的代谢行为相同, 因此它们中的一种的存在会抑制另一种的吸收。

一些阴离子成分也影响铬的吸收。Chen 等(1973)报道, 草酸盐能增加大鼠肠中铬的吸收, 而植酸则反之。柠檬酸盐和乙二胺四醋酸(EDTA)对铬的吸收没有影响。Evans 等(1982)报道, 吡啶羧酸能促进铬的吸收。

3 应激对铬代谢的影响

Hopkins(1965)、Mertz(1974)的研究证明, 吸收后的铬大部分由尿中排泄, 少量经胆汁进入肠中从粪中丢失, 少量吸收后的铬也从皮肤中丢失。研究表明, 饲粮高糖(Kozlovsky 等, 1980)、泌乳(Anderson 等, 1993)、疾病(Simonoff 等, 1984)、急性运动(Anderson 等, 1982)、创伤(Borel 等, 1984)等应激都会导致尿铬的排泄量增加。

Anderson(1987)认为, 许多生理应激如剧烈运动、感染、过热或过冷等都促进肾上腺皮质激素释放糖皮质激素; 糖皮质激素释放量的增加导致动员组织中的蛋白质和脂肪参与分解, 以提供糖异生的原料; 葡萄糖利用率的增加导致动员组织中的铬参与糖代谢。Doisy 等(1971)认为, 被动员的铬不能被肾脏重吸收而最终从尿中排出。因此, 应激因素促进糖代谢而增加机体铬的丢失。Chang 和 Mowat(1992)给受运输应激的阉犊牛补充酵母铬, 在最初的 28 日内, 日增重平均提高 30%、饲料利用率上升 27%, 同时血清免疫球蛋白水平上升, 皮质醇含量下降, 但在 28 日以后, 补铬对增重和饲料利用率没有影响。Burton(1993)给受妊娠、泌乳和能量负平衡等生理应激的围产期乳牛补铬, 可提高免疫力。这些结果表明, 饲喂常规饲料的牛在受到应激后会导致缺铬, 增重、饲料利用率下降, 应激激素水平上升以及免疫功能受损。补铬的正效应也表明了应激增加铬的需要量。

4 铬对营养物质代谢的影响

Mertz(1969)得出, 铬是 GTF 的活性成分, 协助或增强胰岛素在体内的作用。Anderson(1981)认为, 铬的许多生化功能都是作为胰岛素的增强剂而发挥的, 包括糖、脂和蛋白质代谢。

4.1 糖代谢

Mertz(1969)证实, 在胰岛素存在时, 用缺铬大鼠的附睾脂肪组织进行培养时, GTF 铬可

以增加缺铬的附睾脂肪组织对葡萄糖的摄取量,并使葡萄糖氧化为二氧化碳,也增多葡萄糖掺入脂肪组织。

铬与糖原代谢有关。Roginski 和 Mertz(1969)报道,喂低铬饲料的大鼠与喂同样饲料但在水中添加 2mg / kg 铬的大鼠相比,禁食 18 小时后肝糖原显著地减少了;静脉注射胰岛素以后,喂低铬饲料大鼠的肝脏和心内糖原的生成也低于补铬大鼠。Rosebrough 和 Steele(1981)得出结果:给刚出壳至 3 周的火鸡补充 20mg / kg 铬,其基础肝糖原浓度显著地高于未补铬的雏火鸡;与之相应补铬雏火鸡有较高的糖原合成酶的活性。而补铬对磷酸化酶没有显著的影响。在基础期、48 小时禁食期和 24 小时再喂食期,补铬显著地增加体外葡萄糖碳掺入糖原中。在 Wayne 等(1988)的研究中发现,喂低铬饲料的大鼠与补铬的大鼠相比,5 周后,低铬组大鼠的肝糖原浓度较低,肝磷酸化酶活性升高,糖原合成酶活性未受影响。既然这两种酶调节肝糖原的合成和降解,那么肝中糖原浓度较低和磷酸化酶活性的升高就表明了低铬组大鼠的糖原代谢朝着降解的方向进行。

