

## 种鸡舍采用臭氧水消毒的适宜使用方法研究

段坤<sup>1</sup>, 王述柏<sup>2</sup>, 初欢欢<sup>1</sup>, 张倩<sup>1</sup>, 秦志华<sup>2</sup>, 周传凤<sup>2\*</sup>

(1.烟台大地牧业股份有限公司, 山东烟台 265100; 2.青岛农业大学, 山东青岛 266109)

**摘要** [目的]研究臭氧水在种鸡舍的消毒效果及使用方法。[方法]对空舍期鸡舍使用20 mg/L的臭氧水分别消毒15、30、60 min, 检测消毒前后菌落数的变化情况;使用臭氧水浸泡水线消毒30 min, 观察臭氧水对水线内细菌的杀灭率;每天使用10 mg/L的臭氧水带鸡消毒30 min, 连续处理7 d, 检测处理前、后鸡舍内菌落总数、氨气、硫化氢含量及种鸡生产性能。[结果]空舍期鸡舍使用20 mg/L的臭氧水消毒30和60 min, 细菌杀灭率在98%以上, 与消毒15 min和甲醛消毒法差异显著( $P < 0.05$ );臭氧水对水线消毒30 min, 总细菌杀灭率达99.04%, 大肠杆菌未检出;臭氧水带鸡消毒对种鸡的生产性能无不良影响( $P > 0.05$ ), 能明显减少舍内的菌落总数, 降低空气中氨和硫化氢的含量( $P > 0.05$ )。[结论]空舍期种鸡舍和水线使用20 mg/L的臭氧水消毒30 min可以有效杀灭微生物, 使用10 mg/L臭氧水每天带鸡喷雾消毒30 min可以有效减少鸡舍内菌落总数和有害气体的产生。

**关键词** 种鸡; 臭氧水; 消毒

中图分类号 S831.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)02-0109-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.02.029



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Study on the Suitable Method for Ozone Water Disinfection of Breeding Chicken House**DUAN Kun<sup>1</sup>, WANG Shu-bai<sup>2</sup>, CHU Huan-huan<sup>1</sup> et al (1. Yantai Land Husbandry Co., Ltd., Yantai, Shandong 265100; 2. College of Animal Science and Technology, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract** [Objective] To study the disinfection effect and ozone water disinfection method of breeding chicken house. [Method] The quantities changes of bacterial colonies in chicken house in the period of empty houses were detected before and after disinfection by using 20 mg/L ozone water for 15, 30 and 60 min, respectively. The inactivation rate of bacteria in drinking water pipe was detected after being disinfected by ozone water for 30 min. The breeding chicken in house were disinfected with 10 mg/L ozone water for 30 min every day for 7 days. Then the quantities of bacterial colonies, ammonia gas, hydrogen sulfide content were detected before and after this treatment, and the production performance of breeding chicken were also detected. [Result] The inactivation rates of bacteria in the period of empty houses disinfected by 20 mg/L ozone water for 30 and 60 min respectively were more than 98%, which had significant difference with that in 15 min treatment group and formaldehyde disinfection group ( $P < 0.05$ ). The overall bactericidal rate in drinking water pipe disinfected by ozone water for 30 min was 99.04%, in which *E. coli* was not detected. The disinfection on breeding chicken in house had no bad influences on the production performance of breeding chicken ( $P > 0.05$ ), but the quantities of bacterial colonies in chicken house obviously decreased, and the contents of ammonia gas and hydrogen sulfide in the atmosphere reduced ( $P > 0.05$ ). [Conclusion] The disinfection with 20 mg/L ozone water for 30 min in breeding chicken house and drinking water pipe in the period of empty houses could effectively kill the microorganisms, and the spraying disinfection with 10 mg/L ozone water for 30 min daily could effectively reduce the total number of colonies and harmful gases in the chicken house.

