

## 日粮中的维生素 A、D 和 E 的微调

Fine-tune rations with vitamins A, D and E

作者: Daniel Luchini

译自: Feedstuffs, March 12, 2007

译者: 史清河 张颖

目前饲养标准中推荐的许多维生素添加量均是基于几十年前的研究结果而定的，未考虑到今天的生产情况和应激。

奶牛日粮中维生素 A、D 和 E 的需要量值得再考虑一下。当 NRC（国家研究委员会）在 2001 年发表第七版奶牛营养需要量时，维生素 A 和 D 的推荐量仍是基于 20 世纪 50~70 年代的研究结果。对于维生素 E 来说，可能参照了一些新的研究成果。

过去的近几十年里奶牛生产性能、应激、奶牛遗传性能都明显提高。目前营养顾问通常推荐的添加量均高于 NRC 规定的水平。

因此，这就为精确评定当今商业化奶牛业中维生素的最佳使用量提供了机会。随着代乳粉的添加造成一些维生素过量饲喂。而在其他一些情况下，维生素却不能足量提供，例如处于过渡期奶牛的维生素 A 和泌乳期奶牛的维生素 D。

根据最近的研究发现，维生素 E 水平更值得关注。特别是纤维含量低和（或）游离多聚不饱和脂肪酸（PUFA）含量高的日粮更需注意，因为二者均能引起乳脂含量降低（MFD）。

### 维生素 A：生长期

正在生长的奶牛对维生素 A 的需要量已由 NRC1989 年版本推荐的 42 IU/kg 体重增加到 2001 年版本推荐的 80 IU/kg 体重。1989 年 NRC 版本上的维生素 A 推荐量是基于维持犊牛脑脊髓液压力低于 120mm 汞柱时所需的维生素 A 量而定的，而这些数据均来自 1954 年的试验结果。

然而，从事 1954 年试验的那些小组成员的其它结果以及在 1972 年其他试验人员进行的研究发现均表明，生长犊牛的维生素 A 需要量应在 60~100 IU/kg 体重之间。NRC 需要量已经增加了，但支撑这些需要量的研究仍是在 1954 年到 1972 年间进行的。

当用代乳粉饲喂犊牛时，用温水调制代乳粉，并按体重的 10-12% 进行饲喂。一头体重为 45kg 的犊牛每日饲喂 4.5-5.4kg 的代乳粉。代乳粉按干物质含量为 10-12% 调制。所以一头 45kg 的犊牛每日消耗 0.45-0.64kg 的代乳粉。

每千克商用代乳粉含有 20,000-80,000 IU 维生素 A，因此，45kg 犊牛每日消耗 9,000~50,000 IU 维生素 A。而按照目前的 NRC 推荐量，犊牛每日应摄入 3,500 IU 的维生素 A。

那么，维生素 A 是否被过量饲喂呢？如果真是过量饲喂的话，则可能扰乱其它脂溶性维生素的吸收。其中对维生素 E 吸收的影响特别重要。

Eicher 等 (1994) 给犊牛分别饲喂低 (分别是 7,000 IU/kg 和 11.2 IU/kg) 或高水平 (分别是 87,000 IU/kg 和 57 IU/kg) 的维生素 A 和维生素 E。他们发现, 高水平的维生素 A 并未影响血浆中的维生素 E。与采食低水平维生素 A 的犊牛相比, 采食高水平维生素 A 组犊牛的整齐度提高。

Nonnecke 等 (2001) 用每日不添加维生素 A 及分别添加 1,700、34,000 或 68,000 IU 维生素 A 的日粮对犊牛进行饲喂, 结果他们认为 NRC 中维生素 A 的推荐量偏低。

其他研究者 (Swanson 等, 2000) 用提高了维生素 A 浓度的代乳粉进行饲喂, 结果表明代乳粉应该含有 11,000 IU/kg 干物质的维生素 A。

#### 维生素 A: 成年动物

NRC 也将成年奶牛的维生素 A 需要量从 76 IU/kg 体重 (NRC, 1989) 增加到 110 IU/kg 体重。从本质上说, 1989 年 NRC 需要量的制定, 是根据 1959 年进行的一个 50 周泌乳和繁殖试验而得出的。40 周的泌乳试验期间奶牛的乳产量是 3,500kg。

目前 NRC 推荐的维生素 A 水平是基于给奶牛饲喂高比例精料日粮时, 由于维生素 A 在瘤胃中被破坏, 使得维生素 A (视黄酯) 生物利用率低于  $\beta$ -胡萝卜素生物利用率的 50% 来确定的。

