

不同养殖环境对肉鸡健康和生产性能的影响

秦 梅,张红双,柴同杰,黄 蓉,柳敦江,李代军

(山东农业大学 动物科技学院,山东 泰安 271018)

[摘 要] **【目的】**比较不同养殖环境对肉鸡健康和生产性能的影响。**【方法】**选用 1 日龄健康 AA(Arbor Acres)雏鸡 320 只,随机分成试验组和对照组,每组 4 个重复,进行为期 7 周的饲养试验。在不同的鸡舍环境管理条件下,定期测定气载需氧菌、气载真菌和气载内毒素含量,并对鸡只生产性能和健康指标(外观和步态)进行测定,分析鸡舍环境参数与鸡只健康指标和生产性能的关系。**【结果】**在整个生长周期中,试验组鸡舍内的气载需氧菌和气载真菌含量分别达到 $(2.9 \sim 5.1) \times 10^6$ 和 $(2.8 \sim 5.6) \times 10^5$ CFU/m³,对照组分别为 $(6.6 \sim 16.0) \times 10^5$ 和 $(7.7 \sim 8.3) \times 10^4$ CFU/m³,生长后期(30 日龄后),试验组气载需氧菌和气载真菌含量均显著高于对照组($P < 0.05$);试验组和对照组气载内毒素含量分别为 $(2.3 \sim 16.0) \times 10^3$ 和 $(2.4 \sim 3.1) \times 10^3$ EU/m³,差异不显著($P > 0.05$);肉鸡舍气载微生物和内毒素含量对肉鸡的生产性能、胴体性状及外观和步态均有一定影响,气载微生物和内毒素含量较低的肉鸡舍,可显著提高肉鸡的平均日增质量、全净膛率($P < 0.05$),极显著提高屠宰质量和胸肌率($P < 0.01$),改善外观和步态($P < 0.05$)。**【结论】**不同养殖环境对肉鸡的生长、健康具有很大影响,空气中微生物含量较低的养殖环境,有助于肉鸡健康和生产性能的提高。

[关键词] 肉鸡;养殖环境;微生物气溶胶;生产性能;外观步态

[中图分类号] S831.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)02-0013-06

Effects of different breeding environments on the health and growth performance of broilers

QIN Mei,ZHANG Hong-shuang,CHAI Tong-jie,HUANG Rong,
LIU Dun-jiang,LI Dai-jun

(College of Animal Science and Technology,Shandong Agricultural University,Taian,Shandong 271018,China)

Abstract: **【Objective】**The comparative study was done to obtain the effects of different breeding environments on the health and productivity of broilers. **【Method】**320 AA 1-day-old broilers were randomly allocated into experimental group and control group for seven weeks' trial,each group with four replicates of fourty chickens. In the different air environment management procedures,firstly we regularly determined the content of airborne aerobic bacteria,airborne fungi,airbone endotoxin,then evaluated productivity and health indicators such as appearance of gait,and finally analyzed the relationship between environmental parameter and health and productivity. **【Result】**Throughout the growth cycle,the content of airborne aerobic bacteria,airborne fungi in test group reached $(2.9 - 5.1) \times 10^6$ CFU/m³ and $(2.8 - 5.6) \times 10^5$ CFU/m³,respectively,the content of that in control group was up to $(6.6 - 16.0) \times 10^5$ CFU/m³ and $(7.7 - 8.3) \times 10^4$ CFU/m³,respectively. In the later growth period (30 old days later),the content of airborne aerobic bacteria and airborne fungi in test group were significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$);The content of airborne endotoxin in test group and control group was $(2.3 - 16.0) \times$

* [收稿日期] 2009-07-28

[基金项目] 中国国际合作项目(2009DFA32890)

