

不同品系生长期德州驴生长性能、消化率及血清生化指标的比较

杨泉,欧元华*,刘伟杰,张桂国,郭翠华**,张崇玉**

山东农业大学动物科技学院,山东省畜禽营养与高效饲养重点实验室,非粮饲料资源高效利用重点实验室(省部共建),山东泰安271017

摘要:本研究以不同品系生长期德州驴为研究对象,探究其生长性能、消化率及血清生化指标的差异,以期为制定其个性化饲养标准提供数据支撑。试验选用德州驴驹40头,分为三粉公驴组、三粉母驴组、乌头公驴组以及乌头母驴4个处理组。试验预饲期30 d,正试期90 d,4个处理组采食同一种全价颗粒型饲料,期间自由采食。结果表明:乌头公驴的平均日增重和料重比显著优于三粉公驴($P<0.05$),不同品系德州母驴平均日采食量、平均日增重和料重比等均无显著差异($P>0.05$);乌头公驴在有机物、碳水化合物和中性洗涤纤维的消化率上显著高于三粉公驴,而乌头母驴对无氮浸出物的消化率则显著低于三粉母驴($P<0.05$),乌头公驴血清中尿酸和葡萄糖水平显著高于三粉公驴,甘油三酯水平低于三粉公驴($P<0.05$),乌头母驴血清中葡萄糖水平显著高于三粉母驴,乌头母驴总蛋白和尿酸水平低于三粉母驴($P<0.05$)。综上所述,在本试验条件下,相较于三粉公驴,乌头公驴在生长性能、营养利用及代谢方面更具优势,德州母驴不同品系之间生长性能无显著差异。

关键词: 不同品系; 生长期德州驴; 生长性能; 消化率; 血清生化

中图分类号: S828.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2026)02-0315-06

Comparison of Growth Performance, Digestibility, and Serum Biochemical Indicators among Different Strains of Dezhou Donkeys During the Growth Period

YANG Quan, OU Yuan-hua*, LIU Wei-jie, ZHANG Guo-guo, GUO Cui-hua**, ZHANG Chong-yu**

College of Animal Science and Technology/Shandong Agricultural University, Shandong Provincial Key Laboratory of Poultry Nutrition and Efficient Feeding, Key Laboratory of Non-grain Feed Resources Efficient Utilization (Jointly Built by the Province and the Ministry), Tai'an 271017, China

Abstract: This study takes growing-period Dezhou donkeys of different strains as the research object, aiming to explore the differences in growth performance, digestibility, and serum biochemical indicators in order to provide data support for formulating their personalized feeding standards. The experiment selects 40 Dezhou donkey foals, and divides them into four treatment groups: Sanfen Male Donkeys, Sanfen Female Donkeys, Wutou Male Donkeys, and Wutou Female Donkeys. The trial includes a 30-day adaptation period and a 90-day formal trial period, during which the four treatment groups are fed the same kind of complete pelleted diet and allowed to feed freely. The results indicate that the Wutou male donkeys show significantly higher average daily gain and better feed-to-gain ratio compared to the Sanfen male donkeys ($P<0.05$), while for female donkeys of different strains, there are no significant differences in average daily feed intake, average daily gain, or feed-to-gain ratio ($P>0.05$). Regarding nutrient digestibility, Wutou male donkeys have significantly higher digestibility of organic matter, carbohydrates, and neutral detergent fiber than Sanfen male donkeys, whereas Wutou female donkeys have significantly lower digestibility of nitrogen-free extract than Sanfen female donkeys ($P<0.05$). In serum biochemical indicators, Wutou male donkeys exhibit significantly higher levels of uric acid and glucose, but lower levels of triglycerides than Sanfen male donkeys ($P<0.05$). For females, Wutou donkeys have significantly higher serum glucose levels, but lower levels of total protein and uric acid than Sanfen female donkeys ($P<0.05$). In summary, under the conditions of this trial, Wutou male donkeys demonstrate advantages over Sanfen male donkeys in terms of growth performance, nutrient utilization, and metabolism. However, no significant differences in growth performance are observed between different strains of female Dezhou donkeys.

