

Calf Notes.com

Calf Note 173 - 瘤胃酸中毒对犊牛消化的影响

引言

在之前的《犊牛笔记》（[第170、172期](#)）中，我提出了一个观点：在瘤胃发育过程中，亚急性瘤胃酸中毒（SARA）在幼龄犊牛中普遍存在，这一现象会降低纤维消化率，增加腹泻风险，并可能导致健康问题风险上升。我进一步指出，初级饲料的物理形态、原料选择以及排除粗饲料等因素可能导致SARA。

我收到一位同事的电子邮件，他提到了Porter等人发表的一篇文章，该论文以颗粒型与膨化型初级饲料的对比为例，在排除粗饲料干扰因素的情况下，探讨了SARA对消化率的影响。

因此，本期《犊牛笔记》旨在深入探讨Porter等人的研究，以确定日粮形态（颗粒饲料与粉状饲料）及纤维含量（低、高）对瘤胃发育和瘤胃酸中毒发生率的影响。

研究概述

该研究进行了两组重复试验。在第一组试验中，从当地拍卖场购入32头约3日龄的新生荷斯坦母犊。

犊牛到场后被安置在高架围栏中（未使用垫料），并喂食代乳粉。喂食量从到场时的272克/天（0.6磅）逐渐增加，从第12天起至断奶期间达到544克/天（1.2磅）。当犊牛连续4-5天日采食量达到约700克时进行断奶。

| 成分 | 低纤维 | 高纤维 |
|----------|------|------|
| 玉米及玉米芯粉 | 0.0 | 20.0 |
| 碎玉米 | 33.8 | 0.0 |
| 压碎燕麦 | 35.0 | 25.0 |
| 甜菜渣 | 0.0 | 16.0 |
| 啤酒糟 | 0.0 | 10.0 |
| 大豆粕（50%） | 20.7 | 18.0 |
| 糖蜜 | 7.0 | 7.0 |
| 其他原料 | 4.0 | 4.0 |

表1. 低纤维与高纤维初生牛饲料的配料组成。

配制了两种犊牛起始料（CS），分别含低纤维和高纤维（见表1）。每种饲料的一半制成颗粒，另一半作为粉料饲喂。因此，本研究中共有四种饲料。

初级饲料的营养成分见表2。需注意，尽管不同纤维日粮的原料相似，但营养成分存在一

定差异，这可能是制粒工艺的影响（例如，与粉状饲料相比，颗粒饲料的NDF含量更高）。此外，制粒还减小了每种饲料的颗粒尺寸（表2）。

犊牛的生产性能见表3。这些犊牛的生产性能中有几点值得注意。首先，在第5至第8周，喂食糊状日粮的犊牛摄入更多粗饲料，因此生长速度更快。需要特别指出的是，糊状日粮的颗粒尺寸大于颗粒日粮——这种日粮并非细磨粉状的起始料。

粉状日粮的平均颗粒尺寸为2,014微米，即长度约为2.0毫米。这一尺寸足以促进更早的反刍——

喂食粉状日粮的小牛在3.7周龄时就开始反刍，而喂食颗粒饲料的小牛则在6.0周龄时才开始反刍。

| 营养素 | LF-P | LF-M | HF-P | HF-M | CMR |
|---------------------|------|-------|-------|-------|------|
| 干物质，% | 89.6 | 89.5 | 89.7 | 87.9 | 94.8 |
| 粗蛋白，% | 22.8 | 24.5 | 24.4 | 20.7 | 25.9 |
| 粗脂肪，% | 2.9 | 3.1 | 2.7 | 2.4 | 19.3 |
| 灰分，% | 6.9 | 7.6 | 7.4 | 6.5 | 8.8 |
| NDF，% | 20.2 | 16.9 | 26.9 | 29.0 | |
| 中性洗涤纤维（ADF-N），% | 2.2 | 1.7 | 3.2 | 2.7 | |
| 代谢能，千大卡/千克 | 2.71 | 2.88 | 2.54 | 2.73 | |
| 平均粒径， μm | 741 | 2,122 | 1,036 | 1,906 | |

