

不同生物素添加水平对肉仔鸡免疫器官发育和免疫功能的影响

韩春芳¹, 蔡辉益², 于会民², 曹社会¹

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国农业科学院 饲料研究所, 北京 100081)

[摘 要] 将 400 只 1 日龄艾维茵肉仔鸡随机分成 4 个处理, 每处理 5 个重复, 每重复 20 只鸡(公母各半); 在基础日粮——小麦-酪蛋白-鱼粉型日粮中分别添加 0.3、0.9 和 2.7 mg/kg 生物素, 以基础日粮为对照, 系统研究了生物素对肉仔鸡免疫器官发育、机体免疫反应和神经内分泌激素的影响。结果表明: (1) 生物素缺乏可抑制免疫器官的发育, 降低其重量指数; 添加生物素可促进免疫器官发育, 提高其重量指数。 (2) 添加生物素可促进细胞免疫反应和体液免疫反应, 提高血清中球蛋白水平及新城疫抗体滴度和 IgG 水平, 极显著提高血液中 T、B 淋巴细胞转化率。 (3) 添加生物素后, 血清甲状腺素 T₄、三碘甲状腺原氨酸 T₃、生长激素和皮质醇水平均呈上升趋势。

[关键词] 生物素; 肉仔鸡; 重量指数; 细胞免疫; 体液免疫

[中图分类号] S816.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)11-0061-06

生物素(BIOS)是动物生长所必需的一种水溶性含硫维生素, 1901 年科学家从酵母培养基中分离出 BIOS, 并证明它能促进微生物生长。过去人们普遍认为生物素在饲料中广泛存在, 可由动物肠道内的细菌合成, 因此其量足以满足动物生长需要, 不必在日粮中添加。但在 20 世纪 60 年代和 70 年代中期, 随着遗传育种工作的进一步开展, 在畜禽生产中出现了许多生物素缺乏症, 于是营养学家开始了对生物素的大量研究。有关生物素对免疫功能影响的研究主要集中在小鼠、大鼠和人上, 而在家禽上的报道很少。人类和动物试验均表明, 生物素缺乏将影响免疫机能。对培养的淋巴细胞以及大鼠和小鼠活体免疫反应的研究表明^[1], 多种免疫细胞的正常功能, 包括抗体的产生、免疫学反应、预防脓毒血症、巨噬细胞功能、T 细胞和 B 细胞分化、输入的免疫应答和 T-细胞的细胞毒反应等均需要生物素。

Baez-Saldana 等^[2]研究了生物素缺乏对 4 周龄 Balb/cAnN 鼠的影响, 结果发现, 当生物素缺乏时, 脾脏淋巴细胞中丙酮酸羧化酶和乙酰辅酶 A 羧化酶的活性下降, 脾脏细胞的绝对数量, 以及脾脏细胞中携带不同表型标记的各种亚群细胞的比例发生显著变化, 说明生物素可促进淋巴细胞成熟, 增强免疫系统对抗原挑战的反应。

有关生物素促进免疫功能的机理研究也有一些报道, 但主要集中在小鼠上。据报道^[3], 添加生物素能提高小鼠胸腺、肠道淋巴结和脾的重量, 增加胸腺、脾的 DNA 含量和周转代谢速度, 而且生物素还能促进空肠和盲肠对维生素 C 的合成与吸收, 而维生素 C 在机体免疫功能方面和抗应激方面发挥着极其重要的作用。本试验旨在系统研究不同生物素添加水平对肉仔鸡免疫器官的发育、机体免疫反应和神经内分泌激素的影响, 以为为畜禽的规模化养殖提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

将 400 只 1 日龄艾维茵肉仔鸡按公母各半的原则随机分成 4 个处理, 每处理 5 个重复, 每重复 20 只鸡。试验分 0~3 周, 4~6 周和第 7 周 3 个阶段, 不同阶段饲喂的基础日粮及其营养成分见表 1。分别在基础日粮中添加 0、0.3、0.9 和 2.7 mg/kg 生物素(体积分数 2%, 购于罗氏公司)作为对照和各处理组。

