

浅谈影响西藏地区牦牛育肥质量的因素

蔡宛霖,李赵敏*,邢津津,周子琼

(西藏自治区农牧科学院农产品开发与食品科学研究所,西藏 拉萨 850000)

摘要:牦牛是青藏高原特有的牛种,几千年来一直为牧民提供生产生活的基本材料。牦牛肉具有很高的营养价值,由于受到各种因素的影响,牦牛在生长发育阶段经常会出现各种问题,提高牦牛育肥质量迫在眉睫。通过深入探讨影响牦牛育肥品质的因素,以及育肥品质的评价指标,提出了改善牦牛育肥品质的有效措施,为牦牛高质量发展提供技术支持与理论指导。

关键词:牦牛;育肥;质量因素;西藏

中图分类号:S823.8*5

文献标志码:A

Discussion the factors affecting the fattening quality of yak in Tibet

CAI Wanlin, LI Zhaomin*, XING Jinjin, ZHOU Ziqiong

(Institute of Agricultural Products Development and Food Science, Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China)

Abstract: Yak is a unique breed of cattle in Qinghai-Tibet Plateau, which has been providing basic materials for herdsman production and life for thousands of years. Yak beef has high nutritional value. Due to various factors, various problems often occur in the growth and development stage of cattle, so it is urgent to improve the fattening quality of yak. This paper discusses the factors affecting yak fattening quality and the evaluation index of fattening quality, and puts forward effective measures to improve yak fattening quality, which provides technical support and theoretical guidance for high-quality development of yak.

Key Words: yak; fatten; quality factor; Tibet

牦牛,作为青藏高原的本土反刍动物,其肉素有“牛肉之冠”之称。根据现有文献显示,牦牛肉对人类的营养价值较高,而生长性能相对较低^[1-2]。在自然放牧的条件下,牦牛常年在牧场上吃草,没有任何补充,因此,在寒冷季节中,它们往往会现体重减轻。近年来,随着牦牛数量的增加和草原的广泛退化,天然牧场无法维持牦牛的放养率,集约化饲养场育肥策略被引入牦牛饲养行业^[3]。部分育肥牦牛将逐步由传统放牧育肥转向半舍饲和舍饲育肥管理,这不仅提高了生产性能,也增加了利润。然而,根据既往的研究表明,牦牛的营养需求

和代谢与低地反刍动物存在差异^[4-5]。目前,尚无育肥牦牛的饲喂标准,这导致牦牛饲养场的饲养方式各不相同,且牦牛育肥的效果不如其他牛。这种差异可能是由于牦牛和其他育肥牛之间饲料品种供应和营养需求上的差异所致,因此,解析影响牦牛育肥质量的因素,确定育肥评价指标至关重要。

1 西藏地区牦牛育肥的现状

牦牛肉质量上乘,与低地牛肉相比,牦牛肉脂肪含量低,蛋白质含量高,富含矿物质、氨基酸和多不饱和脂肪酸^[6]。牦牛肉中的蛋白质含量仅次于水分,占20%左右,且都是完全蛋白质,包含人体所必需的所有氨基酸^[7]。据报道,西藏地区居民超过50%的蛋白质来源于牦牛肉^[8]。然而,牦牛肉消费量大与牦牛生产效率低下之间仍存在一定矛盾。

在传统饲养模式下,牦牛常年在天然牧场上摄食,没有摄入其他的营养补充剂^[9]。因此,随着牧

收稿日期:2024-01-18

基金项目:特色高值化牦牛肉制品研发与生产示范项目(XZ202201ZD0001N)。

作者简介:蔡宛霖(1997-),女,硕士,研究实习员,主要从事畜产品加工与品质调控创新研究,E-mail:cwl29597@163.com;*为通信作者:李赵敏(1994-),女,硕士,研究实习员,主要从事畜产品加工与品质调控创新研究,E-mail:1253271132@qq.com。