表 2. 低纤维（LF）和高纤维（HF）颗粒（P）及粉料（M）初级饲料的营养成分。

结果中第二个值得注意的点是犊牛的粪便评分。作者报告的粪便评分是指在为期8周的试验期间，犊牛出现稀便或半稀便的次数。与喂食低纤维粉状饲料或高纤维颗粒饲料的犊牛相比，喂食高纤维粉状饲料的犊牛出现稀便的情况更少。

接下来，请关注犊牛的平均日增重。在研究的前4周，犊牛日增重低于200克。利用平均日增重（ADG）计算整体生长情况，我们测算出犊牛（各处理组平均）在研究开始时体重为39.3千克（87磅），结束时为59.8千克（132磅）。

显然，犊牛的生长速度远低于“2月龄时体重达到出生体重两倍”的目标。导致日增重相对较低的原因可能包括：初乳状况（尽管未报告犊牛到场时的血清总蛋白水平）、运输应激（犊牛购自拍卖场）、浓缩物饲喂率较低，以及可能存在的瘤胃酸中毒。

作者并未报告研究中0至8周龄犊牛的采食效率（尽管他们报告了断奶后的效率），但我们可以利用各处理组的平均值计算增重与采食量比（G:F）。如果计算总体增重（日增重×56天），然后除以干物质采食量（粗饲料+浓缩饲料），即可得出这些犊牛的采食效率。

在0至8周期间，所有犊牛的平均增重与采食比（G:F）为0.318。这意味着每消耗1千克饲

料，犊牛增重318克。作为参考，其他研究者的报告显示，典型的增重与采食比通常高于每千克干物质采食量增重400克（Bateman等，Hill等，2007）。

| 项目 | LF-P | LF-M | HF-P | HF-M |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 小牛数量 | 8 | 7 | 8 | 9 |
| 初始体重 | 39.4 | 38.6 | 40.4 | 38.9 |
| 日增重, 千克 | | | | |
| 0-4 周 | 0.14 | 0.16 | 0.13 | 0.19 |
| 5-8 周 | 0.46 ^a | 0.59 ^b | 0.56 ^a | 0.59 ^b |
| 0-8 周 | 0.30 ^a | 0.38 ^b | 0.34 ^a | 0.44 ^b |
| CMR摄入量, 千克 | 9.5 | 9.9 | 10.6 | 9.0 |
| CS摄入量, 千克 | | | | |
| 0-4 周 | 8.1 | 9.4 | 9.3 | 11.1 |
| 5-8 周 | 38.3 ^a | 45.6 ^b | 39.5 ^a | 56.3 ^b |
| 0-8 周 | 46.4 ^a | 54.5 ^b | 48.8 ^a | 66.7 ^b |
| 断奶年龄, 天 | 27 | 27 | 29 | 27 |
| 粪便评分 | 4.3 ^{ab} | 6.6 ^b | 5.9 ^b | 1.7 ^a |

表 3.
 饲喂低纤维（LF）和高纤维（HF）颗粒（P）及粉料（M）初级饲料的犊牛生长性能。
^{a,b} 同一行中带有不同上标的平均值存在显著差异（ $P < 0.05$ ）。

另一方面，处于高度应激状态且被动免疫转移失败率较高的犊牛，其饲料利用效率较低；有报告指出，此类犊牛的增重低于每公斤干物质摄入量200克（Quigley和Wolfe，2003）。蛋白质质量也会影响增重与采食比（Quigley，2002），而消化率低的蛋白质会使该比值从>400克日增重/千克干物质摄入量降至<250克/千克。Lesmeister和Heinrichs（2004）报告称，喂食含不同碳水化合物来源的起始饲料的犊牛具有较高的增重与采食比（>450克日增重/千克干物质）。值得注意的是（），这些犊牛在出生后12小时内喂食了4升初乳，未进行运输，且单独饲养并与其他犊牛隔离。

