

## 牛营养代谢疾病病因分析及与防治策略

谢若维<sup>1,2,3</sup>, 于翔宇<sup>2</sup>, 符秋菊<sup>1</sup>, 张瑞<sup>1</sup>, 杨竞婷<sup>1</sup>, 王穗<sup>1</sup>, 周临<sup>1</sup>, 林涛<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 乐山师范学院 乐山四川

<sup>2</sup> 沈阳海关技术中心 沈阳辽宁

<sup>3</sup> 北京挑战科技发展有限公司 北京

**【摘要】**本文系统阐述了牛营养代谢疾病的分类、病因、临床症状、诊断及综合防治策略。该类疾病主要分为能量代谢障碍、矿物质代谢障碍、维生素代谢障碍和蛋白质代谢障碍四类。文章结合典型病例（如酮病、低镁血症、维生素 A 缺乏症、蛋白质缺乏症等），分析其发病机制与临床表现，并介绍临床观察、实验室检测、饲料分析、治疗性诊断及剖检等诊断方法。防治措施强调科学配饲、精准营养、环境与应激管理及健康监测，同时指出当前防治中存在的难点（如亚临床病例识别困难、多病并发、养殖户意识薄弱等），并提出相应对策。未来研究应借助组学技术、新型饲料添加剂和智能化手段，推动牛代谢病防治向精准化、高效化方向发展。

**【关键词】**牛营养代谢疾病；能量负平衡；临床症状；诊断方法；综合防治

**【基金项目】**2025 年四川林业草原竹纤维营养创新开发工程技术研究中心开放课题（PETC202504）；乐山师范学院高层次人才引进科研启动项目（RC2024026）

**【收稿日期】**2025 年 10 月 18 日 **【出刊日期】**2025 年 11 月 27 日 **【DOI】**10.12208/j.jafs.20250019

### Etiology of nutritional metabolic diseases in cattle

Ruowei Xie<sup>1,2,3</sup>, Xiangyu Yu<sup>2</sup>, Qiuju Fu<sup>1</sup>, Rui Zhang<sup>1</sup>, Jingting Yang<sup>1</sup>, Sui Wang<sup>1</sup>, Lin Zhou<sup>1</sup>, Tao Lin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Leshan Normal University, Leshan, Sichuan

<sup>2</sup>Shenyang Customs Technology Center, Liaoning, Shenyang

<sup>3</sup>Beijing Challenge Technology Development Co., Ltd., Beijing

**【Abstract】** This paper systematically elaborates on the classification, etiology, clinical symptoms, diagnostic methods, and comprehensive prevention strategies of bovine nutritional metabolic diseases. These disorders are primarily categorized into four types: energy metabolism disorders, mineral metabolism disorders, vitamin metabolism disorders, and protein metabolism disorders. Typical cases such as ketosis, hypomagnesemia, vitamin A deficiency, and protein deficiency are discussed, analyzing their pathogenesis and clinical manifestations. Diagnostic approaches include clinical observation, laboratory testing, feed analysis, therapeutic diagnosis, and necropsy. Prevention and control measures emphasize scientific feed formulation, precision nutrition, environmental and stress management, and health monitoring. Current challenges in disease control are also addressed, including difficulties in identifying subclinical cases, disease comorbidities, and limited awareness among farmers. Future research should leverage omics technologies, novel feed additives, and intelligent monitoring systems to advance the prevention and treatment of bovine metabolic diseases towards greater precision and efficiency.

