

# 维生素 C 在家禽抗应激中的作用研究进展

陈国胜 蔡辉益

(中国农业科学院饲料研究所, 北京, 100081)

**摘要** 本文就应激状态下家禽体内  $V_c$  的合成; 应激状态下家禽机体对  $V_c$  的吸收、分布和利用效率; 日粮中添加  $V_c$  对家禽抗应激及生产性能的影响;  $V_c$  在家禽抗应激作用研究的衡量指标及其测试手段和方法; 抗应激中  $V_c$  与其他应激剂的互作; 日粮  $V_c$  对家禽抗应激影响机理等六部分系统综述了  $V_c$  在家禽抗应激中的作用的进展。

**关键词** 维生素 C 家禽 应激

在集约化家禽业中, 面临越来越多的应激因素的挑战。引起应激的因素很多, 如营养不良、疾病、冷热、疫苗接种、惊吓、运输、转群、换料、断喙、有害气体和物质的侵袭以及饲养管理不当等, 高密度饲养造成的肉鸡的高温应激尤为突出。在高温高湿条件下, 肉鸡表现为生产性能下降, 自身免疫机能降低, 发病率上升, 甚至大群死亡。虽然可采取一些改善外部环境的措施, 如在饮水中加冰块降温、喷雾降温、雨帘降温等; 调整日粮能量和蛋白质水平; 于饮水或日粮中添加或肌肉注射某些镇静剂等; 但这些措施效果非常有限, 而且也会增加生产成本。加强家禽本身抗应激能力则是比较理想的途径。维生素尤其是维生素 C ( $V_c$ ), 是影响家禽免疫机能、提高抗应激能力的重要营养素之一。 $V_c$  因其具有抗坏血病功能而最早被人类所认识。Waugh 和 King (1932) 首先分离出纯的  $V_c$ , 并证明是抗坏血病因子。Abt 等 (1938) 认为  $V_c$  具有抗感染特性。Ling. C. Pouling (1971) 提到大剂量  $V_c$  在家禽抗应激、疾病预防和治疗上的应用效果。随后  $V_c$  越来越被养殖生产者所接受, 广泛用于日粮中以提高家禽免疫力, 增强其抗应激能力和提高生产性能。但是由于家禽在应激状态下  $V_c$  的营养生理变化, 如体内合成、吸收、代谢和利用效率变化等尚不清楚, 几十年来许多研究文献报道结果也不一致, 因而目前在实际应用  $V_c$  作为抗应激剂方面仍有很多争议。本文就  $V_c$  在家禽抗应激中的作用, 侧重从营养与免疫的角度进行评述。

## 1 应激状态下家禽体内 $V_c$ 的合成

据 Roy 等 (1958) 和 Chatterjee (1961) 报道除了灵长目 (如人类), 豚鼠, 鱼类, 蝙蝠, 昆虫, 以及一些鸟类外, 几乎所有的动物都可以合成  $V_c$ 。其中两栖类和爬行类动物的  $V_c$  合成是在肾脏完成, 家禽体内  $V_c$  也主要在肾脏中合成, 而哺乳类是在肝脏中合成, 不能合成  $V_c$  的动物需由食物供给。

在应激条件下, 家禽合成  $V_c$  的能力明显下降。Pardue (1987) 报道, 家禽虽然体内可以合成

收稿日期: 1996-05-31

V<sub>c</sub>, 但刚出壳的雏鸡合成能力较低, 加上应激因素如疾病、冷热、饥饿等的影响, 易引起 V<sub>c</sub> 的缺乏。Njoku(1992)发现, 在高温环境条件下, 肉鸡在头 3 周内, V<sub>c</sub> 的生物合成能力十分有限。Cafantaris(1995)认为, 2 周龄前家禽体内合成的 V<sub>c</sub> 可能不能满足代谢需要, 2 周龄后合成的 V<sub>c</sub> 基本可以满足代谢需要; 但是当家禽处于应激状况时, 对维生素的需要量增加, 这时则需要额外补充 V<sub>c</sub>。

家禽 V<sub>c</sub> 的合成主要在肾脏中完成, 成禽在肝脏中也能合成。文杰等(1994)关于应激和非应激条件下肉鸡肝脏中 V<sub>c</sub> 合成的关键酶——古洛糖酸内酯氧化酶活性变化的比较试验表明, 肉鸡在热应激条件下, 肝脏的 V<sub>c</sub> 合成能力减弱, 血浆中 V<sub>c</sub> 含量明显降低, 其原因是应激因素使家禽肝脏中的古洛糖酸内酯氧化酶活性降低。同时, 外源性 V<sub>c</sub> 对该酶的活性无明显影响, 但可以使肝、肾和血浆中的 V<sub>c</sub> 浓度明显升高。

## 2 应激状态下家禽机体对 V<sub>c</sub> 的吸收、分布和利用效率

V<sub>c</sub> 的吸收: V<sub>c</sub> 的吸收方式与碳水化合物(单糖)相似。在本身不能合成 V<sub>c</sub> 的动物体内, V<sub>c</sub> 在肠道的吸收是一个依赖 Na<sup>+</sup> 离子的主动运输过程。Spencer(1963)提出, 不易患坏血病的动物对 V<sub>c</sub> 的吸收方式可能是被动扩散过程。Kallner(1977)证明, 少量的 V<sub>c</sub> 容易吸收, 剂量大时吸收率降低。食物中 V<sub>c</sub> 的生物利用率一般为 80%~90%。

Rose(1986)研究表明, 在代谢过程中, V<sub>c</sub> 经酶促反应, 首先被转化成脱氢 V<sub>c</sub>, 然后在细胞中被还原, 还原型 V<sub>c</sub> 和氧化型 V<sub>c</sub> 的可逆氧化和还原反应是其最重要的化学特性, 也是 V<sub>c</sub> 已知的生理学活性及稳定性的基础。被吸收的 V<sub>c</sub> 极易和体内的 V<sub>c</sub> 保持平衡。Lee Russell McDowell(1989)报道, V<sub>c</sub> 无特殊的结合蛋白, 人们认为它是结合在亚细胞结构上。