草中生物量和营养物质的季节性变化,牦牛的生长速度受到很大影响,特别是在冬季,其育肥质量显著下降^[10]。据报道,由于饲料缺乏,放牧牦牛在寒冷季节会减少25%的体重,这显著降低了生长性能,进而损害了经济效益^[11]。基于这种情况,近年来牦牛育肥饲养策略发生了变化,因地制宜的采取“夏季强度放牧”“全舍饲”“半舍饲”等养殖模式^[12]。通常,依照牦牛的生物学特性和生长发育规律,为实现减少肉用牦牛饲养时期以及增加产肉量,育肥策略需要针对不同季节进行适应性调整,采用放牧与补饲相结合的方法,一般历时3个月左右^[13]。尽管牦牛育肥方式已经获得了研究,但是牦牛育肥效果低于其他种类的育肥牛。因此,许多研究人员研究分析了日粮能量、蛋白含量等因素,希望通过科学的研究总结出一种合理的牦牛育肥模式,为牦牛产业发展提供动力。

2 牦牛育肥质量评价指标

生长性能和肉质是育肥效果最直接的评价标准,它们能够直接反映牦牛的体重增长速度和肉品的品质。然而,仅凭这些直接指标并不能完全揭示牦牛在育肥过程中的全部情况。血液生化指标、瘤胃发酵参数和瘤胃微生物等间接指标,尽管它们不能直接反映育肥质量,却通过它们可以揭示牦牛的生理健康、代谢效率和消化功能,可以间接提供有关育肥效果的重要信息。通过对这些间接指标的监测和分析,能够更深入地理解牦牛在育肥过程中的营养吸收和利用情况,为优化饲养管理和日粮配置提供科学依据,这将有助于提升牦牛的生长性能,改善肉质,从而最终实现提高牦牛育肥效果的目标。

2.1 直接评价指标

2.1.1 生长性能

牦牛的生长性能是指牦牛在高寒地区的生长发育、增重、肉质、奶量、毛量等方面的表现。这些表现受养殖动物营养摄入和利用效率的影响,与经济利润高度相关。目前,许多关于牦牛育肥的研究都会测定牦牛的生长性能。在具体的研究中,研究人员通常会在正式实验和试验开始和结束时分别对所有牦牛进行称重,通过记录牦牛的初始体重和终末体重,根据这两个指标计算出平均日增重。同时,研究人员还会采集饲料样品进行干物质含量的测定,进而计算出干物质采食量和料重比。曹广

等^[14]评价了发酵酒糟对育肥牦牛生长性能的影响,结果表明,在饲料中添加2.5%发酵酒糟后,牦牛的平均日增重显著高于喂养正常饲料的牦牛,分别为 0.70 ± 0.08 (kg/d), 0.60 ± 0.07 (kg/d)。此外,料重比也发生了显著降低,分别为 7.19 ± 0.93 , 7.93 ± 0.74 。马志远等^[15]的研究同样证实了矿物质稀释丸对育肥牦牛生长性能的积极影响,结果表明,喂食了矿物质稀释丸的育肥牦牛的平均日增重和干物质采食量分别达到了 395 ± 12.59 (g/d), 4.08 ± 0.07 (kg/d),显著高于正常喂食组,料重比(10.20 ± 0.18)也显著低于正常组(16.11 ± 0.23)。