1.2 试验管理

试验鸡舍内温度(18~25)℃、相对湿度为 50%

[收稿日期] 2005-03-28

[基金项目] 国家自然科学基金项目

[作者简介] 韩春芳(1976—), 女, 山东潍坊人, 在读硕士, 主要从事动物营养和饲料科学研究。

[通讯作者] 曹社会(1954—), 男, 陕西礼泉人, 副教授, 主要从事饲料科学和草业科学研究。

左右,第 1 天 24 h 光照,辐照强度为 4 W/m²,以后以 0.5 h/d 速度递减,直至过渡到自然光照。试验期间自由采食和饮水,实行专人负责,严格管理。详细记录试验鸡的采食量及死亡、淘汰和发病情况。

表 1 基础日粮组成及其营养水平
Table 1 Composition and nutritional level of the basal diet

日粮组成 Diet composition	含量 (g · kg ⁻¹) Content			营养成分 Nutrition composition	营养水平 Nutrition level		
	0~3 周 0~3 week	4~6 周 4~6 week	第 7 周 7th week		0~3 周 0~3 week	4~6 周 4~6 week	第 7 周 7th week
小麦 Wheat	778.2	828.0	816.7	代谢能 (J · kg ⁻¹) ME	13.33	13.21	13.17
酪蛋白 Casein	96.0	65.3	57.3	粗蛋白质 (g · kg ⁻¹) CP	230	200	190
进口鱼粉 Fish meal	80.0	60.0	50.0	钙 (g · kg ⁻¹) Calcium	10.0	9	8
豆油 Soybean oil	20.0	20.0	20.0	有效磷 (g · kg ⁻¹) Available phosphorus	5.5	5	4.8
磷酸氢钙 Calcium phosphate dibasic	4.5	4.8	5.6	赖氨酸 (g · kg ⁻¹) Lysine	12.6	9.7	8.8
石粉 Limestone meal	12.8	10.4	8.2	蛋氨酸+胱氨酸 (g · kg ⁻¹) Met+Cys	8.5	7.4	7.0
食盐 Salt	4.5	4.5	2.2	总生物素 (μg · kg ⁻¹) Total biotins	90.7	90.7	94.4
预混料 Premix	10.0	10.0	10.0				
合计 Total	1 000	1 000	1 000				

注:预混料按全价饲料计 Note: Premix provided per kilogram feed.

1.3 基本免疫程序

在 7 日龄时,采用滴鼻和点眼相结合的方法对 100 只艾维茵肉仔鸡进行新城疫和肾传支二联苗接种;在 14 日龄时采用皮下注射方式进行法氏囊疫苗接种;在 23 日龄时采用饮水的方式第 2 次接种新城疫疫苗。

1.4 试验处理

在 7,11,21,28,35,42 和 49 日龄时,从每处理组随机抽取艾维茵肉仔鸡 10 只,准确称重并屠宰,完整取出胸腺、脾脏和法氏囊,准确称重,计算淋巴器官重量指数。在 42 日龄时,从每处理组随机抽取艾维茵肉仔鸡 12 只,心脏采血,制备血清,-20℃冷冻保存,以备检测体液免疫功能指标。在 42 日龄时,从对照组和 0.3,2.7 mg/kg BIOS 添加组各随机抽取艾维茵肉仔鸡 6 只,心脏无菌采血和无菌脾脏取样,用于测定脾脏和血液中 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞转化效率。

1.5 测定项目

- 1.5.1 免疫器官发育情况 (胸腺、法氏囊和脾脏) 重量指数=各器官质量(g)/鸡体重(kg)。
- 1.5.2 体液免疫功能指标 血清总蛋白和白蛋白分别采用双缩脲法和溴甲酚绿法测定,球蛋白为总蛋白减去白蛋白。血清新城疫抗体效价采用间接血凝试验测定^[1];血清 IgG 采用免疫比浊法测定^[2]。
- 1.5.3 细胞免疫功能指标 采用微量全血培养和脾脏组织培养法,选择 T 淋巴细胞的刺激因子刀豆素 A(ConA)和 B 淋巴细胞的刺激因子——脂多糖(LPS)作为丝裂原,分别与全血和脾脏中的淋

巴细胞共同培养,采用³H TdR 掺入法,以刺激指数来反应淋巴细胞对刺激物的应答水平(刺激指数=试验管 CPM/对照管 CPM),分别检测 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞的转化效率。

1.5.4 血清中激素水平检测指标 皮质醇、三碘甲状腺原氨酸 T3 和甲状腺素 T4,均采用放射免疫分析方法(RIA)测定,相应的试剂盒从中国原子能科学研究院同位素研究所购买,测定仪器为北京六一仪器厂生产的 FT609 型 γ 计数器。

