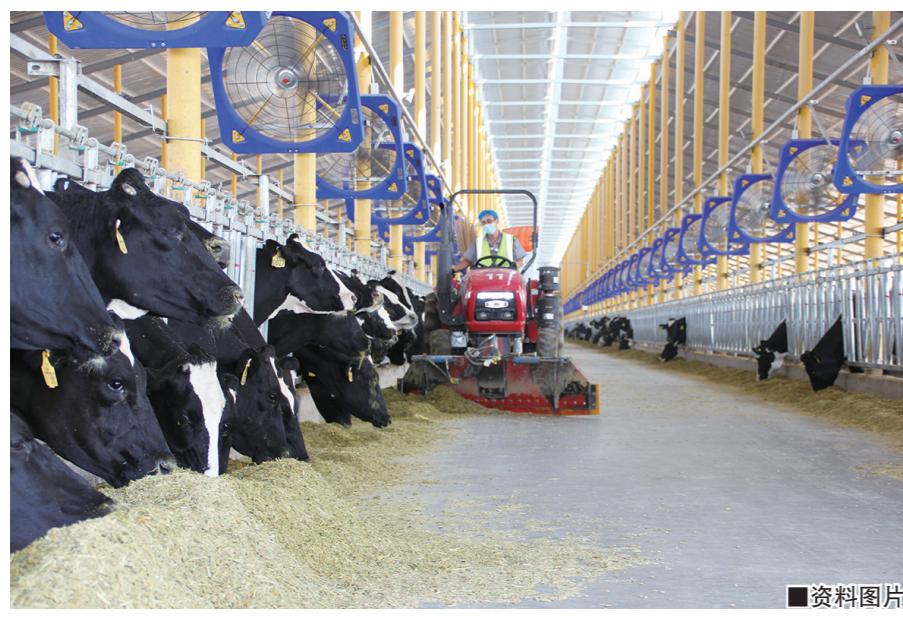


减少奶牛胃肠道甲烷排放策略研究进展



■资料图片

□葛旭升 曹宏伟 王静 高丽南
许孝峰 苏海军 贺永强

温室气体排放是造成全球气候变暖的重要原因,甲烷(CH4)排放占温室气体总排放量的16%,仅次于二氧化碳,然而其温室潜能却为后者的28~34倍。数据显示,人类活动甲烷排放总量的50.6%源自农业,其中反刍动物的甲烷排放量占全球排放量的16%。联合国粮食及农业组织(FAO)报告显示:全球奶牛胃肠道甲烷排放量从1980年的17.71t/a逐年增加至2017年的18.87t/a,牛奶的消费量以及奶牛养殖数量的持续增长,意味着由奶牛胃肠道带来的甲烷气体排放还会持续增加。另一方面,胃肠道甲烷排放也是牧场饲养环节一项不可小视的能量损失。美国奶协曾报道,奶牛甲烷排放与饲养效率呈强负相关,每千克标准乳附带的甲烷产量减少2.5克,每千克饲料可增产标准乳300毫升。综上,减少奶牛胃肠道甲烷排放将有利于延缓温室效应和提升饲养效率。本文立足国内奶牛养殖现状,从奶牛胃肠道甲烷生成机制和甲烷减排策略等方面讨论奶牛胃肠道甲烷排放的研究进展,并总结奶牛甲烷减排的各项举措。

奶牛胃肠道甲烷生成机制

1、奶牛瘤胃中微生物与甲烷生成的关系
奶牛有一个比较复杂的消化系统,瘤胃是甲烷生成的主要场所,其菌群结构与排放量存在密切关系。奶牛消化吸收营养物质时首先会经过瘤胃菌群的前发酵,该过程会产生二氧化碳、氢、乙酸盐、甲酸盐和甲基化合物等产物,其中氢和二氧化碳又作为瘤胃生成甲烷的底物合成甲烷,以此将氢及时地从瘤胃排出,保障瘤胃发酵的正常进行。瘤胃内的氢被转化为甲烷是其主要的排出途径,瘤胃中甲烷菌可将氢与CO₂氧化生成甲烷经胃肠道排出,保持微环境内较低氢含量,保障瘤胃内微生物的发酵过程。奶牛胃肠道合成甲烷的微生物是甲烷菌,是一类生长繁殖特别缓慢、进化独特的专性严格厌氧古菌,虽然在瘤胃中所占比例较小,仅约1.7%,但能有效地将甲烷、乙酸、CO₂、H₂等和其他化合物转化成甲烷。瘤胃中分离出的产甲烷菌种类较多,大致分为4个属,即甲烷八叠球菌、甲烷微菌、甲烷短杆菌和甲烷杆菌等。一些研究表明,奶牛甲烷排放量与瘤胃甲烷菌的群落组成及其各自的丰度有关,但与古菌总丰度没有相关性。