2.1.2 肉质

随着社会和人类经济的发展,优质、健康、安全的肉类越来越受欢迎。肉色是指肉类的外观颜色,是消费者对肉类品质的第一印象,也是影响肉类销售的重要因素。一般来说,鲜肉的颜色应该是鲜红色或粉红色。肉色L*随肉样老化而增加,这与线粒体呼吸深度和屠宰后残留在肌肉中的氧气渗透到暴露的肌肉表面有关^[16]。a*反映了肌肉的新鲜度,而肌肉的新鲜度受肌红蛋白状态的影响。随着贮藏时间的增加,寄生细菌在肌肉表面的代谢产生硫化氢和氧气,与肌红蛋白结合形成肌红蛋白硫化物,使肌肉的肉色b*增加,降低肌肉的质量^[17]。肉质是指肉类的理化特性和感官特性,包括肉的嫩度、多汁性、风味、营养价值等,是消费者对肉类品质的综合评价。吴晓云等^[18]分析了舍饲育肥养殖模式下阿什旦牦牛的肉性质状,结果表明,舍饲育肥组公牛和母牛背最长肌的亮度L*24 h和黄度b*24 h分别达到了 6.98 ± 1.19 , 6.42 ± 1.45 ,均显著低于放牧组公牛和母牛;而舍饲育肥组母牛背最长肌的红色a*45 min值显著高于放牧组母牛,达到 31.11 ± 1.49 。苗建军等^[19]将青稞应用于牦牛育肥中,分别评价了肉质的理化和嫩度指标,结果表明,加入青稞后,b*值和滴水损失显著低于玉米组,蒸煮损失极显著低于玉米组,且肌肉的剪切力、肌纤维直径、肌纤维面积均低于正常组。

2.2 间接评价指标

2.2.1 血液生化指标

2.2.1.1 血清能量指标

血液中葡萄糖(GLU)的浓度是指在血液中所含的葡萄糖量。作为体细胞获取能量的主要来源之一,葡萄糖的存在对机体的正常能量代谢至关重要。葡萄糖浓度的调节由胰岛素和葡萄糖生成共

同完成。这种精密的调控机制直接影响着血糖含量,进而反映了机体内能量的平衡情况。通过监测血液中的葡萄糖浓度,可以了解到机体对能量的利用和摄取状况。血糖指标是一个重要的生理参数,它不仅关系到个体的健康状况,还能够反映出饮食结构和能量摄入的合理性。王鸿泽^[20]的研究表明,日粮中玉米含量的增加导致了牦牛血清中GLU的增加,这一发现提示了饲料成分可能在调节动物体内能量代谢方面发挥着重要的作用。

2.2.1.2 血清蛋白质指标

血清中的总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLO)以及尿素氮(BUN)的含量是反映机体代谢和氮利用情况的重要指标。总蛋白代表血浆中所有蛋白质的总和,白蛋白主要由肝脏合成,它不仅反映了营养状况,还体现了肝功能的重要性。同时,球蛋白包含了多种免疫蛋白,对评估免疫系统的功能至关重要。而尿素氮则是一个用于评估肾脏排除氮能力的重要指标。通过对这些生化指标的分析,能够更全面地了解机体的代谢状态,尤其是对氮的利用情况进行评估。总蛋白、白蛋白和球蛋白的组合反映了蛋白质合成、分解和免疫系统功能的整体状况,而尿素氮的测量则提供了有关肾脏排除废氮的信息。值得关注的是,李红丽^[21]的研究发现,尿素氮含量在饲料蛋白水平升高后呈先升高后下降的趋势。

2.2.1.3 血清酶指标

碱性磷酸酶(ALP)是一种涉及消化代谢的酶,参与多种机体代谢途径,与骨的钙化过程密切相关。ALP的活性水平能够反映动物机体的生长发育状况。血清中的谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)是两种与肝功能密切相关的酶,被广泛用来评估肝脏的健康状况和功能活性。根据杨华等^[22]的研究,猪血液中的ALP浓度与日增重呈正相关。这意味着ALP的活性水平可能与动物的生长速度密切相关,提供了一种简便而直观的评估动物生长发育情况的指标。此外,孙东峰等^[23]的研究表明,蛋白质代谢水平的提高可能导致谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性的增加。这提示蛋白质代谢的变化可能影响肝功能酶的活性,为深入了解蛋白质代谢与肝脏功能之间的关联提供了重要线索。因此,通过对这些生物标志物的监测,能够更全面地了解动物机体的代谢状况和器官功能,为牦牛育肥评价提供科学依据。