1.6 数据处理和统计分析

采用 Statistica 6.0 统计软件的 ANOVA/MANOVA 模块进行统计分析和多重比较,试验结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 生物素对免疫器官重量指数的影响

由表 2 可以看出,各生物素添加组的胸腺、法氏囊和脾脏的发育情况均优于对照组,且随着生物素添加水平的提高,表现出逐步改善的趋势。由此可见,生物素缺乏时将影响免疫器官的发育,降低免疫器官重量指数;当正常添加生物素时(0.3 和 0.9 mg/kg 组),能促进免疫器官的发育,提高免疫器官重量指数;当超量添加生物素(2.7 mg/kg)时,能进一步改善免疫器官的发育,促进免疫器官的机能发挥,提高机体的免疫能力。由本试验可以看出,生物素对免疫器官的影响主要发生在 7~35 日龄,在 7 日龄之前,外源添加生物素对免疫器官的发育影响很小,其原因是来源于母体卵黄囊的生物素可满足

雏鸡生长发育;在 35 日龄之后,外源添加生物素对 日龄的增大,肉仔鸡对饲料中生物素的消化利用率
免疫器官的发育影响也较小,其原因是随着肉仔鸡 提高,从而影响了外源生物素的添加效应。

表 2 不同生物素添加水平对肉仔鸡免疫器官重量指数的影响
Table 2 Effects of different biotin levels on weight index of immune organs in broilers

日 龄/d Day	生物素添加水平/ (mg · kg ⁻¹) Addition levels	重量指数/(g · kg ⁻¹) Weight index			有效样本数 Valid N
		胸 腺 Thymus	法氏囊 Bursa of fabricius	脾 脏 Spleen	
7	0	2.991±0.543	1.794±0.553a	0.889±0.073	10
	0.3	3.250±0.553	2.147±0.558 ab	0.933±0.228	10
	0.9	3.309±0.525	2.087±0.244ab	0.939±0.252	10
	2.7	3.479±0.748	2.383±0.456b	1.056±0.576	10
	P 值 P value	0.347	0.063	0.718	
14	0	2.243±0.427a	1.008±0.311a	1.029±0.090	10
	0.3	2.688±0.382ab	1.720±0.340b	1.058±0.143	10
	0.9	2.735±0.734ab	1.707±0.413b	1.134±0.313	10
	2.7	3.350±1.138b	1.796±0.650b	1.117±0.327	10
	P 值 P value	0.018	0.001	0.741	
21	0	3.549±0.705	1.0960.524a	1.100±0.235a	10
	0.3	3.611±1.177	2.009±0.825b	1.146±0.199a	10
	0.9	3.686±1.167	1.993±0.436b	1.421±0.269b	10
	2.7	3.674±1.200	2.082±0.733b	1.491±0.369b	10
	P 值 P value	0.991	0.004	0.005	
28	0	3.563±0.771	1.534±0.434	1.053±0.099a	10
	0.3	3.724±0.597	1.900±0.606	1.155±0.149ab	10
	0.9	3.717±0.955	2.030±0.714	1.243±0.128b	10
	2.7	3.702±0.796	1.916±0.729	1.256±0.132b	10
	P 值 P value	0.964	0.340	0.004	
35	0	3.261±1.678a	1.220±0.724	1.273±0.358	10
	0.3	4.286±0.725ab	1.595±0.530	1.431±0.294	10
	0.9	4.034±1.198ab	1.560±0.373	1.440±0.443	10
	2.7	4.790±1.593b	1.494±0.445	1.449±0.577	10
	P 值 P value	0.103	0.398	0.772	
42	0	3.643±0.881	1.190±0.797	1.811±0.503	10
	0.3	3.753±1.387	1.525±0.452	1.925±0.685	10
	0.9	3.919±0.866	1.629±0.542	2.192±0.370	10
	2.7	4.048±1.231	1.554±0.357	2.293±0.538	10
	P 值 P value	0.856	0.322	0.171	
49	0	2.441±0.993	0.834±0.585	1.582±0.295	10
	0.3	2.799±1.278	0.984±0.451	1.621±0.277	10
	0.9	2.693±0.916	1.176±0.447	1.680±0.385	10
	2.7	3.018±1.156	1.062±0.411	1.654±0.332	10
	P 值 P value	0.699	0.449	0.915	

注:同列数据后标不同字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。
Note:Means in the same column with different superscript differ significantly (P<0.05). The following tables are the same.

