

张小飞,王 海,邵 伟,等. 2 种微孔吸附剂对秋季牛舍 4 种有害气体的吸附效果[J]. 江苏农业科学,2019,47(5):140-144.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.05.035

2 种微孔吸附剂对秋季牛舍 4 种有害气体的吸附效果

张小飞¹,王 海¹,邵 伟^{1,2},余 雄^{1,2}

(新疆农业大学动物科学学院/新疆肉乳用草食动物营养实验室,新疆乌鲁木齐 830052)

摘要:通过选用 2 种新型的微孔吸附剂对秋季在试验牛场中 CH₄、NH₃、CO₂ 和 H₂S 等 4 种气体进行吸附探究。将 2 种微孔吸附剂悬挂于风机上作为 2 试验组,用气体检测仪在风机口测 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 等 4 种气体的含量,测出的数据换算为 mg/m³,并且与对照组相比,它们的差值为吸附浓度,由温度、湿度、大气压、风速通过推导计算出吸附质量。当吸附剂无吸附效果后停止试验,进行下一组的平行试验。结果显示,3A 吸附剂吸附 CH₄ 6.37 g,吸附 NH₃ 0.91 g,吸附 CO₂ 20.77 g,吸附 H₂S 1.76 g,5A 吸附剂在试验中吸附 CH₄ 7.54 g,吸附 NH₃ 0.85 g,吸附 CO₂ 22.22 g,吸附 H₂S 1.25 g。表明试验组与对照组湿度差异越大,吸附质量越大;吸附剂的吸附性能随着时间的增长吸附性能下降;在吸附剂的有效时间内,气体排放浓度越大,吸附剂吸附效果就越好。

关键词:吸附剂 3A;吸附剂 5A;吸附浓度;吸附质量;牛舍;有害气体

中图分类号:X713 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)05-0140-04

据新华网 2015 年 11 月 30 日电,习近平总书记在巴黎气候变化大会开幕式上发表题为《携手构建合作共赢、公平合理的气候变化治理机制》的重要讲话,并强调各个方面的发展都要齐心协力,展现诚意,推动公平有效的应对全球气候变化的机制,实现更高的全球可持续发展,构建和平共赢的国际关系^[1]。对于空气污染的治理政府已经极为重视。例如,乌鲁木齐市现在的洒水车每天在城市的道路上进行洒水除尘,还有对尾气的处理也加大了力度。然而,畜牧业的快速发展,在我们的生活带来了益处的同时,也带来了不好方面。畜牧业产生的废气 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S,不但危害到了牲畜生产性能,而且 CH₄、CO₂ 这 2 种温室气体^[2],给大气层造成了危害。

现在科研工作者解决畜牧业产生的废气是从内源解决,或者从外源进行处理。本研究选用 2 种微孔人工合成的吸附剂,利用微孔吸附剂来除去牛舍排出的部分有害气体(CH₄、NH₃、CO₂、H₂S),属于外源性解决有害气体。

1 材料与方法

1.1 试验的时间、地点

试验时间为 2016 年 8—11 月,试验地点在新疆维吾尔自治区五家渠市农六师共青团(100 团)九队西部准噶尔奶牛场。

1.2 试验材料

试验所用吸附剂为 3A、5A 吸附剂,主要参数见表 1。

表 1 试验选用的 3A、5A 2 种分子筛的主要参数

| 分子式 | 简称 | 有效孔径 (Å) | 形状 | 颗粒直径 (mm) | 静态水吸附 25 ℃ (% RH) | 磨损率 (%) | 堆积密度 (g/mL) | 抗压强度 (N) |
|---|----|-------------|----|--------------|----------------------|------------|----------------|-------------|
| 2/3K ₂ O·1/3Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·9/2H ₂ O | 3A | 3 | 球状 | 3~5 | ≥20.5 | ≤0.2 | ≥0.68 | ≥70 |
| 7/10CaO·3/10Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·9/2H ₂ O | 5A | 5 | 球状 | 3~5 | ≥20.5 | ≤0.2 | ≥0.60 | ≥70 |

1.3 试验仪器

台式吸附支架,吸附网,温、湿度计 6 个,空气盒气压表,钢卷尺,手钳,若干铁丝,铅笔,数据记录册,CH₄ 气体检测报

警仪(最大量程为 5 000 μL/L,分辨率为 1 μL/L),NH₃ 气体检测报警仪(最大量程为 500 μL/L,分辨率为 0.1 μL/L),CO₂ 气体检测报警仪(最大量程为 50 000 μL/L,分辨率为 1 μL/L),H₂S 气体检测报警仪(最大量程为 500 μL/L,分辨率为 0.01 μL/L),风速测定仪(精准度 0.1 m/s),电子台秤(最大量程为 30.0 kg;精准度 0.1 kg)。