V<sub>c</sub> 的分解与排泄: 绝大多数 V<sub>c</sub> 在体内被代谢分解, 产物为二氧化碳和草酸, 后者随尿排出(灵长目), 剩下的 V<sub>c</sub>(包括内源性 V<sub>c</sub>)通过尿、汗、粪便排出。尿中 V<sub>c</sub> 的排量主要取决于 V<sub>c</sub> 的摄入量、储存量及肾脏的功能。Lee Russell McDowell(1989)报道肾脏的 V<sub>c</sub> 排出量取决于肾小球的滤过能力, 该能力又受血浆中 V<sub>c</sub> 浓度的影响。

Sanberlich(1984)报道, 尿中 V<sub>c</sub> 的代谢形式有多种, 包括氧化型(脱氢) V<sub>c</sub>, 二酮古洛酸, 2—S—V<sub>c</sub>, 草酸盐, 甲基 V<sub>c</sub> 和 2—酮 V<sub>c</sub> 等。

Yarorsky(1934), Schans(1957), LLoyd 和 Nclair(1953), Kirk(1962), Heath(1962), Makila(1969)和贺普霄(1994)先后试验证明, 吸收后 V<sub>c</sub> 广泛分布于动物体全身组织, 在腺体中, 以肾上腺的含量最高。在试验动物中, V<sub>c</sub> 含量最高的器官是垂体和肾上腺, 肝脏、肾、脾、胰腺以及心肌含量也很高, 而在脂肪中含量最小。Kirk(1962)和 Sung(1979)报道, 在家禽体组织中, V<sub>c</sub> 主要分布在肾、肾上腺、肝、生殖腺和法氏囊, 而且含量与日龄紧密相关。Lee Russell McDowell(1984)发现新愈合的伤口附近 V<sub>c</sub> 的含量也较高。

蔡辉益等(1996)在应激和非应激状态下, 对肉鸡 V<sub>c</sub> 营养生理变化的比较研究表明, 在应激条件下, 肉仔鸡对 V<sub>c</sub> 的吸收、代谢和动用速度比非应激条件下快; 肉仔鸡对 V<sub>c</sub> 的吸收利用率也由 84.85% 提高到 85.71%。

## 3 日粮中添加 V<sub>c</sub> 对家禽抗应激及生产性能的影响

在应激和非应激条件下, 家禽是否需要由饲料或饮水中获取 V<sub>c</sub>, 即家禽自身生物合成的

V<sub>c</sub> 能否满足本身营养需要, 是多年来动物营养学专家争论的问题。这在人们获得稳定型 V<sub>c</sub> 和其衍生物产品以后, 在一定的环境、营养和疾病情况下, 证实其添加效应的结论才趋于一致。Lyle(1968), Affia(1976), McDonald(1981), Catherine Porker(1983), Pardue(1982; 1985; 1987), Teeter(1985), Chen(1990) 和 Rogen(1994) 等报道, 在家禽日粮中添加 V<sub>c</sub> 或其衍生物, 可促进其生产性能的充分发挥, 提高其抗应激和免疫应答能力。日粮中添加 V<sub>c</sub> 可提高家禽对各种应激的抵抗力, 并且能降低因环境温度升高而引起的高死亡率, 对生长、产蛋、解毒和疾病后康复均有良好的作用。杨禄良(1996) 在高温高湿条件下日粮中添加不同水平 V<sub>c</sub>, 观察对艾维茵肉鸡生产性能的影响, 结果表明, 未添加 V<sub>c</sub> 组死亡率高达 18.33%, 显著高于相应常温组( $P < 0.05$ )。在高温高湿组添加 V<sub>c</sub> 100、200 mg / kg 组有降低死亡率的趋势, 添加 V<sub>c</sub> 400mg / kg 组可明显降低死亡率( $P < 0.05$ )。

因此, 许多学者建议在家禽日粮中添加 V<sub>c</sub>, 尤其是在各种应激条件下更为重要, 建议添加量见表 1。

家禽在使用疫苗或感染疾病期间, V<sub>c</sub> 的合成效率较低, 家禽对 V<sub>c</sub> 的需要量增加。其间在家禽日粮中添加 V<sub>c</sub>, 可以提高其免疫抗体滴度, 增强其免疫应答能力, 从而提高应激条件下的生产性能(表 2)。

尽管如此, 多年以来 Carrick and Hange(1925), Ranch(1964), Frecman(1983), Nockels(1984), Pardue(1985a), NRC(1994), 雷启光(1995) 等营养学家和 NRC(1994) 一直认为, 家禽日粮中不需添加 V<sub>c</sub>, 因为正常条件下, 成年家禽本身能够合成 V<sub>c</sub>。而且有的报道认为, 日粮中添加 V<sub>c</sub> 对家禽抗应激效果不明显, 如 Nockels(1984) 认为, 添加 200mg / kg V<sub>c</sub> 对家禽死亡率无影响。此外, Paxon 等(1994) 在热带气候条件下在生长肉鸡的日粮中添加 200mg / kg V<sub>c</sub> 却没有观察到各项生产性能指标的改善。

Dudkey(1994) 报道, 由于加强家禽的免疫应答(免疫应答是感染性或非感染性因子作用于免疫系统的结果), 会显著性降低生长率和饲料效率。调整日粮养分可以增强免疫应答, 但又会加重生长抑制并进一步降低饲料效率, 如提高日粮维生素 C 和维生素 E 等添加量有益于增强免疫应答, 降低应激, 但免疫应答的加强本身会导致一定的生长抑制, 所以建议 V<sub>c</sub> 的添加量应适宜。

## 4 V<sub>c</sub> 在家禽抗应激作用研究的衡量指标及其测试手段和方法

维生素以及许多其他养分都对畜禽的免疫能力有着显著的影响。V<sub>c</sub> 是家禽免疫系统发挥正常功能所必需的营养素, 也是家禽抗应激的重要营养素之一。近几十年来对抗应激作用的衡量指标及其测试手段和方法的研究和报道较多。