2.2 生物素对体液免疫指标的影响

2.2.1 对常规血清免疫指标的影响 由表 3 可知,添加生物素提高了血清中总蛋白、白蛋白和球蛋白水平,但各处理效应差异不显著(P>0.05)。生物素缺乏时,将抑制球蛋白的产生,添加生物素可促进球蛋白的产生,且随着添加水平的提高,血清球蛋白水平逐步提高。球蛋白主要为免疫球蛋白,因此,添加生物素可促进抗体的产生,提高机体的免疫功能,且

具有超量添加效应。

2.2.2 对血清 IgG 和新城疫抗体滴度的影响 由表 4 可知,与对照组相比,添加生物素提高了血清新城疫抗体滴度和 IgG 水平(P 值分别为 0.052 和 0.103)。生物素缺乏时,将抑制血清抗体的产生,添加正常水平的生物素可促进抗体的产生,提高添加量则能进一步提高血清抗体水平。由此可见,超量添加生物素(2.7 mg/kg)对体液免疫反应具有促进作

用。

表 3 不同生物素添加水平对肉仔鸡常规血清免疫指标的影响

Table 3 Effects of different biotin levels on common serum immune criteria in broilers

生物素添加水平/ (mg·kg ⁻¹) Addition levels	总蛋白/(g·L ⁻¹) Total protein	白蛋白/(g·L ⁻¹) Albumin	球蛋白 (g·L ⁻¹) Globulin	有效样本数 Valid N
0	15.83±5.048	13.89±3.486	31.91±4.421	7
0.3	47.13±7.561	11.05±3.931	33.08±6.555	12
0.9	48.12±6.35	11.18±3.882	33.64±4.179	12
2.7	49.83±3.508	11.79±0.971	35.04±3.581	12
P 值 P value	0.508	0.923	0.577	

表 1 不同生物素添加水平对肉仔鸡血清 IgG 和新城疫抗体滴度的影响

Table 1 Effects of different biotin levels on serum IgG and antibody titers to Newcastle in broilers

生物素添加水平 (mg·kg ⁻¹) Addition levels	新城疫抗体滴度(log N) Antibody titer to Newcastle	血清 IgG/(mg·mL ⁻¹) Serum IgG	有效样本数 Valid N
0	5.56±0.88b	2.49±0.29b	9
0.3	6.10±0.99b	2.60±0.31ab	10
0.9	6.50±0.85a	2.75±0.25ab	10
2.7	6.60±0.76a	2.81±0.35a	10
P 值 P value	0.052	0.103	

2.3 生物素对细胞免疫指标的影响

由表 5 可知,与对照组相比,添加生物素提高了血液中 T 淋巴细胞的转化率($P=0.215$),极显著提高了 B 淋巴细胞的转化率($P<0.01$);同时,与对照组相比,添加生物素极显著提高了脾脏中 T 淋巴细胞的转化率($P<0.01$),显著提高了 B 淋巴细胞的转化率($P<0.05$)。血液和脾脏中 T 淋巴细胞和 B

淋巴细胞受抗原或其他效应分子的刺激转化为致敏 T 细胞和浆细胞,产生免疫效应分子(抗体与细胞因子)以及免疫效应细胞(细胞毒性 T 细胞和迟发型变态反应性 T 细胞),然后参与机体的免疫反应。由此可见,超量添加生物素(2.7 mg/kg)可促进 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞转化为致敏 T 细胞和浆细胞,从而增强细胞免疫反应能力。

表 5 不同生物素添加水平对肉仔鸡淋巴细胞转化率(刺激指数)的影响

Table 5 Effects of different biotin levels on lymphocyte transformation ratio (stimulation index) in spleen

生物素添加水平/(mg·kg ⁻¹) Addition levels	T 淋巴细胞 T-lymphocyte		B 淋巴细胞 B-lymphocyte		有效样本数 Valid N
	全血 Blood	脾脏 Spleen	全血 Blood	脾脏 Spleen	
0	1.479±0.153	1.311±0.108a	1.198±0.111a	1.287±0.076a	6
0.3	1.534±0.104	1.538±0.172b	1.463±0.082b	1.391±0.118ab	6
2.7	1.650±0.215	1.672±0.218b	1.711±0.337b	1.529±0.151b	6
P 值 P value	0.215	0.008	0.003	0.020	