1.4 试验牛场基本情况

选用的牛场为封闭式的牛场,长 279.0 m,宽 80.3 m,占地面积 22 403.7 m²,奶牛的运动场在室内。牛舍是一个封闭式牛舍,平时通过南侧的 135 台横向排气扇进行通风换气。饲喂时间运输车通过东侧的通道运输饲料,饲养员以及工作人员也通过东侧的人行通道口出入。由于牛场是一个比较先进的牛场,西侧是用钢化玻璃做成的一面全封闭式内墙,以供专业人员参观学习。北侧的中间开了一扇门为挤奶通道,奶牛由此通道进入挤奶大厅,在北侧的顶端,有一排水管(有很

收稿日期:2017-10-29

基金项目:现代农业(奶牛)产业技术体系建设专项(编号:CARS-37);国家科技支撑计划(编号:2012BAD12B09);新疆肉牛安全高效饲养关键技术与示范(编号:2011BAD47B02);不同用途马高效、安全养殖共性技术研发(编号:2012BAD45B01);自治区重大专项《新疆农区奶牛健康养殖及疫病防控技术推广与示范》(编号:201231101);新疆肉乳用草食动物营养实验室开放课题。

作者简介:张小飞(1990—),男,汉族,新疆石河子人,硕士,主要从事新饲料的研发工作。E-mail:493711915@qq.com。

通信作者:余 雄,教授,博士生导师,长期从事动物营养与饲料的教学与研究。E-mail:yuxiong8763601@126.com。

多细孔),牛舍温度过高,或者牛舍空气过于干燥时,水管的水以雾状形式洒出,起到降温保湿的作用。在牛场的顶部也有通风孔,但是相对来讲风孔较小,属于自然通风。牛舍中通风有 4 种:风机排风、运输通道通风、挤奶通道通风、顶棚自然通风。另外,牛场安装自动刮粪的装置,保持牛场清洁。

1.5 试验前的准备

第一,在试验前定制吸附装置,要做到尺寸合适,避免吸附架在试验过程中由于风机的震动而掉下。

第二,吸附网的制作,要选择经济耐用的尼龙网,通气性好,但是吸附网的网孔不能过大,避免吸附剂漏出。

第三,在吸附剂装入吸附网时要对吸附剂进行称质量,并记录。装好吸附剂时要对吸附剂进行密封,以避免影响试验效果。

1.6 试验方法

选 3 台风机进行试验,每台风机距离为 7.2 m。将风机命名为 X、Y、Z,风机 X 不挂吸附剂,作为对照组,在排风口测 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 4 种气体的数据;风机 Y 悬挂吸附剂 3A 称取质量 (12.3 ± 0.1) kg,风机 Z 悬挂吸附剂 5A 质量 (12.8 ± 0.1) kg,在试验组风机 Y、Z 的排风口处测出 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 等 4 种气体的数据;试验组与对照组的浓度差为吸附剂吸附浓度。

将温湿度计悬挂风机 X、Y、Z 的排风口,测出温度、湿度的变化。用风速仪测出 3 台风机 X、Y、Z 排风口的风速。试验时间定为北京时间 08:30—19:30,每隔 1 h 记录 1 次数据,每天试验时间为 12 h,每次试验周期为 36 h。浓度 (μL/L)、风速 (m/s) 数据记录为 5 个数据,同时也记录温度 (℃)、湿度 (% RH)。在每天试验结束时将吸附剂 3A、5A 密封保存,防止吸附剂夜间自然吸附。在试验期间如果碰到恶劣的天气,将停止试验等天气转好之后在进行试验。当对照组与试验组的数据接近时就可以停止试验,继续下一轮试验。

1.7 数据的计算与统计

试验排除吸附网对 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 吸附效果的影响,并根据实际测得的温度、湿度以及大气压强,利用理想气

