

高冰草不同物候期淀粉及三大营养成分研究

张艳, 黄龙, 李勋*

(四川民族学院横断山区生态修复与特色产业培育研究中心, 川藏滇青林草抚育和利用研究中心, 四川康定 626001)

摘要 以引种在甘孜州的高冰草为对象, 研究了高冰草三大营养成分(粗脂肪、粗蛋白、粗纤维)以及淀粉在不同物候期的变化情况。结果表明, 在高冰草生长过程中, 粗蛋白呈上升趋势, 粗纤维呈递减的趋势, 淀粉先升后降, 粗脂肪先降后升。高冰草粗蛋白、粗脂肪在分蘖期最高, 淀粉在拔节期最高, 粗纤维在分蘖期最低, 可见高冰草在分蘖期和拔节期进行刈割鲜草时养分最高, 该时期高冰草饲喂价值较高。Pearson 相关性分析表明, 粗蛋白、粗脂肪、淀粉均与土壤的 N、P 呈极显著正相关, 与土壤 C/N、C/P 和土壤含水率呈极显著负相关, 粗纤维与土壤 C/N、C/P 和土壤含水率呈显著正相关, 与土壤 N、P、N/P 呈显著的负相关, 可见高冰草生长过程中要适时地补充氮肥和磷肥, 有利于粗蛋白、淀粉、粗脂肪含量的增加。

关键词 高冰草; 粗脂肪; 粗蛋白; 粗纤维; 淀粉

中图分类号 S 543 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)24-0030-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.24.008



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Starch and Three Nutrient Components of *Agropyron elongatum* at Different Phenological Stages

ZHANG Yan, HUANG Long, LI Xun (Research Center for Ecological Restoration and Characteristic Industry Cultivation in Hengduan Mountains Region, Research Center of Forest-grass Care and Use in Sichuan-Tibet-Yunnan-Qinghai, Sichuan Minzu College, Kangding, Sichuan 626001)

Abstract The changes of three major nutritional components (crude fat, crude protein and crude fiber) and starch in different phenological stages of *Agropyron elongatum* introduced in Ganzi were studied. The results showed that during the growth process of *A. elongatum*, crude protein increased, crude fiber decreased, starch increased first and then decreased, and crude fat decreased first and then increased. The crude protein and crude fat of *A. elongatum* were the highest at tillering stage, the starch was the highest at jointing stage, and the crude fiber was the lowest at tillering stage. Thus, the nutrients of *A. elongatum* were the highest when cutting fresh grass at tillering stage and jointing stage. The feeding value of *A. elongatum* was high at this stage. Pearson correlation analysis showed that crude protein, crude fat and starch were significantly positively correlated with soil N and P, and were negatively correlated with soil C/N, C/P and soil moisture content. Crude fiber was positively correlated with soil C/N, C/P and soil moisture content, and was negatively correlated with soil N, P and N/P. Thus, nitrogen and phosphorus fertilizers should be supplemented in time during the growth of *A. elongatum*, which was conducive to the increase of the contents of crude protein, starch and crude fat.

Key words *Agropyron elongatum*; Crude fat; Crude protein; Coarse fibre; Starch

高冰草 (*Agropyron elongatum*) 属多年生禾本科草本植物, 最初生长在澳大利亚, 自 1998 年我国将其引入进行试种, 现在东北与西北普遍种植, 具有较强的分蘖能力, 耐寒冷, 牲畜适口性好, 同时还耐盐碱与干旱等特性^[1]。在我国实现种植业向“三元”结构转化的背景下是一个很好的牧草品种选择目标。此外, 高冰草最大的特点就是青绿期较长, 即使在低温、天气条件差等情况下依然能够保持本身青绿至翌年的 3 月份, 且当气温为 1.5~4.0 ℃ 时就能够开始返青^[2], 其种子具有强冬性, 必须通过低温春化阶段, 翌年始能进入开花结实期^[3]。在护坡植物中高冰草也具有很高的选择价值, 包赛很那等^[4]研究表明, 高冰草种子发芽率和发芽势高、发芽指数适中。在甘孜州天然草地急速退化的现状下^[5], 引入高冰草是一个不错的选择。