除了产甲烷菌外,瘤胃中还有大量的真菌、原虫和细菌。其中,瘤胃中的碳水化合物被一些真菌和原虫降解,生成大量的氢,甲烷菌利用这些氢还原CO₂生成甲烷,但瘤胃真菌数量、原虫数量与甲烷排放量三者之间的相关性目前还存在一定的争议。Ross等研究发现,在奶牛日粮中添加单宁调节瘤胃菌群丰度可降低甲烷排放,证明了甲烷的排放至少与瘤胃内某一种或多种产甲烷古菌有关,其他微生物的丰度也可能影响甲烷排放量,但是否存在直接关系,仍需进一步证实。

2、甲烷生成机制

关于甲烷在奶牛体内合成的机制,根据甲烷合成的前体物质不同,主要有3条路径,也有些研究分为4种路径,主要是考虑了甲酸氧化路径。甲酸氧化路径首先是由甲酸脱氢酶催化甲酸分解为CO₂和H₂,随后通过CO₂还原路径产生甲烷,若以CO₂为前体物质,两种表述是一样的,因此本综述采取3种路径说法进行分析。

CO₂还原路径:又称为氢营养型路径,是以CO₂作为碳源,氢分子作为电子供体。CO₂在一系列酶和辅酶的作用下传递“C基团”相继生成多个中间体,最后生成甲烷。甲烷短杆菌和甲烷微菌等甲烷菌就是利用这条路合成甲烷的,它们几乎能占甲烷菌总

奶牛胃肠道甲烷排放是畜牧业对全球温室气体排放的重要来源之一。减少奶牛甲烷排放对于应对气候变化和环境可持续性发展至关重要,同时也能为提高生产效率提供重要依据。减少奶牛胃肠道甲烷排放是一个复杂且具有挑战性的课题,奶牛胃肠道甲烷生成主要有3条路径,综合分析发现甲烷减排的关键在于阻断瘤胃内的氢被利用合成甲烷。未来的研究应注重优化策略的组合,探索更多创新的方法,在不影响奶牛生长性能、牛奶安全的前提下减少奶牛胃肠道甲烷排放,科学有效地促进畜牧业可持续发展。

量的80%。

乙酸异化路径:首先乙酸激酶和磷酸转移酶逐步催化乙酸生成乙酰辅酶A,然后乙酰辅酶A在CO脱氢酶和去碳基甲酰化酶复合物的作用下,生成甲基四氢甲烷喋呤和CO,然后甲基四氢甲烷喋呤在辅酶M甲基转移酶作用下生成甲基辅酶M,最后在甲基辅酶M甲基还原酶的作用下生成甲烷。

甲基营养型路径:以甲醇、甲胺类物质为底物,瘤胃内的甲烷马赛球菌目微生物主要利用甲醇和甲胺合成甲烷。这条甲烷生成路径中,在多种酶的作用下先生成甲酰四氢甲烷喋呤,然后经辅酶M催化生成甲基辅酶M,在辅酶B等酶的催化下氧化生成CO₂或还原生成甲烷。

在这3条路径中,瘤胃内甲烷生成的主要路径是二氧化碳的还原路径(CO₂+4H₂→CH₄+2H₂O)。

奶牛甲烷排放的影响因子

1、奶牛遗传因素

动物消化生理特性决定自身产甲烷的效率,而生理特性的差异主要受遗传因素影响。诸多研究表明,遗传选育是降低单位动物产品甲烷排放的一种有效的策略。通过选育高生产性动物,可以减少甲烷的排放量。研究表明,在奶牛育种中,减少甲烷排放性状的选择可能对其繁殖、健康等性状的影响很小,而甲烷产量与牛奶产量却有着显著相关性。在不减少产奶量、降低生育能力及损害奶牛健康的情况下,在育种目标中加入减少甲烷排放性状是合适的。在减少甲烷排放的监测指标方面,很多研究提供了参考。Negusius等指出,反刍是甲烷排放的一个重要指标,Lassen等发现牛奶中特定的饱和脂肪酸和甲烷产量之间存在着直接的遗传相关性,Diford等对750头荷斯坦牛进行16sRNA分型研究,发现某些细菌和古细菌分类群与甲烷相关,而且具有显著的遗传性。尽管如此,在奶牛育种中,使用哪个指标作为减少甲烷排放性状的指示指标,目前还没有明确的做法,还需要进一步的研究。