体状态方程推导出公式(1),将 μL/L 换算为 mg/m³。用公式(2)计算吸附剂 3A、5A 对 4 种气体的饱和和吸附质量。采用 SPSS 19 软件的 Compare Means 模块进行标准差计算、单因素方差分析 (One - Way ANOVA)、邓肯氏 (Duncan's) 多组样本间差异显著性分析由 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 气体浓度计算 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 质量,并进行分析比较。

$$C = \frac{M \times P \times C_d}{(273.5 + T) \times 8.314} \quad (1)$$

式中:M 为 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 的摩尔质量,分别取 (16.04、17.03、44.01、34.02 g/mol);C 为牛舍中 NH₃、CH₄、CO₂、H₂S 的浓度 (mg/m³);P 为实测大气压强 (kPa);C_d 为从仪器读出的气体体积分数 (μL/L);273.15 为 0℃ 时开尔文摄氏度 (K);T 为实测气温 (℃);8.314 为理想气体常数 [Pa · m³ / (mol · K)]。

$$m_{吸} = \frac{(C_0 - C_1) \times V}{m_{用} \times 1\,000} \quad (2)$$

式中:C₀ 为排风扇口不悬挂吸附剂测得的 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 浓度 (mg/m³);C₁ 为排风扇口悬挂吸附剂测得的 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 浓度 (mg/m³);V 为排风扇排出气体的体积 (m³);m_用 为吸附剂的用量 (kg);m_吸 为 1 kg 吸附剂吸附气体的质量 (g)。

2 结果与分析

2.1 试验组与对照组温度、湿度在不同时间的变化

通过 SPSS 19 软件 Duncan's 多组样本间差异显著性分析得知,试验组与对照组的温度 (9~18℃) 无明显变化,表明 3A、5A 这 2 种微孔吸附剂对温度变化没有影响。3A、5A 这 2 个试验组与对照组的湿度比较,28 h 之前对照组湿度高于试验组,差异显著 (P<0.05);试验 29~36 h 试验组湿度略低于对照组,无显著差异。试验 3A 组与试验 5A 组湿度相比较,1~16 h 试验 3A 组的湿度高于试验 5A 组,差异显著 (P<0.05),17~36 h 时 2 个试验组湿度无明显差异 (表 2)。

表 2 分析试验组与对照组温度与湿度的差异显著性

| 时间 (h) | 温度 (℃) | 湿度 (% RH) | | |
|-----------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 对照组 | 3A | 5A |
| 1~4 | 9.24 ± 0.07 | 61.58 ± 0.14aA | 57.20 ± 0.11bB | 55.28 ± 0.13cC |
| 5~8 | 16.80 ± 0.17 | 60.16 ± 0.21aA | 57.44 ± 0.14bB | 55.08 ± 0.08cC |
| 9~12 | 17.05 ± 0.14 | 61.19 ± 0.06aA | 57.50 ± 0.18bB | 56.81 ± 0.17cB |
| 13~16 | 9.28 ± 0.08 | 57.31 ± 0.16aA | 56.43 ± 0.06bB | 55.30 ± 0.23cB |
| 17~20 | 17.17 ± 0.14 | 63.16 ± 0.06aA | 60.63 ± 0.07bB | 60.70 ± 0.22bB |
| 21~24 | 17.25 ± 0.10 | 62.31 ± 0.24aA | 60.58 ± 0.12bB | 60.69 ± 0.14bB |
| 25~28 | 9.45 ± 0.09 | 61.71 ± 0.12aA | 60.92 ± 0.08bB | 61.03 ± 0.16bB |
| 29~32 | 17.00 ± 0.10 | 59.45 ± 0.10aA | 59.18 ± 0.12aA | 59.34 ± 0.07aA |
| 33~36 | 16.69 ± 0.12 | 60.18 ± 0.08aA | 59.99 ± 0.12aA | 60.20 ± 0.11aA |

注:同行不同小写字母表示差异显著 (P<0.05),不同大写字母表示差异极显著 (P<0.01),相同字母表示差异不显著,表中数据为“平均值 ± 标准差”。

2.2 对照组与试验组气体浓度的变化

由表 3 可知,在试验 1~12 h、17~28 h 时,试验组与对照组比较,对照组的 CH₄ 浓度极显著高于试验 3A、5A 组 CH₄ 浓度 (P<0.01);在试验 13~16 h 时,对照组 CH₄ 浓度高于 3A 试验组,差异极显著 (P<0.01);CH₄ 浓度 3A 组高于 5A 组,差异极显著 (P<0.01);试验 29 h 到试验结束时,对照组 CH₄ 浓度略高于试验组,差异不显著。NH₃ 经过吸附剂 3A

与 5A 处理后,在前 28 h 数据显示试验组 NH₃ 浓度低于对照组,差异显著 (P<0.05);在试验 1~16 h 期间对照组 NH₃ 浓度高于试验组,差异极显著 (P<0.01);在试验 21~28 h 对照组 NH₃ 浓度极显著高于试验组 NH₃ 浓度 (P<0.01);试验 29~36 h 试验组与对照组比较,试验组 NH₃ 浓度低于对照组,差异不显著;整个试验期间 2 个试验组比较也无差异显著。CO₂ 经过微孔吸附剂处理后,在试验 1~24 h,对照组