收稿日期: 2025-04-22

修回日期: 2026-03-08

基金项目: 山东省重点研发计划(农业良种工程)项目(2023LZGCQY020); 山东省现代农业产业技术体系(SDAIT-27-03; SDAIT-23-05)

第1作者简介: 杨泉(1996-),男,硕士研究生,研究方向:动物营养与饲料科学。E-mail:2784765442@qq.com

*同等贡献作者: 欧元华(1999-),男,硕士研究生,研究方向:动物营养与饲料科学。E-mail:2315775922@qq.com

**通讯作者: Author for correspondence. E-mail:gch@sdau.edu.cn; zhangcy@sdau.edu.cn

Keywords: Different breeds; growing Dezhou donkeys; growth performance; digestibility; serum biochemical indicators

德州驴依据其外观和生理特征,被划分为乌头驴与三粉驴这两个品系^[1,2]。三粉驴全身毛色纯黑,唯鼻、眼周围和腹下为白色,四肢细而刚劲;乌头驴全身毛色乌黑无任何杂毛,各部位均显厚实,四肢较粗重^[3]。乌头驴和三粉驴除在外观表现差异外,两个品系的驴驹出生重和乳成分等方面也存在差异,具体而言,乌头驴的出生体重和体高均高于三粉驴,三粉驴奶的脂肪含量和非脂固体含量高于乌头驴奶^[4-6]。《中国畜禽遗传资源志》^[7]虽已系统梳理了德州驴在繁殖、役用及产肉方面的传统性能特征,然而,随着驴产业向集约化、规模化跃迁,饲养密度、日粮结构与管理制度均发生根本性重塑。这一转变不仅可能直接重塑其生长曲线与肉用性状,还将通过干预消化道微生物生态与营养利用效率,进而影响饲料消化率及血清生化水平。因此,本研究以乌头驴和三粉驴为研究对象,分析其生产性能、消化率和

血清生化指标等生长发育差异,以期为根据其差异性制定个性化饲养标准提供科学依据,对推动驴产业提质增效具有重要实践价值。

1 材料与方法

1.1 试验动物

本文中所有涉及动物护理和使用的程序均严格遵循国家和国际相关试验动物伦理法规,符合《试验动物福利伦理审查指南》(GB/T 39760-2021)的要求。试验选用体重为 126±5 kg 的 8 月龄驴驹 40 头,分为三粉公驴组、三粉母驴组、乌头公驴组以及乌头母驴组 4 个处理组,每个处理组 10 头驴。

1.2 试验设计与试验饲料

试验预饲期 30 d,正试期 90 d,4 个处理组采食同一种全价颗粒型饲料。饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 饲料组成及营养水平(风干基础)
Table 1 Composition and nutritional levels of the diet (air-dry basis)

原料 Ingredients	饲料 Diet	营养水平 Nutritional levels ^②	
玉米 Corn	35.00	消化能/(MJ/kg) DE	11.37
大豆粕 Soybean meal	9.00	粗蛋白质 CP/%	13.21
玉米胚芽粕 Corn germ meal	12.00	粗脂肪 EE/%	2.92
花生秧 Peanut seedling	31.00	中性洗涤纤维 NDF/%	30.89
稻壳粉 Rice hull powder	8.00	粗纤维 CF/%	15.35
石粉 Talcum powder	1.40	酸性洗涤纤维 ADF/%	20.07
大豆油 Soybean oil	0.60	磷 P/%	0.37
赖氨酸硫酸盐(55%)Lys	0.40	钙 Ca/%	0.80
碳酸氢钠 NaHCO ₃	0.60		
食盐 NaCl	1.00		
预混料 Premix ^①	1.00		
合计 Total	100.00		

注:①预混料为每千克日粮提供:VA 8100 IU,VB1 3 mg,VB3 10.8 mg,VB2 8 mg,VB6 4 mg,VB7 0.13 mg,VB9 1.5 mg,VB12 0.02 mg,VD 2400 IU,VK 3 mg,VE 30 mg,Cu 8.3 mg,I 0.5 mg,Zn 70 mg,Fe 61 mg,Mn 60 mg,Se 0.25 mg。②营养水平中消化能为参考杨泉等^[8]研究计算值,饲料其余营养成分为实测值。