4.2 脂代谢

铬与脂代谢关系的建立较早。Schroeder 和 Balassa(1965)发现,饲喂低铬饲料大鼠的血清胆固醇升高、主动脉脂和主动脉斑的生成增多。Tuman 和 Doisy(1974)发现,GTFF 铬能显著地降低患糖尿病或缺铬大鼠血中胆固醇和甘油三酯的水平。Abraham 等(1980)得出,补铬不仅能降低兔主动脉上胆固醇的沉积,而且能清除已沉积于主动脉上的胆固醇。更有意义的是,在 Abraham 等(1991)的试验中发现,由饲喂高胆固醇饲料引起的兔的主动脉粥样硬化症在补铬后得到好转。

Page 等(1993)给饲喂玉米豆粕饲料的生长猪补铬,在试验 1、2 中补铬猪的血清胆固醇水平下降,而在试验 3 中却不受影响。血清甘油三酯的水平在 3 个试验中都不受影响。

4.3 蛋白质和核酸代谢

Roginski 和 Mertz(1969)报道,给大鼠的饮水中补充 2mg / kg 铬,甘氨酸、丝氨酸和蛋氨酸掺入肝脏、心脏中的蛋白质显著增多。Weser 和 Koolman(1969)发现,补铬大鼠中氨基酸掺入肝核蛋白的量显著多于不补铬或补充其它金属元素的大鼠。Okade 等(1983, 1984)和 Ohba 等(1985)的研究都发现,铬能促进小鼠、大鼠肝中核糖核酸(RNA)的合成。

5 在畜禽常规饲料中添加铬的生物学效应

在畜禽营养中对铬的研究的起步较晚,进入 90 年代后日渐活跃。目前报道的有关铬的营养学试验很少,且皆为添加对比试验,现总结如下。

5.1 补铬改善生产性能

Chang 和 Mowat(1992)、Moonsie - shageer 和 Mowat(1993)、Mowat 等(1993)自 1989 年至 1993 年共 4 次给 135 头受运输应激的犍牛补充酵母铬,在受运输应激后的最初的 21 日或 28 日内,日增重平均提高 24%,最高达 157%。Subiyatno(1994)给初产牛补充 0.5mg / kg 铬,头 16 周内,乳牛的产奶量提高 11%。

Steele 和 Rosebrough(1979)报道,给 1 周龄火鸡以氯化铬形式补充 20mg / kg 铬,2 周内

日增重提高 14%。Rosebrough 和 Steele(1981)也得出类似的结果,在 0-3 周龄补铬的火鸡在 21 日龄时的体重显著高于不补铬的火鸡。

5.2 补铬调节牛的免疫反应

Chang 和 Mowat(1992)给饲喂玉米青贮 + 豆粕饲粮的生长犊牛补铬,显著地提高了血清免疫球蛋白的水平。Moonsie-shageer 和 Mowat(1993)的研究表明,给处于应激期的犊牛补铬,可提高犊牛在注射人红细胞后的抗体滴度。Burton 等(1994)的研究也指出,补铬能提高犊牛在接种弱化牛传染性鼻气管炎(IBR)活疫苗后的抗体滴度。Burton 等(1993)得出,给泌乳早期乳牛补铬,提高了各种抗原的抗体滴度,并且增强了细胞免疫功能。上述试验清楚的表明了铬是牛的免疫反应的强有力的调节剂。

5.3 补铬提高瘦肉量

研究补铬对动物体成分的影响是一个令人感兴趣的课题。Page 等(1993)发现,给生长肥育猪补充吡啶羧酸铬,可提高眼肌面积、瘦肉率(7%),降低第十肋骨处的脂肪厚度 20%。Lindemann 等(1993)、Mooney 和 Cromwell(1993)得出了与 Page 等(1993)类似的结果。Anderson(1989)给雏火鸡补铬,显著地提高了胸肉量。Kichalong 等(1993)给羔羊补充吡啶羧酸铬,改善了瘦肉指标。然而,Chang 等(1992)给未受应激的生长肥育阉牛长期补充酵母铬,并未见胴体指标变化。可见,铬是一种养分,并非药物,只有在缺乏时补充才显示其功能。