2、奶牛生长阶段及泌乳阶段

奶牛甲烷排放随着生长阶段不同有明显差异,Grandi等提出,奶牛的瘤胃甲烷排放量与采食量和体重显著相关,随着年龄的增长,奶牛5岁时排放量达最大值后开始降低。新产犊牛从第4周开始通过嗳气向大气中排放甲烷,随着瘤胃的发育,奶牛瘤胃发酵效率和排放量迅速增加。李斌斌等研究发现,9、12、15月龄后备奶牛瘤胃甲烷排放量分别为117.7克/天、159.7克/天、229.6克/天,后备奶牛的甲烷排放量随着月龄增长而增加。刘卓凡等在对18、21、24月龄荷斯坦后备牛瘤胃甲烷排放进行研究时,也发现了同样的规律,瘤胃甲烷排放量分别为207.80克/天、275.10克/天、321.10克/天。

另外,奶牛甲烷排放也会受到泌乳阶段的影响,这主要是由于不同泌乳阶段奶牛的采食量不同导致,因为反刍动物甲烷排放量与干物质采食量呈正相关。王贝等的研究也指出国内荷斯坦牛从泌乳高峰期、中期到后期,甲烷排放量逐渐降低。

3、日粮的组成及饲料品质

奶牛瘤胃发酵甲烷的生成量受采食量、日粮组成、饲料消化率等因素影响。不同比例、成分的日粮,其瘤胃发酵后的产物不尽相同,日粮消化率和挥发性脂肪酸(VFA)含量也不同。Philippeau等通过给奶牛分别饲喂不同淀粉含量的日粮,发现高淀粉日粮组奶牛甲烷的排放量降低了35%,证明提高日粮中淀粉比例可显著减少甲烷的生成。另外,Johnson等通过对比牧草为主和谷物类精饲料为主两种日粮,发现饲喂谷物类精饲料为主日粮,甲烷生成减少,这是因为谷物类精饲料中非结构性碳水化合物比牧草中含量丰富。董利锋等

的研究也发现甲烷排放量与日粮中NDF/NFC添加比值呈强相关,NDF/NFC比值越高,甲烷排放就越高,这或

是因为随日粮中NDF/NFC水平上调,瘤胃发酵生成乙酸和丁酸的总量变多,导致氢气的生成量增加,甲烷的生成量随之增加。此外,饲喂高质量的日粮除了可以提高消化率外,还有利于减少瘤胃甲烷排放。Hammond等研究发现,给奶牛饲喂全株玉米青贮,甲烷排放量较饲喂牧草青贮减少24%。Hristov等研究发现,饲喂蒸汽压片玉米相较于干碾压玉米,奶牛每千克干物质采食量可以减少17%的甲烷排放量。可见,通过调控奶牛日粮成分和提高日粮品质可以显著降低甲烷排放。

奶牛甲烷减排策略

1、优化日粮组成,改善饲料品质

研究发现,可通过调整饲料中精料占比来提高消化效率,进而减少甲烷排放。饲料中每增加1%的非纤维碳水化合物,每千克标准乳附带的甲烷将减少2%,而提高中性洗涤纤维的占比,会增加排放量。由此可见,降低日粮中性洗涤纤维比例或提高非纤维碳水化合物比例,可以作为奶牛减少甲烷排放的一种策略。通过选育高生产性动物,可以减少甲烷的排放量。研究表明,在奶牛育种中,减少甲烷排放性状的选择可能对其繁殖、健康等性状的影响很小,而甲烷产量与牛奶产量却有着显著相关性。在不减少产奶量、降低生育能力及损害奶牛健康的情况下,在育种目标中加入减少甲烷排放性状是合适的。在减少甲烷排放的监测指标方面,很多研究提供了参考。Negusius等指出,反刍是甲烷排放的一个重要指标,Lassen等发现牛奶中特定的饱和脂肪酸和甲烷产量之间存在着直接的遗传相关性,Diford等对750头荷斯坦牛进行16sRNA分型研究,发现某些细菌和古细菌分类群与甲烷相关,而且具有显著的遗传性。尽管如此,在奶牛育种中,使用哪个指标作为减少甲烷排放性状的指示指标,目前还没有明确的做法,还需要进一步的研究。

