

凹凸棒石在畜牧生产中应用的研究进展

王雨婷, 李沁武, 田兴泽, 唐德富*

(甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:凹凸棒石(APT)又名坡缕石或坡缕缟石,是一种天然的层链状结构的晶质水合镁铝硅酸盐矿物,具有优良的理化特性,可以作为绿色饲料添加剂应用于畜牧业生产中。本文就凹凸棒石的结构特征、理化特性以及在饲料生产和动物疫病防控中的应用进行综述。

关键词:凹凸棒石; 畜牧生产; 应用现状

[中图分类号] S852.65⁺¹ [文献标识码] A [文章编号] 1004-6704(2024)03-0042-04

Research Progress of Attapulgite Application in Livestock Production

WANG Yuting, LI Qinwu, TIAN Xingze, TANG Defu

(College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Attapulgite (APT), also known as palygorskite or palygorskite, is a kind of natural layered chain crystalline hydrated magnesium aluminum silicate mineral with excellent physical and chemical properties, which can be used as a green feed additive in animal husbandry production. This paper reviews the structure and physicochemical properties of attapulgite and its application in feed production and animal disease prevention and control.

Key words: Attapulgite; animal husbandry production; application status

畜牧业在我国国民经济中占有重要地位,是关系国计民生的重要企业。畜牧业已经成为现代农业建设的排头兵,在满足肉蛋奶消费、促进农民增收、维护生态安全等方面发挥了不可替代的重要作用。畜牧业发展最关键的影响因素是饲料。过去饲料中大量使用抗生素,以减少动物发病率,死亡率,受病原菌威胁程度和解决动物的应激问题,但是滥用抗生素不仅会威胁动物健康,更会对人类产生极大的危害:造成许多细菌的耐药性,尤其是造成诸如 MR-SA(耐甲氧西林金黄色葡萄球菌)之类的“超级病菌”的产生和盛行。因此,自2020年7月1日起,我国全面禁止在动物饲料中添加促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)。饲料禁抗后对动物肠道健康和生产性能会带来一定负面影响,所以寻找改善动物肠道免疫和机体健康安全高效的绿色饲料添加剂,解决畜牧业生产过程中造成的污染成为了畜牧业生产中的核心任务。

1 凹凸棒石的研究进展

1.1 凹凸棒石的结构特征

凹凸棒石(APT)又名坡缕石或坡缕缟石,理论分子式为 $\text{Si}_8\text{Mg}_8\text{O}_2\text{O}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,是一种天然的层链状结构的晶质水合镁铝硅酸盐矿物,在矿物学分类上隶属于海泡石族,也是一种稀有非金属矿物原料,有“千土之王,万用之土”的美誉。其晶体呈针状、棒状或纤维状,晶体结构是由硅氧四面体和镁氧八面体交错排列形成的层链状结构,晶粒十分细小,集合体呈束状或交织状,凹凸棒石链条中有5个八面体位置,通道截面积半径为 $3.7 \times 6.4 \text{ \AA}$,比沸石孔径(2.9~3.5 Å)大。凹凸棒石矿物要在高碱度(pH=8)、适当盐度、一定温度及 SiO_2 、 Al_2O_3 和 MgO 三组分比例适当的环境下才能生成。

1.2 凹凸棒石的理化特性

1.2.1 吸附性 正是因为凹凸棒石具有很大的通道截面积半径以及它独特的晶体结构,使凹凸棒石具有一定的吸附性,其吸附作用主要包括物理吸附和化学吸附,物理吸附实质是通过范德华力将吸附质分子吸附在凹凸棒石内外表面,化学吸附实质上是连接两硅氧四面体的 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 氧桥断裂后,可以与一些吸附分子形成共价键。凹凸棒石进行表面

[收稿日期] 2022-08-01

[作者简介] 王雨婷(2001-),女,山西侯马人,在读硕士,主要从事动物科学。E-mail:2458577656@qq.com

*[通信作者] 唐德富(1982-),男,甘肃平川人,博士,教授,主要从事动物营养实验教学及科研工作。E-mail:tangdf@gsau.edu.cn

改性处理可以提高凹凸棒石的吸附性能。罗士平等和高海鹰等人通过对比实验研究发现十六烷基三甲基溴化铵(HDTMA)改性后的凹凸棒土吸附性能明显增强。凹凸棒石带有的结构电荷和表面电荷使其具有离子交换吸附性,可以对废水进行外表面吸附处理。