**【Keywords】** Bovine nutritional metabolic diseases; Negative energy balance; Clinical symptoms; Diagnostic methods; Integrated prevention and control

第一作者简介：谢若维（1990-）男，辽宁省锦州人，硕士，北京挑战科技发展有限公司动物营养师，主要从事饲料营养配方制定调整工作，长期服务一线具有丰富的一线养殖经验；

\*通讯作者：林涛

牛营养代谢疾病是规模化养殖中常见的健康问题之一, 其发生与日粮营养不平衡、饲养管理不善及环境应激等因素密切相关。这类疾病不仅影响着牛的健康, 导致其生产性能下降, 还会引发继发感染, 造成严重的经济损失。随着畜牧业集约化程度的提高, 营养代谢性疾病日益突出, 尤其是亚临床型病例易被忽视, 对牛群健康构成潜在威胁。因此, 系统的了解牛营养代谢疾病的类型、病因、临床表现与诊断方法, 并采取综合防治措施, 对保障牛群健康、提升养殖效益具有重要意义。本文旨在综述牛常见营养代谢疾病的分类、病因、症状、诊断与防治策略, 为临床实践和牧场管理提供一些科学参考。

## 1 牛营养代谢疾病的常见类型及病因

### 1.1 能量代谢障碍性疾病

能量代谢障碍性疾病的发生, 主要源于饲料中能量物质的供应匮乏。当机体从饲料中摄入的能量不足时, 便会启动体内贮存脂肪的分解机制, 进而导致能量呈现负平衡状态。典型疾病包括牛酮病和低血糖症<sup>[1]</sup>。

牛酮病常见于高产泌乳奶牛, 多发生于产后数周, 主要因能量代谢失衡所致。其核心原因是围产期能量负平衡<sup>[2]</sup>。与日粮中精料比例过高(超过30%)、碳水化合物摄入不足等因素相关, 导致脂肪过度分解和酮体蓄积。临床表现为食欲减退、反刍停止和产奶量下降, 神经型病例可出现视力障碍或强迫性运动。亚临床型可通过血酮检测( $>1720\mu\text{mol/L}$ )识别。病牛往往拒食精料, 仅采食少量粗饲料, 有时异食, 尿液浅黄、泡沫增多, 乳汁呈初乳样并带泡沫, 肝区叩诊浊音区扩大。公牛表现为消瘦, 母牛则出现泌乳减少和发情延迟, 尿酮阳性可确诊。

低血糖症常见于1周龄内的犊牛和羔羊, 尤其多见于1-4日龄。诱因包括母畜无乳或拒绝哺乳(如因乳腺炎、子宫炎-乳腺炎-无乳综合征、链球菌感染或神经疾病等), 或仔畜因发育不良、疾病(如大肠杆菌败血症、传染性胃肠炎或脑积水等)导致吃乳不足。寒冷刺激可加剧糖原耗竭。发病初期表现为精神沉郁、吮乳减少, 随后出现运动失调、水肿、卧地不起、尖叫、抽搐、体温降低等症状, 死亡率高。根据未进食史、日龄、低血糖表现以及对葡萄糖治疗的反应可初步诊断, 确诊需检测血糖显著降低、非蛋白氮和尿素氮升高, 剖检可见胃内无乳、脱水

及水肿。应与病毒性脑炎、伪狂犬病等鉴别<sup>[3]</sup>。

### 1.2 矿物质代谢障碍性疾病

常见于饲料中矿物质含量不足、比例不当或辅助吸收物质(如维生素D)缺乏, 涉及钙、磷、镁、碘等元素。典型疾病包括佝偻病与骨软症、低镁血症和碘缺乏症。

佝偻病(犊牛)和骨软症(成年牛)因维生素D缺乏或钙、磷比例不当引起, 表现为骨骼矿化不良、骨质疏松、骨骼变形与纤维化<sup>[4]</sup>。

低镁血症(青草抽搐)因日粮镁摄入不足或吸收障碍导致血镁浓度降低。临床症状包括突然发作的惊厥、吼叫、敏感、狂奔、步态不稳、瘫痪等。血清镁浓度低于 $0.4-0.5\text{mmol/L}$ (正常值为 $0.5-0.75\text{mmol/L}$ )可确诊<sup>[5]</sup>。

碘缺乏症<sup>[6]</sup>因长期摄入缺碘饲草或水源所致, 或在生长期、妊娠和泌乳期需碘量增加时供应不足。某些饲料(如白三叶草、卷心白菜)也可干扰碘吸收。犊牛表现为虚弱、骨骼发育不良、站立困难, 成年牛则出现甲状腺肿大、皮肤角化、被毛不良、繁殖障碍及胎衣不下。

