

饲料添加剂在奶牛饲养中的应用（1）

孟庆翔

饲料添加剂是为了某种特殊需要向饲料中人工添加的具有不同生物活性的微量物质总称。这些特殊需要通常包括强化日粮的营养价值、提高饲料利用效率、增进动物健康、促进动物生长发育、减少饲料贮存期间营养物质损失以及改进动物产品品质等。从功能上来分，饲料添加剂包括营养性和非营养性添加剂两类。营养性添加剂用来补充一般饲料中某种或某些营养素含量的不足，包括氨基酸、维生素与微量元素等；而非营养性添加剂通常包括生长促进剂、驱虫保健剂、动物产品品质改良剂、饲料保藏剂和饲料质量改进剂等。

随着国家“学生奶”计划的启动，奶牛业的发展已经成为畜牧业发展的一个亮点。奶牛饲料添加剂也理所当然地受到了人们的广泛重视，它对于提高产奶量、改善乳成分和减少产奶应激等具有明显作用。

1 对反刍动物饲料添加剂应用效果的常用评价方法

评定饲料添加剂对于动物是否有效，应该从以下 4 个方面着手：生产性能反应、经济回报、生产试验和资料总结。

1.1 生产性能反应

生产性能反应是指使用添加剂后人们期望的奶牛生产性能反应程度，它包括：

- （1）产奶量（高峰期产奶量或高峰产奶量的持续时间）；
- （2）乳蛋白或乳脂率等乳成分的提高；
- （3）干物质进食量增加；
- （4）维持适宜的瘤胃 pH；
- （5）刺激瘤胃微生物蛋白质的合成或挥发酸的产生；
- （6）提高瘤胃养分的外流速度；
- （7）提高瘤胃纤维消化率；
- （8）维持瘤胃内环境的稳定；
- （9）提高青年牛或初产牛的增重速度或饲料转化效率；

- (10) 最小的掉重损失;
- (11) 减少热应激的影响;
- (12) 改进健康状况, 如降低酮病和瘤胃酸中毒发病率, 以及提高免疫反应水平等。

奶牛场兽医、技术员和场长应当明确, 使用饲料添加剂期待奶牛产生何种反应。

1.2 经济回报

经济回报是指使用某种添加剂以后从奶牛饲养中所获得的经济效益。如果将提高产奶量作为度量指标, 表 1 可以用来确定奶牛使用添加剂在经济上的盈亏平衡点。举例来说, 某饲料公司推荐的添加剂为每头产奶牛每天投入 0.6 元, 而当时当地牛奶公司或奶站收购鲜奶的价格为 1.6 元/kg, 那么该牛场每头牛每天必须多产奶 0.375kg 才能抵消添加剂的成本投入。在此基础上, 产奶量越多, 添加剂所产生的经济效益也就越大。在生产中出现的另一种情况是, 给牛群中所有的产奶牛都饲喂了添加剂, 但只是产奶前期(产后 100d 以内)的奶牛对添加剂有反应。那么, 这时具有反应的牛必须负担所有牛只的添加剂成本投入。对于某些反应指标, 如改善健康和减少应激来说, 有时很难评价当时使用添加剂的经济回报如何, 因为它们的真正作用可能到下一个泌乳期才能体现。从经济效益的角度来说, 使用添加剂的基本原则应当是“一份投入两份回报”。

表 1 奶牛使用添加剂提高产奶量的盈亏平衡点计算

添加剂成本/(元/头/d)	收购奶价/(元/kg)				
	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
-----每日需要增加产奶量/kg-----					
0.20	0.143	0.125	0.111	0.100	0.091
0.40	0.286	0.250	0.222	0.200	0.182
0.60	0.428	0.375	0.333	0.300	0.273
0.80	0.571	0.500	0.444	0.400	0.364
1.00	0.714	0.625	0.556	0.500	0.455
1.20	0.857	0.750	0.667	0.600	0.545

1.3 试验研究

为了确定严格控制条件下的试验得出的添加剂生产性能反应是否可以推广到实际生产中，进行相关的试验研究是必不可少的。要求有与生产应用相同（如饲料成分、饲喂制度、产奶水平和产奶阶段等）而且无偏差的条件，同时还必须能对试验结果进行统计处理。

1.4 资料总结

对各个奶牛场所采集的试验结果进行总结比较，指标包括产奶记录（高峰期产奶量、高峰产奶量持续时间、乳成分和产乳曲线等）、繁殖记录、体细胞数、干物质进食量、青年母牛生长曲线和牛群健康表等。根据这些资料综合评价添加剂使用的效果。