Note: ①The premix provided the following per kg of diets:VA 8100 IU,VB1 3 mg,VB3 10.8 mg,VB2 8 mg,VB6 4 mg,VB7 0.13 mg,VB9 1.5 mg,VB12 0.02 mg,VD 2400 IU,VK 3 mg,VE 30 mg,Cu 8.3 mg,I 0.5 mg,Zn 70 mg,Fe 61 mg,Mn 60 mg,Se 0.25 mg. ②The digestibility in the nutrient level was calculated based on the study by Yang Quan et al^[8], while the remaining nutritional components of the diet were measured values.

1.3 饲养管理

试验驴每天饲喂 3 次,并记录采食量,自由饮水。

1.4 样品采集

在正试期采集饲料,粉碎过筛制成样品保存待测。在正试期后期利用内源指示剂木质素法

采集粪样^[8]。将采集的粪样分成2份,一份进行固氮处理,用于粗蛋白质的测定;另一份制成风干样品,用于其他营养成分的测定^[9]。在正试期的第1d早晨喂食前称量每头驴的体重,记录为试验起始体重。试验结束时,同样在早晨喂食前空腹称量体重,记录为结束体重,并同时采集血液样本。

1.5 样品测定与计算方法

粗蛋白质、粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗

涤纤维等含量均采用国家标准方法^[10-13],通过木质素法测定营养物质消化率^[14]。

消化率(%)=100-[(饲料中木质素含量/粪样中木质素含量)×(粪样中营养物质含量/饲料中营养物质含量)]×100。

平均日采食量=总采食量/试验天数;

平均日增重=(末重-始重)/试验天数;

料重比(F/G)=平均日采食量/平均日增重。

表2 不同品系德州公驴生长性能的比较(平均值±标准误, n=10)

Table 2 Comparative study of growth performance in different strains of Dezhou male donkeys (Mean±SEM, n=10)

组别	初始体重/kg	平均日采食/kg	平均日增重/g	料重比F/G	结束体重/kg
Groups	Initial body weight	Average Daily Feed Intake	Average Daily Gain	Feed/Gain Ratio	Final Body Weight
乌头公驴	127.81±2.52a	5.02±0.02a	589.21±35.23a	8.51±0.51a	180.81±3.99a
三粉公驴	126.06±2.61a	4.86±0.02a	480.44±33.21b	10.12±0.48b	169.25±3.97b

注:表中数据为平均值±标准误,不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

Note: The data in the table are presented as mean ± standard error. Different lowercase letters indicate significant differences (P<0.05).

1.6 统计与分析

用 Excel 2016 进行试验数据整理,使用 SPSS Statistics26 统计软件进行统计分析,结果以平均值±标准误表示,并以独立样本 T 检验进行显著性分析, P<0.05 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同品系德州驴生长性能的比较研究

在本试验中,不同品系德州公驴平均日采食量没有显著差异(P>0.05),乌头公驴的平均日增重和料重比显著优于三粉公驴(P<0.05);不同品系德州母驴平均日采食量没有显著差异(P>

0.05),德州母驴不同品系之间的平均日增重和料重比均无显著差异(P>0.05)。

2.2 不同品系德州驴表观消化率的比较研究

在本试验中,不同品系德州公驴干物质、无氮浸出物、粗纤维、粗脂肪、粗蛋白和酸性洗涤纤维的消化率没有显著差异(P>0.05),乌头公驴对有机物、碳水化合物和中性洗涤纤维的消化率显著高于三粉公驴(P<0.05);不同品系德州母驴对干物质、有机物、碳水化合物、粗纤维、粗脂肪、粗蛋白、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维的消化率没有显著差异(P>0.05),乌头母驴对NFE的消化率显著低于三粉母驴(P<0.05)。

表3 不同品系德州母驴生长性能的比较(平均值±标准误, n=10)