### 1.3 维生素代谢障碍性疾病

因饲料中维生素含量不足、贮存损失(如维生素A氧化)或机体吸收障碍引起, 如维生素A缺乏症和维生素E-硒缺乏综合征。

维生素A缺乏症多见于冬季或青绿饲料缺乏时期, 与饲料贮存不当或种类单一有关。病牛早期出现夜盲, 后期发生角膜干燥、混浊与视力下降。犊牛可有发育迟缓、神经症状; 成年牛繁殖障碍明显, 易流产、死胎或屡配不孕, 并伴免疫力下降。骨骼发育异常如头骨变形、脊髓狭窄亦常见, 育肥牛可出现前躯水肿与跛行。防治需加强青绿饲料或维生素A补充, 治疗可采用维生素A注射或鱼肝油口服。

维生素E-硒缺乏综合征主要表现为肌营养不良(白肌病)和免疫功能下降。维生素E与硒协同发挥抗氧化作用, 缺乏时导致细胞膜脂质过氧化, 引发心肌和骨骼肌变性, 犊牛猝死率增高<sup>[7]</sup>。

### 1.4 蛋白质代谢障碍性疾病

蛋白质缺乏症多因日粮蛋白质不足、品质差(缺乏必需氨基酸或氨基酸不平衡)引起, 主要症状表现为犊牛生长迟缓(日增重下降30%以上), 成年牛产奶量和繁殖力下降(受胎率可低于40%), 免疫力也随之减弱。而氨中毒常因突然摄入过量高蛋

白饲料或尿素使用不当导致瘤胃中微生物分解蛋白质产生过量氨, 超出肝脏解毒能力, 引起高血氨症, 表现为肌肉震颤、惊厥、碱中毒等, 死亡率可达 60%。

## 2 牛营养代谢疾病的临床症状

营养代谢疾病的发生与发展往往是一个渐进的过程, 其临床表现复杂多样。

### 2.1 共性症状

营养代谢疾病虽因缺乏的营养物质不同而表现各异, 但通常首先会表现出一些非特异的全身性症状, 警示机体代谢已出现紊乱。大多数病牛初期表现为精神沉郁、反应迟钝、离群独处。但也有部分疾病(如低镁血症)会表现为兴奋不安、敏感, 甚至攻击性行为。普遍出现被毛粗乱无光、皮肤干燥弹性差、进行性消瘦、贫血等症状; 食欲减退或废绝, 异食癖(如舔墙、啃土、食粪)是矿物质缺乏的一个显著共性提示。产奶量急剧或逐渐下降是泌乳牛的核心表现; 生长迟缓、日增重显著降低则多见于犊牛和青年牛。不同营养代谢病几乎都出现发情延迟、不发情、安静发情、受胎率低等症状, 甚至流产、死胎、胎衣不下、产后犊牛虚弱或畸形等。

### 2.2 特异性症状

#### 2.2.1 能量代谢障碍

酮病: 呼出气体、乳汁、尿液中有特殊的烂苹果味(丙酮味); 神经症状型可见盲目徘徊、圆圈运动、舔食异物、过度流涎、震颤等。

低血糖症(犊牛): 体温偏低(低于 37°C), 全身或局部性水肿, 阵发性神经症状(如尖叫、抽搐、角弓反张、游泳样划动), 昏迷。

#### 2.2.2 矿物质代谢障碍

骨软症/佝偻病: 跛行、骨骼变形(如颌骨肿胀、脊柱弯曲、尾椎变软)、关节肿大、蹄壳变形、弓背站立、不明原因的骨折。常见病牛呈“穿拖鞋”状(两前肢蹄尖翘起)站立姿势<sup>[3]</sup>。