1.2.2 胶体悬浮性 凹凸棒石晶体中具有三维立体链,在水溶液或其他介质中分散后,棒状晶束分散相互缠绕,形成网络结构,具有良好的胶体悬浮性能。齐全珠等研究了凹凸棒石悬浮液的悬浮性,其研究显示由于凹凸棒石表面存在大量—OH 基极性亲水基团,凹凸棒石在水中的悬浮性要明显优于乙醇中的悬浮性。王方方通过对比实验研究发现被湖水浸泡 180 d 后,凹凸棒石悬浮液的胶体稳定性明显提高。

1.2.3 补强性 凹凸棒的晶体呈纤维状,呈纤维状结构的物质具有良好的补强性能,如炭黑、二氧化硅、纤维、织物和钢丝等统称为补强材料。喻萍等在凹凸棒石增强聚酰亚胺复合材料的干摩擦性能研究中发现,与传统碳纤维/石墨(CF/Gr)增强的聚酰亚胺复合材料相比,凹凸棒石(ATP)石增强的聚酰亚胺多元纳米复合材料具有更佳的减摩抗磨性,其磨损率降低约 69%。刘伟生等经过对凹凸棒石表面的改性,制备了性能优良的橡胶补强用凹凸棒石填料。

1.2.4 载体性 凹凸棒石多孔道的结构特点可以使凹凸棒石作为一种优异的载体。王青宁等研究发现在常温、常压下,56 mL RFCC 汽油中加入 8 g 脱硫剂进行吸附脱硫可以使脱硫率达到 80.85%。另外,载锌凹凸棒石(Zn-Pal)是将锌离子负载到凹凸棒石(Pal)上而获得的一种具有抗菌能力的无机抗菌剂。孙文恺研究发现 Zn-Pal 替代抗生素和氧化锌能够维持仔猪肠道免疫功能,提高肠道挥发性脂肪酸浓度,从而改善肠道健康。

1.2.5 黏膜保护性 凹凸棒石具有良好的吸附性能,由于其独特的晶体结构使它的比表面积大,能够吸附细菌和毒素,对组织具有一定的保护作用。李娜研究发现一定量载铜凹凸棒石可以降低盲肠、肝脏带菌数目,可以缓解肠绒毛萎缩现象,对空肠黏膜具有保护作用,预防雏鸡腹泻,保护鸡肠道,提高生产性能。

1.3 凹凸棒石的应用领域

1.3.1 应用于化工领域 王国平等报道凹凸棒石独特的纤维状、集合体结构、高的流动性和可塑性,改善了焊条药皮涂料的压涂性能,因此可应用于工

业电焊条中;王文杰通过对天然矿物凹凸棒石的酸处理,首次将其应用于荧光材料的制备;韩玉琦以酸催化的快速溶胶—凝胶法制备了一系列 La^{3+} 不同掺杂量的 TiO_2 光催化剂材料,并将其应用于 PVC 薄膜的降解。

1.3.2 应用于农业领域 土壤质量对于农业发展起重要作用,但近年来由于工业污染等原因,土壤遭到一定的破坏。土耳其关于农业土壤的研究表明,由于交通运输和工农业污染物排放的原因,研究区域的土壤受到砷和铅污染。陶玲等等研究报道了氢氧化钠改性凹凸棒石能降低砷和铅的活性,改善土壤环境。凹凸棒石是生产缓释、控失肥料(农药)的理想吸附载体和控失手段。

1.3.3 应用于环境领域 凹凸棒石良好的吸附性能使其可以应用于环境领域。凹凸棒石具有吸附性,因此可以应用于畜禽粪污的处理。任珺等研究结果显示,在鸡粪堆肥中添加凹凸棒石,可以浓缩重金属离子的浓度,减少重金属对环境的污染;徐磊报道凹凸棒石可以处理污水,提供清洁的水源;凹凸棒石、石灰和矿物肥料配施,对土壤中油砂污染物及有机污染物吸附作用显著;秦小宁等研究发现凹凸棒石可去除水中的重金属和有机污染物,在水污染修复中起重要作用。