Table 3 Comparative study of growth performance in different strains of Dezhou female donkeys (mean±SEM, n=10)

组别	初始体重/kg	平均日采食/kg	平均日增重/g	料重比F/G	结束体重/kg
Groups	Initial body weight	Average Daily Feed Intake	Average Daily Gain	Feed/Gain Ratio	Final Body Weight
乌头母驴	129.81±3.20a	5.12±0.01a	575.31±43.25a	8.89±0.35a	180.01±3.65a
三粉母驴	129.13±3.18a	5.13±0.01a	582.08±29.27a	8.81±0.34a	181.56±3.60a

注:表中数据为平均值±标准误,不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

Note: The data in the table are presented as mean ± standard error. Different lowercase letters indicate significant differences (P<0.05).

2.3 不同品系德州驴血清生化指标的比较研究

在本试验中,乌头公驴血清中尿酸和葡萄糖的含量显著高于三粉公驴(P<0.05);甘油三酯含量显著低于三粉公驴(P<0.05);乌头母驴血清中葡萄糖的含量显著高于三粉母驴,乌头母驴总蛋白和尿酸含量显著低于三粉母驴

(P<0.05)。

3 讨论

3.1 不同品系德州驴生长性能的比较

料重比是评估生产性能的关键指标,其值越低表示饲料转化效率越高^[15]。在本研究中,乌头

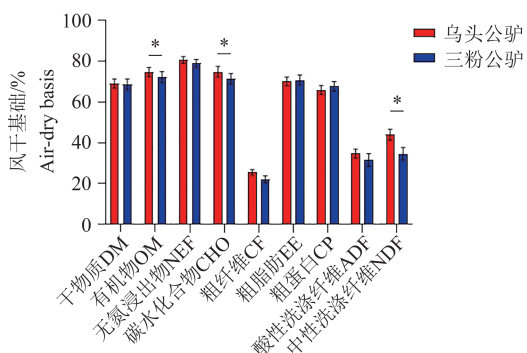


图1 不同品系德州公驴表现消化率的比较
Fig. 1 Comparison of apparent digestibility between different strains of Dezhou male donkeys

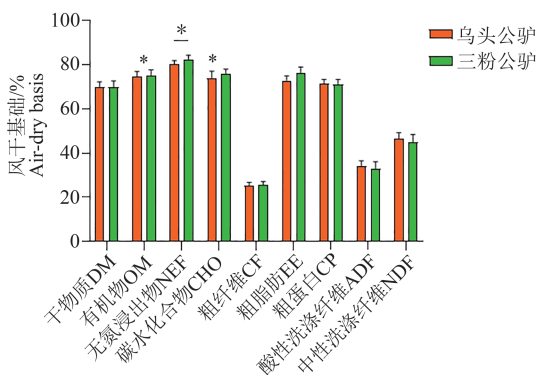


图2 不同品系德州母驴表现消化率的比较
Fig. 2 Comparison of apparent digestibility between different strains of Dezhou female donkeys

公驴比三粉公驴展现出更优的日增重和料重比。断奶后,驴驹的饮食结构由依赖母乳和部分草料逐渐转向完全采食颗粒饲料,这一饮食转换可能在一定程度上改变小肠的形态结构与功能,进而可能影响其消化吸收能力及肠道屏障的完整性,最终导致采食量减少、腹泻现象发生,造成生长发育缓慢^[16]。本试验中,乌头公驴的平均日增重和料重比显著优于三粉公驴,这与 Zhang 等的研究结果一致,即乌头驴日增重高于三粉驴,乌头驴比三粉驴更早达成成年体重^[6],乌头公驴展现出了相对于饲料变化更高的适应能力。探索不同品系德州驴在饲料转换过程中所表现出的适应性差异,对于优化驴的饲养管理策略,从而提升整体养殖效益具有重要的实践指导意义。未来的研究可以进一步聚焦于肠道微生物在不同饲养条件下的表达调节机制,以及探索通过饲养管理调整来提升驴的生长性能和经济效益的可能性。

表4 不同品系德州公驴血清生化指标的比较(平均值±标准误, n=10)