目前应用于奶牛饲料中的常用添加剂种类、建议添加量、估计成本投入与适宜使用阶段列于表 2。

2 矿物质添加剂

奶牛产奶所需的矿物质至少有 17 种，其中常量元素包括钙、磷、镁、钾、钠、氯和硫；微量元素包括铁、铜、锰、锌、钴、镍、铬、硒和碘。虽然砷、硼、铅、硅、矾等元素在其他动物上证明可能是必需元素，但对于奶牛来说，一般意义不大。在矿物质中，常量和微量元素的添加量可参考 NRC(2001) 奶牛营养物质需要量加以确定。添加方式可以采用复合预混料或复合营养舔块形式进行。在奶牛生产实践中，应当给予足够重视的矿物质添加剂包括阴离子盐和缓冲剂。

2.1 阴离子盐

2.1.1 利用原理

产乳热 (milk fever) 是一种与低血钙 (Low Blood Calcium) 有关的代谢紊乱。由于牛奶中含有大量钙离子，泌乳会造成血液中钙离子减少。钙离子为肌肉正常收缩所必需，缺钙会导致动物步态不稳、发抖、不能站立、直至死亡。美国 8% 的奶牛患有严重的产乳热，患牛产奶量减少 14%，产奶寿命缩短 3.4 年。生产上多见的为亚急性产乳热，无明显临床症状，在美国的发病率大约为 66%。血钙含量低还会引起其他疾病，如乳房炎、酮病、难产、胎衣不下、子宫脱出、子宫炎、真胃变位等。

表 2 奶牛常用添加剂的建议添加量和成本估计

添加剂名称	建议添加量/(g/头/d)	成本估计/(元/d)	适宜使用阶段
-------	---------------	------------	--------

阴离子盐	200	1. 20~1. 60	产前 3 周~产犊 产奶牛
膨润土	300~500	0. 06~0. 10	产奶牛
小苏打	110~225	0. 13~0. 27	产奶牛
氧化镁	50~90	0. 25~0. 45	产奶牛
异构酸	50~80	0. 30~0. 48	产奶牛
胆碱	30	0. 25~0. 40	育成牛、青年牛
莫能霉素	0. 05~0. 2	0. 02~0. 07	产奶牛
蛋氨酸羟基类似物	30	0. 75~0. 90	产前 2 周~产后 16 周
烟酸	6~12	0. 29~0. 58	产前 2 周~产后 8 周
酵母培养物	10~120	0. 04~0. 48	产奶牛
活菌制剂	10~50	0. 25~1. 25	产奶牛
蛋氨酸锌	5	0. 17~0. 22	产奶牛
丙二醇	250~500	1. 2~2. 4	产前 1 周~产后 2 周

防治奶牛低血钙的一个有效方法是，根据阴-阳离子平衡原理，在产前给奶牛饲喂阴离子盐。奶牛阴-阳离子平衡可以用阳离子和阴离子之差(CAD)来表示。所谓饲料阴阳离子差是指饲料总阳离子与总阴离子毫克当量的差值。阳离子是指带正电荷的电解质，主要有钠、钾、钙、镁等；阴离子是指带负电荷的电解质，主要有氯、硫、磷等。饲料中影响阴-阳离子平衡的强电解质主要有钠、钾、硫和氯等。

2. 1. 2 阴-阳离子平衡计算公式

阴阳离子差值(CAD)以 1kg 干物质中毫克当量数(mEq)表示，其计算公式为：

$$\text{CAD}(\text{mEq}/\text{kg DM}) = [(\text{Na}^{++} + \text{K}^{+}) - (\text{Cl}^{-} + \text{S}^{2-})]$$

$$= [(\% \text{Na} / 0.0023) + (\% \text{K} / 0.0039)] - [(\% \text{Cl} / 0.00355) + (\% \text{S} / 0.0016)]$$

干奶期奶牛常规饲料中 CAD 值通常为 +50~+300 mEq/kg DM，而控制产后低血钙发生的理想饲料 CAD 值应为-100~-150 mEq/kg DM。为此，必须使用专门的阴离子盐添加剂。

通过 CAD 预测奶牛所用日粮是酸性还是碱性：高阴离子水平为酸性日粮；高阳离子水平为碱性日粮。酸性和碱性日粮所造成的动物反应不同。

2. 1. 3 日粮中的应用

高或正平衡 CAD 日粮(碱性)会引起产后低血钙。添加阴离子盐(酸性)可以

有效地增加血液中游离钙的浓度，从而减少低血钙的发生。同时，奶牛尿液的 pH 也将控制在 6.2~6.7。据美国试验结果，给奶牛饲喂阴离子盐，仅就产奶量提高一项，投入产出比就可达到 1:10。而其他开支方面的节省，如减少产乳热、奶牛疾病的治疗费用和延长动物的生产寿命方面，可能远远超过这个数字。