**Key words** Breeding chicken; Ozone water; Disinfection

有效消毒是保障畜禽健康生产的重要生物安全措施。臭氧(又名活性氧)具有强氧化性,一定浓度下可迅速杀灭水和空气中的细菌、病毒、原虫等微生物体,常态下1%水溶液杀死大肠杆菌的速度是氯的600~3 000倍,对空气中的金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏菌具有良好的杀灭作用<sup>[1]</sup>;对附着于物体表面的大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的杀灭率分别为99.70%和99.90%<sup>[2]</sup>;对鸡新城疫病毒有明显的灭活作用<sup>[3]</sup>;可有效杀灭各种细菌的繁殖体和芽孢,并可破坏肉毒杆菌毒素<sup>[4]</sup>。臭氧溶液可全部杀死黄曲霉、黑曲霉及酵母等,被称为“高效环保清洁剂”<sup>[5]</sup>。臭氧具有独特的气体流动性和化学性质,且具有无残留、无消毒死角等优点<sup>[6]</sup>,被广泛用于工业、医疗、农业以及食品加工业等。近年来,臭氧在养殖领域也逐渐开始应用,如种蛋的消毒、饮用水消毒等。近

年来家禽养殖场的消毒大多采用季铵盐和甲醛-高锰酸钾消毒法,甲醛消毒具有刺激性强,易导致家禽的皮肤、眼部和呼吸道等器官黏膜的损伤,同时也可能引起工作人员中毒<sup>[7]</sup>;美国环境保护局制定的《有毒物质控制法》规定,臭氧可替代甲醛作为种蛋孵化的消毒剂<sup>[8]</sup>。目前,臭氧在畜禽养殖业中的应用已引起广泛关注,但在种鸡养殖过程中如何合理使用臭氧消毒及其消毒效果的研究则鲜见报道。笔者研究了采用臭氧水在种鸡舍空舍期、水线、种鸡饲养期带鸡消毒的消毒效果及其适宜使用方法,旨在为其在家禽养殖过程中推广应用提供参考依据。

**1 材料与方法****1.1 试验动物** 31周龄的健康AA+种母鸡200只。**1.2 试验材料****1.2.1 试剂。**平板计数琼脂、LST肉汤、EC肉汤、EMB琼脂、生理盐水。**1.2.2 设备。**臭氧水发生器(由青岛欧帝欧环保科技发展有限公司提供),羟基氧化液最高浓度为20 mg/L,设备的输送介质为自来水,进水量2 m<sup>3</sup>/h;恒温培养箱;氨气检测仪(GAXT-A/NH<sub>3</sub>);硫化氢检测仪(GAXT-H)。**基金项目** 山东省2017年度农业重大应用技术创新项目“肉种鸡精细化健康养殖技术集成与示范”;山东省现代农业产业技术体系家禽产业创新团队建设项目(SDAIT-11-14);2017年山东省农业良种工程(南种北繁)项目(2017LZN046)。**作者简介** 段坤(1979—),女,山东莱西人,硕士,从事预防兽医学研究。\*通信作者,高级实验师,硕士,从事生物化学与分子生物学研究。**收稿日期** 2019-08-20

### 1.3 试验设计

#### 1.3.1 空舍期鸡舍消毒。

**1.3.1.1 分组及处理。**对清洗后的2栋鸡舍(长50 m,宽13.5 m,高4.5 m)进行消毒,1号鸡舍为试验组,采用臭氧水喷雾消毒:将设备接上水电,开机,待设备运行10 min后将制取的高浓度羟基氧化液(20 mg/L)接入喷雾设备中,对鸡舍地面、墙壁、门窗、用具及舍内空间等全区域喷洒消毒,于消毒开始后15、30和60 min后分别取样,消毒时舍内温度控制在(25±2)℃;2号鸡舍为对照组,采用甲醛-高锰酸钾熏蒸消毒方式,使用45 mL/m<sup>3</sup> 甲醛+20 g/m<sup>3</sup> KMnO<sub>4</sub>对鸡舍密闭熏蒸消毒48 h,室内温度25℃以上,48 h后采样。