Table 4 Comparative study on serum biochemical indicators of different strains of Dezhou male donkeys

项目 Items	含量 Content	
	乌头公驴 Wutou male donkeys	三粉公驴 Sanfen male donkeys
碱性磷酸酶 ALP	236.83±12.33a	201.83±12.48a
谷草转氨酶 AST	289.33±12.53a	250.83±13.94a
谷丙转氨酶 ALT	5.5±0.48a	6.33±0.49a
乳酸脱氢酶 LDH	355±19.48a	306.17±17.78a
尿素氮 BUN	7.88±0.21a	7.53±0.20a
肌酸激酶 CK	242±20.65a	215.33±20.47a
白蛋白 ALB	13.85±0.51a	14.97±0.51a
总蛋白 TP	57.68±0.91a	60.95±0.92a
尿酸 UA	3.33±0.24a	2.33±0.24b
葡萄糖 GLU	6.04±0.21a	5.06±0.21b
甘油三酯 TG	0.33±0.03b	0.44±0.03a
低密度脂蛋白 LDL	0.17±0.01a	0.17±0.01a
高密度脂蛋白 HDL	1.11±0.05a	1.07±0.05a
总胆固醇 TCHO	1.58±0.06a	1.5±0.06a

注:表中数据为平均值±标准误,不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

Note: The data in the table are presented as mean ± standard error. Different lowercase letters indicate significant differences (P<0.05).

3.2 不同品系德州驴表现消化率的比较

饲料营养物质表观消化率是评定家畜饲料营养价值的基础,其高低直接关系到动物的生长发育^[17]。通过养分表观消化率反映营养物质的消化吸收状况,表观消化率越高,动物对饲料的利用程度越高,养殖效益越好^[18]。本研究中,乌头公驴对于饲料中有机物、碳水化合物和中性洗涤纤维的消化率高于三粉公驴,这可能是乌头公驴的平均日增重高于三粉公驴、料重比低于三粉公驴的原因。这些数据共同揭示了乌头公驴在饲料利用效率上的优越性,为提高养殖效益提供了科学依据。此外,本研究结果为未来育种和饲养管理提供了重要启示:鉴于乌头公驴在饲料消化率和生长效率方面的显著优势,建议在日常饲养管理中,优化乌头公驴的饲料配方,以充分发挥其生产潜力,进而提升整体养殖经济效益。乌头母驴和三粉母驴对饲料中干物质、有机物和碳水化合物等指标的消化率差异不明显,这与它们的平均日增重和料重比均没有显著差异的研究结果一致,表明母驴的饲料利用效率在品种间无

表5 不同品系德州母驴血清生化指标的比较(平均值±标准误, $n=10$)

Table 5 Comparative study on serum biochemical indicators of different strains of Dezhou female donkeys

项目 Items	含量 Content	
	乌头母驴 Wutou female donkeys	三粉母驴 Sanfen male donkeys
碱性磷酸酶 ALP	230.83±10.88a	263.5±10.31a
谷草转氨酶 AST	276.83±12.67a	250.83±9.56a
谷丙转氨酶 ALT	5.67±0.53a	6.67±0.45a
乳酸脱氢酶 LDH	313.5±17.18a	331.5±15.76a
尿素氮 BUN	6.8±0.16a	7.28±0.24a
肌酸激酶 CK	241.5±13.65a	207.83±12.53a
白蛋白 ALB	14.62±0.48a	15.73±0.17a
总蛋白 TP	59.03±0.90b	64.28±1.29a
尿酸 UA	2.83±0.26a	4.17±0.85b
葡萄糖 GLU	5.45±0.15a	4.97±0.17a
甘油三酯 TG	0.47±0.03a	0.46±0.03a
低密度脂蛋白 LDL	0.19±0.02a	0.17±0.01a
高密度脂蛋白 HDL	1.13±0.05a	0.99±0.02a
总胆固醇 TCHO	1.68±0.06a	1.54±0.05a

注:表中数据为平均值±标准误,不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: The data in the table are presented as mean ± standard error. Different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$).