2.4 生物素对血清激素水平的影响

由表 6 可知,与对照组相比,添加生物素后,血清中甲状腺素 T₄、三碘甲状腺原氨酸 T₃、生长激素和

皮质醇水平均提高,但差异不显著($P>0.05$),且各生物素添加组之间也无显著性差异($P>0.05$)。

表 6 不同生物素添加水平对肉仔鸡血清激素水平的影响

Table 6 Effects of different biotin levels on serum hormone level in broilers

生物素添加水平/ (mg·kg ⁻¹) Addition levels	三碘甲状腺原氨酸/ (nmol·L ⁻¹) T ₃	甲状腺激素/ (nmol·L ⁻¹) T ₄	皮质醇/ (ng·mL ⁻¹) Cortisol	生长激素/ (ng·mL ⁻¹) GH	有效样本数 Valid N
0	0.470±0.213	5.411±4.105	1.412±0.621	0.187±0.256	7
0.3	0.610±0.403	9.379±6.369	1.641±0.663	0.732±0.529	12
0.9	0.577±0.350	7.638±3.691	1.784±0.737	0.539±0.210	11
2.7	0.716±0.845	8.117±5.857	1.741±0.772	0.669±0.493	11
P 值 P value	0.811	0.482	0.720	0.513	

3 讨 论

3.1 生物素对免疫器官发育的影响

生物素缺乏时会抑制免疫器官的发育,降低免疫器官重量指数;添加生物素可促进免疫器官的发育,提高免疫器官重量指数;随着生物素添加水平的提高,免疫器官发育越好。其影响机制可从两方面来解释:一是生物素促进了蛋白质的合成。许多研究表明^[7],生物素对组织蛋白质的合成具有调节作用。体内及体外试验均表明,当生物素缺乏时,氨酰基-tRNA 与核糖体的结合过程被显著抑制,从而抑制了蛋白质的合成。当通过简单注射的方式给动物补充生物素时,能促进氨酰基-tRNA 与核糖体的结合,进一步促进蛋白质的合成。二是生物素能促进 DNA 复制,促进免疫器官细胞的增殖^[7]。生物素能促进脾脏细胞中增殖细胞核抗原基因(PCNA)的表达,通过提高 PCNA 基因的转录和翻译水平来增加细胞内增殖细胞核抗原的蛋白水平,而增殖细胞核抗原 DNA 聚合酶 δ 的辅因子/辅蛋白,在细胞分裂过程中为 DNA 合成所必需,可协调 DNA 前导链和后随链的合成。由此可以推断,生物素通过促进增殖细胞核抗原基因的表达来促进脾脏细胞 DNA 的合成,从而进一步促进其细胞的增殖与分化,提高机体的免疫功能。

3.2 生物素对体液免疫反应和细胞免疫反应的影响

生物素缺乏时,将抑制体液免疫反应和细胞免疫反应,正常添加生物素可促进抗体的产生,进一步提高生物素添加水平,则能提高血清抗体水平。淋巴细胞体外培养表明,当生物素缺乏时,有丝分裂原诱导的 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞的增殖反应被抑制,当添加正常水平的生物素时,则显著促进了有丝分

裂原诱导的 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞的增殖反应;在正常生物素水平上进一步提高添加水平,能进一步提高有丝分裂原诱导的 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞的转化率^[8]。

3.3 生物素对神经内分泌激素水平的影响

添加生物素后,血清甲状腺素 T_4 、三碘甲状腺氨酸 T_3 、生长激素和皮质醇水平均提高,因此生物素可能通过调节神经内分泌激素的水平,实现对机体免疫系统的宏观和整体调控。神经内分泌系统通过释放神经递质和内分泌激素,在相应受体介导下调节机体免疫应答。现已证实,免疫细胞上有接受神经递质和激素刺激的受体,几乎所有的免疫细胞上都有不同的神经递质及内分泌激素的受体,如促肾上腺皮质激素(ACTH)受体、 β -内啡肽受体、脑啡肽受体、生长激素、 β -肾上腺素能受体和糖皮质激素受体等^[9]。神经内分泌系统释放的神经递质和内分泌激素都具有免疫调节作用,如肾上腺皮质激素,它是最早发现的具有免疫调节功能的激素,几乎对所有的免疫细胞,包括淋巴细胞、M ϕ 、中性粒细胞和肥大细胞等都有抑制作用;前列腺素对免疫细胞与抗体应答均呈抑制作用;阿片肽可促进 T 细胞、NK 细胞和单核细胞活性,但对抗体应答出现抑制作用;甲状腺素和生长激素对免疫应答均有一定的调节作用,表现为促进作用,如甲状腺素促进空斑(PFC)形成和 T 细胞活化,生长激素促进抗体合成、M ϕ 活化和 IL-2 的调节作用。