**1.3.1.2 样品采集、检测指标与方法。**①空气沉降菌检测。分别于消毒前、消毒后各时间点,在鸡舍内采用五点采样法采样,在鸡舍内中央的中点、鸡舍内四角对角线与2条料线交叉位置的4个点采样。采样点距离地面60 cm高,每点放置琼脂平板各1套,打开皿盖,10 min后盖好皿盖回收。样品放入恒温箱内培养48 h,计数菌落数(CFU/皿),取5点平均值。②环境表面菌检测。分别于消毒前、消毒后各时间点,在鸡舍内东南西北四面墙的墙壁、墙角、鸡笼的左侧上层、中间中层、右侧下层、2条水线的中间位置、料盘、风窗口共15处,采集棉拭子涂抹样(取样面积为5 cm×5 cm)进行细菌培养,计数菌落数。每处理结果取15个点的平均值。

**1.3.2 对种鸡舍水线的消毒。**鸡舍熄灯后,关闭氯泵,用新鲜配制的臭氧水连续浸泡水线30 min,臭氧水浓度为20 mg/L。使臭氧水自然分解,分别在浸泡开始前和浸泡30 min后采样,检测水线水中菌落总数和大肠杆菌数量。菌落总数与大肠杆菌数量,分别采用平板计数法和MPN法检测<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.3 带鸡消毒。

**1.3.3.1 分组与处理。**将200只种母鸡随机分成2组,每个组设5个重复,每个重复20只。饲养观察7 d,期间调整鸡只,使2组的产蛋率等生产性能指标无显著差异。I组为试验组,采用臭氧水消毒,试验组在早晨第一次喂料时通过雾线进行臭氧水喷雾消毒,按每1 min喷雾12 s、停48 s的方式连续喷雾消毒0.5 h,臭氧水浓度为10 mg/L。II组为对照组,只喷洒水雾不加消毒剂,喷雾方式与试验组相同。喷雾每天

进行1次,连续7 d。2组鸡饲养于同一栋鸡舍,采用3层笼养,饲料和饲养管理措施相同。

**1.3.3.2 检测指标与方法。**①鸡笼菌落数量检测。于第1天消毒前、后分别按左侧上、中、下,中间上、中、下和右侧上、中、下,共9点取鸡笼涂抹样,取样面积5 cm×5 cm。样品用生理盐水稀释后采用平板计数法进行培养检测,计数菌落数,结果取各点平均值。②空气中氨气和硫化氢含量的检测。消毒前后分别取鸡笼上、中、下层中间位置的3个点,使用氨气检测仪和硫化氢检测仪检测空气NH<sub>3</sub>和H<sub>2</sub>S的含量。③种鸡精神状态和生产性能的检测。试验期间每天分别于消毒过程中以及消毒后2、8、12、24 h,观察种鸡群精神状态和行为是否有异常变化,记录每日死淘数和产蛋数量。

**1.4 数据统计与分析** 试验数据采用SPSS 22.0统计软件进行统计与分析,使用Duncan氏法进行组间多重比较,结果以“平均值±标准差”表示。

## 2 结果与分析

**2.1 臭氧水对空舍期鸡舍的消毒效果** 不同消毒方法对鸡舍内沉降菌杀灭情况见表1。由表1可知,鸡舍消毒前,试验组与对照组空气沉降菌数量无显著差异( $P>0.05$ )。采用臭氧水消毒30 min组和60 min处理组的空气沉降菌数量极显著低于臭氧水消毒15 min组和福尔马林消毒(对照)组( $P<0.01$ ),处理60 min组略高于30 min组( $P>0.05$ ),处理15 min组与福尔马林消毒组差异不显著( $P>0.05$ )。臭氧水消毒30 min组和60 min处理组细菌杀灭率均显著高于臭氧水消毒15 min组和福尔马林消毒组( $P<0.05$ ),但臭氧水消毒15 min组与福尔马林消毒组间差异不显著( $P>0.05$ )。