[作者简介] 秦 梅(1984—),女,山东肥城人,在读硕士,主要从事环境微生物学研究。E-mail:qinmei2007@126.com

[通信作者] 柴同杰(1957—),男,山东德州人,教授,博士生导师,主要从事环境微生物与分子细菌学研究。

E-mail:chaitj117@163.com

10^3 EU/ m^3 and $(2.4-3.1) \times 10^3$ EU/ m^3 , respectively. There was no significant difference between them ($P>0.05$). The content of airborne microorganism had an effect on average daily gain, appearance and gait and carcass trait to some degree. Lower concentration of microorganism in poultry housing can significantly increase average daily gain ($P<0.05$), whole net carcass rate ($P<0.05$) and extremely remarkably improve slaughter weight and breast muscle rate ($P<0.01$) and appearance and gait ($P<0.05$). **【Conclusion】** Different breeding environments have great effects on growth health of broilers, and breeding environment with lower airborne content of microorganism can contribute to the improvement of health and growth performance of broilers.

Key words: broiler; breeding environment; microbial aerosol; productivity; appearance of gait

畜禽舍环境直接影响着动物的健康,集约化养殖因养殖密度高,空间相对狭窄,导致微生物气溶胶浓度升高^[1-2],易于病原体的传播扩散,造成较严重的生物污染,对整个畜禽群体形成感染威胁。动物舍空气中的细菌包括致病菌、条件性致病菌和非病原菌,这些病菌在一定程度上均可导致动物或饲养员的感染^[2-4],甚至极少量的致病菌就可直接导致呼吸道,特别是下呼吸道的感染^[5]。畜禽舍高浓度的气载微生物可能会影响畜禽的生产性能和健康^[6]。因此,研究畜禽舍空气中微生物的含量或某些致病菌的组成及含量,是评价畜禽舍空气质量的一个有效指标^[7]。Hojovec 等^[8]曾将大肠杆菌作为评估畜禽舍空气质量的指示细菌,Zucker 等^[9]、Seedorf 等^[10]报道可以用空气中气载内毒素的含量来评价空气质量。

迄今为止,对影响畜禽生活环境指标的研究,多限于畜禽舍的位置、结构、隔离设施、温湿度、通风等物理指标和空气中氨气、二氧化碳、硫化氢等化学指标。如 Feddes 等^[11]、Al Homidan 等^[12]研究了环境因子氨气和尘埃对肉鸡行为的影响;Banhazi 等^[13]指出,畜舍地面的卫生措施与空气质量状况密切相关,认为地面清洁程度、通风类型等对空气中细菌浓度有显著影响。然而,以气载微生物和气载内毒素为指标来研究养殖环境对动物健康的影响,尚未见报道。为此,本试验以 AA (Arbor Acres) 肉鸡为试验动物,同时检测 2 种养殖环境下气载微生物和内毒素的含量,研究不同养殖环境对肉鸡健康和生产性能的影响,以期为集约化养殖场的科学管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及其管理

试验于 2008-09-08—10-27 在山东农业大学动物试验基地进行。试验选用 1 日龄健康商品代 AA

肉鸡 320 只作为试验动物,随机分为试验组和对照组,每组 4 个重复,每重复 40 只,饲养管理按照《AA 商品肉鸡饲养管理手册》进行。2 组饲喂相同的饲料,采取相同的免疫程序,且均为公母混养,自由采食和饮水,试验持续 7 周。

2 组均采用地面平养,但饲养环境不同。试验组是完全封闭式管理,垫料不清除,定期撒磷酸、磷酸钙、生石灰,以吸收一定量的有害气体,舍内不消毒;对照组鸡舍采用自然通风并结合排气扇通风,每天撒垫料,隔 3 d 清除 1 次粪便垫料,每 2 d 消毒 1 次。

1.2 空气样品的采集与测定

1.2.1 气载需氧菌和真菌样品的收集 分别于肉鸡 10, 20, 30, 40, 50 日龄时,采用国际标准 Andersen-6 级微生物空气样品收集器收集空气样品,标准流量为 28.3 L/min,驱动时间根据不同卫生条件和不同细菌掌握在 1~10 min。收集器设置于鸡舍中央,收集时尽可能减少打扰鸡群。需氧菌和真菌的培养基分别为普通营养琼脂和沙堡弱琼脂(均购自杭州天和微生物试剂有限公司)。

