

人工负离子对鸡舍空气环境净化作用研究

焦洪超, 孙利, 崔灿, 侯学超, 林海*

(山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018)

摘要: 现代集约化、规模化畜牧生产存在舍内空气质量恶化问题, 粉尘、有害气体及微生物蓄积, 进而影响畜、禽健康和生产。笔者在舍内加装人工负离子发生装置, 研究空气负离子对鸡舍中需氧菌总数、粉尘含量和氨气浓度的影响, 探讨其在鸡舍空气净化中的应用。采用两栋完全相同的鸡舍, 通过 2 个试验研究人工负离子对鸡舍空气环境的改善效果及有效作用时间。试验 1, 加装人工负离子发生装置鸡舍为试验组, 无负离子发生装置鸡舍为对照组, 在不同时间点采样测定; 试验 2, 分别设置不同负离子发生功率, 在负离子发生前、发生时及发生后不同时间采样测定。结果表明, 在该试验条件下, 人工负离子能显著降低鸡舍内需氧菌总数和粉尘含量 ($P < 0.05$), 而且具有明显的时间效应 ($P < 0.05$), $0.5 \mu\text{m}$ 以下粉尘含量不受负离子处理时间的影响 ($P > 0.05$), $1.0 \mu\text{m}$ 及以上粉尘含量随处理时间的延长明显降低 ($P < 0.01$), 空气负离子对鸡舍内氨气含量没有显著影响 ($P > 0.05$); 相对于低发生功率 (32 W), 43 W 发生功率下空气负离子对鸡舍内粉尘和需氧菌清除效率更高, 开启负离子发生装置 30 min 后, 可保持鸡舍内需氧菌总数 30 min 和粉尘含量 60 min 内处于明显降低状态 ($P < 0.05$)。结果提示, 空气负离子可用于改善鸡舍空气环境质量, 有利于畜、禽健康生产。

关键词: 负离子; 鸡舍; 空气; 净化

中图分类号: S815.9

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2017)08-1543-08

Effects of Artificial Anion on Purificating Indoor Air of Poultry House

JIAO Hong-chao, SUN Li, CUI Can, HOU Xue-chao, LIN Hai*

(College of Animal Science & Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: Modern intensive, large-scale livestock and poultry breeding resulting in deterioration of indoor air quality of the animal house, leading to the accumulation of a large number of dust, harmful gases and micro-organisms, thereby affecting the animal health and production. In this study, negative ions were generated by artificial means to study their impact on the total number of aerobic bacteria, the content of dust and ammonia in poultry house, and to explore its application on purifying indoor air of poultry house. Using two identical poultry houses, two trials have been carried out to study the effect of negative ions on improving indoor air and the effective acting time in poultry house. In trial 1, air samples were collected at different time points from two poultry houses, one for experimental group with a negative ion generator in it, the other for control group with no negative ion generator, and the indexes mentioned above were measured. In trial 2, different power of negative ion generator was applied in the poultry house, and air samples were collected and measured before, running and after the application of negative ion generator. The results showed that the negative anions can significantly reduce the impact of the total number of aerobic bacteria and dust content in the house ($P < 0.05$), but also has a significant effect with time ($P < 0.05$). The content of dust with a particle size less $0.5 \mu\text{m}$ wasn't signifi-

收稿日期: 2017-03-08

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0500510); 山东省农业重大应用技术创新课题(鲁财农指[2016]36号); 山东农业大学现代农业发展研究院智能化农业装备研发项目(2015-5); 山东省“双一流”奖补资金

作者简介: 焦洪超(1977-), 男, 山东临沂人, 副教授, 博士, 主要从事畜禽环境与营养方面的研究, E-mail: hongchao@sdau.edu.cn

* 通信作者: 林海, 教授, E-mail: hailin@sdau.edu.cn

cantly affected by time ($P>0.05$), but the content of dust with a particle size of $1.0\ \mu\text{m}$ or higher was significantly lower with prolonging of treatment time ($P<0.01$). The negative anions has no significant effect on the ammonia concentration in poultry house ($P>0.05$). And the negative ions that generated with higher power have greater efficiency to clean the dust and aerobic bacteria. With working of the anion generator after 30 min, the total number of aerobic bacteria and dust content in the house can be maintained significantly lower within 30 min and 60 min, respectively ($P<0.05$). The results suggest that negative ions can be used to improve the air quality of animal house and protect the health of livestock and poultry.