低镁血症(青草搐搦): 急性型表现为突然发作的强直性一阵发性肌肉痉挛、角弓反张、牙关紧闭、心动过速、惊厥, 如不及时治疗可在短时间内死亡。亚急性型表现为步态强拘、跌倒、头颈高抬、震颤。

碘缺乏症: 甲状腺肿大(可见于颈静脉沟处), 所产犊牛先天性畸形, 脱毛, 皮肤增厚。

#### 2.2.3 维生素代谢障碍

维生素 A 缺乏症: 夜盲症(黄昏时碰撞物体)、角膜干燥、浑浊, 甚至软化穿孔(干眼病)。犊牛可

出现脑积水、颅内压升高所致的神经症状(如惊厥、共济失调)。成年牛流产、产弱犊。

维生素 E/硒缺乏症: 主要侵害犊牛, 表现为白肌病(心肌和骨骼肌变性)。急性型常无先兆突然死亡; 亚急性型表现为肌肉无力、僵硬、跛行、站立困难、呼吸困难(膈肌受累)、心脏衰竭<sup>[8]</sup>。

#### 2.2.4 蛋白质代谢障碍

蛋白质缺乏症: 严重消瘦(尽管采食尚可)、生长发育停滞、低蛋白性水肿(下颌、胸腹下水肿)、贫血、免疫力极度低下(易继发感染)。

氨中毒(尿素中毒): 急性发作, 大量流涎、瘤胃臌气、肌肉震颤、步态蹒跚、强直性痉挛、呼吸困难, 常在数小时内死亡。

## 3 诊断方法

### 3.1 临床观察与病史调查

详细记录上述共性及特异性症状。了解牛群的整体状况, 包括日粮组成(精粗比例、有无补充添加剂)、饲养管理(是否突然更换饲料)、生产阶段(是否处于围产期或泌乳高峰)、发病率、既往病史等。这是一切诊断的起点<sup>[9]</sup>。

### 3.2 实验室检测

这是确诊最关键的依据。通过采集血液、尿液、乳汁等样本进行生化分析。

能量代谢方面, 检测血糖、血酮( $\beta$ -羟丁酸)、游离脂肪酸(NEFA)水平等<sup>[10]</sup>。

矿物质代谢方面, 检测血钙、血磷、血镁、碱性磷酸酶(ALP)等指标。

维生素及微量元素方面, 检测血清维生素 A、E 水平, 血硒、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性, 甲状腺激素(T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>)水平等。

蛋白质代谢方面, 检测血清总蛋白、白蛋白、尿素氮等。

### 3.3 饲料成分分析

采集具有代表性的饲料样品, 送至专业实验室进行营养成分分析, 检测能量、蛋白质、矿物质(钙、磷、镁等)、维生素等的实际含量。将分析结果与牛只不同生理阶段的营养需要量标准进行比对, 追溯营养失衡的源头, 是制定根本性防治方案的基础。

### 3.4 治疗性诊断

对于疑似某种缺乏症的病例, 在初步判断后, 可针对性补充所缺乏的营养物质(如注射钙剂、镁剂、维生素 A 等)。若病畜在补充后病情迅速好转,

则可反证诊断的正确性。

### 3.5 剖检与组织学检查

对于死亡牛只, 剖检可见特征性病变, 如白肌病患犊的肌肉苍白色条纹、肝脂肪变性等。采集组织样本(如肝、肾、心肌、骨骼肌)进行病理学检查和微量元素分析, 可为诊断提供最终依据。

## 4 防治难点与治疗方法

### 4.1 防治难点

#### 4.1.1 早期症状不明显, 易被忽视

许多营养代谢性疾病, 特别是亚临床型病例, 往往没有明显的临床症状, 使得早期诊断困难。如亚临床酮病、亚临床低钙血症发病率往往是临床型病例的几倍甚至十几倍, 但是患亚临床生产疾病的病牛大都不表现明显的临床症状, 使得该类疾病的临床诊断很困难<sup>[11]</sup>。