粗蛋白与粗脂肪是评价牧草营养价值的重要指标, 是饲料中重要的营养素, 在动物生长和发育过程中是不可缺少的营养成分^[6]。粗纤维属于纤维性物质, 作为植物细胞壁的主要组成成分, 对单胃动物具有增加饱感和采食量、刺激胃肠

道发育以及提高家畜适口性的作用。对淀粉含量进行测定的重要意义主要体现在研究动物对碳水化合物营养代谢与调节上^[7]。用其鲜草饲喂家畜 60 d, 比对照(基础饲料+粉碎玉米秸)增重 24.38%, 其干草饲喂羊比对照增重 14.4%^[8], 说明高冰草的饲喂价值好。

目前, 高冰草在甘孜州改良土壤性质、引种试验等相关研究均鲜见报道。鉴于此, 笔者以耐寒优质高冰草为研究对象, 研究其在不同物候期三大营养成分(粗脂肪、粗蛋白、粗纤维)以及淀粉的变化特征, 并与土壤 C、N、P 和含水率进行相关性分析, 旨在为甘孜州耐寒优质牧草品种的筛选及引种提供一定的基础资料。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在四川民族学院黑日村农学实验地进行, 该地位于甘孜州姑咱镇(97° 22'~102° 29' E, 27° 58'~34° 20' N), 地处大渡河谷, 山高谷深, 平均海拔 1 400 m, 属于干热河谷气候, 常年气温 15~17 ℃。年平均降水量 650 mm, 雨季在 6—9 月, 日照时间长, 昼夜温差大, 历年无霜期 250 d 以上, 年平均风速 2~3 m^[9]。样地设于姑咱镇黑日村大渡河谷平地, 土壤主要为山地褐土, 容重大, 岩石疏松碎屑与游离碳酸盐含量高, 土壤碱化明显(pH 约 7.6)^[10]。

1.2 试验材料与试验方法 2020 年 9 月初对高冰草种子(购买于宁夏上谷农业开发有限公司)进行预处理, 以得到健

基金项目 四川省转移支付科技计划一般项目(210023); 四川民族学院自办科研项目(XYZB2103ZA)。

作者简介 张艳(1989—), 女, 贵州黔西人, 副教授, 博士, 从事横断山区特色产业和林草生态研究。* 通信作者, 副教授, 博士, 从事草地生态与环境研究。

收稿日期 2022-06-10

康饱满和无虫害的优良种子,并提前对播种的试验地进行土壤整地。将试验地划分为 3 个小区,每个小区面积 1.50 m² (长 1.50 m,宽 1.00 m 的矩形),各小区间隔 0.50 m。将高冰草种子均匀撒播在每个小区土壤,并覆盖土层。播种后,对播种的小区进行适量浇水锄草,以促进种子萌发。幼苗出土后,每 7 d 对高冰草农艺性状进行观察以确定高冰草物候时期。

1.3 营养成分指标测定 不同物候期(分蘖期、拔节期、孕穗期、抽穗期、结实期、枯黄期)在每个小区随机选取 3 株长势相近健壮的高冰草,对高冰草各个部位取样,并对其进行研磨粉碎混合在一起后放入信封(信封已干燥消毒,做好标记,称好重量)称重,记录信封和叶片鲜重,一起放入烘箱内,杀青的时间和温度分别设定为 10 min 和 105 ℃,之后在 65 ℃ 的温度条件烘干 48 h 至恒重后取出,放入盛有干燥剂的容器内并冷却至室温,再称重,记录数据,然后研磨粉碎过 80 目筛用于测定粗脂肪、粗纤维、粗蛋白和淀粉。