Key words: negative ions; poultry house; air; purification

工厂化畜牧业模式下的高密度、大群体饲养导致了鸡舍内空间狭窄、环境恶化等多种问题的出现。空气是与动物密切相关的一种重要资源,空气环境质量的优劣直接影响到畜、禽的生产性能以及生产效益。有研究指出,饲养环境对于家畜生产力的贡献度可以达到 $30\% \sim 40\%$ ^[1-3], 突发传播疾病中 70% 与空气质量状况有关^[4]。

空气负离子是空气中带负电荷的单独的气体分子或离子团的总称,因带有负电荷,易与空气中带正电荷的污染物吸引、碰撞、结合,并形成比较大的分子而沉降,具有杀菌、降尘、净化空气的功效^[5]。医学研究表明,空气负离子浓度越高,空气就越清洁,人体感觉也越舒畅;反之,且正、负离子浓度比例越大,空气就越差^[6]。因而在环境评价中,空气负离子浓度被列为衡量空气质量好坏的一个重要参数^[7]。就其产生方式而言,空气负离子可自然产生和人工产生^[8]。自然产生主要是自然状态下由放射性元素、雷电、宇宙射线等的电离及瀑布、海浪等的喷筒效应等作用产生,人工产生主要是通过高压电场、高频电场、放射线等刺激空气电离而产生负离子^[9]。近年来的研究表明,空气电离能有效控制畜舍内粉尘含量^[10-13], 抑制病原微生物增殖^[14-16]、降低氨气浓度^[12,17]。

本研究通过空气电离设施产生人工负离子,研究空气负离子对鸡舍空气中需氧菌、粉尘及氨气含量的影响,并确定了空气负离子的有效作用时间和空气环境恶化规律,探索空气负离子对鸡舍内环境的改善效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用负离子发生装置为佛山艾诗凯奇电器有限公司生产 SKG 4204 型空气净化器,负离子发生量 $5.0 \times 10^7 \cdot \text{cm}^{-3}$ 。试验时拆除机器外壳及其他

附属功能,保留负离子发生器。

试验鸡舍为本实验室环境可控代谢试验鸡舍,长 $3.6\ \text{m}$,宽 $2.3\ \text{m}$,高 $2.4\ \text{m}$,每栋鸡舍内设两列两层鸡笼,单笼单饲,饲养试验鸡 32 只。

1.2 试验设计

试验选取两栋相邻的鸡舍,在试验前统一清理,使两栋鸡舍内环境保持一致。每栋鸡舍内饲养 32 只海兰褐成年公鸡,试验期间正常饲喂和饮水。试验时,鸡舍环境温度 $26\ ^\circ\text{C}$,湿度 65% 左右。

试验 1: 试验组鸡舍中央放置空气负离子发生装置,对照组鸡舍除不放置空气负离子发生装置外,其余操作与试验组相同。试验过程中,每天 08:00 将两栋鸡舍门关闭,开启装置,最大功率、连续工作,09:00、12:30、16:00 采集空气样品,测定。采集位置位于负离子发生装置左右各 $1\ \text{m}$ 处,采样高度为两层鸡笼中间,连续测定 4 d 后停止 2 d,2 d 后将两栋鸡舍内的处理对调,再连续测定 4 d,取 2 次测定的平均值。试验开始前完全清除舍内鸡粪,试验期间不清粪。

试验 2: 试验时关闭鸡舍门,将空气负离子发生装置置于试验鸡舍中央,分别在装置启动前 60 min、启动后 30 min、关闭后 30 和 60 min 采集样品,测定。设 2 种负离子发生功率进行测定,分别在最大功率 ($43\ \text{W}$) 和次级功率 ($32\ \text{W}$) 下各连续测定 5 d。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 需氧菌总数 采用国际标准 Andersen-6 级空气微生物采样器 (JWL-S6, 北京先能技术开发有限责任公司),空气流量采用 $28.3\ \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$,以血琼脂培养基为采样介质,采样时间根据鸡舍内环境确定。采样完成后,将血琼脂平板置于 $37\ ^\circ\text{C}$ 培养箱中培养 48 h,统计各平板培养后的菌落数,经 Andersen 校正表校正后,根据下述公式计算单位体积空气中气载需氧活菌的含量 ($\text{CFU} \cdot \text{m}^{-3}$):

$$\text{需氧菌含量} = \frac{Q}{28.3\ \text{L}/\text{min} \times t} \times 1\ 000$$

其中, Q 为 6 个平板上菌落校正后的总和; t 为采样时间(min)。

1.3.2 粉尘含量 空气中粉尘含量以激光尘埃粒子计数器(ZHJ-B II, 苏州市华宇净化设备有限公司)直接测定。测定时, 计数器驱动流量设定为 $28.3 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 每次测定 1 min, 每个采样位置测定 4 次, 根据粉尘粒径分别取平均值。