5.4 补铬提高初产母猪的产仔性能

补铬影响雌性动物的繁殖性能。Lindemann 等(1994)报道,从生长期到妊娠期给初产母猪补铬增加了出生活仔数和 21 日龄窝重。

尽管目前世界各国都未正式发布常见饲料的铬含量和动物的铬需要量,但从近年来为数不多的报道中分析,肉牛、乳牛、猪和火鸡的常规饲粮中铬含量可能处于临界水平或以下。尤其在动物受到应激时铬的实际需要量增加,补铬可产生显著的生物学效应。

6 结语

综上所述,铬是动物的必需元素,三价铬作为 GTF 的活性成分与胰岛素发挥协同生理功能——参与糖、脂类和蛋白质代谢。有机铬易于吸收。肉牛、乳牛、猪和火鸡的常规饲粮中铬含量可能不足,当动物受到应激时铬的需要量增加,补充有机铬可显著地提高生产、免疫等性能。

参考文献

- Abraham A S, M Sombuleck *et al*. 1980 The effect of chromium on established atherosclerotic plaques in rabbits. *Am J Clin Nutr*, 33: 2294
- Abraham A S, B A Broods, U Eylath. 1991 Chromium and Cholesterol - induced atherosclerosis in rabbits. *Ann Nutr and Metab*, 35: 203
- Anderson R A. 1987 Chromium. In: Trace Elements in Human and Animal Nutrition(5th Ed), Vol 1. W Mertz(Ed) Academic Press, Inc, New York, 255
- Anderson R A. 1993, Recent advances in the clinical and biochemical effects of chromium deficiency. In: Essential and Toxic Trace Elements in Human Health and Disease, A S Prasad, ed, Wiley Liss Inc., New York, 221
- Anderson R A, A S Kozlovsky. 1985, Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected

- diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, 41:1177
- Anderson R A *et al.* 1993. Form of chromium effects tissue chromium concentration. FASEB J. T, A204
- Anderson R A. 1982. Effect of exercise (running) on serum glucose, insulin, glucagon and chromium excretion. *Diabetes*, 31:212
- Anderson R A *et al.* 1991. Supplemental - chromium effects on glucose, insulin, glucagon and urinary chromium losses in subjects consuming controlled low - chromium diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54:909
- Anderson R A. 1981. Chromium as a naturally occurring chemical in humans. Proceedings of chromate symposium, 80. Industrial Health Foundation, Inc. Pittsburgh, 332
- Anderson R A *et al.* 1989. Chromium supplementation of turkeys: Effects of tissue chromium. *J. Agri. Food Chem.*, 37:131
- Borel J S *et al.* 1984. Chromium intake and urinary chromium excretion of trauma patients. *Biol. Trace Elem. Res.*, 6:317
- Burton J L, B A Mallard, D N Mowat. 1993. Effects of supplemental chromium on immune responses of periparturient and early lactation dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 71:1532
- Burton J L, B A Mallard, D N Mowat. 1994. Effects of supplemental chromium on response of newly weaned beef calves to IBR / PI₃ Vaccination. *Can J. Vet. Res.*, 58:148
- Chen N S C *et al.* 1973. Metabolism of Chromium in the Rats: A Review. *J. Nutr.*, 103:1182
- Chang Z, D N Mowat. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.*, 70:559
- Chang Z, D N Mowat, G N Spiers. 1992. Carcass characteristics and tissue mineral contents of steers fed supplemental chromium for steers fed supplemental chromium. *Can J. Anim. Sci.*, 72:663
- Doisy R J *et al.* 1976. Chromium metabolism in man and biochemical effects. In: Trace Elements in Human Health and Disease Vol 2, essential and toxic elements. A. S. Prasad and D. Oberleas (Eds.) Academic Press New York, 79
- Doisy R J *et al.* 1971. Metabolism of chromium 51 in human subjects. In: Newer Trace Elements in Nutrition, W. Mertz and W. E. Cornatzer, eds., Marcel Dekker, New York, 155
- Evans G W. 1989. The picolinate. Keats Publishing, Inc. New Canaan, CN
- Evans G W. 1982. The role of Picolinic acid in Metal Metabolism. *Life Chem. Rep.*, 1:57
- Evans G W. 1989. The effect of chromium picolinate on insulin controlled parameters in humans. *Int. J. Biosoc. Med. Res.*, 11:163
- Glaser E, G Halpern. 1929. Über die Aktivierung des insulins durch Hefepressaft. *Biochem. Z.* 207:377
- Hahn C J *et al.* 1975. Absorption of trace metals in the zinc - deficient rat. *Am. J. Physiol.*, 228:1020
- Hopkins L L *et al.* 1965. Distribution in the rat of physiological amount of injected Cr⁵¹(III) with time. *Am. J. Physiol.*, 209:731
- Kitchlong L *et al.* 1993. Chromium picolinate supplementation in lamb rations: Effects on performance - nitrogen balance, endocrine and metabolic parameters. *J. Anim. Sci.*, 71(Suppl. 1):291(Abstr.)
- Lindemann M D, A F Harper, E T Kornegay. 1994. Reproductive response in swine to the supplementation of chromium from chromium picolinate. Proc. Mid - west Amer. Soc. Anim. Sci. Mtg. (Abstr.)
- Lindemann M D *et al.* 1993. Chromium picolinate additions to diets of growing - finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 71(suppl. 1) 14(Abstr.)
- Mertz W, E V Toepfer, E E Roginski, M M Polansky. 1974. Present knowledge of the role of chromium. *Fed. Proc.*, 33:2275
- Mertz W, K Schwarz. 1955. Impaired glucose tolerance as an early sign of dietary necrotic liver degeneration. *Arch. Biochem. Biophys.*, 58:504
- Mertz W. 1969. Chromium occurrence and function in biological systems. *Physiol. Rev.*, 49:163
- Mooney K W, G L Cromwell. 1993. Effects of chromium picolinate on performance, carcass composition and tissue accretion in growing - finishing pigs. Proc. Amer. Soc. Anim. Sci. Mtg. (Abstr.)
- Moonsie - shageer S, D N Mowat. 1993. Levels of supplemental chromium in performance, serum constituents and immune status of stressed feeder calves. *J. Anim. Sci.*, 73:49