奶牛常用饲料原料的阴阳离子平衡值列于表 3。

表 3 奶牛常用饲料原料的阴阳离子平衡值

饲料原料	Na+	K+	Cl-	S=	CAD 值
	-----%DM-----				
苜蓿（晚花期）	0.15	2.56	0.34	0.31	+431
猫尾草（晚期）	0.09	1.6	0.37	0.18	+233
玉米青贮	0.01	0.96	-	0.15	+157
玉米籽实	0.03	0.37	0.05	0.12	+19
燕麦	0.08	0.44	0.11	0.23	-27
大麦	0.03	0.47	0.18	0.17	-23
酒糟	0.10	0.18	0.08	0.46	-220
豆粕	0.03	1.98	0.08	0.37	+267
鱼粉	0.85	0.91	0.55	0.84	-77

通过饲料配方调整实现理想的日粮阴-阳离子平衡值通常是很困难的，而饲喂阴离子盐添加料则非常容易。阴离子盐主要包括氯化铵、硫酸铵、硫酸铝、硫酸镁和氯化钙等。阴离子盐的适口性差，通过与适口性好的酒精糟、糖蜜或热处理大豆粕等载体混合后制粒的方法，可以提高适口性，并防止分离。生产上经常使用的配比是 200g 阴离子盐与 454g 载体混合，这样的阴离子盐产品已经由一些商业公司生产出了定型产品，可以供养殖企业选用。

2.1.4 使用阴离子盐添加料的注意事项

- (1) 只喂给干奶后期或产前 21d 的经产奶牛；
- (2) 对所用各种饲料原料的矿物质（K、Na、Ca、S 和 Cl）含量应该了如指掌；
- (3) 日粮中硫含量应达到 0.4%；
- (4) 日粮中镁的含量控制在 0.4%；

(5) 日粮中氯含量不超过 0.8%。添加阴离子盐后日粮中无需再添加食盐，因为氯离子含量超过 0.8%会降低采食量；

(6) 日粮中非蛋白氮含量不要超过日粮总含氮量的 25%，或不超过可降解蛋白质含量的 70%；

(7) 把日粮中钙浓度提高到日粮干物质的 1%~1.2% (或每天每头 100~150g 钙)；

(8) 日粮中磷含量达到 0.4% (或每头每天 35~50g 磷的采食量)；

(9) 每周定时测定尿液 pH，以了解饲喂阴离子盐对干奶期奶牛体内酸碱平衡的影响情况。尿液 pH 的测定至少需要 5 头奶牛。使用 pH 试纸或 pH 计迅速测定新排出的尿液，如果尿液平均 pH 超过 6.7，表示所用的阴离子盐对奶牛酸碱平衡的影响不足以显著地提高产犊时的血钙浓度；如果尿液 pH 值为 6.0~6.5，而且 DM 采食量适中，说明日粮酸碱平衡适当，继续饲喂该阴离子盐。如果尿液 pH 低于 5.5，而且干物质采食量降低，应该减少阴离子盐的给量(表 4)；

表 4 日粮 CAD、尿液 pH 和奶牛代谢状态之间的关系

日粮 CAD	尿液 pH	酸碱平衡	产后奶牛血 Ca 平衡
正平衡	8.0~7.0	碱中毒	低血钙
负平衡	6.5~5.5	轻度代谢酸中毒	正常血钙
负平衡	<5.5	肾脏负荷过重	

(10) 一般不需要给初产母牛饲喂阴离子盐，因为低血钙在初产母牛的发生率比较低；

(11) 每天饲喂阴离子混合料至少 2 次；

(12) 最好的饲喂方法是把阴离子添加料和其他饲料混合制成全混合日粮。如果采用单独饲喂，一定要把阴离子添加料与 2.5~3.5kg 谷物或浓缩饲料混合后饲喂。

(13) 注意奶牛的饲料消耗情况。如果采食量大量减少，需要仔细检查饲喂方法。有时饲喂负 CAD 平衡的奶牛在产犊前采食量会稍低，但产犊后采食量会提高。由于负 CAD 日粮提高了血钙浓度，因此抵消了由于采食量降低所造成的负面影响。

2.1.5 饲喂阴离子添加剂的优点

(1) 在代谢紊乱发病率高的奶牛中，饲喂阴离子是减少产乳热、胎衣不下和真胃变位的主要防治措施。中国农业大学的试验结果表明，饲喂阴离子盐使胎

衣不下的发病率降低 31.2 个百分点；

(2) 即使是在管理条件好、产乳热和酮病发病率低的群体，减少亚急性低血钙也可以使一个泌乳期的产奶量从 230kg 增加到 450kg（提高 3.6%~7.3%）。中国农业大学动物科技学院最近的试验结果表明，产前饲喂阴离子盐使奶牛产后前 4 个泌乳月平均产奶量提高 3.8kg；

(3) 改善繁殖性能，使受胎率提高，空怀期缩短，配种次数减少；

(4) 减少治疗费用。美国的调查结果表明，每头患产乳热的奶牛每年平均治疗费用大约是 334 美元。而全美处理临床产后瘫痪的直接花费是每年 1 500 万美元，加上由于瘫痪引起的其他疾病，每年的花费超过 1.2 亿美元。使用阴离子盐可以大幅度减少这部分费用。