### 4.1 衡量指标

#### 4.1.1 生产性能指标和生理生化指标的影响

主要测定指标: 体增重, 饲料转化率, 直肠和体表温度, 甲状腺、肾上腺和胸腺的重量, 总的血清蛋白, 血清钾的浓度。

#### 4.1.2 V<sub>c</sub> 水平对血液中白细胞活性的影响

主要通过加强吞噬中性白细胞和淋巴细胞的功能, 发挥吞噬杀灭微生物的作用。

表1 国内外专家学者建议家禽日粮添加量

Table 1. Recommended values for addition of vitamin C by some researchers inside and outside China

家禽品种 Breed	应激类型 Stress type	V <sub>c</sub> 添加量 Addition level (mg/kg)	抗应激效果 Antistress effects	资料来源 Sources
蛋用种鸡	各种应激条件	100	提高产蛋量、孵化率	Bains(1996)
肉用种鸡		150~200	降低淘汰率和死亡率	Bains(1996)
		200		Roche 公司
		60		BASF 公司
产蛋鸡	高温	50~100	提高产蛋率,改善血液生化指标,增强抗	Sahota 等(1992,1994)
		75~100	应激能力	Ward(1994),Bains(1996)
		150		Ball(1990)
雏鸡和	高温	200	提高成活率,增强	Njoku(1984)
肉仔鸡	各种应激条件	前期:100~150	抗应激能力	蔡辉益(1994)和 Roche 公司
		后期:60~100		
		60		BASF 公司
肉鸡	细菌病毒感染	330	预防呼吸道感染和	Gross(1988)
			大肠杆菌感染	
	冷应激、拥挤	100	降低应激,提高饲料	Gill 等(1993)
	高温	200~300	转化率	Hussein(1995)
				蔡辉益(1994)和杨禄良(1996)
	各种应激条件	100~150	增强抗应激能力	Ball(1990),Bains(1996)
肉鸭	各种应激条件	400	降低应激,降低淘汰	王彩玲(1995)
		雏:150	和死亡率	丁角立(1994),Ball(1990)
		生长:100		
		种用:150	提高受精率和孵化率	
火鸡	各种应激条件	雏:150	降低发病率	蔡辉益(1994)和 Roche 公司
				丁角立(1994)
		生长和育肥:150		
		种用:200	提高受精率和孵化率	
	高温	200	提高产蛋率	Noll(1995)
		75~100	抗应激能力增强	Ward(1994)

①白细胞(WBC)总数计数和分类计数,主要指标:

$H/L$  值 = 异嗜性粒细胞数 / 淋巴细胞数

②细胞噬菌率和吞噬细菌率

③淋巴细胞转化率和淋巴细胞分类计数——成熟的 T-淋巴细胞亚群  $CD_3CD_4$  和  $CD_8$  计数,以及  $CD_4/CD_8$ 。

4.1.3  $V_c$  通过免疫活性细胞因子的合成和分泌发生影响

主要测定指标: $\gamma$ -干扰素( $\gamma$ -IFN)和白细胞介素(IL-1,IL-2)。

4.1.4  $V_c$  对抗自由基的损伤,保护机体免遭损伤,提高免疫机能

表2 日粮中添加V<sub>C</sub>与疾病的关系(mg/kg)

Table 2. The relationship of addition of Vitamin C to diseases of poultry

品种	感染疾病名称	V <sub>C</sub> 添加量、V <sub>C</sub> 与免疫力		资料来源
Breed	Type of infectious diseases	Addition level, related to immunocompetence		Source
雏鸡	禽伤寒	对V <sub>C</sub> 的需要量增加		Hill 和 Arren(1958)
	传染性鼻炎	(血浆V <sub>C</sub> 浓度下降)		Squibb 等(1955)
	球虫病	血液(血浆)和组织中V <sub>C</sub> 水平下降		Degroot(1940)、Sykes(1978) 及 Kechik 和 Sykes(1979)
	球虫病	对V <sub>C</sub> 的需要量增加		Kechi 和 Sykes(1979)
雏鸡	新城疫或禽霍乱	预防和缓和病症		Squibb 等(1955)
	新城疫			Edirse(1986)
	新城疫	500	提高抗体滴度	Franchini(1994)
雏鸡	感染柔嫩艾美耳球虫	50~100	降低死亡率	Attia 等(1978)
	感染堆型艾美耳球虫	1000	预防及治疗	Kechik 和 Sykes(1979)
肉仔鸡	传染性支气管炎	300~330	预防及治疗	Tacconi(1994)
肉鸡	感染大肠杆菌	330	明显降低死亡率 和心包炎的发生率	Gross(1988)

主要测定指标:活性氧中的超氧自由基O<sub>2</sub><sup>-</sup>和有危害的生物分子自由基

其他活性氧如<sup>·</sup>OH均直接和间接衍生于O<sub>2</sub><sup>-</sup>。现在还有报道测定血浆中与V<sub>C</sub>有关的几种防御自由基毒害的酶类,如超氧化物歧化酶(SOD),过氧化氢酶(CAT),过氧化物酶(POD),谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)。

#### 4.1.5 V<sub>C</sub>通过参与B-细胞介导免疫应答发生作用

主要测定指标:血清中抗体水平。对抗绵羊红血球(SRBC),流产布氏杆菌,大肠杆菌的凝集素水平,以及抗新城疫病毒和马立克氏病毒的抗体滴度(效价)。

#### 4.1.6 V<sub>C</sub>通过激素介导免疫功能

主要测定以下激素:

①肾上腺皮质激素(包括糖皮质激素:主要是皮质醇和皮质酮;盐皮质激素:主要是醛固酮)。对家禽而言主要是肾上腺皮质酮。

②甲状腺激素(包括甲状腺素T<sub>4</sub>,即3,5,3',5',-四碘甲腺原氨酸和T<sub>3</sub>,即三碘甲腺原氨酸T<sub>3</sub>)。