亚临床酮病是围产期奶牛常见代谢疾病, 因血液中  $\beta$ -羟丁酸升高但无明显临床症状而容易被忽视, 却会导致产奶量下降、繁殖性能受损等问题。同样, 亚临床低钙血症也常常被忽视, 直到出现继发证(如胎衣不下、真胃变位)时才被发现。

#### 4.1.2 多种营养代谢障碍可能并发, 诊断复杂

围产期奶牛常常同时发生多种代谢疾病, 如酮病常与脂肪肝并发, 低钙血症也可能与酮病同时存在。这些疾病相互影响, 形成恶性循环, 使得诊断和治疗更加复杂。研究表明, 能量代谢障碍性疾病(酮病、脂肪肝、产后乏情和真胃变位)之间存在密切联系, 往往共同发生。这些疾病的共同基础是能量负平衡(NEB), 但表现形式各异, 涉及多种代谢途径的紊乱, 增加了诊断和治疗的难度。

#### 4.1.3 小规模养殖户营养管理意识薄弱

在我国部分地区牛饲养的规模较小、属于粗放型饲养方式, 使养殖户的养殖技术较为薄弱, 导致牛在生长过程中会出现一系列营养代谢性疾病<sup>[12]</sup>。许多养殖户缺乏科学的营养管理知识, 忽视营养平衡的重要性, 追求高产而忽视牛只的健康, 导致营养代谢疾病高发。同时也缺乏必要的检测设备和技术支撑, 无法及时监测牛群的营养状况和早期发现代谢疾病。

## 4.2 治疗方法

### 4.2.1 补充缺乏的营养物质

治疗营养代谢疾病的直接方法是补充所缺乏的营养物质。如酮病注射葡萄糖、钙缺乏症静脉补钙

等。对于酮病奶牛, 补充葡萄糖前体物(如丙酸钙)可促进糖异生, 缓解能量负平衡状态。对低钙血症奶牛, 静脉注射钙制剂可迅速恢复血钙水平, 缓解临床症状。

### 4.2.2 对症治疗

对症治疗是针对动物表现的不同症状采取相应的药物治疗。不同类型的代谢疾病有针对性的对症治疗, 如对于亚急性瘤胃酸中毒(SARA), 需使用缓冲剂中和瘤胃酸度; 对于真胃变位, 则需要手术复位; 对于胎衣不下引起的子宫感染, 需及时排除胎衣并进行子宫冲洗。

### 4.2.3 调整饲料配方

调整饲料配方是纠正营养失衡, 逐步恢复机体代谢功能的长远之策。应根据诊断结果, 针对性地调整日粮组成, 弥补营养缺陷, 避免营养过剩。例如, 对于易发酮病的牛群, 应提高日粮中易消化碳水化合物化合物的比例; 对于易发脂肪肝的牛群, 应控制能量摄入, 增加优质蛋白供应。

## 5 牛营养代谢疾病的综合防治措施

### 5.1 科学配制饲料, 推广精准营养技术

科学配制饲料是预防牛营养代谢疾病的基础。应根据畜禽的种类、用途和生理的不同阶段, 合理搭配饲料日粮中的数量和质量, 充分考虑机体的生理需要, 又要注意营养物质之间的平衡, 包括公畜配种期、母畜妊娠期和泌乳期、幼畜生长期等情况下的特殊需求<sup>[13]</sup>。如高产奶牛产后需重点调控能量的摄入, 避免因泌乳启动导致能量负平衡引发酮病。建议产后逐步增加精料比例, 并添加过瘤营养素(如过瘤胃胆碱、烟酸), 确保小肠靶向吸收。