2、添加油脂调节瘤胃发酵

油脂影响奶牛的采食量,从而影响甲烷产量。在日粮中添加一定的油脂是一种甲烷减排的通用方法。Martin等在研究中发现,奶牛日粮中添加一定比例的玉米油或亚麻籽油,甲烷的排放量明显减少。另有研究表明,中链脂肪酸可通过抑制奶牛瘤胃原虫活性减少甲烷生成,而不饱和脂肪酸的氢化过程会与甲烷菌生成甲烷形成竞争反应,竞争性地结合底物(氢)从而抑制甲烷生成。可见,油脂中脂肪酸组成的差异对甲烷生成过程的干扰是不同的,带来的减排效果也有所差异。

3、日粮添加甲烷抑制剂

在奶牛日粮中添加一些外源性甲烷抑制剂,可以减少甲烷的排放。目前常见的甲烷抑制剂主要为化学类试剂和植物提取物,各类物质的作用机理有所不同,但都对甲烷生成抑制有一定作用。

4、硝酸盐:硝酸盐是较为常见且减排效果明显的甲烷抑制剂,其作用机理是通过抑制甲烷菌生长来抑制甲烷生成。

Van Zijderweld等通过在奶牛饲料中加入少量硝酸盐(21克/千克DM)显著降低了16.5%的甲烷排放量。另外,Wang等也做了类似研究,硝酸盐添加量为14.6克/千克DM,降低约15%的排放量。可见,硝酸盐的胃肠道减排潜力约为15%。但是,硝酸盐在奶牛体内代谢生成的亚硝酸盐

具有毒性,在实际生产应用中会受到一定的限制。

3-硝基丙醇(3-NOP):3-NOP是帝斯曼公司研制的一款甲烷抑制剂,在科研和实际生产中的减排效果较好,并且暂未发现明显的不良反应。3-NOP作为甲基辅酶M类似物,能够与甲基辅酶M竞争性地结合辅酶B,抑制甲基辅酶M转换生成甲烷的过程,进而大幅降低产甲烷菌转化CO₂生成甲烷的转化率。Hristov等研究发现,日粮中添加不同含量的3-NOP,不影响泌乳牛的采食量、产奶量和纤维消化能力,但饲喂3-NOP的奶牛瘤胃甲烷产量出现了不同程度的下降,最高下降32%。

莫能菌素:莫能菌素作为添加剂,目前被广泛应用于饲料中,在一定程度上能够减少甲烷排放。Odongo等在饲料中添加莫能菌素(24毫克/千克DM),结果奶牛胃肠道的甲烷排放量减少了7%~9%。然而,瘤胃菌群能够逐渐适应莫能菌素,产生耐药性,长期使用减排效果会减弱。据Grainger等的研究报道,长期补饲莫能菌素(471毫克/天)并不能持续减少甲烷排放。可见,莫能菌素使用初期具有一定的减排效果,长期使用效果则会明显降低。

低聚木糖:低聚木糖是一种可以用于饲料添加剂的植物提取物,据研究表明,低聚木糖能够在提高奶牛生产性能的同时降低奶牛瘤胃甲烷排放。低聚木糖的添加可能会对奶牛的瘤胃发酵产生一定的影响,从而减少甲烷的产生。赵磊等的研究发现,日粮中添加低聚木糖(25克/天)的奶牛,甲烷产量相对于对照组降低10.83%。

其他化合物:另外还有一些研究发现,皂苷、单宁、植物精油和海藻等成分在减少反刍动物甲烷排放方面也具有一定的作用(表1),但综合实验效果有待进一步验证。

结论与展望

随着我国“碳达峰”和“碳中和”战略的实施,各行业都力争于2030年前碳排放达到峰值、2060年前实现“碳中和”。对于奶牛养殖业而言,坚持科学化、标准化、生态化的农牧结合以及低碳、环保、资源节约的绿色发展方式已经逐步展开。尽管如此,牧场要实现“碳中和”,依然任重道远。

奶牛胃肠道甲烷的生成是一个复杂且不可避免的过程,结合甲烷在奶牛胃肠道生成的路径,摸索出一个可应用于实际生产中合理的减少甲烷排放的措施,是一项十分具有挑战的课题。本文重点从奶牛胃肠道甲烷生成机制和甲烷减排策略等方面讨论了奶牛胃肠道甲烷排放的相关研究进展,并综合分析了三项具有潜力的减排措施。目前已报道的奶牛胃肠道甲烷减排方案,均聚焦在优化日粮结构、改善饲料品质、添加油脂调节瘤胃发酵和使用甲烷抑制剂等单一方向,各种举措减排效果的安全性及可持续性仍有待商榷,在后续的研究中,需加强对不同减排策略间的组合应用、安全性和可持续性等方面的研究。另外,加强牧场管理也是降低碳排放的重要手段,在生产实践中,要结合牧场的实际管理情况和生产效率等方面综合分析,为牧场提供合理的减排方案。