由于研究发现  $\beta$ -胡萝卜素在瘤胃中的破坏, 所以维生素 A 的推荐量被增加了, 但是, 并未考虑到与过去 50 年相比, 当今奶牛乳产量的大量增加以及生产体系的变革。而当估测现代奶牛维生素 A 需要量时, 应该考虑乳产量的增加和生产体系的变化。

2001 年的 NRC 引用 Oldham 等 1991 年发表的一个研究结果, 在这个研究中采食 280 IU/kg 体重维生素 A 的泌乳早期奶牛与采食 75IU/kg 体重维生素 A 的奶牛相比, 乳产量由 35 增加到 40kg/天。这个研究表明高产奶牛对维生素 A 饲喂量的增加而作出相应的反应。

在最近的一个研究中, 产前采食 100 IU/kg 体重维生素 A 且产后采食 80 IU/kg 体重维生素 A 的奶牛在泌乳期的前 30 天的产奶量比未饲喂维生素 A 的奶牛增加 4kg (McDowell 等, 未发表结果)。如前所述, NRC 的推荐量是用每千克体重多少国际单位计算的, 而与奶牛产乳量的多少无关。

NRC 对干奶期奶牛有不同的维生素 A 推荐量标准。先前的 NRC 标准是 76 IU/kg 体重。因为干奶期奶牛采食的精料水平较低, 所以在新的 NRC 标准中估计干奶期奶牛的维生素 A 生物利用率应该比泌乳期奶牛的高。

2001 年的 NRC 标准规定干奶期奶牛维生素 A 需要量为 110 IU/kg 体重, 这是因为当对干奶期奶牛添加高于 1989 年 NRC 标准的维生素 A 推荐量时, 奶牛乳房健康改善, 泌乳量增加。

### 维生素 A: 过渡期

2001年的NRC标准认为过渡期是泌乳周期中最为至关重要的阶段。这意味着当过渡期奶牛免疫活性降低时,额外添加维生素A更有保证。

Michal等(1994)报道,在过渡期给奶牛补饲大约200 IU/kg体重维生素A可较未添加组降低胎衣不下和乳房炎的发生率。

Goff等(2002)报道,分娩后奶牛血浆中 $\beta$ -胡萝卜素和视黄醇水平显著下降,他推断这种下降可能与初乳和乳汁分泌有关。然而,切除乳腺并未完全抑制 $\beta$ -胡萝卜素水平的下降。因此,乳腺吸收并不是导致二者含量下降的唯一因素。

Akar和Gazioglu(2006)比较了患有胎衣不下的奶牛与健康奶牛的血清维生素A和 $\beta$ -胡萝卜素浓度。结果表明,患胎衣不下的奶牛在分娩后的第3、5和6周血清维生素A水平降低,而 $\beta$ -胡萝卜素水平在整个过渡期内均降低,且患胎衣不下组奶牛从产犊到第一次发情以及产犊到妊娠期的间隔延长。作者认为,患胎衣不下奶牛的繁殖性能如此之差与这些奶牛维生素A和 $\beta$ -胡萝卜素水平低有关的。

根据目前NRC对泌乳奶牛维生素A的推荐量,一头体重为680kg的奶牛每天将需要75,000 IU的维生素A。然而,在每天实际饲喂的过程中,普遍都饲喂120,000~150,000 IU的维生素A(Weiss, 1998)。因此认为维生素A通常都被过量饲喂。

然而,有关高产奶牛对维生素A的实际需要量,特别是处于过渡期时的维生素A需要量的研究是值得深入探讨的。

总之,NRC对犊牛和成年奶牛维生素A的推荐量都是基于30~50年前的研究数据而得出的。与先前的NRC版本相比,2001年的NRC增加了犊牛对维生素A的推荐量;然而,从不同研究小组的结果来看,这个推荐量仍偏低。不过,也不易判定在一些商用代乳粉配方中通常强化的高水平维生素A(例如,80,000 IU/kg干物质)是否合理。

考虑到维生素A较低的生物利用率,NRC也调整了成年奶牛的维生素A推荐量。然而,仍未考虑奶牛的乳产量差异。不过,在实际生产中,通常都按NRC推荐量的两倍进行添加。

根据Oldham(1991)和McDowell等(未发表结果)的研究结果,过渡期的奶牛对维生素A水平的增加产生相应的反应。实际上,在这个阶段进行一个定量试验可帮助确定维生素A是否添加到对奶牛产生有益影响的最佳水平。