CO₂ 浓度高于试验组,差异极显著($P<0.01$);25~28 h 试验组 CO₂ 浓度低于对照组,差异显著($P<0.05$);29~36 h 试验组 CO₂ 浓度低于对照度,差异不显著($P>0.05$);整个试验期间,试验 5A 组 CO₂ 浓度略高于试验 3A 组。H₂S 经过处理后比较,1~4 h 3A 试验组 H₂S 浓度显著低于 5A 组、对照组($P<0.01$),5A 组 H₂S 浓度低于对照度,但无显著差异;试验 5~8 h 试验 5A 组 H₂S 浓度显著低于对照组($P<0.05$),3A 组 H₂S 浓度低于 5A 组、对照组,差异极显著($P<0.01$);9~

16 h 试验组与对照组 H₂S 浓度比较,试验组低于对照组,差异显著($P<0.05$);17~20 h 时 3 组试验比较比,3A 组 H₂S 浓度低于 5A 组,差异极显著($P<0.01$),5A 组 H₂S 浓度低于对照组,差异极显著($P<0.01$);21~28 h,试验组 H₂S 浓度低于对照组,差异极显著($P<0.01$),2 试验组间无差异显著;29 h 后,试验组与对照组相比,H₂S 浓度试验组低于对照组,无差异显著。

表 3 每 4 h 吸附组与对照组 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 气体浓度的比较

| 气体 | 组别 | 浓度(mg/m ³) | | | | |
|------------------|----|------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | 1~4 h | 5~8 h | 9~12 h | 13~16 h | 17~20 h |
| CH ₄ | 对照 | 124.05±5.76aA | 114.25±16.56aA | 116.15±13.12A | 125.40±1.96aA | 118.45±12.03aA |
| | 3A | 90.04±10.41bB | 91.80±18.67bB | 99.05±12.00bB | 90.03±8.52bB | 90.20±16.84bB |
| | 5A | 88.60±8.65bB | 88.75±19.80bB | 97.90±12.42bB | 87.80±9.03cC | 86.95±15.07bB |
| NH ₃ | 对照 | 1.48±0.31aA | 0.87±0.28aA | 0.70±0.10aA | 1.47±0.30aA | 0.81±0.15a |
| | 3A | 0.94±0.20bB | 0.61±0.17bB | 0.51±0.18bB | 1.00±0.20bB | 0.66±0.15b |
| | 5A | 1.00±0.23bB | 0.63±0.24bB | 0.56±0.07bB | 1.10±0.14bB | 0.68±0.22b |
| CO ₂ | 对照 | 796.51±99.07aA | 767.94±39.36aA | 740.46±26.83aA | 799.05±100.72aA | 769.03±36.36aA |
| | 3A | 706.08±61.48bB | 710.44±38.27bB | 663.64±43.60bB | 685.77±115.52bB | 713.16±34.13bB |
| | 5A | 723.40±76.18bB | 711.89±45.11bB | 651.30±34.30bB | 721.32±66.93bB | 706.00±47.04bB |
| H ₂ S | 对照 | 0.56±0.10aA | 0.61±0.03aA | 0.60±0.04aA | 0.59±0.04aA | 0.62±0.02aA |
| | 3A | 0.50±0.03bB | 0.54±0.05cB | 0.55±0.03bB | 0.51±0.02bB | 0.55±0.03cC |
| | 5A | 0.53±0.03aA | 0.58±0.03bA | 0.57±0.03bB | 0.53±0.02bB | 0.58±0.03bB |