1.3.3 氨气含量 以 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸作为吸收液, 取 10 mL 置于吸收管内, 连接大气采样器(KC-6D, 青岛崂山电子仪器总厂有限公司), 采样进气量调节为 $1.0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 采集时间 10 min, 每个采样点采集 2 份样品。采样完成后, 取吸收液 $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存, 以凯氏定氮法测定其中氮含量, 并换算为每立方米空气中氨的含量。

1.4 数据分析

试验数据用平均值 \pm 标准误($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)表示, 数

据统计以 SAS(Version 8e, SAS Institute, 1998) 统计软件进行, 采用 Repeated Measurement Analysis 进行分析, 如果处理效应差异显著($P < 0.05$), 各均值采用 Duncan 氏方法进行多重比较。

试验 2 数据分析前进行如下处理: 将试验开始前的粉尘含量、需氧菌总数作为 1, 其他时间点的粉尘含量、需氧菌总数与开始时相比的值作为该时间点的相对含量。

2 结果

2.1 空气负离子对鸡舍空气需氧菌总数的影响

如表 1 所示, 与对照组相比, 空气负离子能显著降低鸡舍内需氧菌总数($P < 0.05$), 而且具有明显的时间效应($P < 0.05$), 空气负离子发生装置启动 4.5 h 后, 鸡舍内需氧菌总数降低率达 60% 以上, 之后维持在稳定的水平。

表 1 空气负离子对鸡舍内需氧菌总数的影响($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

组别 Group	时刻 Time			P-value	
	09:00	12:30	16:00	单因素效应 Single factor effect	交互效应 Interaction effect
试验组 Experimental group	59.2 ± 7.0^a	$24.7 \pm 2.7^{b,y}$	$24.7 \pm 3.3^{b,y}$	Treat=0.030 2	Treat \times time=0.007 4
对照组 Control group	57.9 ± 9.3	56.3 ± 9.6^x	47.5 ± 7.0^x	Time<0.000 1	

^{a,b}同一行中标有不同字母者差异显著($P < 0.05$); ^{x,y}同一列中标有不同字母者差异显著($P < 0.05$)。下表同

^{a,b}mean the data in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$); ^{x,y}mean the data in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$). The same as below

2.2 空气负离子对鸡舍空气粉尘含量的影响

如表 2 所示, 试验舍粒径 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 粉尘含量极显著降低($P < 0.01$), 而且与处理时间具有明显的协同效应($P < 0.01$), 但小粒径粉尘($\leq 0.5 \mu\text{m}$) 在鸡舍中的含量受空气负离子处理时间的影响较小($P > 0.05$), $1.0 \mu\text{m}$ 及以上粒径粉尘含量随处理时间的延长明显降低($P < 0.01$)。采样操作影响鸡舍内粉尘含量, 尤其是小粒径粉尘($\leq 0.5 \mu\text{m}$) 在采样操作后其含量明显升高($P < 0.05$)。大粒径粉尘在负离子作用下更易聚集, 从而发生沉降, 含量降低, 而小粒径粉尘由于其质量小, 即使聚集也不易沉降, 更易受生产操作和鸡群活动的影响, 从而在鸡舍内维持较高的含量。

2.3 空气负离子对鸡舍氨气含量的影响

试验结果如表 3 所示, 在当前试验条件下, 空气

负离子对各时间点鸡舍内氨气的含量均没有显著的影响($P > 0.05$), 而且随处理时间的延长, 因鸡舍密闭原因, 舍内氨气含量升高($P < 0.01$), 负离子处理与时间对舍内氨气含量的影响不存在交互效应($P > 0.05$)。

2.4 不同发生功率下空气负离子对控制鸡舍需氧菌的影响

试验结果如表 4 所示, 不同发生功率下, 空气负离子抑制鸡舍内需氧菌的能力明显不同, 开启负离子发生装置 30 min, 高功率(43 W) 较低功率(32 W) 其需氧菌总数相对量降低 40.3% ($P < 0.05$)。负离子发生装置关闭后, 需氧菌数量开始逐渐上升, 低功率下关闭 30 min 后即基本接近开启前数量, 高功率下至关闭 60 min 后基本接近开启前数量。