| 项目 | LF | HF | P | M |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 消化率, % | | | | |
| 干物质 | 76.5 ^a | 71.1 ^b | 71.3 ^a | 76.3 ^b |
| 乙醚提取物 | 75.4 ^a | 67.9 ^b | 69.4 ^c | 73.9 ^d |
| 粗纤维 | 26.6 ^a | 37.0 ^b | 23.7 ^a | 38.9 ^b |
| 粗蛋白 | 79.7 ^c | 76.0 ^d | 77.5 | 78.2 |
| TDN | 74.5 ^a | 69.2 ^b | 69.5 ^a | 74.2 ^b |
| NDF | 46.1 | 45.4 | 39.7 ^a | 51.9 ^b |
| ME | 64.3 ^a | 60.4 ^b | 60.2 ^a | 64.5 ^b |
| 瘤胃, pH | 4.95 | 5.50 | 5.03 | 5.43 |
| 乳头长度, 厘米 | 2.9 | 3.5 | 2.9 | 3.5 |

表 4. 试验 2 中饲喂低纤维 (LF) 和高纤维 (HF) 颗粒 (P) 及粉料 (M) 起始饲料的犊牛的消化率和瘤胃参数。仅列出主效应。

^{a,b} 同一行中带有不同上标的数据存在显著差异 ($P < 0.01$)，^{c,d} 存在显著差异 ($P < 0.05$)。

在试验2中，公犊牛（n = 16）被饲养在代谢栏中，并在第7-8周测定了每种日粮的消化率。在为期8周的试验结束时，对犊牛进行宰杀并进行了瘤胃测定。

试验2中的犊牛采用与试验1相同的日粮及饲养管理方式，因此结果应适用于两组。

试验 2 的主要结果见表 4。首先要注意的是，纤维水平（LF 与 HF）对大多数营养物质的消化率具有显著且重大的影响。总体而言，喂食高纤维日粮的小牛对干物质、脂肪、蛋白质以及能量（TDN 和 ME）的消化率较低。

饲料形态也产生了影响——

与喂食颗粒饲料的犊牛相比，喂食粉状饲料的犊牛通常对干物质、纤维和能量的消化率更高。

那么，这些观察结果意味着什么？显然，与饲喂低纤维日粮（19% NDF）的犊牛相比，饲喂高纤维日粮（28% NDF）的犊牛营养物质消化率较低。

其中一个可能的原因（还有其他原因）是：当犊牛患有瘤胃酸中毒时，其在瘤胃中发酵纤维的能力会受损，从而导致消化率降低。此外，颗粒饲料的颗粒尺寸非常小，会更快地排出瘤胃，因此瘤胃细菌将有更少的时间来发酵碳水化合物以产生挥发性脂肪酸（VFA）。如表4所示，所有犊牛的瘤胃pH值均非常低——

在5.0或以下。显然，若假设幼龄牛瘤胃中的细菌对瘤胃pH值的敏感性与成年牛相同，则本实验中瘤胃发酵必然受到抑制。

因此，高纤维日粮（可能对瘤胃pH值下降更为敏感）在患有SARA的犊牛体内发酵效果可能较差。此外，压片日粮的通过速度会更快，从而加剧消化率的下降。

消化率的差异是否与瘤胃pH值存在某种关联？在两种情况下（高纤维与低纤维、颗粒饲料与粉状饲料），消化率均存在统计学差异，而瘤胃pH值无统计学差异，这表明饲料物理形态和纤维含量的差异与SARA无关。

另一方面，如果犊牛未患SARA，那么喂食高纤维和颗粒饲料的犊牛，其瘤胃发酵可能更充分，营养物质消化率也会有所提高。然而，这一理论尚需进一步研究来证实或证伪。

另一种解读这些数据的方法是将其与已发表的营养消化研究进行比较。在表5中，我总结了多项关于不同日粮下犊牛消化率的已发表研究。如您所见，相关研究数量众多，且结果差异显著。

不过总体而言，Porter等人的研究中部分平均值似乎低于平均水平，这可能表明该研究中的犊牛消化率低于“正常”条件下的预期水平。但要证实这一观察结果，仍需进行荟萃分析。