1.3.1 高冰草不同物候期判断依据。物候期的各个时期都有不同的判断方式,详细判断方法如下:将高冰草播种后,当土地上冒出一些小苗且比地面高 2~3 cm 时为高冰草的出苗期;随着时间的延长,当某些高冰草茎部离地面最近的茎节上有新枝出现时为高冰草的分蘖期;当高冰草剑叶部分的叶鞘逐渐膨大且向着纺锤形发展时即为高冰草的孕穗期;当高冰草的穗顶从其剑叶的叶鞘向外伸出 3~5 cm 时即为高冰草的抽穗期;当高冰草长出籽粒时为结实期,当籽粒逐渐从充满乳汁到呈现其特有的颜色至完全变得坚硬时为高冰草的成熟期;之后整个植株的茎秆和叶片等开始枯黄时为枯黄期;此时高冰草进入了一种休眠状态,当来年温度、水分条件等适宜时其茎叶就会由枯黄再转变成青绿色,即为返青期。

1.3.2 粗蛋白、粗纤维、粗脂肪以及淀粉的测定方法及公式^[7,11]。

1.3.2.1 高冰草粗蛋白。使用凯氏定氮法测定,计算公式如下:

$$\omega(\text{EE}) = \frac{(V_2 - V_0) \times c \times 0.014 \times 6.25}{m} \quad (1)$$

式中, c 表示盐酸标准滴定溶液的浓度,单位为 mol/L; m 表示试样的质量,单位为 g; V_2 表示滴定试样时被消耗的盐酸标准滴定溶液体积,单位为 mL; V_0 表示空白滴定时被消耗的盐酸标准滴定溶液体积,单位为 mL。

1.3.2.2 粗纤维。使用酸碱消煮法测定,计算公式如下:

$$\omega(\text{CF}) = \frac{m_1 - m_2}{m} \quad (2)$$

式中, m 表示试样在未脱脂状况下的质量,单位为 g; m_1 表示在 130 ℃ 的温度下烘干后坩埚与试样残渣的质量,单位为 g; m_2 表示在 500 ℃ 条件下灼烧后坩埚与试样残灰质量,单位为 g。

1.3.2.3 粗脂肪。使用索氏浸提法测定,计算公式如下:

$$\omega(\text{EE}) = \frac{m_2 - m_1}{m} \quad (3)$$

式中, m 表示试样的质量,单位为 g; m_1 表示抽提瓶的质量,单位为 g; m_2 表示装有脂肪的抽提瓶的总质量,单位为 g。

1.3.2.4 淀粉。使用酶水解法进行测定,计算公式如下:

$$X_1 = \frac{(A_1 - A_2) \times 0.9}{m \times \frac{V_1}{V_2} \times \frac{V_3}{100} \times 1000} \times 100 \quad (4)$$

式中, A_1 表示测定用的样品还原糖的含量,单位为 mg; A_2 表示空白试剂还原糖的含量,单位为 mg; m 表示所称取的样品质量,单位为 g; V_1 表示水解时样品溶液体积,单位为 mL; V_2 表示样品定容时的总体积单位为 mL; V_3 表示测定时用的样品处理液的体积,单位为 mL。

1.4 数据处理与分析 试验数据采用 Excel 进行整理,并使用 SPSS 软件中单因素方差分析(One-way ANOVA)和 LSD 多重比较高冰草不同物候期之间粗脂肪、粗蛋白、粗纤维和淀粉的差异,显著性水平设定为 $P=0.05$,作图采用 Origin 9.0。并对粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、淀粉与土壤 C、N、P、C/N、C/P、N/P 使用 Pearson 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同物候期高冰草粗蛋白分析 方差分析结果显示,高冰草不同物候期的粗蛋白、淀粉、粗纤维和粗脂肪均有差异($P<0.05$)。从图 1a 可知,高冰草粗蛋白含量随生长发育呈递减的趋势,前 3 个时期减少幅度较大,后 3 个时期幅度较为平缓。粗蛋白含量在高冰草各个物候期之间差异显著,在分蘖期最高(15.07%),枯黄期最低(3.50%)。从图 1b 可知,高冰草淀粉含量随着生长发育先增后减趋势,其在分蘖、拔节以及孕穗 3 个时期变化最大,抽穗期与结实期含量差异不显著,在拔节期最高(3.85%),枯黄期最低(1.12%)。从图 1c 可知,高冰草粗纤维含量整体上随生长发育呈上升趋势,且趋势较为平缓,其孕穗期与抽穗期、结实期与枯黄期之间的含量差异不明显,在结实期最高(35.93%),分蘖期最低(17.29%)。从图 1d 可知,高冰草粗脂肪含量随生长发育整体上呈下降趋势,其孕穗期与结实期、抽穗期与枯黄期的含量差异不明显,粗脂肪含量在分蘖期最高(2.80%),孕穗期最低(1.07%)。