表 2 空气负离子对舍内粉尘含量的影响($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Table 2 Effect of negative ions on the content of dust in poultry house($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

粒径/ μm Particle size	组别 Group	时刻 Time			单因素效应 Single factor effect	交互效应 Interaction effect	P-value
		09:00	12:30(1)	12:30(2)			
0.3	试验组 Experimental group	922±57 ^a	727±46 ^{b,y}	857±41 ^a	720±40 ^{b,y}	Treat=0.089 9	Treat×Time<0.000 1
	对照组 Control group	816±71 ^b	986±87 ^{a,x}	975±94 ^a	1 032±74 ^{a,x}	Time=0.342 2	
0.5	试验组 Experimental group	825±69 ^a	557±40 ^{c,y}	638±42 ^{b,y}	476±21 ^{d,y}	Treat=0.000 5	Treat×Time<0.000 1
	对照组 Control group	816±71 ^b	978±88 ^{a,x}	945±100 ^{a,x}	1 025±72 ^{a,x}	Time=0.202 4	
1.0	试验组 Experimental group	539±45 ^a	207±11 ^{b,y}	215±16 ^{b,y}	175±11 ^{c,y}	Treat<0.000 1	Treat×Time<0.000 1
	对照组 Control group	562±42 ^b	730±72 ^{a,x}	614±63 ^{b,x}	720±41 ^{b,x}	Time<0.000 1	
3.0	试验组 Experimental group	181±16 ^a	81±5 ^{b,y}	75±4 ^{b,y}	75±5 ^{b,y}	Treat<0.000 1	Treat×Time<0.000 1
	对照组 Control group	213±13 ^b	296±36 ^{a,x}	174±16 ^{c,x}	257±30 ^{b,x}	Time=0.001 5	
5.0	试验组 Experimental group	76.3±7.6 ^a	31.6±2.0 ^{b,y}	27.3±2.0 ^{b,y}	29.0±2.1 ^{b,y}	Treat<0.000 1	Treat×Time<0.000 1
	对照组 Control group	90.3±6.0 ^a	89.1±5.9 ^{a,x}	70.9±6.3 ^{b,x}	80.7±7.2 ^{b,x}	Time<0.000 1	
10.0	试验组 Experimental group	6.29±0.55 ^{a,y}	2.65±0.10 ^{b,y}	2.83±0.13 ^{b,y}	2.34±0.10 ^{a,y}	Treat<0.000 1	Treat×Time=0.007 9
	对照组 Control group	8.09±0.56 ^{a,x}	6.24±0.47 ^{b,x}	5.63±0.45 ^{b,x}	5.37±0.46 ^{b,x}	Time<0.000 1	

12:30(1),12:30(2)为减少采样操作对粉尘的影响,于需氧菌、氨气采样操作前和操作后分别进行测定。^{x,y}同一粒径下不同组相比较,标有不同字母者差异显著($P<0.05$)

12:30(1), 12:30(2)mean that the data was measured before and after the operation of sampling for aerobic bacteria and dust respectively, in order to reduce the effect of the sampling operation. ^{x,y} mean the data of different group in the same particle size with different superscripts differ significantly ($P<0.05$)

表 3 空气负离子对鸡舍内氨气含量的影响($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)Table 3 Effect of negative ions on the ammonia concentration in poultry house($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)mg · m⁻³

组别 Group	时刻 Time			P-value	
	09:00	12:30	16:00	单因素效应 Single factor effect	交互效应 Interaction effect
试验组 Experimental group	24.57±4.88	37.08±7.31	47.19±7.67	Treat=0.947 5	Treat×time=0.717 2
对照组 Control group	24.03±5.47	36.51±7.14	50.34±11.32	Time<0.000 1	

表 4 不同发生功率空气负离子对鸡舍内需氧菌总数的影响(相对量, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)Table 4 Effect of negative ions with different generating power on the total number of aerobic bacteria in poultry house (relative amount, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

处理 Treatment	0 min	开启 30 min 30 min after on	关闭 30 min 30 min after off	关闭 60 min 60 min after off	P-value	
					单因素效应 Single factor effect	交互效应 Interaction effect
43 W	1.00 ^a	0.43±0.04 ^{b,y}	0.71±0.09 ^c	0.93±0.10 ^a	Treat=0.947 5	Treat×time=0.717 2
32 W	1.00	0.72±0.12 ^x	0.97±0.10	1.10±0.14	Time<0.000 1	