| 气体 | 组别 | 浓度(mg/m ³) | | | |
|------------------|----|------------------------|----------------|---------------|--------------|
| | | 21~24 h | 25~28 h | 29~32 h | 33~36 h |
| CH ₄ | 对照 | 110.35±7.29aA | 70.40±3.27aA | 113.30±7.27 | 109.15±8.51 |
| | 3A | 101.5±10.20bB | 65.50±2.83bB | 110.30±7.05 | 106.45±7.74 |
| | 5A | 100.55±8.11bB | 65.80±2.53bB | 108.70±6.40 | 107.10±8.71 |
| NH ₃ | 对照 | 0.84±0.11aA | 1.60±0.22aA | 0.90±0.18 | 1.00±0.16 |
| | 3A | 0.57±0.17bB | 1.37±0.08bB | 0.89±0.23 | 0.89±0.16 |
| | 5A | 0.60±0.07bB | 1.45±0.21bB | 0.88±0.21 | 0.88±0.16 |
| CO ₂ | 对照 | 747.08±24.32aA | 716.88±9.96aA | 796.96±101.72 | 736.19±30.40 |
| | 3A | 682.59±38.40bB | 707.44±11.45bB | 768.58±88.79 | 726.13±28.15 |
| | 5A | 658.29±26.61bB | 706.00±7.08bB | 747.80±70.62 | 730.30±28.61 |
| H ₂ S | 对照 | 0.61±0.03aA | 0.61±0.02aA | 0.58±0.07 | 0.59±0.03 |
| | 3A | 0.56±0.03bB | 0.60±0.02bB | 0.55±0.07 | 0.58±0.03 |
| | 5A | 0.57±0.03bB | 0.60±0.02bB | 0.54±0.05 | 0.58±0.03 |

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$),相同字母表示差异不显著,表中数据为“平均值±标准差”。

2.3 吸附质量

2 种微孔吸附剂吸附 4 种气体质量,3A 吸附 CH₄ 气体 6.42 g,吸附 NH₃ 气体 0.91 g,吸附 CO₂ 气体 20.77 g,吸附 H₂S 气体 1.76 g,3A 在 13~16 h 时吸附 CH₄ 的质量最多(1.45 g),在 21 h 后吸附能力逐渐下降;3A 在 1~4 h 时吸附 NH₃ 质量最多,在 29 h 后吸附能力急剧下降;3A 在 13~16 h 时吸附 CO₂ 质量最多(4.65 g),在 29 h 后吸附能力也是急剧下降;3A 在 13~16 h 时吸附 H₂S 质量最多(3.28 g),同样在 29 h 后吸附能力也是急剧下降(表 4)。

5A 吸附剂在试验中吸附 CH₄ 7.32 g,吸附 NH₃ 0.85 g,吸附 CO₂ 22.22 g,吸附 H₂S 1.25 g,吸附剂 5A 在 13~16 h 时吸附 CH₄ 最多(1.63 g),并且在 21 h 后吸附质量之间递减;在 1~4 h 时吸附 NH₃ 的量最多,在 9~12 h 时吸附的 CO₂ 最多(3.86 g),在 13~16 h 吸附 H₂S 的质量为 0.26 g;5A 在试验 29~36 h 时对吸附 NH₃、CO₂、H₂S 这 3 种气体的能力急剧下降(表 4)。

3 讨论

3.1 温度、湿度对吸附质量的影响

在秋季温度(9~18℃)无显著性差异,不影响 2 种吸附剂对气体的吸收,表明在 9~18℃时温度不影响吸附剂的吸附性能;侯良忠等研究表明温度与吸附剂的吸附质量是不相关^[3],本试验结果与之相一致。

在试验 28 h 之前,试验组的湿度均低于对照组的湿度,差异显著($P<0.05$),吸附质量的计算值偏高。28 h 后试验组与对照组的湿度无显著差异,气体吸附质量的计算值呈现逐渐降低或急剧下降趋势,表明湿度与吸附质量的计算存在反比关系。有害气体溶于水气中,2 种吸附剂在空气净化化的过程中,优先吸附空气中的水分。吸附的水分越多,溶于水的气体吸附质量计算的值越大;达到一定的时间之后吸附剂吸附水分饱和,吸附剂的吸附性能下降,吸附质量的计算值偏低。项宇等的研究表明分子筛的吸附性能在低温(0~25℃)

表 4 2 种吸附剂吸附 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 质量的计算值

| 气体 | 组别 | 吸附质量 (mg) | | | | | | | | |
|------------------|----|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1 ~ 4 h | 5 ~ 8 h | 9 ~ 12 h | 13 ~ 16 h | 17 ~ 20 h | 21 ~ 24 h | 25 ~ 28 h | 29 ~ 32 h | 合计 |
| CH ₄ | 3A | 1 395.27 | 921.02 | 697.42 | 1 451.07 | 1 158.96 | 201.02 | 123.08 | 110.77 | 6 421.68 |
| | 5A | 1 532.78 | 1 102.56 | 784.77 | 1 625.74 | 1 361.99 | 198.89 | 198.89 | 88.64 | 7 317.99 |
| NH ₃ | 3A | 221.54 | 106.67 | 77.95 | 192.82 | 61.54 | 94.36 | 4.10 | 45.13 | 914.88 |
| | 5A | 207.54 | 103.77 | 60.53 | 159.98 | 56.21 | 99.45 | 8.65 | 51.89 | 851.79 |
| CO ₂ | 3A | 3 709.91 | 2 358.95 | 3 151.56 | 4 647.34 | 2 292.08 | 1 164.30 | 387.28 | 412.71 | 20 769.85 |
| | 5A | 3 161.12 | 2 423.48 | 3 855.08 | 3 360.87 | 2 725.28 | 2 125.57 | 470.43 | 254.67 | 22 215.58 |
| H ₂ S | 3A | 246.15 | 287.18 | 205.13 | 328.20 | 287.18 | 123.08 | 41.03 | 41.03 | 1 764.11 |
| | 5A | 129.71 | 129.71 | 129.71 | 259.43 | 172.95 | 172.95 | 43.24 | 43.24 | 1 253.89 |