### 4.2 测试手段和方法

#### 4.2.1 体液免疫应答评价(Delanty 和 Solomon, 1966; Anonymous, 1971; White, 1973; Franchini, 1994)

对家禽疫苗(如新城疫疫苗、鸭疫巴氏杆菌-血清1型菌株和绵羊红血球(SRBC)等)接种前后,在不同时间梯度采血样,用血清学试验——血凝试验(HA)和血凝抑制试验(HI)或者酶联免疫吸附试验(ELISA)方法测定和比较抗体滴度(效价)。

#### 4.2.2 白细胞总数(WBC)和白细胞分类计数(DC)评价

静脉采血样,用血细胞计数室镜检白细胞总数(WBC);同时,用全血涂片,瑞氏染色法染色、镜检,白细胞分类计数(DC)。主要测定 H/L 值。

#### 4.2.3 血浆中皮质酮激素、甲状腺素( $T_4$ )和三碘甲腺原氨酸( $T_3$ )的测定

采取全血样,用皮质酮、 $T_3$ 和 $T_4$ 的药盒,进行放射免疫测定。

#### 4.2.4 淋巴细胞活性和淋巴细胞转化的流式细胞光度术(Flow Cytometry)评价(Muirhead, 1985; Stefoni, 1991; Franchini, 1994)

肝素化的新鲜血液样分离出来的淋巴细胞悬浮液,采用 FACSCAN 荧光激活流式细胞分离仪(如 Beclon-Dickinson, Mountain View, USA)激光光柱快速细胞计数,获得淋巴细胞参数:

①向前散射试验(Forward scatter determination)——淋巴细胞大小

②体外 DNA 合成(In vivo DNA Synthesis)——体外瞬时 DNA 合成的淋巴细胞百分数

直接做 T-淋巴细胞亚群的鉴定和分类计数,当然还有经典方法:T-细胞 E 玫瑰花环试验。

淋巴细胞转化试验传统的方法有两种:即形态学检测法和 $^3\text{H}$ -胸腺嘧啶核苷( $^3\text{H}$ -TDR)掺入法。现在市场已有改进 $^3\text{H}$ -胸苷掺入法使用的细胞增殖 ELISA 药盒(CELL Proliferation ELISA, BrdU),通过比色法或者化学发光法测定。

#### 4.2.5 抗氧自由基的评价

按照 Knowles 和 Gibson(1969)报道的应用电子顺磁共振波谱(EPR)分析法或应用 Nakamura 和 Yamazaki(1969)报道的酶学分析技术检测 $\text{O}_2^-$ ,使 $\text{O}_2^-$ 与超氧化物酶结合成复合物 X 后活性下降。

分光光度计直接测定法,直接测定 GSH 减少量来测定谷胱甘肽过氧化氢酶(GSH-PX)酶活力。

分光光度法或滴定法,分别测定未被分解的过氧化氢,计算 240nm 的光吸收改变量或被催化分解的过氧化氢量,从而测出过氧化氢酶活性。

#### 4.2.6 不同生理条件下,体组织(主要是血浆、肌肉、肝、肾等)的 $V_c$ 浓度的测定:按 Roe 和 Kuether(1943)报道的方法测定。

在应激和非应激条件下,日粮中添加不同浓度的 $V_c$ ,测定体组织中的 $V_c$ 应用较普遍的方法是 $V_c$ 的染色测定法,如血浆中的 $V_c$ 测定采用 2,4——二硝基苯肼比色法,该方法常常用在氧化型 $V_c$ 和总 $V_c$ 的测定,还原型的 $V_c$ 测定常用 2,6——二氯苯酚靛酚(2,6-Dichlorophenolindophenol)。

目前, Tono 和 Fujita(1982)报道的分光光度计测定法及 Rose 和 Nahrwold(1982)报道的气—液相色谱(GLC)和高效液相色谱分析法(HPLC)也开始应用。

蔡辉益等(1996)利用同位素示踪方法,用 $^3\text{H}$ - $V_c$ 测定家禽在热应激条件下营养生理指标的变化。

### 5 抗应激中 $V_c$ 与其他抗应激剂的互作

有许多关于在抗应激中 $V_c$ 与其他抗应激剂的组合效果的报道。文杰(1995)报道家禽应

激时,机体内糖皮质激素的分泌增加,使成熟或已经分化的淋巴器官中的环腺苷酸(cAMP)的含量提高,随之淋巴细胞的免疫功能降低。试验证明, $V_C$ 和 $V_E$ 能够降低血浆中糖皮质激素,从而抑制cAMP的增加,保护免疫功能。同时,在抗自由基氧化过程中, $V_C$ 参与生育酚自由基的再生。 $V_E$ 不足会影响体内 $V_C$ 的合成。

维生素C和维生素 $D_3$ 之间的互作:Fenster和Weiser(1994)曾论述 $V_C$ 直接同1-羟基化酶和25-羟基化酶激活 $V_D[25(OH)D_3]$ ,参与骨的代谢和蛋壳的形成。 $V_C$ 增加了胆钙化醇( $VD_3$ )向 $1,25-(OH)_2D_3$ 的转化,十二指肠钙结合蛋白的结合能力提高约50%。应激条件下,日粮添加 $V_C$ 能更明显地改善肉鸡和肉种鸡由于生长过快,骨骼发育较慢而引起的腿弱症;也能减轻笼养蛋鸡的骨质疏松症,大大降低异形蛋,薄壳蛋发生率和蛋壳破损率。

$V_C$ 和肉碱之间的互作:肉碱作为肉碱酰基转移酶(Carnitine Acyltransferase)的辅酶,是脂肪酸代谢供能所必需的,也是决定机体肌肉受损产生疲劳的重要因子之一。 $V_C$ 在肉碱合成中起重要作用,在应激条件下更为重要。

$V_C$ 与其他维生素之间的互作: $V_C$ 能减轻维生素A、维生素E、维生素 $B_1$ 、维生素 $B_2$ 、维生素 $B_{12}$ 和泛酸不足出现的症状。 $V_C$ 具有强还原性,水溶液呈酸性,而 $VB_{12}$ 和叶酸在还原性环境中易分解失效, $VB_1$ 与 $VB_2$ 一同使用易相互作用而失效。