显著差异。

3.3 不同品系德州驴血清生化指标的比较

血清生化指标是评估动物生长发育和代谢状态的关键,能较为全面地揭示其健康状况^[19]。谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性可反映肝脏的损伤情况,当肝脏受到损伤时,血清谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性会升高^[20]。高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、甘油三酯和总胆固醇等指标是反映畜禽机体对脂肪代谢情况的产物^[21]。高密度脂蛋白将胆固醇从外周组织运输至肝脏进行代谢,而低密度脂蛋白是将肝脏合成的胆固醇转运到肝脏外的组织中^[22]。甘油三酯和总胆固醇是衡量机体脂肪代谢程度的重要指标,其含量降低表明脂肪代谢能力增强^[23]。血清蛋白质代谢指标主要包括总蛋白、白蛋白和尿酸含量等。总蛋白和白蛋白在动物体内具有调节血浆胶体渗透压和运输养分的功能^[24]。此外,血清总蛋白和白蛋白的水平能够直接反映动物的蛋白质代谢状态,其含量越高,通常表明动物的健康状况越好^[25]。尿酸含量与蛋白质利用率之间呈现出负相关,即尿

酸含量越高,蛋白质的利用率通常越低^[26]。本研究测定的德州驴血清生化指标与先前研究一致^[27,28],然而,以往研究中缺乏对乌头驴和三粉驴的比较数据,这一空白限制了对不同品系德州驴代谢特征的深入分析。本试验发现,乌头公驴的血清中尿酸和葡萄糖水平显著高于三粉公驴,而其甘油三酯含量则显著低于三粉公驴。同时,乌头母驴的血清中葡萄糖含量显著高于三粉母驴,而其总蛋白和尿酸含量则显著低于三粉母驴。这些差异可能反映了不同品系德州驴在代谢调控和能量利用方面的独特特征:乌头公驴的葡萄糖水平较高,可能表明其能量代谢较为活跃,这可能意味着乌头驴在生长和繁殖过程中对能量的需求较高,需要提供更丰富的能量饲料;三粉母驴的总蛋白含量较高,可能表明其在蛋白质合成方面更为高效;乌头公驴的尿酸水平较高,可能是由于其体内嘌呤代谢产生的尿酸较多,或者其尿酸排泄能力相对较弱。未来的研究应进一步探讨这些差异的生理和遗传机制,以便制定针对性的营养和管理策略,进而提升不同品系德州驴的健康状况和生产性能。

4 结论

本研究以不同品系生长期德州驴为研究对象,探究其生长性能、消化率及血清生化指标的差异。在本试验条件下,相较于三粉公驴,乌头公驴在生长性能、营养利用及代谢方面更具优势,德州母驴不同品系之间生长性能无显著差异。

参考文献

- [1] 马程,胡文萍,石田培,等.乌头驴与三粉驴骨骼肌中miRNAs的表达鉴定与分析[J].中国畜牧兽医,2021,48(06):1894-1905.
- [2] 李艳,左立康,罗康,等.三粉驴和乌头驴血浆生化指标和肠道菌群结构的比较研究[J].动物营养学报,2022,34(08):5244-5254.
- [3] 高琦璨,王金鹏,李玉华,等.德州驴生产性能的初步研究[J].家畜生态学报,2021,42(02):56-61.
- [4] Li Y, Ma Q S, Zhou M M, et al. A metabolomics comparison in milk from two Dezhou donkey strains [J]. European Food Research and Technology, 2022, 248(05):1-9.
- [5] Shi T, H W, Hou H, et al. Identification and