2.2.2 瘤胃发酵参数

瘤胃是反刍动物独特的蛋白质代谢部位,在这里,它们通过膳食摄入、微生物蛋白和内源性氮获取可用于代谢的氮源^[24]。瘤胃中的蛋白质主要分为可降解蛋白(RDP)和不可降解蛋白(RUP)两大类。RDP会被瘤胃微生物降解,然后合成为微生物蛋白或部分旁路,而RUP则直接绕过瘤胃。孙光明等^[25]的研究探讨了日粮蛋白质水平对育肥牦牛瘤胃的发酵参数的影响,研究结果显示,高蛋白日粮组的胃氨态氮达到了 5.69 ± 0.15 ,明显高于低蛋白质日粮组(4.47 ± 0.28),这表明高蛋白饲料可能导致瘤胃中氨态氮的增加,反映了蛋白质代谢的活跃程度。而甘水燕等^[26]的研究则表明,牦牛瘤胃中的氨态氮、游离氨基酸氮和可溶性蛋白氮浓度显著高于黄牛。这可能反映了不同物种之间瘤胃内氮代谢的差异,这样的研究为更好地了解反刍动物蛋白质代谢的特点,提供了重要的比较数据。

2.2.3 瘤胃微生物

牦牛之所以能够在恶劣的环境中生存,很大程度上归因于其独特的瘤胃菌群,这一特征被广泛认为是反刍动物饲料转化率变化的主要原因^[27]。瘤胃微生物在其中相互协调、相互制约,共同维持着瘤胃内环境的平衡与稳定。通过厌氧发酵,这些微生物帮助宿主将自身难以利用的纤维素、半纤维素、木质素和非蛋白氮等物质转化为可消化的化合物^[28]。根据来进成等^[29]的研究,在牦牛瘤胃中,厚壁菌门和拟杆菌门的相对丰度占据了92%以上,这两类微生物对牦牛的健康起到了关键作用。这种高度相对丰度的存在可能是牦牛适应恶劣环境并实现高效饲料转化的关键因素之一。此外,徐俊杰等^[4]的研究发现,随着日粮精料占比的升高,牦牛瘤胃中分解含氮化合物的细菌占比上升,而分解纤维素等其他物质的菌群的相对丰度则下降。

3 影响牦牛育肥质量的因素

3.1 蛋白质

蛋白质参与组成动物机体各个组织,在机体组织的新陈代谢、损伤修补等方面发挥重要作用,以及机体内的抗体、酶等主要由蛋白质组成。动物体内能量不能满足维持需要的时候,蛋白质可分解供能^[30]。由于西藏地区气候原因造成牧草质量较低,蛋白含量不丰富,因此,适量补饲蛋白质在牦牛育肥过程中发挥重要作用。李红丽^[21]发现在育肥牦

牛饲料中添加蛋白质能够促进牦牛增重,然而低蛋白组(12%)的增重水平高于中蛋白组(14%)和高蛋白组(16%)的增重水平。来进成等^[29]的研究结果也表明,低蛋白含量的饲料有助于牦牛增重。这可能是因为蛋白质水平过低不能满足牦牛的生长要求,而蛋白补饲过量会抑制瘤胃微生物发酵,从而使得机体不能完全吸收利用饲料中营养物质造成资源浪费,因此,饲料中适宜的蛋白才能最大程度发挥育肥牦牛的生长性能。

3.2 限制性氨基酸及其类似物

限制性氨基酸(Limiting Amino Acids, LAA)指的是反刍动物饲料中含有的氨基酸与机体所需的氨基酸的量相比,比值偏低的氨基酸^[31]。育肥牦牛的生长需要氨基酸平衡,因此,添加限制性氨基酸及其类似物是提高牦牛生长水平的重要手段之一。蛋氨酸(Met)和赖氨酸(Lys)是反刍动物玉米-豆粕饮食中的前两种限制性氨基酸^[32]。有研究表明,育肥牦牛日粮中添加蛋氨酸和赖氨酸能够改善牦牛的生长性能和肉质特性^[33]。Zhang等^[34]通过实验证明适量添加蛋氨酸类似物2-羟基-4-甲硫基丁酸异丙酯也可以提高育肥牦牛的生长性能。