Solomons和Viteri(1982)详细叙述了 $V_C$ 与矿物质营养素之间的生物互作。可通过改变对铁、硒、铜、钼、铬和钴等的吸收、代谢和排泄等过程与这些元素发生互作。日粮中添加 $V_C$ 可以增强小肠对日粮铁和硒的吸收,减少铜、镍和镁的吸收,但对锌和钴几乎无效。关于 $V_C$ 对毒性金属铬和汞的小肠吸收的报道不一致。Solomons等(1982)认为无效,而Fox(1971),Warmuth(1993)和Rambeck(1994)的报道却认为日粮添加 $V_C$ 可以消除铬的毒性。Benabde Jelil Jensen(1990)也报道过添加 $V_C$ 能有效防止钼对蛋鸡产蛋下降的影响。通过对日粮铁和硒的吸收,增强机体的免疫能力,从而提高抗应激能力。

在生产实践中经常使用的一些抗应激剂主要包括:镇静剂、肾上腺受体阻滞剂、中草药制剂、维生素、微量元素、电解质、个别氨基酸和抗生素等。如为缓和热应激作用,常常把 $Na_2CO_3$ ,  $NH_4Cl$ , 氯丙嗪等作为抗应激添加物。

## 6 日粮 $V_C$ 对家禽抗应激影响机理的研究

关于日粮中添加 $V_C$ 对家禽抗应激影响的机制研究报道很多,对其机理的解释也有多种,可以概括为以下三个方面。

### 6.1 $V_C$ 通过调节与机体抗应激作用相关激素(主要是肾上腺皮质酮和甲状腺激素)的浓度,增强机体的免疫机能,提高抗应激能力

#### 6.1.1 对皮质酮激素的调节

$V_C$ 在皮质酮激素的合成中起重要作用。McCorkle(1980), Pardue and Thaxton(1984), Degkweitz(1987)和Brake(1992)等认为, $V_C$ 是通过下丘脑—垂体—肾上腺轴影响皮质酮激素的浓度,间接地在免疫及抗应激过程中起重要作用。

中枢神经系统(下丘脑)接受神经和体液传来的刺激源的刺激,其视上核和室旁核分泌颗粒沿着神经纤维到达垂体后叶或通过垂体门脉到达垂体前叶,从而调节垂体及其靶组织

的活动。

应激作用→中枢神经系统(下丘脑)  $\xrightarrow{V_c}$  促肾上腺皮质激素释放激素(CRH)→垂体前叶分泌促肾上腺皮质激素(ACTH)→肾上腺皮质(束状带)→糖皮质激素(主要是肾上腺皮质酮)合成与分泌。

正常浓度的糖皮质激素的主要作用是维持血糖水平稳定,促进蛋白质和体脂的分解,为糖元异生提供能量。在应激条件下,肾上腺分泌糖皮质激素,促使家禽动员体内蛋白质与脂肪分解,以保证机体的能量需求,降低应激,同时使机体对在糖皮质激素合成中起关键作用的  $V_c$  的需要量增加。但是汪琳仙(1993)等认为,由于应激原作用,糖皮质激素分泌过多,使其血浆中的含量超过一定的浓度时,将对家禽机体的免疫机能产生抑制作用。Roy 和 Gula(1958)用细胞培养的方法研究发现,它能与淋巴细胞样细胞浆中的特异性蛋白受体结合,使得类固醇受体复合物进入细胞核内,可改变酶的活性和影响核酸的代谢。

#### (1)对体液免疫的影响

- 降低巨噬细胞的吞噬机能,抑制对已吞噬物质在细胞内的消化;
- 抑制淋巴细胞游走及摄取异物的能力,并使细胞数量减少;
- 有溶解 B-细胞的作用,从而减少 B-细胞的数量;
- 引起葡萄糖和蛋白质合成受抑制。Gillis(1979)试验证明,各种刺激源引起 T-协助细胞(T-Help cell)分泌的细胞再生因子即白介素(IL-2)和淋巴细胞活素(Lymphokine)减少,从而抑制浆细胞产生抗体的作用。

#### (2)对细胞免疫的影响

- 抑制胸腺内淋巴细胞的有丝分裂,抑制淋巴细胞的 DNA 合成,影响小淋巴细胞向 T 细胞转化;
- 抑制 T-细胞向抗原沉积处移行;
- 阻止致敏的 T-细胞释放淋巴细胞活素(Lymphokine);
- 阻断淋巴细胞与单核细胞在局部的相互作用;
- 抑制中性白细胞释放溶酶体。

Pardue 和 Thaxton(1984)和宋振远(1994)等的大量试验证明,日粮中添加  $V_c$  可降低糖皮质激素分泌,避免因其分泌浓度过高而产生的免疫抑制,从而提高抗应激能力。

#### 6.1.2 对甲状腺激素的调节

甲状腺激素主要是  $T_4$  和  $T_3$ ,  $T_3$  的活性远远大于  $T_4$ , 是体内发挥生理作用影响代谢的主要激素。甲状腺激素主要对淋巴细胞的增殖起重要作用。

刺激源(如疾病、冷热应激、饥饿等)对下丘脑-垂体-甲状腺轴的作用,使甲状腺滤泡缩小,降低甲状腺激素的分泌,并使外周淋巴细胞数目减少,体液免疫反应降低。Thexton(1959),汪琳仙(1993)和宋振远(1994)等的试验证明,日粮添加  $V_c$  可缓和高温中甲状腺功能减退,同时,甲状腺激素又可以增加内源性  $V_c$  的分泌。

#### 6.2 $V_c$ 直接参与细胞和体液免疫应答

家禽免疫系统可以分为两个结构和功能系统:产生抗体免疫应答的法氏囊依赖性系统(B-细胞)和细胞介导性免疫应答的胸腺依赖性系统(T-细胞)。巨噬细胞依赖 T-细胞和

糖皮质激素分泌过高的影响  
(主要是肾上腺皮质酮)