2 凹凸棒石在畜牧生产中的应用

2.1 凹凸棒石在饲料生产中的应用

我国对凹凸棒石的应用始于 1986 年,且只用于畜禽饲料中。目前,凹凸棒石在饲料生产中应用广泛,由于其良好的漂浮性和粘结性,可作为颗粒饲料粘合剂,生产出比重轻、沉降速度慢的鱼类颗粒饵料,以延长鱼的觅食机会。研究发现,凹凸棒石的主要成分除二氧化硅(约 60%左右)外,尚含有多种畜禽必需的微量元素:铜 21 mg/kg,铁 1 310 mg/kg,锌 21 mg/kg,锰 1 382 mg/kg,钴 11 mg/kg,钼 0.9 mg/kg,硒 2 mg/kg,氟 361 mg/kg,铬 13 mg/kg,这些元素易被动物体吸收,所以凹凸棒石可作为微量元素预混料应用于畜禽饲料中。据董静等报道凹凸棒石不仅用于混合饲料载体,降低饲料成本,还可作为重金属和有害物质吸附剂,添加一定量于饲料中,减少动物对棉籽中的棉酚和菜籽中的硫甙吸附,降低或消除这些有害物质的毒性,对动物胃肠粘膜进行机械保护。王金龙在研究天然矿物质添加剂发现,凹凸棒石在饲料中添加量一般为 1%~5%。已有大量研究表明,在畜禽饲料中应用凹凸棒石,可提高饲料利用率,改善动物生产性能和健康状况,降低

生产成本。饲料在畜牧业的发展中起着至关重要的作用,关乎动物健康生长和畜产品品质。

首先,对于舍饲的动物来说,由于日常管理未达到动物所需的营养要求以及饲料添加量不够,会造成反刍动物生产性能低下,因此需要使用舔砖进行补饲。李婷婷在对比国内外牛羊饲养标准(美国NRC、中国农业行业标准和地方标准)的基础上,以腐植酸钠、生物质(废弃物)和食盐等为原料,添加凹凸棒石黏土和微量元素,进行了功能化营养舔砖的设计,为企业生产奠定了基础。曹发魁等的试验证明了凹凸棒石可以作为畜禽饲料的净化剂,可明显的提高鸡蛋的品质。程浩等研究发现饲料添加0.75和1.00 g/kg EO-PGS(凹凸棒石负载植物精油复合物)不仅可以显著提高蛋鸡产蛋率,还能够一定程度上提高蛋鸡肠道微生物多样性,调节肠道菌群结构。金光明等研究发现在日粮中添加凹凸土粉对德系长毛兔的生产性能具有明显的促进作用,以基础日粮添加10%凹凸土粉效果最佳。叶林超等研究发现在商品肉猪饲料中添加2%凹凸土,能改善养分代谢,提高机体抗氧化能力,改善商品猪生产性能。

2.2 凹凸棒石在动物疫病防控中的应用

动物疫病是严重危害畜牧业发展、生态环境、市场经济及食品安全的关键因素。食品安全又是人们非常重视的问题。如果动物出现疾病,那么发生疾病的动物所生产的动物产品也会出现问题,对人类的食品安全将造成极大的威胁。张怀敏报道动物饲料与动物产品的关系非常密切,更是直接关系到人类食品的安全性。因此,饲料安全就是动物产品的安全,也是人的生命安全。毋庸置疑的是,动物饲料营养与动物疫病防控是相互影响的,更是养殖业不可忽视的两个重要环节。多项研究表明,在饲料中添加凹凸棒石可以有效改善动物肠道,提高动物的免疫力。

鸡白痢是危害畜禽养殖业的重要传染病之一,最有效治疗措施是使用抗生素,但是我国已经推出了禁抗的措施,并且抗生素使用不当会导致细菌的耐药性。凹凸棒石特殊的链层状结构,随饲料进入动物肠道后,能够很快覆盖在肠道黏膜表面,吸附致病菌及其产生的毒素,减少其与肠道上皮细胞的接触,并随粪便排出体外。王龙昌等研究发现饲料中添加5%的沸石和凹凸土,对肉鸡空肠形态具有一定的改善作用;李娜报道国内的凹凸棒石储量丰富,并且具有三维链状结构以及独特的纤维形态,其实验研究结果表明一定量载铜凹凸棒石可以有效的预防腹泻;陈馨等报道了在畜禽养殖业中常用添加凹凸