2.5 不同发生功率下空气负离子对控制鸡舍粉尘的影响

试验结果如表 5 所示,两种功率条件下,负离子发生装置开启 30 min 后,鸡舍内各种粒径粉尘含量均显著下降($P<0.05$)。总体上,可能得益于其聚集后质量大、更易沉降的原因,大粒径粉尘含量在负离子的影响下降低的幅度更大。相应地,在负离子发生装置关闭后,大粒径粉尘含量增加的速度也明显较慢,至关闭后 60 min 依然显著低于初始时

($P<0.05$),而小粒径粉尘含量增加的速度明显较快, $\leq 1.0 \mu\text{m}$ 粉尘含量在发生装置关闭 60 min 后基本与初始时无显著差异($P>0.05$)。分析不同发生功率下空气负离子对鸡舍粉尘含量的影响,与前述结果一致,低功率下负离子清除小粒径粉尘的效率较高功率低,1.0 和 3.0 μm 粒径粉尘含量差异显著($P<0.05$),而对更大粒径粉尘,二者的清除效率基本相当($P>0.05$)。

表 5 不同发生功率空气负离子对鸡舍内粉尘含量的影响(相对量, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)Table 5 Effect of negative ions with different generating power on the content of dust in poultry house (relative amount, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

粒径/ μm Particle size	处理 Treatment	0 min	开启 30 min 30 min after on	关闭 30 min 30 min after off	关闭 60 min 60 min after off	P-value	
						单因素效应 Single factor effect	交互效应 Interaction effect
0.3	43 W	1.00 ^a	0.83±0.02 ^c	0.94±0.01 ^b	0.99±0.01 ^a	Treat=0.705 4	Treat×Time=0.082 7
	32 W	1.00 ^a	0.78±0.01 ^c	0.94±0.02 ^b	1.02±0.03 ^a	Time<0.000 1	
0.5	43 W	1.00 ^a	0.71±0.02 ^d	0.88±0.02 ^c	0.96±0.01 ^b	Treat=0.886 2	Treat×Time=0.091 6
	32 W	1.00 ^{ab}	0.68±0.02 ^c	0.87±0.03 ^b	1.02±0.04 ^a	Time<0.000 1	
1.0	43 W	1.00 ^a	0.47±0.01 ^{c,y}	0.81±0.04 ^{b,y}	0.97±0.07 ^{a,y}	Treat=0.001 5	Treat×Time=0.003 7
	32 W	1.00 ^b	0.58±0.02 ^{c,x}	0.97±0.04 ^{b,x}	1.21±0.07 ^{a,x}	Time<0.000 1	
3.0	43 W	1.00 ^a	0.43±0.02 ^{c,y}	0.80±0.04 ^b	0.90±0.07 ^{ab}	Treat=0.004 3	Treat×Time<0.000 1
	32 W	1.00 ^b	0.53±0.02 ^{c,x}	0.85±0.03 ^b	1.30±0.10 ^a	Time<0.000 1	
5.0	43 W	1.00 ^a	0.37±0.01 ^c	0.73±0.03 ^b	0.80±0.06 ^b	Treat=0.482 9	Treat×Time=0.524 8
	32 W	1.00 ^a	0.43±0.02 ^c	0.74±0.03 ^b	0.81±0.05 ^b	Time<0.000 1	
10.0	43 W	1.00 ^a	0.37±0.01 ^c	0.70±0.03 ^b	0.72±0.04 ^b	Treat=0.435 1	Treat×Time=0.666 4
	32 W	1.00 ^a	0.42±0.02 ^c	0.72±0.03 ^b	0.73±0.04 ^b	Time<0.000 1	

3 讨论

3.1 负离子除尘作用

畜舍内粉尘的数量可直接影响畜、禽机体健康,导致呼吸道疾病的发生^[18],也可间接携带病原微生物、氨等导致疾病发生^[19-20]。空气中的粉尘、飘尘等带正电荷的颗粒物很容易吸附空气中的负离子,使得这些尘粒凝并,成为大粒子沉降下来,净化空气^[21]。据报道,空气电离可有效降低孵化箱中粉尘含量达80%~90%^[22],可降低密闭房间中粉尘含量52%~91%^[14]。K. A. Rosentrater^[10]通过静电系统检测电离方式的降尘作用,结果表明空气电离可以有效降低产仔舍、保育舍内3 μm以上的粉尘。M. S. Cho等^[11]的研究也证明利用电离等离子技术产生的空气负离子可以有效降低猪舍内PM_{2.5}与PM_{1.0}。张开臣等^[12]和C. W. Ritz等^[13]在鸡舍内的研究也证实,空气电离可明显降低鸡舍内粉尘含量。本研究得到的结果与前人研究一致,鸡舍内应用负离子发生装置后可显著降低鸡舍空气中粉尘的含量,尤其是0.5 μm以上粉尘含量明显降低,而且关闭负离子发生装置后,小粒径粉尘也更易蓄积、含量增加。