精准的营养配比直接决定着动物健康与产量效益<sup>[14]</sup>。全混合日粮 TMR 技术在规模化肉牛生产过程中, 与传统精粗分饲的饲喂方式相比, 避免了动物挑食、摄入营养不平衡的缺点, 有助于维持稳定的瘤胃内环境, 减少消化与代谢疾病的发生<sup>[15]</sup>; 把揉碎的粗料、精料和各种添加剂充分混合改善了饲料的适口性, 提高了干物质采食量和消化率<sup>[16]</sup>。此外, 研究发现饲喂中可合理的添加一些功能性添加剂, 在围产期奶牛日粮中添加功能性添加剂如杨梅素混合颗粒(包含杨梅素、植物甾醇、大豆异黄酮等)可显著降低酮病和脂肪肝的发病率。例如添加杨梅素混合颗粒的试验组奶牛酮病发病率比对照组降低了 33%, 患脂肪肝的风险降低 22%, 经济损失

分别减少 80.6-120.9 元/头<sup>[17]</sup>。柚皮苷提取物在调控围产期奶牛能量代谢方面也显示出良好效果<sup>[18]</sup>。

## 5.2 环境与应激管理

冷热应激会显著影响牛的采食量和代谢功能。高温时, 用于散热的能量增加, 采食量下降, 营养摄入不足, 同时代谢紊乱, 易发生酸中毒等疾病。低温时, 牛为维持体温, 能量消耗增多, 若饲料能量供应不足, 会导致体脂过度动员, 引发代谢问题。群体密度过高会使牛产生应激, 影响采食和休息, 降低免疫力, 增加了疾病的易感性。合理控制牛舍温度(5~21℃)、湿度(≤85%), 保持适宜的群体密度(每头母牛 12~15 平方米, 犊牛 2~4 平方米), 可减少应激对牛营养代谢的负面影响<sup>[19]</sup>。

## 5.3 建立牛群健康档案, 实现动态监测

建立牛群健康档案, 实现动态监测是预防牛营养代谢疾病的有效手段。通过记录每头牛的生理状态、生产性能、健康状况和营养摄入量, 可以及时发现潜在问题, 采取预防措施。健康档案应包括基础信息(品种、年龄、胎次)、生产记录(产奶量、乳成分)、繁殖记录(配种时间、产犊时间)、健康记录(疾病发生情况、治疗记录)和营养状况(体况评分、血液生化指标)。通过这些记录的动态分析, 可以早期发现营养代谢疾病的迹象, 及时调整饲养管理方案。

智能化监测技术的发展为实现动态监测提供了便利。目前, 国内外主要通过传感器等信息采集传输设备对奶牛的直肠温度、活动量、产奶量等指标进行监测, 并借助健康指数和体况评分等手段建立奶牛健康预警系统<sup>[20]</sup>。对牛群进行营养指标检测(如血清矿物质水平、酮体含量), 能及时发现潜在问题。对于酮病, 监测血液或乳汁中的  $\beta$ -羟丁酸(BHBA)水平是最可靠的诊断方法。临床提出酮病诊断的“金标准”: BHBA > 1.2 mmol/L, 葡萄糖 < 2.5 mmol/L<sup>[21]</sup>。对于脂肪肝的监测, 血液生化指标如非酯化脂肪酸(NEFA)、BHBA、葡萄糖等能量代谢指标, 白蛋白、总蛋白、VLDL 等蛋白代谢指标, 以及 GGT、AST、SDH 等肝机能指标都可用于定期监测。如 Bolus 传感器主要用于检测瘤胃温度和 pH 值变化, 指示动物生理状态变化, 有助于及时发现异常行为、发情周期和感染, 除瘤胃温度和 pH 值外, 还可在血液、尿液、粪便或牛奶中检测瘤胃酸中毒或亚急性瘤胃酸中毒的各种标记物<sup>[22]</sup>。

## 5.4 加强养殖人员培训, 普及营养代谢病识别知识

应通过技术培训、现场指导等方式, 提高养殖人员对营养代谢疾病的认识, 帮助他们掌握基本的预防和识别方法。培训内容应包括: 常见营养代谢疾病的危害、早期症状识别、基本预防措施和简单治疗方法。特别是要提高养殖户对亚临床型代谢疾病的重视, 因为这类疾病虽然没有明显临床症状, 但仍会造成严重的经济损失。