3.3 矿物质和微量元素

矿物质和微量元素是影响牦牛育肥质量的重要因素,当然摄入的矿物质及微量元素也并不能单一发挥作用,通常需要多种组分的复合作用才能提升牦牛肉品质^[35]。常见的矿物质及微量元素补充方式是使用舔砖,舔砖是一种砖头块状的饲料添加剂,动物通过舔食舔砖可以补充基础饲料中缺乏的矿物质和微量元素。市面上的舔砖主要有盐舔砖、复合矿物质舔砖、尿素营养舔砖、糖蜜营养舔砖、尿素糖蜜营养舔砖、复合营养舔砖等^[36]。很多研究表明,在育肥牦牛的过程中,添加矿物质和微量元素舔砖可以显著提高育肥效果。例如,在对天祝白牦牛全舍饲养育肥效果的试验中,通过添加营养舔砖可以明显增加天祝白牦牛的日增重,提高养殖效益^[37]。光有英^[38]在对放牧牦牛和藏羊的补饲效果研究中发现,尿素糖蜜营养舔砖对高寒地区藏羊与牦牛的生长效率具有显著提高。曾钰等^[39]的研究发现,矿物元素复合舔砖对放牧牦牛的生长性能及产奶量都有显著提升。总体来看,合理配置日粮并结合使用矿物质和微量元素舔砖,是提高牦牛育肥质量和养殖效益的有效途径。

3.4 能量水平

饲料中的能量水平会影响饲料的消耗和其他营养物质的供应,从而影响动物体内营养物质的周转和代谢,最终影响动物的生长发育^[40]。饲料中能量水平是影响反刍动物生长发育的首要因素,反刍动物生长性能直接反映动物机体内能量平衡情况。能量是限制动物生长的第一因素^[41],在以往试验中,随着能量水平提高,牦牛平均日增重呈上升趋势,这与杨俊等^[42]在犏牦牛上的研究结果一致,表明提高能量水平有助于牦牛生长。动物具有“为能而食”的特性,饲料中能量充足,采食量降低,饲料中能量不足,采食量增加。牦牛主要分布在高原寒冷地带,这些地区海拔高、气温低及氧分压低,每年只分冷暖两季,冷季长达半年之久,且冷季恶劣、极端天气较多,鉴于上述研究结果,说明饲料中能量水平能够影响动物生长性能^[21]。青藏高原的牧草在冷季其营养价值有所降低,难以满足牦牛对营养的正常需求,导致牦牛生长缓慢,养殖效益低下^[43],因此,配制适宜的能量水平对育肥牦牛而言极其重要。

4 结论

近年来,随着科学技术的高速发展,育肥牦牛在西藏地区的养殖产业中占据了日益重要的地位,带来了可观的经济效益。但是,目前牦牛育肥体系尚未完善,育肥牦牛质量参差不齐,因此,在高强度育肥牦牛养殖中,确定质量评价指标,适量添加蛋白质、限制性氨基酸和舔砖,合理控制日粮能量水平,以保障高强度育肥牛品质。

参考文献:

- [1]杨继忠. 甘南牦牛育肥质量影响因素及解决措施[J]. 畜牧兽医学(电子版), 2022(14):31-33.
- [2]HU C S, DING L M, JIANG C J, et al. Effects of Management, Dietary Intake, and Genotype on Rumen Morphology, Fermentation, and Microbiota, and on Meat Quality in Yaks and Cattle[J]. *Frontiers in nutrition*. 2021, 11(8):752555.
- [3]MA Z, ZHAO Z, WANG H, et al. Effect of Supplementary Levels of Rumen-Protected Lysine and Methionine on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality in Feedlot Yaks (*Bos grunniens*)[J]. *Animals: an open access journal from MDPI*. 2021, 11(12):3384.
- [4]徐俊杰,王莹,丁宁,等. 日粮精粗比对舍饲育肥牦牛瘤胃菌群结构、挥发性脂肪酸及其转运载体表达量的影响[J]. 南京农业大学学报, 2024, 47(1):133-141.
- [5]LONG R J, DING L M, SHANG Z H, et al. The Yak Grazing System on the Qinghai-Tibetan Plateau and its Status[J]. *Rangeland Journal*. 2008, 30(2):241-246.