1.2.2 气载需氧菌和真菌的测定 将采集的用于需氧菌测定的空气样品置于 37 °C 恒温箱中培养 24 h,用于真菌分离鉴定的样品在 25 °C 恒温箱中培养 72 h,然后进行菌落计数,根据采样时间和气流速度计算气载需氧菌和真菌含量。

1.2.3 气载内毒素空气样品的收集与测定 分别于肉鸡 15, 30 和 45 日龄时,采用国际标准 AGI-30 收集器^[14]采集气载内毒素空气样品,采样时以 50 mL 的无热源水为采样介质,气流速率为 12.5 L/min,驱动时间为 30 min,样本采集在正常工作时间进行,尽量避免打扰鸡群。通过 LAL (Limulus amoebocyte lysate) 实验^[15]测定样品的内毒素含量,然后根据采样时间和气流速率计算出气载内毒素含量 (EU/ m^3)^[16]。

1.3 肉鸡生产性能指标的测定

每周分别统计2组肉鸡的采食量和体质量,计算饲料转化率、平均日增质量,记录各组的死亡率。试验结束时,肉鸡空腹12 h后称质量;每组取10只放血宰杀,计算屠宰率、全净膛率、胸肌率、腹脂率。

1.4 肉鸡的健康评分

参考 Dawkins 等^[17]的方法,对肉鸡外观和步态

进行评分,具体评分标准见表1。根据每组鸡舍的朝向和布局,按照“W”型确定5个位点,从各位点处随机取出1只肉鸡,对其进行外观评分,观察其羽毛状况和头部转动是否灵活等,然后将其放于地面上进行步态评分(至少走10步,由专门人员进行评定)。

表1 肉鸡的健康评分标准
Table 1 Health score for brolier

项目 Item	0分 Score 0	1分 Score 1	2分 Score 2
肉鸡外观 Appearance	羽毛光亮、完整、眼睛、头部转动灵活 Feather is shiny and integrity, eyes and head rotate actively	羽毛有缺损现象(缺损面积占1/3以下),眼睛头部转动一般 Feather has defect(area of defect accout for below 1/3),eyes and head rotate generally	羽毛有严重缺损现象(缺损面积占1/3以上),眼睛暗淡无光,头部转动缓慢 Feather has grave defect(area of defect accout for above 1/3),eyes are dim and dark,head rotates slowly
肉鸡步态 Gait	走路很轻松,步态规则甚至是大步走,平衡良好 Bird walks with ease,has regular and even strides and is well balanced	走路不太规则,不均匀地大步走,似乎很不平衡 Bird walks with regular and uneven strides and appears unbalanced	很犹豫地挪动,几乎没走几步就蹲卧下 Birds is reluctant to move and is unable to walk many strides before sitting down

1.5 数据统计分析

气载细菌、真菌和内毒素的含量采用中间值表示,同时用最大值与最小值反映数值的波动范围^[18]。其他试验数据均以“平均值±标准误”表示,所有数据用SPSS11.5统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同清洁卫生条件下鸡舍气载需氧菌和真菌含量的比较

不同清洁卫生条件下肉鸡舍气载需氧菌和真菌

含量的变化见图1和图2。由图1和图2可以看出,随肉鸡日龄的增加,试验组鸡舍内气载需氧菌和真菌含量逐渐上升,而对照组高低变化不定。试验组和对照组气载需氧菌含量分别为 $(2.9\sim5.1)\times10^6$ 和 $(6.6\sim16.0)\times10^5$ CFU/m³,气载真菌含量分别为 $(2.8\sim5.6)\times10^5$ 和 $(7.7\sim8.3)\times10^4$ CFU/m³。统计分析结果显示,1~20 d,2组鸡舍内气载需氧菌、真菌含量差异不显著($P>0.05$);20 d后差异显著($P<0.05$)。