免疫系统在执行免疫功能的过程中,不仅存在内部的自我调控,还受到神经内分泌系统的调控,免疫系统对神经内分泌系统也有调控作用,从而构成了一个复杂的神经内分泌免疫网络,三者之间相互作用,共同组成反馈环路,使机体处于内环境的平衡中。

[参考文献]

- [1] Mock D M, Brown M. Present Knowledge in Nutrition of Biotin[M]. 6th ed. Washington D C: International Life Sciences Institute Press, 1989.
- [2] Baez-Saldana A, Diaz G, Espinoza B, et al. Biotin deficiency induces changes in subpopulations of spleen lymphocytes in mice[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1998, 67(3): 431-437.
- [3] 杨汉春. 动物免疫学[M]. 第 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [4] 朱立平. 免疫常用实验方法(临床医学)[M]. 北京: 人民军医出版社, 2000.
- [5] 夏兆刚. 多不饱和脂肪酸对产蛋鸡免疫功能和抗氧化能力的影响及其机理的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [6] Dakshinamurti K, Litvak S. Biotin and protein synthesis in rat liver[J]. Journal of Biological Chemistry, 1970, 245: 5600-5605.
- [7] Atwal A S, Robblee A R, Milligan L P. Effect of dietary biotin on liver pyruvate carboxylase and ^{32}P incorporation into nucleic acids in livers of chicks[J]. Journal of Nutrition, 1971, 101: 1555-1562.

- [8] Boeckx R L, Dakshinamurti K. Effect of biotin on ribonucleic acid-synthesis[J]. *Biochim Biophys Acta*, 1975, 383: 282 - 289.
- [9] Baez-Saldana A, Diaz G, Espinoza B, et al. Biotin deficiency induces changes in subpopulations of spleen lymphocytes in mice[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1998, 67(3): 131 - 137.

Effects of different biotin addition levels on immune organs development and immune responses in broilers

HAN Chun-fang¹, CAI Hui-yi², YU Hui-min², CAO She-hui¹

(1 College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Animal Nutrition and Feed Science Feed Research Institute, Beijing 100081, China)

Abstract: The experiment aimed to investigate systematically the effect of biotin on immune organs development and immune response in broilers. 100 one-day old AA broilers were allocated into 4 treatments, 5 replicates per treatment, 20 broilers per replicate. The basal diet was wheat-casein-fish meal diet. Biotin was added in the basal diet at 0, 3, 0.9 and 2.7 mg/kg. There were 4 diets including the control of basal diet. The results showed as follows: (1) Biotin deficiency impaired the development of immune organs and reduced their weight index. Addition of biotin enhanced their development and elevated their weight index. (2) Inclusion of biotin enhanced humoral immune response, which elevated serum globin. The antibody titer to Newcastle and IgG content were elevated by addition of biotin. (3) Biotin supplementation enhanced cellular immune response, and addition of biotin enhanced significantly B-lymphocyte and T-lymphocyte transformation ratio in blood.

Key words: biotin; broiler; weight index; cellular immune; humoral immune

(上接第 60 页)

Abstract ID: 1671-9387(2005)11-0057-EA

Application prospects of atomic force microscope in animal husbandry

JIANG Xia, LI Yan, XU Zi-rong, HU Cai-hong, XIA Mei-sheng

(College of Animal Science, Zhejiang University, The Key Laboratory of Molecular Animal Nutrition,

Ministry of Education, Hangzhou, Zhejiang 310029, China)

Abstract: The atomic force microscope (AFM) is a new useful tool to examine the surface structure of specimens and to evaluate interaction forces between specimens. It can also be used for real-time observation in physiological conditions. In this review, the operational principles of AFM and the progress in animal husbandry in recent years are discussed. Potential applications and prospects of AFM in animal husbandry are also highlighted in this paper.

Key words: atomic force microscope; animal husbandry; microbe