- [6]万红玲, 雒林通, 吴建平. 牦牛肉品质特性研究进展[J]. 畜牧兽医学杂志, 2012(1): 36-40.
- [7]马美湖, 葛长荣, 罗欣, 等. 动物性食品加工学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [8]WU J P, MA B Y, REN H W, et al. Characterization of Metallothioneins (MT-I and MT-II) in the Yak [J]. Journal of Animal Science. 2007, 85(6): 1357-1362.
- [9]DING L M, LONG R J, YANG Y H, et al. Behavioural Responses by Yaks in Different Physiological States (Lactating, Dry or Replacement Heifers), when Grazing Natural Pasture in the Spring (Dry and Germinating) Season on the Qinghai-Tibetan Plateau [J]. Applied Animal Behaviour Science, 2006, 108(3): 239-250.
- [10]ZHOU J W, ZHONG C L, LIU H, et al. Comparison of Nitrogen Utilization and Urea Kinetics between Yaks (*Bos grunniens*) and Indigenous Cattle (*Bos taurus*) [J]. Journal of Animal Science. 2017, 95(10): 4600-4612.
- [11]LONG R J, DING L M., SHANG Z H, et al. The Yak Grazing System on the Qinghai-Tibetan Plateau and its Status [J]. Rangeland Journal. 2008, 30(2): 241-246.
- [12]李秀春. 牦牛短期育肥技术措施[J]. 畜牧兽医科技信息, 2022(11): 128-130.
- [13]陈铭宏. 甘孜藏族自治州牦牛繁殖和育肥技术研究[J]. 四川农业科技, 2021(3): 51-52.
- [14]曹广, 王之盛, 胡瑞, 等. 发酵酒糟对育肥牦牛生长性能、养分表观消化率及瘤胃发酵的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(7): 3255-3262.
- [15]马志远, 赵志伟, 王虎成, 等. 矿物质缓释丸对育肥牦牛生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(2): 923-931.
- [16]MCKENNA D R, MIES P D, BAIRD B E, et al. Biochemical and Physical Factors Affecting Discoloration Characteristics of 19 Bovine Muscles (Article) [J]. Meat Science, 2005, 70(4): 665-682.
- [17]MA Z, ZHAO Z, WANG H, et al. Effect of Supplementary Levels of Rumen-Protected Lysine and Methionine on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality in Feedlot Yaks (*Bos grunniens*) [J]. Animals: an open access journal from MDPI, 2021, 11(12): 3384.
- [18]吴晓云, 梁春年, 姚喜喜, 等. 舍饲育肥对阿什旦牦牛胴体性状和肉品质的影响[J]. 中国草食动物科学, 2020, 40(4): 36-39.
- [19]苗建军, 彭忠利, 高彦华, 等. 青稞替代玉米对育肥牦牛生产性能和肉品质的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(1): 95-107.
- [20]王鸿泽. 日粮能量水平对舍饲育肥牦牛生产性能、瘤胃发酵及肌肉脂肪代谢的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2015.
- [21]李红丽. 不同能量与蛋白水平饲料对牦牛育肥前后期生长性能、血清生化指标及瘤胃发酵参数的影响[D]. 西宁: 青海大学, 2022.
- [22]杨华, 傅衍, 陈安国. 猪血液生化指标与生产性能的关系[J]. 国外畜牧科技, 2001(1): 34-37.
- [23]孙东峰, 孙满吉, 史印涛, 等. 不同精料补饲水平对放牧肉牛生长性能的影响[J]. 中国饲料, 2012(20): 19-21.
- [24]KIM J E, LEE H G. Amino Acids Supplementation for the Milk and Milk Protein Production of Dairy Cows [J]. Animals: an open access journal from MDPI, 2021, 11(7): 2118.