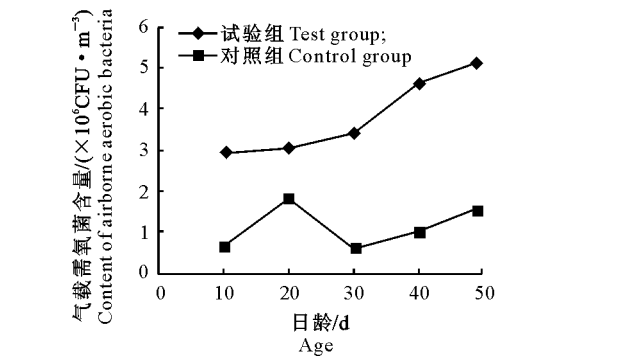


图1 不同清洁卫生条件下肉鸡舍的气载需氧菌含量
Fig.1 Content of airborne aerobic bacteria under different hygienic conditions

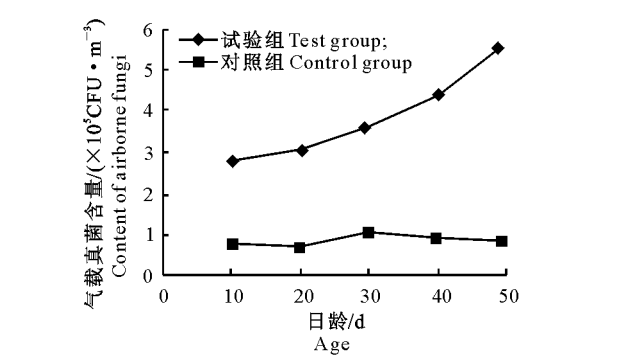


图2 不同清洁卫生条件下肉鸡舍的气载真菌含量
Fig.2 Content of airborne fungi under different hygienic conditions

2.2 不同清洁卫生条件下鸡舍气载内毒素含量的比较

试验期间,随着肉鸡日龄的增加,试验组鸡舍内气载内毒素含量大幅度升高,而对照组升高幅度很小(图3)。试验组和对照组气载内毒素含量分别为 $(2.3\sim16.0)\times10^3$ 和 $(2.4\sim3.1)\times10^3$ EU/m³,差

异不显著($P>0.05$)。

2.3 不同清洁卫生条件下肉鸡平均日增质量的比较

对照组鸡群的平均日增质量高于试验组(图4)。试验组和对照组肉鸡群1~28 d平均日增质量分别为0.05和0.06 kg,差异不显著($P>0.05$);

29~50 d,平均日增质量分别为 0.027 和 0.15 kg,差异显著($P<0.05$)。在 42~50 日龄时,试验组肉

鸡平均日增质量迅速下降,这可能是称体质量的肉鸡数量较少,误差较大所致。

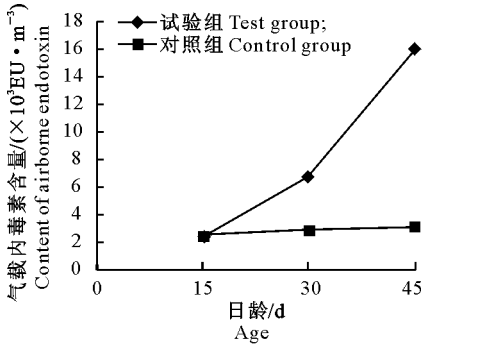


图 3 不同清洁卫生条件下肉鸡舍的气载内毒素含量
Fig. 3 Content of airborne endotoxin under different hygienic conditions