不同消毒方法对鸡舍物体表面细菌的杀灭情况见表2。由表2可知,鸡舍消毒前,试验组与对照组环境表面菌落数无显著差异( $P>0.05$ )。采用臭氧水消毒30 min组和60 min处理组的环境表面菌落数极显著低于臭氧水消毒15 min组与福尔马林消毒(对照)组( $P<0.01$ ),处理60 min组略高于处理30 min组( $P>0.05$ ),处理15 min组和福尔马林消毒组差异不显著( $P>0.05$ )。臭氧水消毒30 min组和60 min处理组细菌杀灭率均显著高于臭氧水消毒15 min组和福尔马林消毒组( $P<0.05$ ),但臭氧水消毒15 min组与福尔马林消毒组间差异不显著( $P>0.05$ )。

表1 不同消毒方法对鸡舍内沉降菌的杀灭情况

Table 1 The inactivation of settled bacteria in chicken house by different disinfection methods

处理 Treatment	消毒前菌落总数 Total number of bacterial colonies before disinfection//CFU/皿	消毒后菌落总数 Total number of bacterial colonies after disinfection//CFU/皿	细菌杀灭率 Inactivation rate of bacteria %
臭氧水15 min组 15 min ozone water group	989.20±52.73	101.20±10.25 a	89.80±0.01 b
臭氧水30 min组 30 min ozone water group	989.20±52.73	19.40±3.54 b	97.98±0.00 a
臭氧水60 min组 60 min ozone water group	989.20±52.73	13.00±6.71 b	98.65±0.01 a
福尔马林对照组 Formalin control group	938.00±122.76	91.20±14.32 a	90.30±0.01 b

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ( $P<0.05$ )

**2.2 臭氧水对鸡舍水线的消毒效果** 消毒前水中菌落总数为 $1.02\times 10^4$  CFU/mL,大肠杆菌近似数为150 MPN/L;消毒后

菌落总数为98 CFU/mL(菌落杀灭率为99.04%),大肠杆菌近似数为0 MPN/L。

## 2.3 臭氧水带鸡消毒效果

2.3.1 带鸡消毒的杀菌效果。使用 10 mg/L 臭氧水带鸡消毒的杀菌效果见表 3。由表 3 可知,臭氧水带鸡消毒舍内菌

落数大幅度减少,细菌杀灭率达 90.35%;消毒后鸡舍内氨气和硫化氢的含量较消毒前分别减少 84.15% 和 81.22%。

表 2 不同消毒方法对鸡舍物体表面细菌的杀灭情况

Table 2 The inactivation of surface bacteria in chicken house by different disinfection methods

处理 Treatment	消毒前菌落总数 Total number of bacterial colonies before disinfection CFU/cm <sup>2</sup>	消毒后菌落总数 Total number of bacterial colonies after disinfection CFU/cm <sup>2</sup>	细菌杀灭率 Inactivation rate of bacteria %
臭氧水 15 min 组 15 min ozone water group	975.40±50.67	99.00±18.82 a	89.86±0.02 b
臭氧水 30 min 组 30 min ozone water group	975.40±50.67	19.00±7.17 b	98.04±0.01 a
臭氧水 60 min 组 60 min ozone water group	975.40±50.67	14.07±6.70 b	98.55±0.01 a
福尔马林对照组 Formalin control group	998.07±54.24	98.33±11.96 a	90.07±0.01 b

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ( $P<0.05$ )

表 3 带鸡消毒的杀菌效果

Table 3 The disinfection effect on chicken in house

处理 Treatment	菌落总数 Number of bacterial colonies ×10 <sup>3</sup> CFU/cm <sup>2</sup>	细菌杀灭率 Inactivation rate of bacteria//%	氨气含量 Ammonia content mg/L	氨气减少率 Reduction rate of ammonia//%	硫化氢含量 Hydrogen sulfide content mg/L	硫化氢减少率 Reduction rate of hydrogen sulfide//%
消毒前 Before disinfection	11.40±0.44 a	—	30.40±0.13 a	—	13.70±0.59 a	—
消毒后 After disinfection	1.08±0.05 b	90.35±0.54	4.82±0.14 b	84.15±0.41	2.57±0.06 b	81.22±0.91

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ( $P<0.05$ )

2.3.2 种鸡耐臭氧能力。试验期间,试验组和对照组鸡群每日精神状态、采食、饮水等行为均无任何异常变化,每日产蛋情况见表 4。由表 4 可知,试验期间试验组产蛋总数 586 枚,