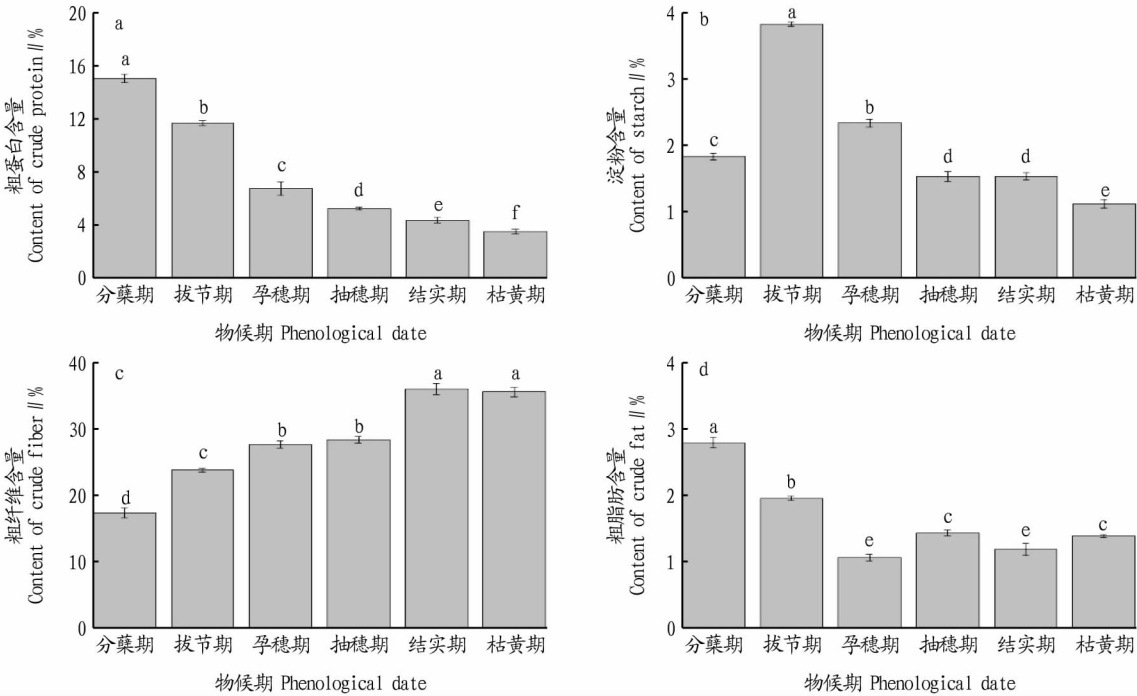
2.2 粗蛋白、粗纤维、粗脂肪以及淀粉与土壤含水率、土壤 C、N、P 相关性分析 使用 Pearson 相关分析对粗蛋白、粗脂肪、淀粉、粗纤维与土壤含水率、土壤 C、N、P 进行相关性分析。由表 1 可知,粗蛋白与 N、P、N/P 存在极显著正相关,与 C/N、C/P 和土壤含水率呈极显著负相关;淀粉与 N 和 P 呈显著正相关,与 C/N、C/P 和土壤含水率呈极显著负相关;粗纤维与 C/N 和土壤含水率呈显著正相关,与 P 呈显著负相关,与 N、N/P 呈极显著负相关;粗脂肪与 N、P、N/P 呈极显著正相关,与 C/N 呈极显著负相关,与 C/P 呈显著负相关。