- [25]孙光明, 李鑫, 索朗扎西, 等. 日粮蛋白质水平对育肥牦牛生长性能、血清生化与免疫指标及瘤胃发酵特征的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023(4): 121-126.
- [26]甘水燕, 刘红山, 裴成芳, 等. 低精料舍饲育肥条件下牦牛与黄牛生长性能、养分消化、瘤胃发酵和血液生理指标的对比研究[J]. 动物营养学报, 2023, 35(1): 369-379.
- [27]HENDERSON G, COX F, GANESH S, et al. Rumen Microbial Community Composition Varies with Diet and Host, but a Core Microbiome is Found Across a wide Geographical Range [J]. Scientific Reports, 2015, 5(1): 14567.
- [28]韩旭峰. 日龄、日粮精粗比对陕北白绒山羊瘤胃微生物区系影响的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [29]来进成, 刘东花, 李润桦, 等. 饲料粗蛋白质水平对育肥牦牛生产性能和瘤胃微生物多样性的影响[J]. 中国饲料, 2023(21): 105-112.
- [30]WILLKE T. Methionine Production—a Critical Review [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2014, 98(24): 9893-9914.
- [31]刘垚. 过瘤胃蛋氨酸对牦牛生长、养分消化及瘤胃微生物宏基因组学的影响[D]. 成都: 西南民族大学, 2022.
- [32]SHAN J G, TAN Z L, SUN Z H, et al. Limiting Amino Acids for Growing Goats fed a Corn Grain, Soybean Meal and Maize Stover Based Diet [J]. Animal Feed Science and Technology, 2007, 139(3-4): 159-169.
- [33]MA Z, ZHAO Z, WANG H, et al. Effect of Supplementary Levels of Rumen-Protected Lysine and Methionine on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality in Feedlot Yaks (*Bos grunniens*) [J]. Animals: an open access journal from MDPI, 2021, 11(12): 3384.
- [34]ZHANG X R, ZUO Z Z, LIU Y, et al. Effect of Methionine Analogues on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters, Serum Free Amino Acids and Rumen Fermentation of Yaks [J]. Animals: an open access journal from MDPI, 2022, 12(22): 3175.
- [35]刘阿云. 舔砖在牛羊生产应用中的研究进展[J]. 中国草食动物科学, 2023, 43(5): 50-53.
- [36]陈兴荣. 牛羊舔砖的分类及特点[J]. 甘肃畜牧兽医, 2015(10): 11, 13.
- [37]王瑾, 裴成芳. 补饲营养舔砖对天祝白牦牛全舍饲育肥效果试验[J]. 畜牧兽医学杂志, 2021, 40(4): 102-103.
- [38]光有英. 尿素糖浆营养舔砖对放牧牦牛和藏羊的补饲效果[J]. 中兽医学杂志, 2022(9): 12-14.
- [39]曾钰, 彭忠利, 陈仕勇, 等. 暖季补饲矿物元素复合舔砖对放牧牦牛生长性能及产奶量的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(21): 149-153.
- [40]孙光明, 洛桑顿珠, 巴桑旺堆, 等. 饲料能量水平对舍饲育肥牦牛生长性能、体尺增长及血清生化和内分泌激素指标的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(33): 4511-4519.
- [41]NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle [S]. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.
- [42]杨俊, 王之盛, 保善科, 等. 精料补充料能量水平对早期断奶犊牦牛生产性能和营养物质表观消化率的影响[J]. 动物营养学报, 2013, 25(9): 2021-2027.
- [43]SUN Y, ANGERER J P, HOU F J. Effects of Grazing Systems on Herbage Mass and Liveweight Gain of Tibetan Sheep in Eastern Qinghai Tibetan Plateau, China [J]. Rangeland Journal, 2015, 37(2): 181-190.