次品蛋总数共 9 枚,产蛋率为 83.71%;对照组产蛋总数 583 枚,次品蛋总数共 10 枚,产蛋率为 83.28%。试验组与对照组日均产蛋率和蛋合格率均无显著差异( $P>0.05$ )。

表 4 蛋鸡产蛋情况

Table 4 Egg laying situation of laying hens

组别 Group	产蛋总数 Total number of eggs laid//枚	次品蛋总数 Number of unqualified eggs//枚	日均产蛋率 Daily egg production rate//%	蛋合格率 Qualified rate of eggs//%	死淘率 Death and culling rate//%
试验组 Experiment group	586	9	83.71±0.09	98.46	0
对照组 Control group	583	10	83.28±0.19	98.28	0

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ( $P<0.05$ )

## 3 讨论

3.1 臭氧水对空舍期鸡舍的消毒效果 朱桂华等<sup>[10]</sup>利用臭氧对医院检验单进行消毒,发现臭氧浓度 0.434 mg/L,消毒熏蒸 30 min,未检出细菌,表明臭氧对空气细菌和物体表面细菌均具有良好的杀灭效果。该试验结果显示,种鸡舍空舍期采用 20 mg/L 的臭氧水喷雾消毒 30 和 60 min 对鸡舍内沉降菌及物体表面细菌杀灭率达 98% 以上,显著优于福尔马林熏蒸消毒处理。臭氧消毒机理主要是通过其强氧化作用破坏微生物细胞壁膜表面成分来灭活微生物,穿透细胞膜而破坏脂蛋白和脂多糖,改变细胞之间的通透性,导致细胞溶解、死亡<sup>[11]</sup>,臭氧的氧化作用可直接破坏组织细胞的 RNA 与 DNA 物质,灭活病毒,所以臭氧水的消毒杀菌速度极快,消毒后臭氧可自然分解为氧气。臭氧水消毒具有无毒、无残留的优点,可替代甲醛消毒方法应用于家禽养殖。

3.2 臭氧水对鸡舍水线的消毒效果 秦珑等<sup>[12]</sup>研究表明,

1.26 mg/L 臭氧水作用 15 min 可以很好地杀灭水中大肠杆菌和金黄色葡萄球菌,但杀灭芽孢杆菌需要更久的时间。《中华人民共和国国家标准 生活饮用水卫生标准》中规定饮用水菌落总数小于 100 CFU/mL,大肠杆菌不得检出。该试验中采用 20 mg/L 的臭氧水处理 30 min,水线内饮用水中菌落总数为 98 CFU/mL,大肠杆菌近似数为 0 MPN/L,表明臭氧处理后水质符合饮用水卫生微生物标准,可有效避免水中的致病菌危害种鸡健康。

3.3 臭氧水带鸡消毒效果 邢秀珍等<sup>[13]</sup>研究表明臭氧消毒对雏鸡和成鸡健康均未见明显不良影响。沈林园等<sup>[6]</sup>研究发现通过臭氧水处理饮用水后饲喂的鸡,发病现象明显减少,药物投入减少,死淘率降低,提高了经济效益。该试验中的带鸡消毒处理是在喂料时进行的,依据是喂料时鸡啄料易起粉尘,通过喷雾有降低空气粉尘的作用,喷雾循环周期设置成每分钟开 12 s,停 48 s 的方式,可以有效避免连续喷雾

形成水滴,引起鸡感冒着凉。试验中臭氧水连续处理7 d,种鸡活动、采食量及产蛋率与对照组相比均无明显变化,解剖观察发现试验鸡的各组织器官均无病理变化,表明种鸡可耐受臭氧水的消毒处理方式,臭氧水在种鸡养殖生产中应用是安全的。