B-细胞的活性,产生一系列特异和非特异应答因子,包括免疫球蛋白和局部产生的淋巴因子。已知巨噬细胞内含的 $V_c$ 水平为血浆中 $V_c$ 水平的40倍。Bains(1996)认为,巨噬细胞中高水平的 $V_c$ 与细胞膜转运机制的启动有关,该机制为包被和杀死入侵病原体,并保护巨噬细胞自身不被破坏。Lillehoj(1991)认为T-淋巴细胞和B-淋巴细胞辨识不同的抗原,B-细胞用表面免疫球蛋白分子获得对感染抗原的灵敏性;T-细胞辨识被抗原递呈细胞(APC)改变了的抗原。

#### (1) $V_c$ 维持和加强胸腺淋巴细胞功能

- a. 为多形核白细胞(PMN)氧化-还原活性组织的组分;
- b. 增加中性白细胞和巨噬细胞的趋化性和运动性;
- c. 直接影响T细胞分化为成熟的 $CD_3(T_3)$ 、 $CD_4^+(T_4)$ 和 $CD_8^+(T_8)$ ,从而影响机体的免疫功能, $CD_4$ 和 $CD_8$ 的比值是衡量机体免疫状态的重要指标之一;
- d. 降低外周异噬细胞性粒细胞数量。

#### (2)直接参与体液免疫反应

$V_c$ 促进血清免疫球蛋白和胶元蛋白的合成,提高血清中IgA、IgG、IgM和补体 $C_3$ 的浓度。这是因为机体中抗体必须有半胱氨酸,抗体分子中有许多二硫键( $-S-S-$ ),这些二硫键是由两个半胱氨酸组成的。而半胱氨酸来源于饲料中的胱氨酸,在机体内还原而成。这个过程需要 $V_c$ 的参与,同时,在该还原过程中, $V_c$ 被氧化成为脱氢 $V_c$ ,又可使新合成的免疫球蛋白肽链上的巯基( $-SH$ )成为二硫键( $-S-S-$ ),促使抗体的形成。Lamn(1971), Anonymous(1971), Dahl(1975), Prinz(1977), Nickerk(1989), Franchini(1994), 宋振远(1994)和蔡玉根(1994)等的试验都证实了这点。

但是McCorkle(1980)的报道指出, $V_c$ 只对B-淋巴细胞起作用,调节抗体免疫应答,而不是T-淋巴细胞。

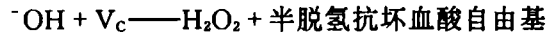
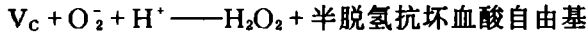
### 6.3 $V_c$ 抗氧自由基作用,提高家禽免疫及抗应激机能

生物体内除了因物理和化学因素而产生外源性自由基外,还可以从非酶和酶反应中产生内源性自由基,这些均为家禽机体产生应激的因素。内源性的自由基一般指氧自由基及其活性衍生物,主要是超氧阴离子 $O_2^{\cdot-}$ (或 $HO_2$ )羟基自由基 $\cdot OH$ 和单线态的氧 $^1O_2$ 及其衍生物 $H_2O_2$ 、 $RO$ 、 $RO_2$ 、 $ROOH$ 。所谓活性氧就是指氧的某些代谢产物及其衍生物等含氧物质,它们都是直接或间接由氧转化而成,而且具有较氧活泼的化学反应性。活性氧主要指 $O_2^{\cdot-}$ ,其它如 $\cdot OH$ 均直接或间接衍生于 $O_2$ 。Nohl(1981), Boon P. chew(1994)和方允中(1994)指出,这些高活性氧在正常的需氧细胞代谢中不断产生,并逐步被还原,但也不断被清除,因而显不出自由基对机体的损伤。否则,自由基的产生和增加,或者机体清除自由基的能力减弱,或者兼而有之,都会造成对机体的损伤。

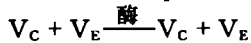
在机体内自由基产生和清除的平衡过程中, $V_c$ 起重要作用。Stocker和Frei(1991)报道 $V_c$ 是细胞外液中最重要抗氧化物质。Frei(1989)和Sies(1992)认为 $V_c$ 通过有效地抗活性氧自由基,减少组织中氧自由基来保护生物膜免遭过氧化物的损伤。

$V_c$ 是电子供体,为还原剂。当它供给一个电子时就成为半脱氢抗坏血酸自由基,如再供给一个电子,则成为脱氢抗坏血酸。由于 $V_c$ 具有这种特性,低浓度时它可使 $Fe^{3+}$ 还原为 $Fe^{2+}$ ,

$\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{H}_2\text{O}_2$  反应生成  $\cdot\text{OH}$ , 显示有害作用, 但因生物体内抗坏血酸浓度比较高, 所以它可作为自由基清除剂。如:



$\text{V}_\text{C}$  还通过还原维生素 E 自由基, 恢复  $\text{V}_\text{E}$  的抗氧化作用, 间接起到抗氧化剂作用。 $\text{V}_\text{E}$  可以淬灭  $^1\text{O}_2$ , 又可以与  $^1\text{O}_2$  起反应, 它也是  $^1\text{O}_2$  的有效清除剂。 $\text{V}_\text{C}$  本身被烟酰胺嘌呤二核苷酸体系酶(NADH-dependent Semidehydroascorbate Reductase)所还原。



综上所述, 大量的试验结果表明, 家禽在应激条件下, 日粮中添加  $\text{V}_\text{C}$  可以明显提高其机体免疫机能, 降低发病率和死亡率, 提高其抗应激能力, 从而提高其生产性能和经济效益。然而由于  $\text{V}_\text{C}$  对机体免疫机能的影响以及抗应激的营养基础生理和作用机制尚未完全清楚, 以至在饲养实践过程中对  $\text{V}_\text{C}$  的科学认识和合理利用存在一定的盲目性。鉴于现在的研究报道中存在的问题, 作者认为还应该在以下方面做深入的研究:

①在应激条件下, 日粮中添加  $\text{V}_\text{C}$  对家禽免疫机能影响及抗应激效应的进一步试验证实。

② $\text{V}_\text{C}$  对家禽抗应激的基础研究有待进一步深入, 包括:

a. 基础生理研究—— $\text{V}_\text{C}$  在家禽机体中的消化、吸收、代谢、组织分配和利用率的研究;  $\text{V}_\text{C}$  对家禽内分泌系统的影响;

b. 免疫分子水平的研究—— $\text{V}_\text{C}$  对免疫淋巴细胞的核酸合成, 即对其 RNA、DNA 合成的影响及作用机制。

③ $\text{V}_\text{C}$  与其它营养素(氨基酸、维生素和矿物质等)在家禽抗应激过程中的互作及生产实践上应用的研究。

④在应激条件下,  $\text{V}_\text{C}$  的添加效果与养殖场的免疫计划实施之间的关系。主要是添加  $\text{V}_\text{C}$  对家禽常规免疫的免疫效果的影响, 如 MD、ND、IBD 等疫苗接种后产生的相应抗体效价(滴度)的影响。

## 参考文献

- 毕爱华, 刘恭植. 1986. 医学免疫学(供研究生用). 北京: 人民卫生出版社, 116~127, 88~100
- 蔡玉根等. 1994. 家禽热应激缓解物质的应用. 中国畜牧杂志, 30(6): 50~51
- 陈学存. 1983. 应用营养学. 北京: 人民卫生出版社
- 丁玄宇. 1989. 应激对免疫功能的影响. 生理科学进展, 20(3): 265~267
- 方允中, 李文杰. 1994. 自由基和酶. 北京: 科学出版社, 44~69, 159
- 傅玲玉. 1988. 夏季高温期间产蛋鸡的血液生化反应. 家畜生态, 1: 51~58
- 贺普霄. 1994. 家畜营养代谢病. 北京: 北京农业大学出版社, 73~76
- 汪琳仙. 1993. 动物内分泌学. 北京: 北京农业大学出版社, 119~202
- 文杰. 1995.  $\text{V}_\text{E}$  和  $\text{V}_\text{C}$  生理功能的相互关系. 国外畜牧科技, 22(1): 6~9
- 张乔等. 1993. 饲料添加剂大全. 北京: 中国工业大学出版社, 63~66
- Affia M EL-S. 1976. Effect of different levels of vitamin C on body temperature of white Russian birds during heat stress. Egypt. Vet. Med. J, 24: 111~115

- Anderson R. 1981. Ascorbic acid and immunostimulation. *Vitamin C, Ascorbic Acid*, 249~272
- Bendich A. 1987. Vitamin C and immune response. *Food Technology*, 41:112~114
- Cheng T K, Coon C N, M L Hamre. 1990. Effect of environment stress on the ascorbic acid requirement of laying hens. *Poult. Sci.*, 69:774~780
- Corkle F, Taylor R, Stinson R, Day E J, B Glick. 1980. The Effects of a megalevel of vitamin C on the immune response of the chicken. *Poult. Sci.*, 59:1324~1327
- Edriss B M, Khair EL - Din A W, R Soliman. 1986. The immunopotentiating effect of ascorbic acid against newcastle disease in chicken. *Vet. Med. J*, 34:251~237
- Fenster R, H Weiser. 1994. Vitamin application and recent advance. *Zootecnicaa International*, 8:42~49
- Franchini A, Bertuzzi S, Tosarelli C, Lannelli S, Nannini Costa A, S Stefoni. 1994. Chronobiological influence of V<sub>C</sub> on chicken immune functions. *Archiv Fur Gefugerkunde*, 4:165~170
- Freeman B M, I H Flack. 1983. Dietary ascorbic acid or procain penicillin and the response of the immature fowl to stressor. *Comp. Biochem. Physiol.*, 74a:51~56
- Frei B, England L, B N Ames. 1989. Ascorbate is an outstanding antioxidant in human blood plasma. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 86:6377~6381
- Gillis S, Crabtree G R, K A Smith. 1979. Glucocorticoid - induced inhibition of T - cell growth factor production. 1. The effect of mitogen - induced lymphocyte proliferation. *J. of Immunology*, 123:1624
- Gill S P S. *et al.* 1993. Effects of vitamin C on the growth of broilers brooded in cold stress. *Indian J. Animal Production and Management*, 9(4):174~178
- Green R C, P J O'Brien. 1973. The involvement of semidehydroascorbate reductase in oxidation of NADH by lipid peroxide in mitochondria and microsomes. *Biochem. Biophys. Acta.*, 293:334~342
- Gross W B, Jones D, J Cherry. 1988. Effect of ascorbic acid on the disease caused by Escherichia Coli. challenge infections. *Avian Disease*, 32:407~409
- Hill C H, H W Garren. 1955. The Effect of Hill levels of Vitamins on the resistance of chicks to Fowl Typhoid. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 63:186
- Hill C H, H W Garren. 1958. Research notes. Plasma ascorbic acid levels of chicks with fowl typhoid. *Poult. Sci.*, 37:236~237
- Hussein A S. 1995. Effect of dietary energy and vitamin C growth performance of broiler chicks raised in hot climates. *Poult. Sci. Asso(84th Ann. Meeting)*, 74, Supplement 1, 151
- Kirk J E. 1962. In vitamin and hormones. *Academic Press, N. Y.*, 20:83~92
- Kolb E. 1984. *Proc. "Ascorbic acid in domestic animals"* (Wegger I, Tagwerker E J, J Moustaggaard eds), Danish Agriculture Society. Copenhagen. 162~168
- Kratzer H F, Almquist H J, P Vohra. 1995. Effect of diet on growth and plasma ascorbic acid in chickens. *Poult. Sci. Asso. (84th Ann. Meeting)*, 74, Supplement 1, 151
- Lillehoj H S. 1991. Lymphocyte involved in cell - mediated immune response and methods to assess cell - mediated - immunity. *Poult. Sci.*, 70:1154~1164
- Lyle G R, R E Morong. 1968. Elevated temperature and duration of post exposure ascorbic acid administration. *Poult. Sci.*, 36:410~417
- Marks J. 1975. "A guide the vitamins, their role in health and disease." Medical and technical Publ., Lancaster, England., 73~82
- McDonald P, Edwards R A, J K D Greenhalgh. 1981. "Animal Nutrition" 3rd ED., Longman, New York,