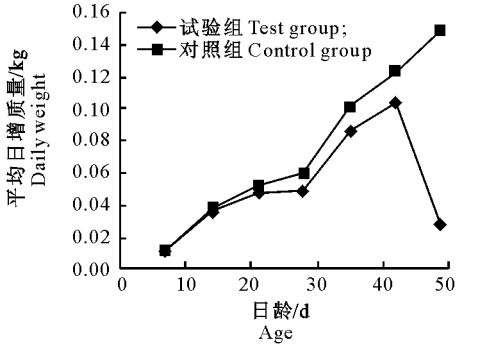


图 4 不同清洁卫生条件下肉鸡的平均日增质量
Fig. 4 Daily weight under different hygienic conditions

2.4 不同清洁卫生条件下肉鸡饲料转化率和死亡率的比较

由表 2 可知,在整个试验期,试验组和对照组肉鸡饲料转化率分别为(50.13±2.6)%和(51.47±

2.8)%,对照组饲料转化率略高于试验组($P>0.05$);对照组鸡群死亡率为 13.0%,低于试验组鸡群死亡率 19.3%,但差异不显著($P>0.05$)。

表 2 不同清洁卫生条件下肉鸡饲料转化率和死亡率的比较

Table 2 Comparison of feed conversion rate and mortality under different hygienic conditions %

组别 Group	饲料转化率 Feed conversation rate				死亡率 Mortality
	1~3 周龄 1-3 week	4~5 周龄 4-5 week	6~7 周龄 6-7 week	全程 Whole stage	
试验组 Test group	60.00±2.9 a	56.66±4.8 a	40.88±10.4 a	50.13±2.6 a	19.3±1.0 a
对照组 Control group	58.65±2.3 a	57.64±4.8 a	43.33±8.5 a	51.47±2.8 a	13.0±9.7 a

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note:Data with different letter superscripts in the same column mean obvious difference ($P<0.05$) and capital letter mean significant difference($P<0.01$). The same as below.

2.5 不同清洁卫生条件下肉鸡胴体性状的比较

由表 3 可知,试验组肉鸡的屠宰质量和胸肌率分别为(2.032±0.181) kg 和(21.392±0.507)%,而对照组肉鸡分别为(2.498±0.059) kg 和(24.341±0.325)%,对照组肉鸡均极显著高于试验组($P<0.01$);试验组和对照组肉鸡的屠宰率分别

为(90.505±1.847)%和(89.513±1.045)%,腹脂率分别为(3.950 0±0.165)%和(4.026 7±0.296)%,差异均不显著($P>0.05$);试验组肉鸡的全净膛率为(69.265±0.871)%,对照组为(73.102±1.056)%,差异显著($P<0.05$)。

表 3 不同清洁卫生条件下肉鸡胴体性状的比较

Table 3 Comparison of carcass trait under different hygienic conditions

组别 Group	屠宰质量/kg Slaughter weight	屠宰率/% Slaughter rate	腹脂率/% Abdominal fat rate	全净膛率/% Whole net carcass rate	胸肌率/% Breast muscle rate
试验组 Test group	2.032±0.181 A	90.505±1.847 a	3.950 0±0.165 a	69.265±0.871 a	21.392±0.507 A
对照组 Control group	2.498±0.059 B	89.513±1.045 a	4.026 7±0.296 a	73.102±1.056 b	24.341±0.325 B

2.6 不同清洁卫生条件下肉鸡外观和步态的比较

表 4 表明,在 1~3 周龄时,环境对肉鸡外观和步态的影响不显著($P>0.05$);在 4~5 和 6~7 周龄时,环境对其外观和步态的影响极显著($P<0.01$);7 周龄时,试验组肉鸡外观和步态评分分别为 1.03±0.076 和 0.97±0.140,对照组分别为