J. R. Dawson^[23]研究表明,≥10 μm的粉尘粒子沉降在动物鼻腔,5~10 μm的粉尘主要沉降在上呼吸道,≤5 μm的粉尘能进入肺部,但0.5 μm以下的粉尘一般仍保持悬浮状态随呼气排出肺部。本研究中负离子对不同粒径粉尘降低效果不同,对微小粒径粉尘(≤0.5 μm)降低效率在35%以下,且粒径越小降低作用越不明显,这与B. W. Mitchell等^[14]研究得到的空气电离对烟棒产生的0.3~0.5 μm粉尘降低作用较低(降低率3.9%)一致。其原因可能在于0.5 μm以下的粉尘,因其质量小,不易沉降,易随呼吸排出,在呼吸道内阻留率较低,负离子与微小粒径粉尘结合,沉降部分粉尘,但由于其自身质量小,沉降效率相对于呼吸性粉尘低。而粒径在0.5~10 μm的粉尘进入呼吸系统后会附着在呼吸系统表面,直接引起畜、禽相关性呼吸系统疾病的发生^[24]。本研究的结果证明,人工负离子对鸡舍内大粒径粉尘(1.0~10.0 μm)的降低效率在50%以上,与相关学者的研究结果^[14, 17]一致。表明空气负离子对易引起呼吸系统危害的粉尘有明显的降低作用,且随粒径增大,静电聚合沉降的效率越明显。

3.2 人工负离子抑制需氧菌作用

已有的研究发现,空气电离所产生的负离子可以与需氧菌结合,使需氧菌沉降并达到杀菌的效果^[25-28]。负离子抑菌机制在于负离子与细菌结合后,使细菌产生结构的改变或能量的转移,导致细菌死亡^[12]。B. W. Mitchell等^[14]和L. J. Richardson等^[15]研究发现畜舍内安装空气电离发生设施,可以有效地减少气载病原菌和疾病的传播。R. K. Gast等^[29]通过利用空气电离设备对暴露于含沙门菌的空气中的1日龄雏鸡开展为期8 d的研究,发现肉鸡并没有感染沙门菌,说明高浓度的人工负离子可以有效地消除沙门菌的传播。刘滨疆等^[16]在牛舍内安装电净化防病系统,发现乳牛舍空气中所含微生物菌落数在启动设备3 min内减少了82%~93%。与前人研究结果一致,本研究的结果也证实,在鸡舍内加装人工负离子发生装置,可以显著降低鸡舍内需氧菌总数,与未使用负离子发生器的对照组相比,试验组鸡舍需氧菌总数降低可达60%以上,而且抑制需氧菌的效率与维持时间及人工负离子的发生功率相关。

3.3 人工负离子对舍内氨气排放的影响作用

研究表明,负离子也能有效去除空气中的多种有害物质,如一些有害的化学物质和挥发性有机化合物VOC等^[12]。B. W. Mitchell等^[17]在小型商品鸡舍中的检测表明,空间电荷系统可以降低鸡舍中氨气含量达56%。张开臣等^[12]在猪舍和鸡舍内安装空气电净化系统,结果表明可去除氨气达30%以上。与之前的研究不同,本研究的结果表明,利用当前试验条件下的负离子发生装置不能达到有效降低鸡舍氨气含量的效果,这与C. W. Ritz等^[13]在大型鸡舍内取得的试验结果一致。

氨气清除效率不高的原因可能与本试验所采用的负离子发生装置的功能有关,主要在于臭氧的释放量低。空气电离设备高压电场能使含氧气体产生电晕放电,使O₂分子解离,碰撞聚合成臭氧分子^[30],臭氧具有强氧化性,可以分解去除包括氨气等有臭味物质^[31]。但臭氧具有双重性,当臭氧含量高于一定值时,会对饲养人员造成危害,美国食品与药物管理局规定所有的医疗器械所产生的臭氧含量不得高于0.05 mg·m⁻³。J. L. Niu等^[31]的研究也建议控制臭氧发生量。为降低臭氧生成的不利作用,人工负离子发生装置研发和生产中由TUV紫外线灯管、专用镇流器、紫外线灯管接头及网状臭氧