下吸附效果为水 > 乙炔 > 二氧化碳,当分子筛吸附一定的水分之后吸附性能下降^[4],本试验结果与之相一致。在试验 1 ~ 16 h 试验 5A 组与 3A 组相比较,5A 吸附剂周围空气的湿度低于 3A 组,表明 5A 吸附剂对水分的吸收能力高于 3A,原因可能是 2 种吸附剂的组成物质不同,5A 吸附剂组含有 7/10CaO · 3/10Na₂O,3A 吸附剂含有 2/3K₂O · 1/3Na₂O,2 种吸附剂的组成物质以及相同物质的比例均不同,吸附水的能力不同,所以对空气湿度影响也不相同。史秀峰在对分子筛的研究中发现组成物质比例不同,产生的亲水性也不同^[5]。

3.2 2 种吸附剂对气体吸附的探究

对照组排出的气体未经过处理,直接排入空气,2 试验组是由 3A、5A 2 种微孔吸附剂经过试验处理之后,再将气体排入空气。由表 2 可知,试验组经过吸附剂处理后,从牛舍排出的 4 种气体浓度低于对照组气体浓度,差异显著 ($P < 0.05$),表明 2 种微孔吸附剂对 4 种气体有吸附作用,可以降低牛舍中气体排放的浓度。

试验 1 ~ 4 h、13 ~ 16 h 2 个时间段对 CH₄、NH₃、CO₂ 的吸附效果最好;5 ~ 8 h、13 ~ 16 h 2 个试验段对 H₂S 的吸附效果最好。试验 21 ~ 28 h,2 吸附剂对气体的吸附呈现递减的趋势;28 ~ 36 h 试验组与对照组 CH₄、NH₃、CO₂、NH₃ 4 种气体浓度相比数值大小基本相同,表明吸附剂对 4 种的吸收已到达饱和和临界点。试验 28 h 后,对照组气体的浓度变化不大,经过吸附剂处理后的试验组气体浓度与对照组气体浓度接近,气体分子堵塞吸附剂通道,吸附性能下降,达到一定时间失去吸附作用。参考其他固体吸附剂文献^[6-7],龚飞飞等研究发现,大量的 NH₃ 和铵根离子被吸附在 GY-3 的层间域从而将层间缝隙堵塞导致吸附量骤降,吸附剂的性能随着时间递减^[8]。卢允庄等研究表明,对于不同吸附剂吸附速度,开始时很接近;约 3 h 后,复合吸附块的吸附速度相对沸石粉逐渐慢下来^[9]。为了更有效地除去牛舍中的 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 4 种气体,应该在 28 h 后更换吸附剂。

在试验 1 ~ 4 h、13 ~ 16 h 圈舍内 CH₄ 的浓度最高,吸附质量的计算值最大,NH₃ 的浓度最高,吸附质量的计算值最大,CO₂ 的浓度最高,吸附质量的计算值最大,H₂S 气体在 5 ~ 8 h、17 ~ 20 h 2 个时间段圈舍内气体浓度相对较高,吸附质量的计算值较大,13 ~ 16 h 圈舍内 H₂S 气体浓度最高,吸附质量的计算值最大。在这几个试验阶段对照组的气体浓度比其他试验阶段对照组气体浓度高,是由于上午牛舍中排出的气体比较多,在封闭式大跨度的牛场中早晚 CO₂ 的含量最高^[10]。其他时间段,部分奶牛离开牛舍去产奶厅,奶牛数量减少,动物源的排放量减少,导致气体浓度降低,试验 1 ~ 28 h