3 结论与讨论

牧草营养价值的重要性表现在营养成分的含量和种类上,在众多的营养成分中,粗蛋白与粗纤维含量是判断牧草品质优劣的重要指标,优质牧草的评判标准之一就是高蛋白和低纤维^[12],该研究中高冰草粗蛋白和粗纤维含量符合优

质牧草的评判标准。牧草的粗蛋白含量越高,其营养价值也就越高^[13];粗脂肪不仅能够提供动物所需的热能,而且具有调

节适口性的作用;粗纤维含量会影响牲畜的采食率;淀粉作为提高能量的主要来源,其含量说明该植物光合作用能力。



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 1 高冰草不同物候期粗蛋白、淀粉、粗纤维和粗脂肪含量比较

Fig.1 Comparison of the contents of crude protein,crude fat,crude fiber and starch in different phenological stages of *Agropyron elongatum*

表 1 高冰草主要指标间相关性分析

Table 1 Correlation analysis of indexes of *Agropyron elongatum*

指标 Index	C	N	P	C/N	C/P	N/P	土壤含水率 Soil moisture rate
粗蛋白 Crude protein	0.023	0.998**	0.946**	-0.921**	-0.798**	0.861**	-0.616**
淀粉 Starch	-0.174	0.559*	0.687*	-0.692**	-0.667**	0.294	-0.612**
粗纤维 Crude fiber	0.167	-0.942**	-0.950*	0.950*	0.876**	-0.719**	0.587*
粗脂肪 Crude fat	0.027	0.896**	0.766**	-0.707**	-0.560*	0.884**	-0.327

注: * 表示在 0.05 水平显著相关; ** 表示在 0.01 水平极显著相关
Note: * indicated significant correlation at 0.05 level; ** indicated extremely significant differences at 0.01 level

该研究结果显示,高冰草粗蛋白、粗脂肪含量在分蘖期最高,淀粉含量在拔节期最高,分别为 15.07%、3.85% 和 2.80%。粗纤维在分蘖期最低。该研究结果表明,粗蛋白(CP)含量 5.03%~15.40%,粗脂肪(EE)含量 1.31%~4.46% 和淀粉含量 0.03%~2.81%,与解津刚等^[14]对新疆燕麦草营养成分含量分析结果一致。但与常根柱等对高冰草引种试验^[15]的研究结论相比,在抽穗期所测得的粗蛋白、粗脂肪和粗纤维含量普遍较低。结合 Pearson 相关分析结果,推断该研究中的高冰草生长发育受当地的水土条件限制。粗蛋白含量在前 3 个时期下降幅度大,Person 相关分析也表明,高冰草粗蛋白、粗脂肪和淀粉对土壤 N、P 呈极显著正相关,说明高冰草生长前期可适量增补氮肥,有利于高冰草粗蛋白含量的增加。土壤含水率与粗蛋白呈极显著负相关性,与粗纤维呈显著正相关性,说明土壤含水率过高容易造成高冰草徒长,所以应控制浇水量。总体上,在甘孜州低海拔地区种植

高冰草时在分蘖期和拔节期进行刈割鲜草时养分最高,该时期高冰草饲喂价值高且营养含量丰富,同时生长过程中要适时补充氮肥和磷肥,促进粗蛋白、淀粉、粗脂肪含量的增加。

参考文献

[1] 赵清,陆朝阳,苏胜强,等.高冰草的适应性及其应用研究[J].新疆农业科学,1996(3):139-140.
[2] 赵清,陆朝阳,苏胜强.高冰草栽培技术措施[J].新疆农垦科技,1997(2):11.
[3] 赵树慧.高产优质耐盐牧草——高冰草[J].国外畜牧学(草原与牧草),1994(3):20-22.
[4] 包赛很那,郭云雷,孙磊,等.9种护坡植物种子萌发特性的研究[J].高原农业,2020,4(5):481-485,493.
[5] 朱连发,李太强.甘孜州天然草地生态退化的治理对策及措施[J].草业与畜牧,2009(8):32-33.
[6] 余培芝,陈志,冯璐.祁连县沼泽化高寒草甸亚类优势牧草粗脂肪含量分析[J].青海草业,2015,24(1):11-12,30.
[7] 张平,印遇龙,李铁军,等.几种常见饲料原料中总淀粉含量的测定[J].中国饲料,2005(15):28-29.
[8] 杜维军.国外养猪的多段饲喂技术[J].畜牧兽医科技信息,1996(17):4.