## 6 结论与展望

未来牛营养代谢疾病的研究和治疗应朝着精准化、智能化和高效化等方向发展。基于分子营养学的精准调控是一个重要研究方向。新型饲料添加剂的应用是另一个重要的研究方向。研发更高效、安全、绿色的饲料添加剂, 通过调控瘤胃微生物组和宿主代谢, 预防营养代谢疾病。通过组学技术(如代谢组学、蛋白组学、微生物组学)深入研究营养代谢疾病的分子机制, 为精准防控提供理论依据。

## 参考文献

- [1] 牛聪. 黑龙江省部分牛场肉牛营养代谢状况调查及疾病预警[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2016.
- [2] 高阳. 奶牛酮病发病率调查及丙二醇预防酮病的效果研究[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2015.
- [3] 夏成, 杨龙蛟, 张洪友, 等. 奶牛围产期低血钙发生率及其调节作用[J]. 中国畜牧兽医学会家畜内科学分会 2009 年学术研讨会论文集, 2009.
- [4] 刘士杰, 怀文辉, 范士杰等. 烟酸及胆碱对围产期奶牛营养代谢的调控[J]. 中国饲料, 2019(14): 52-56.
- [5] 卢汝学. 肉牛肝营养不良的防治[J]. 中国牛业科学, 2013, 39(4): 92-94.
- [6] 曹晏煜, 姜传阳, 刘德良. 高档肉牛常见营养代谢病的防治[J]. 畜牧兽医科技信息, 2014(8): 55-56.
- [7] 冯志华, 赵国先. 微量元素硒对动物免疫功能的影响[J]. 畜禽业, 2002(6): 16-17.
- [8] 李兰. 集约化牛场泌乳奶牛硒缺乏症的调查及血液临床病理学变化[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2015.
- [9] 刘国文, 李心慰, 李小兵, 等. 奶牛生产疾病的早期诊断及群体监测[J]. 中国兽医学报, 2014, 9: 029.

- [10] 夏成,王洪斌,张洪友,等.能量负平衡对泌乳早期奶牛生产性能,繁殖性能和机体代谢的影响[J].中国畜牧杂志,2009(21):32-35.
- [11] 王建国.围产期健康奶牛与酮病、亚临床低钙血症病牛血液代谢谱的比较与分析[D].吉林大学,2013.
- [12] 高春花.奶牛常见营养代谢疾病探索构架[J].畜牧业环境, 2020, (05):40.
- [13] 孙耀慧.畜禽营养代谢疾病的病因与防控措施[J].中国畜牧兽医文摘,2016,32(01):107-108.
- [14] 李艳梅,段新慧,张旺宏,等.肉牛全混合日粮(TMR)应用的研究进展[J].中国饲料,2024,(14):5-9.
- [15] 杨忠诚,孔庆丽,龚俞.全混合日粮(TMR)饲养技术在肉牛生产中的应用[J].上海畜牧兽医通讯,2015,(05):46-47.
- [16] 张学新,徐子华,杨瑞基,等.TMR(全混合日粮)在规模化肉牛养殖场的应用研究[J].中国牛业科学,2016,42(06):30-31.
- [17] 杨明茂,杨梅素混合颗粒对围产期奶牛能量代谢障碍性疾病保健效果的评价[D].黑龙江八一农垦大学,2022.
- [18] 李留学.柚皮苷改善围产期奶牛泌乳性能与代谢健康的作用与机制研究[D].北京农学院,2024.
- [19] 杨惠.《犊牛越冬管理技术指南》发布[N].农民日报,2024-12-16(006).
- [20] 朱丽然,秦羽彤,黄克青,等.奶牛健康监测及疾病早期预警的智能化[J].新农业,2024,(09):77-78.
- [21] 刘国文,李心慰,李小兵,等.奶牛生产疾病的早期诊断及群体监测[J].中国兽医学报,2014,34(09):1544-1550.
- [22] 韦丹妮,郭勇庆.智慧养殖技术在奶牛生产中的应用研究进展[J].中国乳业,2024,(06):31-39.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**