总结

Porter等人的数据表明，初级饲料的物理形态和纤维含量的差异会影响7-8周龄犊牛的消化。然而，本研究中的瘤胃pH值表明，所有犊牛在一天中的至少某个时段（即采样时）都患有急性瘤胃酸中毒（SARA）。观测到的pH值相当低，表明SARA是本研究中一个相当严重的问题。

在瘤胃 pH

值较低时，纤维消化会受阻；这可能导致消化地点从瘤胃转移到肠道，从而改变营养物质的利用率和动物的生产性能。高纤维和颗粒状的初级饲料可能会通过增加发酵速率（颗粒饲料）、降低瘤胃 pH 值以及增加瘤胃流出速率来加剧这一问题。

养殖户可通过以下措施提高高发酵性开胃料犊牛的消化效率：确保全天规律采食（即保证饲料随时供应）、提供充足的饮水、留出足够的食槽空间（若犊牛群养），并确保犊牛具备足够的被动免疫力以预防疾病，从而实现良好开局。

未来的《犊牛笔记》将评估饲料添加剂在减轻犊牛SARA影响方面的作用。

参考文献

Bateman, H. G., II, T. M. Hill, J. M. Aldrich, and R. L. Schlotterbeck. 2009.

玉米加工方式、颗粒大小及日粮形态对垫料栏中犊牛生产性能的影响。《乳业科学杂志》92:782 - 789.

- Cummins, K. A., J. E. Nocek 和 C. E. Polan. 1982.
不同氮降解性和物理形态日粮对犊牛生长及氮平衡的影响。《乳业科学杂志》65:773-783.
- 戈麦斯-阿拉孔 (Gomez-Alarcon), R. A.、C. 杜达斯 (Dudas) 和 J. T. 胡伯 (Huber)。1990。《米曲霉菌培养物对日粮成分瘤胃及全消化道消化率的影响》。《乳业科学杂志》73:703-710。
- 希尔, T. M., J. M. 奥尔德里奇, PAS, R. L. 施洛特贝克, 和 H. G. 贝特曼二世。2007。《犊牛代乳粉中的氨基酸、脂肪酸及脂肪来源》。《动物科学进展》23:401 - 408。
- 希尔, T. M., H. G. 贝特曼二世, J. M. 奥尔德里奇, 及 R. L. 施洛特贝克。2010。《代乳粉方案对奶牛犊营养物质消化的影响》。《乳业科学杂志》93:1105 - 1115。
- Khan, M. A., H. J. Lee、W. S. Lee、H. S. Kim、S. B. Kim、S. B. Park、K. S. Baek、J. K. Ha 和 Y. J. Choi。2008。《对荷斯坦犊牛瘤胃发育、营养物质消化率及氮利用的影响》。《乳业科学杂志》91:1140 - 1149。
- Khorasani, G. R., W. C. Saues, L. Ozimek³ 和 J. J. Kennelly. 1991.
幼龄反刍动物消化道中大豆粕和油菜籽粕蛋白质及氨基酸的消化情况。《动物科学杂志》1990. 68:3421-3428.
- Lesmeister K. E. 和 A. J. Heinrichs. 2004.
玉米加工方式对新生乳用犊牛生长特性、瘤胃发育及瘤胃参数的影响。《乳业科学杂志》87:3439 - 3450.
- Porter, J. C., R. G. Warner, 和 A. F. Kertz. 2007.
纤维含量及开胃料物理形态对未饲喂粗饲料的奶牛犊生长发育的影响。《专业动物科学》23:395 - 400.
- 奎格利三世, J. D. 2002.
喷雾干燥全蛋和生物素在犊牛代乳粉中的作用。《乳业科学杂志》85:198 - 203.
- 奎格利三世, J. D., 及 T. M. 沃尔夫。2003。《犊牛代乳粉中喷雾干燥动物血浆对奶牛犊健康与生长的影响》。《乳业科学杂志》86:586 - 592。