吸附质量的计算值随着圈舍内气体浓度的变化而变化。

3.3 吸附剂吸附 CH₄、NH₃、CO₂、H₂S 气体的比较

3.3.1 2 种吸附剂对 CH₄ 的吸附 由表 2 气体吸附浓度可知,13 ~ 16 h 吸附剂处理后 5A 组 CH₄ 气体浓度低于 3A 组,差异极显著 ($P < 0.01$);由表 3 气体吸附质量计算值数据可知,5A 分子筛对甲烷的吸附效果比 3A 分子筛对甲烷的吸附效果好,可能原因是甲烷的分子直径与 5A 分子筛的孔径更接近,更容易吸附甲烷气体,CH₄ 的分子直径为 0.414 nm,5A 的通道孔径 0.500 nm,3A 的通道孔径 0.300 nm。由“位阻效应”得知,分子不易通过比本身直径小的孔道,容易通过与自身直径相似或者稍大的通道,但是通道孔径不能过大,分子容易穿过通道^[11]。分子筛的孔道与孔径都是固定不变的,一般孔道直径为 3 ~ 11 Å,只有较小的分子才能通过^[12]。魏毅的研究中提到 1 个分子不容易渗入比最小直径还要小的孔径中,这个最小直径称为临界直径^[13]。因此,气体的分子临界直径大小与吸附剂微孔直径的大小将影响吸附的效果。气体分子直径与微孔吸附剂的通道孔径越接近,对气体分子的吸附性能越好。

3.3.2 2 种吸附剂对 NH₃、H₂S 气体的吸附 NH₃、H₂S 2 种气体都易溶于水,NH₃ 溶于水最高可达到 1 : 700,是极易溶于水的气体^[14]。H₂S 以 1 : 2.6 易溶于水。试验 1 ~ 28 h 分子筛影响空气的湿度,湿度越小于对照组,吸收的 NH₃、H₂S 2 种气体越多。由表 3 吸附质量的计算值可知,3A 吸附质量的计算值 > 5A 吸附质量的计算值;H₂S 气体经过 3A、5A 这 2 种分子筛处理结果表明:试验 1 ~ 4 h、5 ~ 8 h 期间 3A 的吸附浓度高于 5A,差异显著 ($P < 0.05$),出现这样的结果可能与分子筛的堆积密度有关。由 2 种分子筛的参数可知,分子筛 3A、5A 的静态水吸附量相同,均为 RH ≥ 20.5%,但是这 2 种分子筛的堆积密度不一样。3A 的堆积密度大于 5A,可以推测堆积密度越大,吸附效果越好。对于吸附浓度与堆积密度的关系需做进一步研究。

3.3.3 2 种吸附剂吸附 CO₂ 气体的吸附 CO₂ 气体分子属于直线型机构,与其他 3 种气体结构不同。3A、5A 分子筛的通道孔径是固定不变的。试验 1 ~ 4 h、13 ~ 16 h 2 时间段分子筛 3A 的质量计算值高于 5A,其他时间段分子筛 3A 的吸附质量计算值低于 5A。出现这样的结果可能与 CO₂ 气体分子结构有关,直线型结构的分子比其他不规则结构的分子更容易穿过分子筛,在不同的时间段被分子筛吸收的量也是不相同的,无明显规律;不同的温度导致分子的碰撞机会不同,通过分子筛孔径的机会也不同,被吸附剂吸附量的计算值在不同时间段有高低。

臧胜芹,陈晓勇,孙洪新,等. 全株玉米青贮日粮对育肥羔羊生长性能、生化指标及经济效益的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(5):144-147.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.05.036

全株玉米青贮日粮对育肥羔羊生长性能、生化指标及经济效益的影响

臧胜芹^{1,2}, 陈晓勇², 孙洪新², 要笑蕾¹, 穆晓旭³, 许利军³, 李广东⁴, 敦伟涛², 杨 凌¹

(1. 河北工程大学生命科学与食品工程学院, 河北邯郸 056038; 2. 河北省畜牧兽医研究所, 河北保定 071000;

3. 河北省保定市畜牧工作站, 河北保定 071000; 4. 河北省畜牧站, 河北石家庄 050000)

摘要:为研究全株玉米青贮日粮饲喂肉羊的育肥效果,选用70日龄黑头萨福克和小尾寒羊杂交一代断奶公羔40只,采用单因子随机区组设计,随机分为2组,每组均为20只,进行91d育肥饲喂试验。试验组日粮为全株玉米青贮+精料+干草,对照组日粮为精料+干草,比较分析试验组和对照组投入产出比以及产肉性能、肉品质、血清中生长激素和生理生化指标。结果表明,试验组和对照组羔羊日增质量无显著差异($P>0.05$),但只均净利润比对照组增加74.08元;试验组羊肉大理石花纹评分显著高于对照组($P<0.05$);试验组和对照组育肥末期谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)含量、生长激素(GH)水平均无显著差异($P>0.05$),可见以全株玉米青贮为基础日粮进行肉羊育肥可获得较好的经济效益。