催化剂组成的除臭氧系统应运而生,减低负离子空气净化器的臭氧排放量,使负离子净化器的有效作用进一步提升^[32]。

4 结 论

人工负离子可有效降低鸡舍空气中需氧菌数量和粉尘含量,其降低效率与负离子发生功率相关,而且随应用时间的延长效果增强;人工负离子对不同粒径粉尘的清除效率不同,对粒径 $\geq 1.0 \mu\text{m}$ 粉尘的清除效率更高。结果提示,人工负离子可用于改善禽舍空气环境质量,有利于畜、禽健康生产。

参考文献(References):

- [1] COOK R N, XIN H, NETTLETON D. Effects of cage stocking density on feeding behaviors of group-housed laying hens [J]. *Trans ASABE*, 2006, 49(1): 187-192.
- [2] LI B M, GENG A L, WANG Q, et al. Effects of housing conditions on health and welfare of caged laying hens[C]//2007 ASAE Annual Meeting. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007: 17-20.
- [3] 安立龙, 效梅, 吴中红, 等. 西安地区集约化蛋鸡场的环境与生产[J]. *甘肃畜牧兽医*, 1997, 27(5): 1-3.
- AN L L, XIAO M, WU Z H, et al. The environment and production of laying hens farms in Xi'an area [J]. *Gansu Animal and Veterinary Sciences*, 1997, 27(5): 1-3. (in Chinese)
- [4] 刘滨疆, 于运祥. 空气环境安全型畜禽舍的设计要点与实践[J]. *养猪*, 2009(1): 35-37.
- LIU B J, YU Y X. Design key points and practice in air environmental safe livestock and poultry house[J]. *Swine Production*, 2009(1): 35-37. (in Chinese)
- [5] 张双全, 谭益民, 吴章文. 空气负离子浓度与空气温湿度度的关系研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2011, 31(4): 114-118.
- ZHANG S Q, TAN Y M, WU Z W. The relationship between air anion concentration and air temperature and air relative humidity[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2011, 31(4): 114-118. (in Chinese)
- [6] 黄彦柳, 陈东辉, 陆丹, 等. 空气负离子与城市环境[J]. *干旱环境监测*, 2004, 18(4): 208-211.
- HUANG Y L, CHEN D H, LU D, et al. Air negative ion and city environment[J]. *Arid Environmen-*
- tal Monitoring*, 2004, 18(4): 208-211. (in Chinese)
- [7] 邵海荣, 杜建军, 单宏臣, 等. 用空气负离子浓度对北京地区空气清洁度进行初步评价[J]. *北京林业大学学报*, 2005, 27(4): 56-59.
- SHAO H R, DU J J, SHAN H C, et al. Assessment of air cleanness degree in Beijing using negative air ion concentration as an index[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2005, 27(4): 56-59. (in Chinese)
- [8] KOLARŽ P, GAISBERGER M, MADL P, et al. Characterization of ions at Alpine waterfalls[J]. *Atmos Chem Phys*, 2012, 12(8): 3687-3697.
- [9] 李少宁, 韩淑伟, 商天余, 等. 空气负离子监测与评价的国内外研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(8): 3736-3738.
- LI S N, HAN S W, SHANG T Y, et al. Research progress on aero-anion's monitoring and evaluation at home and abroad[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(8): 3736-3738. (in Chinese)
- [10] ROSENTRATER K A. Performance of an electrostatic dust collection system in swine facilities[J]. *CIGR Ejournal*, 2003: 1-10.
- [11] CHO M S, KO H J, KIM D, et al. On-site application of air cleaner emitting plasma ion to reduce airborne contaminants in pig building[J]. *Atmos Environ*, 2012, 63: 276-281.
- [12] 张开臣, 刘滨疆, 钱宏光. 鸡舍空气中粉尘与微生物的电净化技术及其应用[J]. *养禽与禽病防治*, 2004(6): 36-37, 29.
- ZHANG K C, LIU B J, QIAN H G. The application of electropurification technology on airborne dust and microorganism in chicken house[J]. *Poultry Husbandry and Disease Control*, 2004(6): 36-37, 29. (in Chinese)
- [13] RITZ C W, MITCHELL B W, FAIRCHILD B D, et al. Improving in-house air quality in broiler production facilities using an electrostatic space charge system[J]. *J Appl Poult Res*, 2006, 15(2): 333-340.
- [14] MITCHELL B W, STONE H D. Electrostatic reduction system for reducing airborne dust and microorganisms: US, 6126722[P]. 2000-10-03.
- [15] RICHARDSON L J, MITCHELL B W, WILSON J L, et al. Effect of an electrostatic space charge system on airborne dust and subsequent potential transmission of microorganisms to broiler breeder pullets by airborne dust [J]. *Avian Dis*, 2003, 47(1): 128-133.