种类	来源	体外减碳量(%)	饲喂减碳量(%)
皂苷	山茶籽、丝兰、蒺藜、葫芦巴	8~45	/
单宁	多种植物	47	26
植物精油	大蒜、百里香、桉树、牛至、肉桂或大黄	10~90	/
海藻	网地藻属、海门冬	>90	/

▲其他化合物



新生犊牛窒息的救助

防止肺泡破裂。

方法是先将其背部垫高、头部放低,取直径约7.0~9.5毫米的橡皮胶管,经口腔或鼻孔插入气管内,在橡皮胶管的外露端口用纱布单层包住,用嘴向胶管内间歇吹气,每分钟15~20次,每次吹气后用轻压胸壁,使窒息犊牛的肺脏慢慢膨胀,直至犊牛出现正常呼吸和心跳。

窒息程度轻时,犊牛软弱无力,心跳和脉搏快而弱,呼吸微弱而急促,间隔时间长,舌垂于口外,口腔和鼻孔内充满羊水和黏液。肺部有湿性啰音,特别是喉气管更为明显。

严重窒息时,犊牛呼吸停止,黏膜苍白,全身松软,反射消失,摸不到脉搏,只能听到微弱心跳,呈假死状态。

犊牛窒息时,先用干净布或

毛巾把口腔内和鼻孔内的羊水擦干。

之后采用以下方法抢救。1、给犊牛冷刺激,向面部浇冷水,以刺激其面部神经,激发其大脑的呼吸中枢,恢复呼吸。

2、产程延长或助产产出的

胎儿,可倒提仔畜,有节奏地抖动并轻拍和按压胸腹部,同时用布擦净鼻孔及口腔内的羊水,促使呼吸道内粘液排出。

3、建立产房值班制度,对产房工作人员培训。无论何时分娩,都要有人看护,提前做好接产和胎儿护理的准备工作。注意观察母牛分娩过程,及时检查胎儿情况,对胎位异常的要及时矫正,不要盲目注射催产药物。正确护理犊牛,发现异常应及时处理,防止窒息或死亡。

(段洪峰)

青贮、黄贮饲料加工调制技术

牧草在开花初期,禾本科牧草在抽穗期收割。

2、晾晒:收割后的青贮玉米水分含量较高,需要在田间晾晒4~6小时,保证水分降到65%~70%,防止水分过高造成霉变。

3、运输:经晾晒后的青贮原料要及时运到铡草地,及时切碎贮存。

4、切短:青贮原料一般切成1~2厘米,青贮原料要求比青贮切得更短。鲜地瓜秧、苜蓿草切成2~4厘米。

5、调节水分含量:青贮饲料适宜含水量为60%~70%。如果原料含水量过高,将原料在阳光下晾晒后加工。刚开始装窖时不需要加水,待装填到距窖口50~70厘米处加少量水。如果玉米秸秆不太干,应在装料装填到一半左右时开始逐渐加水。如果玉米秸秆十分干燥,在装料厚度达50厘米时就应逐渐加水。加水原则是先少量逐渐增加,边装窖边加水、边压实。

6、装窖与压实:青贮原料一般采取切短、边装窖、边压实的操作。每装20~40厘米厚就要进行压实一次,尤其是四周和四角。黄贮时,为了提高黄贮的质量,可逐层添加0.5%~1%玉米面,也可在每吨黄贮料中添加450克乳酸菌培养物或0.5克纯乳酸菌剂,按0.5%的比例添加尿素,添加3.6千克甲醛。

7、密封:贮料装填完后,应立即严密封。一般应将原料装至高出窖面30厘米左右,用塑料薄膜盖严后,再用土覆盖30~50厘米,窖顶做成馒头型或屋脊型,不漏气、不漏水。

8、保护:贮窖封严后,其周围1米处建排水沟,防止雨天雨水渗入。多雨地区,要在贮窖上面搭遮雨棚,并随时检查,窖顶出现有裂缝要及时覆土压严。贮窖玉米秸秆可在成熟期前半个月左右进行收割,豆科

(吉林省畜牧业管理局)