**3.4 臭氧水用于鸡舍内改善空气质量** 家禽粪便中未消化的蛋白质等有机物,在微生物作用下生成氨气及硫化氢等气体,具有刺激性臭味,可以直接危害家禽的呼吸道,导致食欲下降,生产性能降低、免疫机能下降及导致呼吸中枢麻痹等。氨气可感浓度为5.3 mg/kg,水溶性强,正常禽舍氨气的浓度应不高于25 mg/kg,当氨气浓度高于25 mg/kg时会对鸡造成多种危害。赵丽荣<sup>[14]</sup>研究表明,当鸡舍内氨气浓度高于78.3 mg/kg时,产蛋率下降43.1%。硫化氢浓度不应超过10 mg/kg。研究表明,用臭氧泡制臭氧水供给禽类饮用可改变禽肠道微生态环境,减少以宿主营养为生的细菌数量,减少宿主营养消耗,还使有益菌分泌的淀粉酶活性增强,提高了禽类尤其是幼禽对饲料营养的利用率,促使禽类健康生长,臭氧水还能有效预防雏鸡白痢等肠道疾病<sup>[15]</sup>。臭氧去除异味性能极好,依靠其强氧化性能可快速分解具有臭味成分的 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 等<sup>[16]</sup>。该试验结果表明,每日对鸡群采用臭氧消毒处理30 min,可以有效减少 $\text{NH}_3$ 和 $\text{H}_2\text{S}$ 的产生量; $\text{NH}_3$ 和 $\text{H}_2\text{S}$ 浓度低于可感知浓度,表明臭氧水消毒可以改善鸡舍内空气质量。

#### 4 结论

种鸡空舍期使用20 mg/L臭氧水喷雾处理30 min,可以有效杀灭舍内细菌,可代替甲醛熏蒸消毒方式;采用20 mg/L

(上接第108页)

(2)适宜的刈割次数可以获得较高的牧草产量,但并不是一味地增加刈割次数就能使产量持续增加,过于频繁的刈割会降低牧草产量,产量的变化趋势呈抛物线状。笔者认为多花黑麦草在本地大棚种植用于青饲以刈割5次较好,这样不仅产草量高,而且蛋白质总量也不低。

(3)适宜的刈割次数应根据当地的气候条件及土壤的肥力水平而定,加强田间管理,保持水肥充足,可以更好地提高单位面积内的产草量。

(4)适宜的刈割时间也是影响牧草产量的重要因素。在该研究中,随着刈割时间的推迟,营养物质含量下降,粗纤维含量上升。大棚种植多花黑麦草刈割6次处理的粗蛋白含量由第1次刈割的15.39%下降到第6次刈割的13.08%左右;酸性洗涤纤维含量由第1次刈割的22.78%增加至第6次刈割的29.26%。

#### 4 结论

随着刈割次数的增加,大棚种植多花黑麦草产量先上升后下降,呈抛物线状,以刈割5次的产量最高,刈割5次的鲜草产量和干草产量分别为85 614.45和9 962.85 kg/hm<sup>2</sup>,当继续增加刈割次数时,产量下降。随着刈割次数的增加,多花黑麦草品质逐渐下降。

的臭氧水浸泡水线消毒30 min,水中微生物含量可达到国家饮用水卫生微生物标准;使用10 mg/L的臭氧水带鸡喷雾消毒30 min/d,可作为日常管理中的疾病预防和改善舍内空气质量的良好处理方式。