### 维生素 D<sub>3</sub>

2001年和1989年的NRC对成年奶牛维生素D的推荐量是相同的,均为30 IU/kg体重。那么,一头体重为650kg的奶牛每天将需要19,500 IU的维生素D。NRC承认这个量是超过用以维持血浆中正常的25-羟基维生素D浓度(20~50mg/ml血浆)的需要量(Horst等,1994)。

NRC认为，浓度低于5ng/ml视为维生素D缺乏，而浓度在200~300ng/ml则视为中毒。

非常有趣的是一些研究者报道，饲喂高剂量的维生素D可对奶牛产生有益影响。Ward等（1971）报道，每周饲喂300,000 IU维生素D<sub>3</sub>（每日喂43,000IU）的奶牛比未补饲维生素D的奶牛发情提前16天。

其他的研究者（Hibbs和Conrad，1983）对一些研究结果进行了概括，并总结认为饲喂50~70 IU/kg体重维生素D<sub>3</sub>的奶牛比未饲喂维生素D<sub>3</sub>的奶牛或饲喂超过120 IU/kg体重的奶牛产乳量均高。后者（例如每日饲喂80,000IU）可能被认为是维生素D中毒。

从有限的研究结果来看，目前NRC对高产奶牛维生素D的推荐量似乎介于不使维生素D含量处于缺乏的状态，但也不能保证此推荐量对高产奶牛最佳。

在一篇综述中，Weiss认为，在实际生产中添加目前NRC推荐量的1.8~2倍时有潜力增加乳产量和提高繁殖性能。

与确定维生素A推荐量一样，NRC对维生素D的推荐量是基于少数且过时的数据而定的。实际上，饲喂两倍NRC推荐量的维生素D最能满足高产奶牛的需要。不幸的是NRC并不是根据更科学的数据而确定的。

#### 维生素E

当1989年NRC将维生素E需要量确定为15IU/kg干物质采食量时，并未指出是根据什么数据而确定的。想必以此水平饲喂维生素E应该可防止典型性维生素E缺乏症状的出现。

2001年的NRC根据维生素E可促进健康、增强免疫功能，减少乳房炎和繁殖紊乱的发生而增加了维生素E的推荐量。考虑到典型的饲料采食量和维生素E在饲料原料的平均含量，对干奶期奶牛应该按照1.6 IU/kg体重（大约每天1,000 IU）添加，对泌乳期奶牛应该按0.8 IU/kg体重（大约每天500IU）添加。

NRC认可在不同的条件下，维生素E需要量可能需要一些调整。当饲喂新鲜饲草时，需要添加的维生素E量会减少。而当日粮饲草含量较低时，则需要增加维生素E的添加量。在高应激状态或免疫受到抑制或日粮中含有保护性游离多聚不饱和脂肪酸来源物质时，则维生素E添加量可能需要增加。

在Blair（2006）的综述中，讨论了维生素E的一些基本功能。

#### 维生素E对乳脂率下降的影响

一些研究者发现通过饲喂高水平的维生素E可减弱乳脂率下降的发生。Charmley和Nicholson（1994）每日给奶牛饲喂8,000 IU维生素E，消除了由于饲喂微粉化大豆引起的乳脂率下降。

Focant等（1998）设计一个研究来评价饲喂高水平游离多聚不饱和脂肪酸的奶牛其乳脂对氧化的敏感性。同时也对饲喂推荐量（500 IU/天）或高于推荐剂量维生素E（10,000 IU/天）对抑制乳中游离多聚不饱和脂肪酸氧化的影响进行

评价。结果表明，添加高水平的维生素E可阻止乳脂的氧化以及乳脂率下降的发生（见表）。

**表1 维生素E对抑制乳脂率下降的影响**

资料来源	处理1	处理2	处理3
Focant等	对照(300IU)	籽(350IU)	油籽(10,000IU)
乳产量, kg/天	30.3 <sup>b</sup>	32.4 <sup>a</sup>	31.8 <sup>ab</sup>
乳脂率, %	3.65 <sup>a</sup>	2.98 <sup>b</sup>	3.48 <sup>a</sup>
Kay等	对照TMR(500IU)	维生素TMR(10,000IU)	牧草(1,500IU)
乳产量, kg/天	18.9 <sup>a</sup>	19.8 <sup>a</sup>	12.5 <sup>b</sup>
乳脂率, %	3.81 <sup>b</sup>	4.04 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>
Pottier等	亚麻籽(500IU)	亚麻籽(12,000IU)	
乳产量, kg/天	27.4	26.3	
乳脂率, %	3.29 <sup>b</sup>	3.88 <sup>a</sup>	