0.47±0.124 和 0.43±0.114。

3 讨 论

有研究指出,畜禽舍环境空气质量状况会影响人和动物的健康,空气质量差会导致动物和人发生一些疾病(主要是呼吸道疾病、免疫力下降等),特别

是空气中的微生物及其代谢产物(内毒素、氨、硫化氢等),是影响动物健康的潜在因素^[19-20]。许多致病真菌都可产生毒素,引起禽类真菌毒素中毒症,表现为发育迟缓、免疫力低下、器官机能障碍及中毒死亡等。尽管健康的禽类能够抵挡自然条件下发生的霉菌孢子的侵袭,但在病原霉菌含量超过一定限度时,尤其是对于那些由环境应激、免疫抑制、营养不良及广谱抗生素的广泛应用等引发免疫力低下的禽类,极易造成真菌病的流行^[21]。在本研究中,从整个生

长周期来看,试验组鸡舍内气载需氧菌含量最高达 5.1×10^6 CFU/m³,对照组为 1.6×10^6 CFU/m³,前者较后者高 2.2 倍;试验组气载真菌含量最高为 5.6×10^5 CFU/m³,对照组为 8.3×10^4 CFU/m³,前者较后者高 5.75 倍。由于肉鸡舍中气载需氧菌和气载真菌含量尚无统一标准,因此试验组肉鸡舍环境与对照组环境只是相对而言。经统计分析,20 d 后试验组和对对照组的气载微生物含量差异显著 ($P<0.05$)。

表 4 不同清洁卫生条件下肉鸡外观和步态评分的比较

组别 Group	外观评分 Appearance score			步态评分 Gait score		
	1~3 周龄	4~5 周龄	6~7 周龄	1~3 周龄	4~5 周龄	6~7 周龄
	1-3 week	4-5 week	6-7 week	1-3 week	4-5 week	6-7 week
试验组 Test group	0.57±0.114 a	0.87±0.079 A	1.03±0.076 A	0.77±0.12 4a	0.97±0.112 A	0.97±0.140 A
对照组 Control group	0.43±0.092 a	0.23±0.079 B	0.47±0.124 B	0.60±0.141 a	0.27±0.095 B	0.43±0.114 B

Zuker 等^[9]报道,内毒素可以导致禽类的呼吸道疾病,如恶性肺炎、呼吸道阻塞等,并指出气载内毒素是衡量空气中有有机尘埃的重要标志。Donham^[22]对瑞典南部 28 个猪场猪只健康与空气质量的关系进行研究时发现,猪场的内毒素含量与猪的肺炎、胸膜肺炎以及新生仔猪的死亡率有一定的协同性。本研究中,试验组鸡舍内气载内毒素含量为 $(2.3\sim16.0)\times10^3$ EU/m³,对照组为 $(2.4\sim3.1)\times10^3$ EU/m³,试验组较对照组高 4.16 倍,且已大大超过了对人体无影响的推荐标准 $(2\ 000\text{ EU/m}^3)^{[23]}$,说明对照组空气质量较试验组好。禽舍高含量的微生物和内毒素对动物的健康存在很大威胁。

动物舍环境中的微生物及其代谢产物形成的气溶胶能够导致环境污染,从而影响动物的健康及生产能力^[1]。动物长期暴露于微生物含量高的环境中,会产生一种环境压力,暴露的时间越长,这种环境压力就越大。较差的卫生条件可以使动物的生长速度降低 15%,使饲料的转化率降低 10%^[24-26]。虽然没有统计数据直接表明气载需氧菌含量的多少与疾病的发生存在相关性,但是很多研究表明,气载需氧菌含量的增高能够导致动物免疫力下降、生长缓慢及生产性能降低^[3,27-28]。Crowe 等^[27]在对 2 种饲养方式下猪舍内的内毒素含量测定时发现,在单独隔离方式下饲养的猪,比在传统方式下饲养的猪体质量增长快且免疫器官的质量也大得多。由此可推断,猪舍环境中内毒素的含量与猪的生长率和免疫器官的免疫功能有一定相关性。在本研究中,对照组鸡群的平均日增质量显著高于试验组 ($P<0.05$),饲料转化率也较试验组提高了 2.6%,这说