- Mowat D N, X Chang, W Z Yang. 1993. Levels of supplemental chromium on performance, serum constituents and immune status of stressed feeder calves. *J Anim. Sci.*, 73:49
- Mowat D N, X Chang, W Z Yang. 1993. Chelated chromium for stressed feeder calves. *Can J Anim. Sci.*, 73:49
- Offenbacher E G *et al* 1986. Chromium balance in adult men. *Am. J Clin. Nutr.*, 44:77
- Okada S, M Suzuki, H Ohba. 1983. Enhancement of ribonucleic acid synthesis by chromium(Ⅲ) in mouse liver. *J Inorg. Biochem.* 21 113
- Okada S, H Tsukada, H Ohba. 1984. Enhancement of nucleolar RNA synthesis by chromium(Ⅲ) in regenerating rat liver. *J Inorg Biochem.* 21:113
- Ohba H, Suketa, S Okata 1986. Enhancement of in vitro ribonucleic acid synthesis on chromium(Ⅲ) - bound chromatin. *J Inorg Biochem.* 27:179
- Polansky M M *et al.* 1993. Effects of form of chromium on chromium absorption, Proc. FASEB (Abstr.)
- Page T G *et al* 1993 Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing - finishing pigs. *J Anim. Sci.*, 71:656
- Reginski E E, Mertz W 1969. Effects of chromium (Ⅲ) supplementation on glucose and amino acid metabolism in rats fed a low protein diet. *J Nutr.*, 97 525
- Rosebrough R W, Steele N C. 1981. Effect of supplemental dietary chromium or nicotinic acid on carbohydrate metabolism during basal, starvation and refeeding periods on poult. *Poult. Sci.*, 60:407
- Schwarz K, W Mertz. 1957. A glucose tolerance factor and its differentiation from factor 3. *Arch Biochem Biophys.* 72:515
- Schwarz K, W Mertz. 1959. Chromium(Ⅲ) and the glucose tolerance factor. *Arch. Biochem Biophys.* 85:292
- Seerley R W 1993. Organic chromium and manganese in human nutrition. In: Proceeding of Allterch's Ninth Annual Symposium. Lyons, T P (Ed.), 41~51
- Simonoff M Y *et al.* 1984 Low plasma chromium in patients with coronary artery and heart disease. *Bio. Trace Elem. Res.*, 6 431
- Schroeder H A, J I Balassa. 1965. Influence of chromium, cadmium, and the lead on rat aortic lipids and circulating cholesterol. *Am J Physiol.* 209 433
- Steele N C, Rosebrough. 1979 Trivalent chromium and nicotinic acid supplementation for the turkey poult. *Poult. Sci.*, 58 983
- Subiyatno A, D N Mowat, W Z Yang. 1994. Plasma metabolite responses to glucose infusion in dairy cows supplemented with chelated chromium. *J Dairy Sci.*,
- Toepler E W, W Mertz *et al* 1977. Preparation of chromium - containing material of glucose tolerance factor activity from brewer's yeasts and by synthesis. *J Agric. Food Chem.*, 25:162
- Tuman R W, R J Doisy. 1974. Trace Element Metabolism in Animals - 2, Hoekstra, W. G. *et al.* eds. Baltimore: University Park Press. 678
- Weser V, J Koolman. 1969. Reactivity of some transition metals on nuclear protein biosynthesis in rat liver. *Experientia.* 26 246
- Wayne W *et al* 1988 Exercise training and dietary chromium effects on glycogen synthase, phosphorylase and total protein in rats. *J Nutr.*, 119.653

致谢: 承蒙张子仪先生提出修改补充意见, 谨致谢意。

CHROMIUM IN ANIMAL NUTRITION: A REVIEW

Zhang Minhong

(*Institute of Animal Science, CAAS, Beijing, 100094*)

ABSTRACT

This review summarizes research works on chromium nutrition in animals. Emphases were placed on 1. Biologically active form of chromium - GTF; 2. Chromium absorption and its relationships to other nutrients; 3. Chromium metabolism in stressed animal; 4. Effect of chromium on carbohydrate, lipid and protein metabolism; 5. Chromium addition to practical diets.

Key words: Chromium, Nutrition

会议预告——

‘96全国中西医结合新技术普及 推广会将在洛阳隆重召开

【本刊讯】为扩大和促进兽医界教学、科研、生产及推广部门之间的科技交流与合作，普及推广中西兽医新技术新产品，经中国科协批准，‘96全国中西医结合新技术普及推广会将于8月下旬在洛阳召开，会议由中国畜牧兽医学会中兽医学分会、中国畜牧兽医学会禽病学分会、全国农业新技术产品传播网、河南省畜牧兽医学会联合主办。会议主题为面向市场的中西兽医结合新技术新产品，包括畜禽诊疗技术与器械、畜禽用药品等。会议欢迎各大专院校、科研单位的技术开发人员、兽医器械生产厂家代表、各级畜牧兽医技术推广部门及营销人员参会，同时欢迎新技术产品持有单位提前与会务组联系，争取列入会议推广宣传计划。会议通知及细则函索即寄。

联系地址： (100094)北京圆明园西路2号北京农大
全国农业新技术产品传播网办公室 刘铁斌博士

咨询电话： (010)2872631