节选自Focant等（1998）、Kay等（2005）和Pottier等（2006）。

同行内不同的上标<sup>a,b</sup>代表显著性不同（P<0.05）

然而，Weiss和Wyatt（2003）报道，饲喂高剂量的维生素E对乳组成无影响。作者用对照日粮或在含有600g牛脂或600g从炒大豆中提取的大豆油的对照日粮中每日分别添加500、2,100或4,500 IU维生素E，均未发现维生素E对乳产量或其组成有影响。

Kay等（2005）假设，采食牧草的奶牛其 $\alpha$ -生育酚含量较高，可通过改变日粮中游离多聚不饱和脂肪酸在瘤胃的生物羟化，将生成反10-顺12共轭亚油酸的过程转变为生成顺9-反11共轭亚油酸的过程来阻止乳脂率下降的发生。采食牧草的奶牛含有高含量的顺9-反11共轭亚油酸，而不存在反10-顺12共轭亚油酸。众所周知，反10-顺12共轭亚油酸的异构体可引起乳脂率下降。

Kay等用全混合日粮给奶牛每日补饲500IU或10,000 IU（估测值） $\alpha$ -生育酚，并与通过采食牧草每日补饲1,500 IU  $\alpha$ -生育酚（估测值）的奶牛进行对比。结果与对照组相比，采食含高水平维生素E的全混合日粮的奶牛乳脂率较高（见表）。血浆中顺9-反11共轭亚油酸水平有增加的趋势，而反10-顺12共轭亚油酸浓度从数字上降低了，说明采食高水平维生素E的奶牛其瘤胃生物羟化反应的变化。

作者推测饲喂高剂量的维生素E可能改变了瘤胃的微生物菌群，从而改变了游离多聚不饱和脂肪酸生物羟化的最终产物。

Bell等（2006）发表了通过日粮调控来增加乳中共轭亚油酸浓度的研究结果。用含有高比例的红花籽油、亚麻籽油、莫能霉素和维生素E的日粮来饲喂奶牛。之所以选择这些油类是因为它们中含有高浓度的18:2和18:3脂肪酸。而选择莫能霉素和维生素E是因为二者对瘤胃生物羟化反应有潜在影响。

在六个处理中，三个处理添加 150 IU 的维生素 E，三个处理添加 3,000 IU 的维生素 E。其中在每日加入 1.1kg 的红花籽油或亚麻籽油的日粮中添加 3,000 IU 维生素 E 可阻止乳脂率下降的发生。

在最近的杂志上，Pottier 等（2006）报道了有关补饲 500 或 12,000 IU 维生素 E 对采食易发生乳脂率下降现象（这种日粮纤维含量低而游离多聚不饱和脂肪酸含量高）日粮的奶牛的影响。结果采食高剂量的维生素 E 组奶牛的乳脂率增加 18%，乳产量增加 16%（见表）。

## 结论

目前对维生素 A 和维生素 D 的添加推荐量都是基于几十年前的研究结果而定的。这些推荐量并未考虑到当今的生产条件和奶牛的应激程度。为了修正一些谬论，饲料行业及营养顾问一般都推荐使用高于 NRC 推荐的剂量。

这为精确评定当今奶牛需要的最佳维生素水平提供了一种机会，也是当前一种需要。而且，在一些情况下（一些代乳粉配方），一些维生素可能被过量饲喂。有机会在过渡期提高奶牛日粮维生素 A 添加水平，而在泌乳期提高奶牛日粮维生素 D 添加水平。维生素 E 推荐量是基于一些目前研究结果而定的。但是，最近的研究发现值得再仔细考虑一下，尤其对那些易于引起乳脂率下降的日粮（例如日粮中纤维含量低和 / 或游离多聚不饱和脂肪酸含量高）更需慎重考虑。

Weiss（1998）在综述中指出，NRC 用于确定维生素需要量的那些基本信息都是基于过时的研究结果而确定的，有一些结果甚至是 50 年前总结出来的。特别是确定维生素 A 需要量时更是如此。这个综述现在可能更中肯，因为作者参与了 1989 年 NRC 标准的修订。遗憾的是，2001 年 NRC 中的许多维生素推荐量还是参考那些相同的研究结果而确定的。

在奶牛生产水平和遗传潜力提高的今天，的确非常需要估测最佳的维生素推荐量。