指标。宋琼莉等^[20]研究发现在 28 日龄崇仁麻鸡日粮中添加复合微量元素,铁、铜、锰、锌的添加量分别为 80、8、80 和 60 mg/kg 时,血清中碱性磷酸酶的活性增加。溶菌酶作为一种存在于机体内的天然抗菌蛋白,具有抗菌、抗病毒、增强免疫力的功效,其活性受遗传、营养等因素的影响。该研究中氨基酸螯合微量元素和氨基酸螯合微量元素三丁酸甘油酯复方纳米乳能够显著提高超氧化物歧化酶、铜锌超氧化物歧化酶、碱性磷酸酶、溶菌酶的活性,氨基酸螯合微量元素三丁酸甘油酯复方纳米乳作用效果更佳;三丁酸甘油酯组作用效果不显著。

3.4 饲料中添加氨基酸螯合微量元素和三丁酸甘油酯对盲肠微生物数量的影响 该研究中的氨基酸螯合微量元素含有白羽肉鸡生长所必需的金属微量元素铁、锌、锰、铜。铁可以进入机体后竞争性地与白细胞中的乳铁蛋白结合形成复合物,抑制大肠杆菌的生长,促进乳酸杆菌的生长^[21];锌能够增强肠道干细胞增殖分化能力,提高肠道屏障和抗氧化功能^[22]。肉鸡日粮中添加一定量的锰能够显著提高盲肠免疫球蛋白 A 分泌量,提高肠道的免疫力。三丁酸甘油酯通过提高肠绒毛高度,降低隐窝深度,修复肠黏膜结构损伤,改善肠道健康^[23];三丁酸甘油酯在肠道后端释放短链脂肪酸——丁酸,降低肠道 pH,抑制大肠杆菌等病原微生物的生长,增加乳酸菌等益生菌的数量,维持肠道微生物的平衡^[24]。曹阳^[25]研究表明饲料中添加三丁酸甘油酯(500 mg/kg),能显著降低 14 日龄肉仔鸡盲肠大肠杆菌数量(0.05<P<0.10)。该研究中添加三丁酸甘油酯均能显著降低盲肠中大肠杆菌的数量,增加乳酸菌的数量,且氨基酸螯合微量元素三丁酸甘油酯复方纳米乳使用效果高于二者单独使用效果。

4 结论

饲料中添加氨基酸螯合微量元素三丁酸甘油酯复方纳米乳对白羽肉鸡具有促生长效果,且试验前期效果优于试验后期。氨基酸螯合微量元素三丁酸甘油酯复方纳米乳能显著提高粗蛋白、粗脂肪、粗纤维的表观消化率,不同程度提高血清中生化酶活性,增强机体抵抗力;氨基酸螯合微量元素三丁酸甘油酯复方纳米乳能显著降低盲肠内大肠杆菌数量、增加乳酸菌数量。饲料中添加氨基酸螯合微量元素三丁酸甘油酯复方纳米乳的使用效果优于二者单独使用效果。