棒石粉能提高畜禽的生产性能,提高畜禽的免疫能力;陈跃平等研究发现,日粮中添加凹凸棒石尤其是当添加量为1.0%时可显著改善肉鸡21 d肠道屏障功能和形态结构、盲肠菌群组成、肠道免疫机能及肠道氧化还原状态;罗有文等研究发现凹凸棒石能保护动物肠道屏障,减少有毒有害物质黏附到肠道上皮,吸附病原微生物并抑制其在肠道中的繁殖,提高肉鸡肠道、肝脏等器官的抗氧化能力和肠道免疫功能。由此可见,肉鸡食用了含有凹凸棒石的饲料,可以提高免疫力,有效防止禽流感的发生。

张怀敏报道,多年以来,我国养猪业始终面临着“新病不断、老病新发”的疫病防控形势,由于非洲猪瘟的到来,更是让原本就复杂的动物疫病防控环境“雪上加霜”。孙文恺等实验结果显示,载锌凹凸棒石可作为抗生素替代品用于仔猪饲料生产中。孟艳莉研究发现在日粮中添加APT、MMT及M-A,能够有效改善断奶仔猪肠绒毛形态,维护肠道屏障的完整性,减少断奶仔猪腹泻,改善仔猪生长性能,且APT和MMT效果优于M-A。由此可见,猪使用了含有凹凸棒石的饲料,可以提高免疫力,减少疫病的发生。

2.3 凹凸棒石在改善畜舍环境及粪污处理中的应用

粪污问题是困扰畜牧养殖业的一大难题,如果不能妥善处理和高效利用,不仅会造成严重资源浪费,还会造成严重的环境污染,影响畜牧业的经济效益且不利于畜牧养殖业的长远发展。因此,养殖人员应当重视畜禽粪污资源的应用意义和重要性,提高粪污资源的利用率。王钰轩和郑博文研究表明在动物产生的有机肥中添加凹凸棒石可促进有机质的降解,显著降低有机质含量,减少臭气排放,提高畜舍的环境质量。

3 小结

凹凸棒石独特的晶体结构,使其具有吸附性,悬浮性等多种优良的理化特性,应用于化工、农业、畜牧业和环境等领域中,在这个禁止使用抗生素的时代下,凹凸棒石有望成为最主要的绿色饲料添加剂,但是凹凸棒石的开发利用并未达到最大化,在畜牧生产中的应用研究成果还不是很多,今后可以从凹凸棒石对家畜肠道组织修复和肠道中酶活性的影响,以及饲料中具体的添加量和水产饲料中的应用等方面进行研究。

参考文献:

[1] 穆淑琴,李宁. 抗生素替代物对仔猪健康的影响[J]. 粮

- 食与饲料工业,2017(8):49-54.
- [2] 宋宁宁,王丽萍,耿建新,等.凹凸棒石粘土资源化现状研究[J].中国环保产业,2007(1):26-28.
- [3] 罗士平,谢爱娟,柳涛,等.凹凸棒土的改性及其吸附 2,2'-二硝基联苯废水的研究[J].工业用水与废水,2012,43(4):51-53,79.
- [4] 高海鹰,程阳,秦庆东.有机改性凹凸棒土对地下水中 2,4-二氯酚的吸附[J].东南大学学报(自然科学版),2012,42(6):1217-1220.
- [5] 陈天虎.凹凸棒石粘土吸附废水中污染物机理探讨[J].高校地质学报,2000(2):265-270.
- [6] 齐全珠,盛晓波,董寅生,等.凹凸棒石粘土悬浮液的悬浮性研究[J].化工时刊,2007,6(7):29-32.
- [7] 杨朝帅,崔臻,潘岳.碳纤维布补强破损隧道衬砌的抗弯性能试验研究[J].水利与建筑工程学报,2021,19(6):133-137.
- [8] 喻萍,王伟,许永坤,等.凹凸棒石增强聚酰亚胺复合材料的干摩擦性能研究[J].摩擦学学报,2022,11(8):1-21.
- [9] 王青宁,张正才,王永莉,等.采用凹凸棒脱硫剂脱除 RFCC 汽油中的硫化物[J].石油学报(石油加工),2011,27(6):916-923.
- [10] 王国平,徐庆柏.凹凸棒石的特性及其在电焊条中应用研究[J].非金属矿,1996(5):31-33.
- [11] 陶玲,仝云龙,余方可,等.碱改性凹凸棒石对土壤中镉化学形态及环境风险的影响[J].岩矿测试,2022,41(1):109-119.
- [12] 王钰轩,俄胜哲,袁金华,等.凹凸棒添加对有机肥发酵温度及养分的影响[J].农业环境科学学报,2021,40(12):2779-2787.
- [13] 郑博文,任汉儒,黄磊,等.添加凹凸棒石对鸡粪堆肥理化性质和氮形态变化的影响[J].磷肥与复肥,2022,37(3):5-8,11.
- [14] 秦小宁,张书源,张絮青,等.凹凸棒土改性方法及水处理应用研究进展[J].江西化工,2019,4(2):5-9.
- [15] 董静,王利国.凹凸棒石在饲料中的应用研究进展[J].农业科技与装备,2019,7(2):69-73.
- [16] 王雨雨,刘强,王保哲,等.凹凸棒石黏土对饲料颗粒质量及樱桃谷肉鸭生长性能、屠宰性能、肌肉品质和抗氧化性能的影响[J].南京农业大学学报,2018,41(3):511-518.
- [17] 曹发魁,崔伟林,潘生功,等.饲喂凹凸棒土对鸡蛋品质的影响[J].甘肃农业大学学报,2003(2):227-230.
- [18] 程浩,唐圣果,贺长青,等.饲粮添加凹凸棒石负载植物精油复合物对蛋鸡生产性能和肠道微生物的影响[J].动物营养学报,2021,33(5):2631-2641.
- [19] 崔永洁.动物疫病防控技术存在的问题与对策[J].中国畜禽种业,2022,18(3):17-18.
- [20] 张怀敏.动物疫病防控与饲料营养有效结合的实践与调查[J].浙江畜牧兽医,2021,46(1):20-22.
- [21] 罗有文,王龙昌,周岩民,等.沸石、凹凸棒石黏土对肉鸡抗氧化性能和组织胆固醇的影响[J].粮食与饲料工业,2006(12):37-39.

(上接第 41 页)

群体温恢复正常,采食量逐渐增加,大大降低了抗菌药的使用。

5.4 蛋鸡养殖

榆林市康达生态农牧有限公司,从 2021 年开始将无抗养殖技术用于蛋鸡养殖,蛋鸡生长速度快,饲料利用率明显提高,节约 5%~10% 的饲料,鸡舍臭气浓度显著降低,死淘率由原来的 0.89% 下降到 0.32%,产蛋率提高 5%,产蛋周期延长 2 周,夏季母鸡输卵管炎、腹膜炎等常见疾病得到了明显的控制。

总结分析府谷县兽用抗菌药减量化行动实施的成功之处,在于(1)政府层面高度重视,上到县委县政府,下到养殖场,全县积极参与抗生素减量化行动;(2)积极引进畜禽无抗养殖技术,重视新技术,利用高校平台培养技术人才;(3)注重宣传培训,通过现场培训、短视频、媒体等广泛宣传,促进全民接受养殖新政策、新法规;(4)一场一策,制定减抗方案,

高效实施。通过近 3 年的抗生素减量化技术示范推广,从饲料端禁抗、养殖端减抗、粪污端无抗全面控制抗生素的使用和有序排放,取得了阶段性成功,发表了数篇相关论文,值得全省甚至全国借鉴参考。

参考文献:

- [1] 刘秀玲,卢静义.抗生素在畜牧业中的应用及其潜在危害分析[J].兽医导刊,2012(2):46-48.
- [2] 王郑.多措并举加强畜禽养殖污染防治[J].中国畜牧业,2021(23):48-49.
- [3] 陈萌萌,李晓峰,肖红波.国外兽用抗生素减量化实践经验及其对我国的启示[J].中国农业科技导报,2022,24(6):19-26.
- [4] 赵琪,李霆,姜子楠,等.2019 年我国兽用抗菌药物使用情况分析研究[J].中国兽药杂志,2022,56(1):71-76.
- [5] 王平,韩晓芳,郭子记,等.复合纳米抗菌肽防治羊皮下脓肿病的效果[J].西北农业学报,2023,32(3):411-419.