明环境的优劣对鸡群饲料转化率稍有影响;对照组死亡率为 13.0%,试验组死亡率为 19.3%,这表明环境差的鸡舍严重影响鸡的成活率;对照组肉鸡全净膛率较试验组提高了 5.54% ($P<0.05$),胸肌率较试验组提高了 13.79% ($P<0.01$)。从整个生长周期来看,好的肉鸡舍环境可以提高肉鸡体质量和生长性能、降低死亡率,这与上述研究结果一致。本研究中肉鸡舍的环境质量是通过气载微生物浓度和内毒素含量来衡量的,在肉鸡生长后期(30 日龄起),试验组和对对照组鸡舍内气载微生物含量差异显著,此时 2 组肉鸡的平均日增质量也开始出现显著差异,说明肉鸡舍高含量气载微生物与肉鸡的平均日增质量有一定相关性。动物健康主要强调腿的健康和步态^[29-30]。本研究观察了 2 种养殖环境中肉鸡的外观和步态,结果表明,在生长后期,试验组环境对肉鸡健康有不利影响,评分结果与对照组差异极显著 ($P<0.01$),这与 Dawkins 等^[17]在研究肉鸡福利的影响因素时报道的结果一致,说明肉鸡舍气载微生物含量与肉鸡的健康状况有一定相关性。

通过上述分析可知,禽舍中高含量的微生物、内毒素与禽的生产性能、胴体性状和健康状况有一定的相关性。因此,在实际生产中,应该重视肉鸡整体养殖环境和管理措施等的改善,减少微生物气溶胶的发生,加强对畜禽舍空气微生物污染物的科学管理,这对动物生产力的提高和公共卫生安全均具有重要意义。

[参考文献]