| | Porter | | | Khan | | | KHORASANI | | Gomez | | | Gomez | | | Gomez | | | | |
|--------|--------|------|-------------|--------|------|------|-----------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | LF | HF | Pellet Mash | Barley | Corn | Oats | Wheat | SBM | CM | L,C | LAO | H,C | H,AO | C | SC | A0 | C | A0 | |
| DM | 76.5 | 71.1 | 71.3 | 76.3 | 71.0 | 72.0 | 72.0 | 71.0 | 81.8 | 75.5 | 72.6 | 72.4 | 67.8 | 71.2 | 66.1 | 66.8 | 66.7 | 63.8 | 67.9 |
| CP | 79.7 | 76.0 | 77.5 | 78.2 | 75.0 | 76.0 | 75.0 | 76.0 | 73.7 | 66.1 | 67.9 | 69.9 | 74.4 | 73.5 | 69.5 | 72.3 | 71.8 | 74.1 | 76.1 |
| NDF | 46.1 | 45.4 | 39.7 | 51.9 | 43.0 | 41.0 | 42.0 | 40.0 | | | 50.2 | 54.8 | 66.8 | 67.3 | 47.5 | 51.3 | 50.2 | 39.6 | 47.0 |
| DE | 75.6 | 70.5 | 70.6 | 75.4 | 72.0 | 71.0 | 73.0 | 71.0 | | | | | | | | | | | |
| Starch | | | | | 89.0 | 89.0 | 87.0 | 87.0 | | | | | | | | | | | |
| NFE | 81.9 | 77.1 | 77.4 | 81.6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| TDN | 74.5 | 69.2 | 69.5 | 74.2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ADF | 33.8 | 38.3 | 28.8 | 43.2 | | | | | | | 34.1 | 38.5 | 52.1 | 51.9 | 18.0 | 32.2 | 32.8 | 21.3 | 30.0 |
| CF | 26.6 | 36.0 | 23.7 | 38.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| ME | 64.3 | 60.4 | 60.2 | 64.5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| EE | 75.4 | 67.9 | 69.4 | 73.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| OM | | | | | | | | | | | 74.6 | 74.2 | 74.7 | 72.9 | 67.1 | 69.5 | 69.2 | 66.0 | 69.3 |

| | Cummins | | | | | | | | | | Hill | | | Overall | | | |
|--------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|
| | 30GR | 30CH | 30CN | 45GR | 45CH | 45CN | 60GR | 60CH | 60CN | A | B | C | D | Avg | SD | Min | Max |
| DM | 69.5 | 61.4 | 84.8 | 61.4 | 58.7 | 83.2 | 58.7 | 74.3 | 81.5 | 75.6 | 78.3 | 78.7 | 67.3 | 71.3 | 4.3 | 63.8 | 81.8 |
| CP | 62.5 | 64.5 | 74.5 | 48.4 | 45.1 | 74.5 | 56.5 | 68.2 | 73.1 | 72.4 | 72.3 | 74.1 | 71.8 | 73.8 | 3.5 | 66.1 | 79.7 |
| NDF | | | | | | | | | | | | | | 48.5 | 8.4 | 39.6 | 67.3 |
| DE | | | | | | | | | | | | | | 72.4 | 2.1 | 70.5 | 75.6 |
| Starch | | | | | | | | | | | | | | 88.0 | 1.2 | 87.0 | 89.0 |
| NFE | | | | | | | | | | | | | | 79.5 | 2.6 | 77.1 | 81.9 |
| TDN | | | | | | | | | | | | | | 71.9 | 2.9 | 69.2 | 74.5 |
| ADF | | | | | | | | | | | | | | 35.0 | 10.1 | 18.0 | 52.1 |
| CF | | | | | | | | | | | | | | 31.3 | 7.3 | 23.7 | 38.9 |
| ME | | | | | | | | | | 70.3 | 75.4 | 76.3 | 75.4 | 62.4 | 2.4 | 60.2 | 64.5 |
| EE | | | | | | | | | | 77.4 | 78.3 | 78.7 | 68.0 | 71.7 | 3.6 | 67.9 | 75.4 |
| OM | | | | | | | | | | | | | | 70.8 | 3.3 | 66.0 | 74.7 |