关键词:羔羊;全株玉米青贮;育肥;肉品质;血清指标;经济效益

中图分类号: S826.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)05-0144-04

目前,肉羊育肥生产中存在饲料营养配方不科学,精料和

收稿日期:2017-11-21

基金项目:河北省畜牧兽医局科研项目(编号:2013-01-03);石家庄市科学技术研究与发展项目(编号:171501002A)。

作者简介:臧胜芹(1991—),女,河北邢台人,硕士研究生,主要从事动物遗传育种与繁殖研究。E-mail:820712921@qq.com。

通信作者:陈晓勇,博士,副研究员,主要从事动物遗传繁育研究及养羊生产技术推广工作,E-mail:chenxiaoyong-2000@163.com;杨 凌,博士,教授,主要从事动物遗传育种与繁殖技术推广研究,E-mail:yangling@hebeu.edu.cn。

4 结论

2种微孔吸附剂对4种气体的吸收在温度无差异的情况下受湿度的影响,湿度越大,吸附效果越差;吸附剂随着时间的延长,吸附性能呈现下降的趋势;在吸附剂的有效时间内,气体排放浓度越大,吸附剂吸附效果越好。

参考文献:

- [1]王朝文,陈 贇,张正富. 习近平出席气候变化巴黎大会开幕式并发表重要讲话[EB/OL]. (2015-12-01)[2017-11-12]. 新华网, www.sinhuanet.com/world/2015-12/01/c.1117309626.htm.
- [2]韦秀丽,高立洪,徐 进,等. 重庆市畜牧业温室气体排放量评估[J]. 西南农业学报,2013(3):1235-1239.
- [3]候良忠,张小飞,邵 伟,等. 夏季牛舍中吸附剂XF-4对CO₂、CH₄、NH₃和H₂S的吸附探究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2016(19):17-21.
- [4]项 宇,陈 翔. 分子筛的发展及在空分设备中的应用[J]. 深冷技术,2016(3):20-23.
- [5]史秀锋. A型分子筛吸附的量子化学研究[D]. 太原:太原理工

大学,2008.

粗饲料搭配比例不合理,精料饲喂量过高等饲料营养问题,导致能量蛋白饲料不平衡,不仅造成了饲料浪费,而且导致一系列营养代谢疾病的发生^[1]。如在育肥过程中将浓缩料当添加剂使用,个别甚至用猪饲料饲喂育肥羊,造成营养失衡甚至营养代谢疾病的发生。肉羊育肥日粮主要由低比例的粗饲料和高比例的能量蛋白饲料组成,在育肥中后期精料比例更大,精粗比失衡加上饲料原料来源不稳定导致日粮组成经常变换,瘤胃微生物不适应就易引发瘤胃积食、瘤胃迟缓、瘤胃胀气等消化道疾病,而后期饲喂大量高蛋白高能量精料很容易引起肠毒血症、痛风、黄膘病等。由于饲料配方不科学,饲料

- [6]张丽丹,王晓宁,韩春英,等. 活性炭吸附二氧化碳性能的研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版),2007,34(1):76-80.
- [7]李 明,姚金花. 活性炭含水量对甲烷吸附量的影响[J]. 天津化工,2001(5):4-6.
- [8]龚飞飞,孙 斌,张 浩,等. 不同季节吸附剂GY-3对牛舍内NH₃吸附性能的研究[J]. 中国奶牛,2013(17):39-44.
- [9]卢允庄,刘震炎. NaX沸石复合吸附剂的性能与应用[J]. 上海交通大学学报,2001,35(5):729-732.
- [10]王亚男,李宏双,冯 曼,等. 河北省北部山区夏季奶牛舍和犊牛舍二氧化碳的检测和分析[J]. 中国牛业科学,2015(6):31-35.
- [11]马 磊. 位阻效应对钙矾石生长的影响机理研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2012.
- [12]赵晓杰. 沸石分子筛吸附特性与影响因素的研究[D]. 天津:天津科技大学,2014.
- [13]魏 毅. 广西车田沸石用于吸附室内甲醛的研究[D]. 南宁:广西大学,2007.
- [14]赵红军,王力臣. 猪舍内氨气的危害[J]. 养殖技术顾问,2011(8):33.