#### 参考文献

- [1] 高虎杉, 耿世彬, 周文生, 等. 臭氧消毒技术在室内环境中的应用探讨[J]. 洁净与空调技术, 2011(1): 70-74.
- [2] 袁安生, 曲连文, 满汉义, 等. 养殖型臭氧发生器用于无公害肉鸡饲养的效果[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2004(3): 56-57.
- [3] 李玉冰, 张永东, 张玉先, 等. 臭氧对鸡新城疫IV系弱毒的作用研究[J]. 当代畜牧, 2007(11): 11-12.
- [4] 陈孟南, 周李承. 臭氧空气消毒技术应用于口岸甲型H1N1流感等传染病疫情卫生处理的可行性研究[J]. 旅行医学科学, 2011, 17(3): 47-50.
- [5] 乔立东, 于凤芝, 田义, 等. 臭氧技术在养殖场消毒通道的试验研究[J]. 山东畜牧兽医, 2018, 39(6): 14-15.
- [6] 沈林园, 杜晓惠. 臭氧在养鸡生产中的应用[J]. 中国家禽, 2011, 33(14): 54-55.
- [7] 张权. 规模养殖场应怎样消毒[J]. 湖南农业, 2018(12): 17.
- [8] WHISTLER P E, SHELDON B W. Biocidal activity of ozone versus formaldehyde against poultry pathogens inoculated in a prototype setter[J]. Poultry science, 1989, 68(8): 1068-1073.
- [9] 王璐璐. 关于生活饮用水的科普知识——微生物指标解读[J]. 中国卫生产业, 2015, 12(31): 94-96.
- [10] 朱桂华, 章光华, 钱宏彬, 等. 臭氧熏蒸对医院检验单消毒效果的试验观察[J]. 中国消毒学杂志, 1999, 16(2): 107-109.
- [11] HARAKEH M S, BUTLER M. Factors increasing the ozone inactivation of enteric viruses in effluent[J]. Ozone science & engineering, 1984, 6(4): 235-243.
- [12] 秦珑, 杨国芬, 祁晓红, 等. 臭氧对水中细菌杀灭效果的试验观察[J]. 中国消毒学杂志, 1999(1): 18.
- [13] 邢秀珍, 白志忠, 王佳立, 等. 臭氧消毒在养鸡业上的应用[J]. 中国畜禽传染病, 1996(5): 57-58.
- [14] 赵丽荣. 冬春季规模化鸡舍有害气体的控制措施[J]. 畜牧兽医杂志, 2000(1): 27-29.
- [15] 朱汉衡. 臭氧技术在家禽中的应用[J]. 中国家禽, 2001(7): 41.
- [16] 王美兰. 浅谈臭氧消毒[J]. 企业家天地(理论版), 2007(4): 123-124.

从刈割时间来看,鲜草产量以3月份左右达峰值,呈抛物线状,这对于缓解畜禽2—3月份“冬春季缺青”现象,有效提高黑麦草的产出,最大化利用其生产潜能,保证优质饲草的供应具有重要意义。与露天种植相比,大棚种植多花黑麦草的品质有所下降。综合产量及品质来看,大棚种植多花黑麦草以刈割5次产量最高,品质较好。

#### 参考文献

- [1] 罗燕, 李君临, 郭旭生, 等. 刈割茬次对多花黑麦草青贮品质的影响[J]. 草地学报, 2016, 24(5): 1150-1153.
- [2] 丁成龙, 顾洪如, 许能祥, 等. 不同刈割期对多花黑麦草饲草产量及品质的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(6): 186-194.
- [3] 王桂良, 王守红, 寇祥明, 等. 刈割次数对林下黑麦草产量与品质的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(36): 93-98.
- [4] 申晓萍, 李仕坚, 朱梅芳, 等. 刈割次数对南方冬闲田种植黑麦草产量及品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(35): 17445-17446, 17461.
- [5] 王进波, 齐莉莉. 优质饲草——黑麦草的开发与利用[J]. 饲料研究, 2000(10): 27-28.
- [6] 李红玉, 邢毅. 不同品种多花黑麦草营养成分比较[J]. 当代畜牧, 2008(6): 41-43.
- [7] 胡宗达, 叶充, 胡庭兴, 等. 刈割对白三叶草生长状况及土壤养分的影响[J]. 水土保持通报, 2008, 28(3): 34-38.
- [8] 马春晖, 韩建园, 李鸿祥, 等. 播种比例施氮量和刈割期对混播草地牧草产量和质量的影响[J]. 中国草地, 1999(4): 9-16.
- [9] 姜华, 毕玉芬, 何承刚. 不同时期刈割对黑麦草生产性能、蛋白质含量及光合效率的影响[J]. 云南农业大学学报, 2003(2): 149-152.
- [10] 季洋, 陈慧妍. 刈割期对梨园行间黑麦草品质的影响[J]. 南方农业, 2018, 12(9): 16, 19.