- [16] 刘滨疆, 施詹莎. 寒冷季节封闭式畜禽舍空气的电净化技术应用[J]. 当代畜禽养殖业, 2002(12): 40-42. LIU B J, SHI Z S. Application of electric purification technology on enclosed animal house air in cold season [J]. *Modern Livestock and Poultry Breeding Industry*, 2002(12): 40-42. (in Chinese)
- [17] MITCHELL B W, RICHARDSON L J, WILSON J L, et al. Application of an electrostatic space charge system for dust, ammonia, and pathogen reduction in a broiler breeder house[J]. *Appl Eng Agric*, 2004, 20(1): 87-93.
- [18] ANDERSEN C I, VON ESSEN S G, SMITH L M, et al. Respiratory symptoms and airway obstruction in swine veterinarians: a persistent problem[J]. *Am J Ind Med*, 2004, 46(4): 386-392.
- [19] ANDERSSON A M, WEISS N, RAINEY F, et al. Dust-borne bacteria in animal sheds, schools and children's day care centres[J]. *J Appl Microbiol*, 1999, 86(4): 622-634.
- [20] TAN Z C, ZHANG Y H. A review of effects and control methods of particulate matter in animal indoor environments[J]. *J Air Waste Manage Assoc*, 2004, 54(7): 845-854.
- [21] DANIELL W, CAMP J, HORSTMAN S. Trial of a negative ion generator device in remediating problems related to indoor air quality[J]. *J Occup Med*, 1991, 33(6): 681-687.
- [22] MITCHELL B W. Effect of negative air ionization on ambient particulates in a hatching cabinet[J]. *Appl Eng Agric*, 1998, 14(5): 551-555.
- [23] DAWSON J R. Minimizing dust in livestock buildings: possible alternatives to mechanical separation [J]. *J Agric Eng Res*, 1990, 47: 235-248.
- [24] MOSTAFA E, BUESCHER W. Indoor air quality improvement from particle matters for laying hen poultry houses [J]. *Biosyst Eng*, 2011, 109(1): 22-36.
- [25] KINGDON K H. Interaction of atmospheric ions with biological material[J]. *Phys Med Biol*, 1960, 5(1): 1-10.
- [26] KRUEGER A P, REED E J, BROOK K B, et al. Air ion action on bacteria [J]. *Int J Biometeorol*, 1975, 19(1): 65-71.
- [27] ESTOLA T, MÄKELÄ P, HOVI T. The effect of air ionization on the air-borne transmission of experimental newcastle disease virus infections in chickens [J]. *J Hyg*, 1979, 83(1): 59-67.
- [28] GABBAY J, BERGERSON O, LEVI N, et al. Effect of ionization on microbial air pollution in the dental clinic[J]. *Environ Res*, 1990, 52(1): 99-106.
- [29] GAST R K, MITCHELL B W, HOLT P S. Application of negative air ionization for reducing experimental airborne transmission of *Salmonella enteritidis* to chicks[J]. *Poult Sci*, 1999, 78(1): 57-61.
- [30] 冯大军. 畜禽舍用臭氧消毒效果好[J]. 湖南农业, 2010(6): 22. FENG D J. Ozone disinfection have favorable effect in animal houses [J]. *Hunan Agriculture*, 2010(6): 22. (in Chinese)
- [31] NIU J L, TUNG T C W, BURNETT J. Quantification of dust removal and ozone emission of ionizer air-cleaners by chamber testing[J]. *J Electrostat*, 2001, 51-52: 20-24.
- [32] 曹辉, 侯卫萍, 姜峰, 等. 低臭氧型负离子雾霾空气净化器设计[J]. 森林工程, 2015, 31(2): 119-121. CAO H, HOU W P, JIANG F, et al. Design of low ozone anion haze air purifier[J]. *Forest Engineering*, 2015, 31(2): 119-121. (in Chinese)

(编辑 白永平)