参考文献

[1] 吴凡.微量元素铁在动物生产上的应用[J].江西饲料,2012(4):10-12.
[2] 薛颖,董晓芳,佟建明.不同水平无机及有机复合微量元素对蛋鸡血浆

抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2016,28(7):2122-2131.
[3] 陆娟娟,崔吉安,夏中生,等.氨基酸微量元素螯合物替代无机微量元素对肉鸡饲养效果的影响[J].粮食与饲料工业,2011(6):43-46.
[4] 杨小燕,刘佃章,王记友,等.有机微量元素在白羽肉鸡中的应用[J].福建畜牧兽医,2004,26(5):9.
[5] 梁琦,左刚.三丁酸甘油酯的生理功能及其在仔猪中的应用[J].猪业科学,2020,37(5):46-49.
[6] NRC.Nutrient requirement of poultry[S].Washington,DC:National Academy Press,1994.
[7] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法:GB/T 6432—2018[S].北京:中国标准出版社,2018.
[8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.饲料中粗脂肪的测定:GB/T 6433—2006[S].北京:中国标准出版社,2006.
[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.饲料中粗灰分的测定:GB/T 6438—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
[10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.大肠菌群计数:GB 4789.3—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[11] 江苏省质量技术监督局.饲料中饲用芽孢杆菌的测定:DB32/T 2583—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
[12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品微生物检验 乳酸菌检验:GB 4789.35—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[13] 林仕梅,潘瑜,罗莉,等.不同来源微量元素铁、锌、锰、铜对罗非鱼生长、代谢和非特异性免疫力的影响[J].动物营养学报,2011,23(5):763-770.
[14] 郑欣,徐树德,艾庆辉,等.三丁酸甘油酯对动物生长和肠道屏障功能的影响及其作用机制[J].动物营养学报,2018,30(5):1668-1675.
[15] 彭丽莎,孙健栋,史艳云,等.三丁酸甘油酯对肉鸡生长性能、养分表观消化率、屠宰性能、肠道形态及微生物菌群的影响[J].动物营养学报,2014,26(2):466-473.
[16] 刘丹,夏中生,陈嘉宇.氨基酸微量元素螯合物对生长猪生长性能和养分利用率的影响[J].粮食与饲料工业,2007(10):38-39,48.
[17] 侯爽,刘娇,王昕陟.饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡生长性能、血清生化指标以及血清中锌、锰含量的影响[J].动物营养学报,2020,32(5):2397-2406.
[18] 王波.寡糖络合微量元素对黄羽肉鸡生长性能、饲料养分代谢率及血液生化指标的影响[D].南宁:广西大学,2017.
[19] 朱荣生,徐伟,王怀中,等.饲料添加不同水平三丁酸甘油酯对断奶仔猪生长性能、血清生化指标、肠组织形态和养分消化率的影响[J].动物营养学报,2020,32(2):664-673.
[20] 宋琼莉,陈小连,周泉勇,等.复合有机微量元素对崇仁麻鸡生长性能和粪便中微量元素含量的影响[J].动物营养学报,2018,30(3):1172-1177.
[21] 贾淑庚,檀晓萌,郝二英.微量元素铁在家禽生产中的应用研究[J].饲料广角,2015(10):38-41.
[22] 张得香,朱秋杰,刘振华,等.微量营养素锌促进肠上皮发育及再生机制的研究进展[J].动物营养学报,2020,32(11):5038-5045.
[23] 唐茂妍,林冬梅.三丁酸甘油酯在饲料中的应用进展[J].饲料博览,2019(10):11-14,18.
[24] 薛永强,马永喜,赵虎,等.三丁酸甘油酯的生理调控机制及在动物生产中的应用[J].动物营养学报,2020,32(12):5547-5555.
[25] 曹阳.三丁酸甘油酯对肉鸡生产性能和肠道发育影响的研究[D].泰安:山东农业大学,2016.

(上接第 32 页)

[9] 罗源,周扬,张林,等.甘孜州主要牧草饲用价值及水土保持能力[J].现代园艺,2021,44(19):17-21.
[10] 彭彬,宋思梦,张艳,等.甘孜州大渡河流域干旱河谷概况及建议[J].现代园艺,2022,45(5):56-58.
[11] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,2016:53-73.

[12] 何旭阳,杨振安,张桥英.青藏高寒草甸 3 种牧草营养成分和饲用价值比较[J].草学,2019(4):34-37.
[13] 郑凯,顾洪如,沈益新,等.牧草品质评价体系及品质育种的研究进展[J].草业科学,2006,23(5):57-61.
[14] 解津刚,魏勇,宋洁,等.新疆地区燕麦草饲料主要营养成分相关性分析[J].饲料研究,2022,45(5):110-113.
[15] 常根柱,杨志强,杨红善.美国蓝茎冰草、中间偃麦草、高冰草引种试验[J].草业科学,2009,26(3):68-71.