83~84

- McDowell L R. 1989. Vitamin in Animal Nutrition. 364~386
- Muirhead K A, Horan P K, G Poste. 1985. Flow Cytometry: present and future. *Biotechnology*, 3:337~357
- Niederman C N. 1994. The effect of ascorbic acid on IBV in chickens. *The Veterinary Bulletin*, 64(1)
- Niki E. 1987. Interaction of ascorbate and  $\alpha$ -tocopherol. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 498:186~199
- Nioku P C, Whitehead C C, M A Mrrchell. 1992. Heat stress and ascorbic acid effects on the production characteristics of chickens undercontrolled and uncontrolled temperature conditions. In "Ascorbic acid in domestic animals". Proc. 2nd Symposium kartause Itttingen, Switzyerland 9th - 12th. October, 1990. Eds. (Wenk C, Fenster R, Volker), 251~261
- Nockels C F, Lopez G A, R W Phillips. 1973. Influence of vitamin A and C on corticosterone and carbohydrate metabolism in chickens. *Poult. Sci.*, 52:1261~1269
- Pardue S L, J P Thaxton. 1984. Evidence for amelioration of steroid-mediated immunosuppression by ascorbic acid. *Poult. Sci.*, 63:1262~1268
- Pardue S L, Thaxton J P, J Brake. 1985. Role of ascorbic acid in chicks exposed to high environment temperature. *J Appl. Physiol.*, 58:1511~1516
- Pardue S L, Thaxton J P, J Brake. 1985a. Influence of supplemental ascorbic acid on broiler performance following exposure to high environment temperature. *Poult. Sci.*, 64:1334~1338
- Pardue S L. 1987. "Proc. the role of vitamins on animal performance and immune response.", 18~23
- Perek M. 1984. Ascorbic acid and the endocrine system with emphasis on the stress problem in poultry. Ascorbic acid in domestic animals proceeding, 185~193
- Peter R, FerKet. 1994. Antioxidant Vitamins in Turkey Nutrition. 55th Minnesota Nutrition Conference & Roche Technical Symposium, 31~41
- Puron D. et al. 1994. Effects of sodium bicarbonate, acetylsalicylic and ascorbic acid on broiler performance in a tropical environment. *Journal of applied poultry research*, 3(2):141~145
- Ragab-depre N J. 1982. Water disinfection with hydrogen peroxide ascorbic acid, copper system. *Appl. Environ. Microbiol.*, 44:555~560
- Rose R C, D L Nahrwold. 1982. Ascorbic acid analysis in biological fluids. *Analytical Biochemistry*, 123:389~393
- Rose R C, McCormick D B, Li T K, Lumeng L, Haddad J G, R Spector. 1986. *Fed. Proc., Fed. Am. Soc. Exp. Biol.*, 45:30~39
- Roy R N, B C Gula. 1958. Species differences in regard to the biosynthesis of ascorbic acid. *Nature (London)*, 182:319~320
- Sahota A W. et al. 1992. Effects of ascorbic acid supplementation on the performance of lyallpur silver black and white Leghorn chicks exposed to heat stress. *Pakistan Veterinary Journal*, 12(1):28~31
- Sahota A W. et al. 1994. Hematological studies on heat stressed chickens supplemented with ascorbic acid. *Pakistan Veterinary J.*, 14(1):30~33
- Sauberlich H E. 1984. In "Nutrition reviews", Present Knowledge in Nutrition. Nutrition foundation, Washington, D. C., 260~272
- Siegel H S. 1985. Immunological responses as indicators of stress. *World's poultry science J*, 41(1):36~41
- Squibb R L, Braham J E, Guzman M, Scrimshaw N S. 1955. Blood Serum Total Proteins, Riboflavin, ascorbic acid, Carotenoids and vitamin A of New Hampshire chickens infected with *Coryza*, Cholera or Newcastle disease. *Poultry Science*, 34:1054

- Teeter R G , Smith M O , Owens F N , Arp S C , Sungiah S , J N Breazile. 1985. Chronic heat stress and respiratory alkalosis; Occurrence and treatment in broiler chicks. *Poult. Sci.* , 64: 1060~1064
- Vilter R W . 1978 . In "Handbook Series in Nutrition and Food . Section E : Nutrition and Disorders"(M Rechcigl, Jr, ed). CRC Press, Boca Raton, Florida. , 3, 91~103
- Vanderslice J T, D J Higgs. 1993. Quantitative determination of ascorbic acid , dehydroascorbic (DHAA), isoascorbic (IAA) and dehydroisoascorbic (DHIAA) acids by HPLC in food and other matrices. *J Nutritional Biochem.* , 4(3): 184~190
- Ward N E, McNaughton. 1994. Broiler vitamin fortification II performance of broilers fed industry levels of vitamins. 1994. *Am. J. Poult. Sci.* , Mtgs, Starkville MS
- Waugh W A, C G King. 1932. Isolation and Identification of  $V_c$ . *J Biol. Chem.* , 97: 325~331

## RECENT ADVANCES ON ROLE OF VITAMIN C IN ANTISTRESS IN POULTRY

Chen Guosheng Cai Huiyi

(Institute of Feed Science, CAAS, Beijing, 100081)

### ABSTRACT

The recent advances on role of vitamin C in antistress in poultry exposed to stress were reviewed in the following parts: synthesis of vitamin C in the poultry; absorption, distribution and utilization of the poultry; effect of addition of vitamin C on antistress and performance of the poultry; judgement index and measurable methods for the antistress of vitamin C in the poultry; interaction of vitamin C and other antistress agents and mechanism for the antistress of vitamin C in the poultry.

**Key words:** Vitamin C , Poultry , Stress