[1] Gross W B. Diseases due to *Esherichia coli* in poultry [C]//

- Gyles C L. *Escherichia coli* in domestic animals and humans. Wallingford; CAB International, 1994; 237-259.
- [2] Douwes J, Thorne P, Pearce N, et al. Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects [J]. *Ann Occup Hyg*, 2003, 47(3): 187-200.
 - [3] Dutkiewicz J, Pomorski Z J H, Sitkowska J. Airborne microorganisms and endotoxin in animal houses [J]. *Grana*, 1994, 33(2): 85-90.
 - [4] Fiegel J, Clarke R, Edwards D A. Airborne infectious disease and the suppression of pulmonary bioaerosols [J]. *DDT*, 2006, 11(1/2): 51-57.
 - [5] Donaldson A. Airborne spread of foot-and-mouth disease [J]. *Microbiology Today*, 1999, 26: 118-119.
 - [6] Banhazi T M, Seedorf J, Laffrique M, et al. Identification of the risk factors for high airborne particle concentrations in broiler buildings using statistical modeling [J]. *Biosystems Engineering*, 2008, 101: 100-110.
 - [7] Chai T, Muller W, Zucker B A. Airborne anaerobic bacteria in a calf house with special regard to *Clostridium perfringens* [J]. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 1997, 110(1): 1-4.
 - [8] Hojovec J, Fiser A, Kubicek K Z. Die rolle von indikator keimen fuer die beurteilung der stallluft [J]. *Mh Vet Med*, 1996, 32: 766-769.
 - [9] Zucker B A, Muller W. Animal microorganisms in animals stables 3: Relationship between inhaled endotoxins, dust and airborne bacteria in a poultry housing unit [J]. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 2000, 113(7/8): 279-283.
 - [10] Seedorf J, Hartung J, Schroder M, et al. Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe [J]. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1998, 70(1): 97-109.
 - [11] Feddes J J R, Taschuk K, Robinson F E, et al. Effect of litter oiling and ventilation rate on air quality, health and performance of turkeys [J]. *Canadian Agricultural Engineering*, 1995, 37: 57-62.
 - [12] Al Homidan A, Robertson J F, Petchey A M. Effect of environmental factors on ammonia and dust production and broiler performance [J]. *British Poultry Science*, 1998, 39: 9-10.
 - [13] Banhazi T M, Seedorf J, Rutley D L, et al. Identification of risk factors for sub-optimal housing conditions in Australian piggeries - part II : airborne pollutants [J]. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 2008c, 14: 21-39.
 - [14] Brachmann P S, Ehrlich R, Eichenwald, et al. Standard sampler for assay of airborne microorganisms [J]. *Science*, 1964, 144: 1295.
 - [15] 王思里, 胡冠时, 贡立清. 细菌内毒素检查法及其应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
Wang S L, Hu G S, Gong L Q. Progress of bacterial endotoxin test and its application [M]. Beijing: Weather Publication, 2003. (in Chinese)
 - [16] 田 颖, 陈本龙, 柴同杰. 鸭舍中气载内毒素的测定 [J]. *家畜生态学报*, 2007, 28(1): 66-69.
Tian Y, Chen B L, Chai T J. The detection of airborne endotoxin in duck stables [J]. *Journal Domestic Animal Ecology*, 2007, 28(1): 66-69. (in Chinese)
 - [17] Dawkins M S, Donnelly C A, Jones T A. Chicken welfare is influenced more by housing condition than by stocking density [J]. *Nature*, 2004, 427(22): 342-344.
 - [18] 金丕焕. 医学统计方法 [M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1992.
Jin P H. Methods of medicinal statistic [M]. Shanghai: Shanghai College of Medicine Publication, 1992. (in Chinese)
 - [19] Uhtain B, Prouvost J F, Beerens D, et al. Acute effects of endotoxin inhalation on the respiratory tract in pigs [J]. *Joumees-de-la-Rehceerhe-Pocrine-en-France*, 1996, 28: 349-354.
 - [20] Whyte R T, Williamson P A M, Lacey J. Air pollutant burdens and respiratory impairment of poultry house stockmen [C]// *Livestock environment IV. Proceedings of a conference held in Coventry. UK*, [s. n.], 1993: 709-717.
 - [21] 王雅玲. 养殖环境真菌气溶胶及相关真菌毒素的检测 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2006.
Wang Y L. Detection and identification of fungal aerosol and related mycotoxins in animal raising environment [D]. Taian, Shandong: Shandong Agricultural University, 2006. (in Chinese)
 - [22] Donham K J. Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine [J]. *American Veterinary Medicine Association*, 1991, 53(10): 1723-1730.
 - [23] Lacey J, Dutkiewicz J. Bioaerosols and occupational lung disease [J]. *Aerosology Science*, 1994, 25: 1327-1404.
 - [24] Hill D C, Branion H D, Slinger S I, et al. Influence of environment on the growth response of chicks to penicillin [J]. *Poultry Science*, 1952, 32: 464-466.
 - [25] Lillie R J, Sizemore J R, Bird H R. Environment and stimulation of growth of chicks by antibiotics [J]. *Poult Sci*, 1952, 32: 466-475.
 - [26] Libby D A, Schaible P J. Observations on growth response to antibiotics and arsenic acids in poultry feeds [J]. *Science*, 1955, 121: 733-734.
 - [27] Crowe C K, Harris D H L, Elliott L P, et al. A possible relationship between low facility dust and endotoxin levels and improved growth rates in pigs reared by Isowean SM [J]. *Swine-Health-and-Production*, 1996, 4(5): 231-236.
 - [28] Wolinsky S M. Public health: Chicken monster or chicken little [J]. *Science*, 2006, 311(5762): 780-781.
 - [29] Bradshaw R H, Kirkden R D, Broom D M. A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare [J]. *Avian Poultry Biolo Rev*, 2002, 13(2): 45-103.
 - [30] Weeks C A, Danbury T D, Davies H C, et al. The behavior of broiler chickens and its modification by lameness [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2000, 67: 111-125.