- comparative analysis of long non-coding RNA in the skeletal muscle of two Dezhou donkey strains[J]. *Genes*,2020,11(05):508.
- [6] Zhang Z, Gao X, Faheem M, et al. Comparative analysis of growth and development characteristics of two Dezhou donkey strains[J]. *Livestock Science*, 2022,263:105024.
- [7] 国家畜禽遗传资源委员会组. 中国畜禽遗传资源志马驴驼志[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [8] 杨泉,王云,张晨,等. 德州驴饲料中营养物质表观消化率不同测定方法的比较[J]. *动物营养学报*, 2023,35(07):4465-4474.
- [9] 中华人民共和国国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会. 动物饲料试样的制备:GB/T 20195-2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [10] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 饲料中粗蛋白质的测定 凯氏定氮法:GB/T 6432-2018[S]. 北京:中国标准出版社,2018.
- [11] 中华人民共和国国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 饲料中粗纤维含量的测定:GB/T 6434-2022[S]. 北京:中国标准出版社,2022.
- [12] 中华人民共和国国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定:GB/T 20806-2022[S]. 北京:中国标准出版社,2022.
- [13] 中华人民共和国农业农村部. 饲料中酸性洗涤纤维的测定:NY/T 1459-2022[S]. 北京:中国农业出版社, 2022.
- [14] 张晨,杨泉,李静,等. 全收粪法与内源指示剂法测定德州驴饲料中养分消化率的比较研究[J]. *动物营养学报*,2021,33(06):3439-3446.
- [15] 赵媛媛,马青,周路松,等. 百里香对滩羊生长性能、屠宰性能及瘤胃菌群结构的影响[J]. *动物营养学报*,2025,37(02):1127-1140.
- [16] Tang X P, Xiong K N, Fang R J, et al. Weaning stress and intestinal health of piglets: A review[J]. *Frontiers in Immunology*, 2022,131042778-1042778.
- [17] 肖晴睿,邢芳芳,管文波,等. 发酵花生粕的营养价值评定及其对仔猪生长性能的影响[J]. *饲料研究*, 2024,47(10):37-42.
- [18] 毛江笛,倪志翔,汪海峰. 菜籽粕混合发酵饲料替代豆粕对生长猪生长性能、养分表观消化率以及血清生化和抗氧化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2024,36(01):162-173.
- [19] 王海波,占今舜,谷志勇,等. 饲料中添加大蒜皮对湖羊生长性能、瘤胃发酵参数及血清生化、免疫和抗氧化指标的影响[J]. *动物营养学报*,2024,36(01): 406-415.
- [20] Ni X, Zhao X, Dan Z, et al. Calcium requirement of Yunnan semi-fine wool rams (*Ovis aries*) based on growth performance, calcium utilization, and selected serum biochemical indices[J]. *Animals*, 2024,14(11):1681.
- [21] 靳亚星,李璇玥,李千一,等. 饲料营养水平对多浪羊生长性能、肉质、血清生化指标及瘤胃发酵参数的影响[J]. *中国畜牧兽医*,2024(10):4343-4351.
- [22] Ren P, Zhou L, Xu Y, et al. Exercise volume provides new insight into the effects of housing systems on chicken body conformation, carcass traits, meat quality, and serum biochemical parameters[J]. *Animals*,2024,14(16):2387-2387.
- [23] 谯仕彦. 猪低蛋白质日粮研究与应用[M]. 北京:中国农业出版社,2019.
- [24] 薛瑞鑫,王丹,李佳橙,等. 不同比例葡萄籽饲料对生长猪生长性能、血清生化指标、抗氧化性能和粪便微生物组成的影响[J]. *动物营养学报*,2023,35(10):6327-6339.
- [25] 和俊龙,潘朝阳,张宏福,等. 芝麻粕型低蛋白质饲料对育肥猪生长性能、养分表观消化率及血清生化和抗氧化指标的影响[J]. *动物营养学报*,2024,36(10):6256-6269.
- [26] Fan J, Cui H, Mu Z, et al. Non-targeted metabolomics analysis of fermented traditional Chinese medicine and its impact on growth performance, serum biochemistry, and intestinal microbiome of weaned lambs[J]. *Scientific Reports*,2024,14(01):20385-20385.
- [27] 张晨,杨泉,王云鹏,等. 饲料能量水平对德州驴生长性能、营养物质消化率及血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*,2022,34(02):1158-1164.
- [28] 杨泉,王云,张晨,等. 日粮非纤维性碳水化合物与中性洗涤纤维比例对德州驴生产性能、营养物质表观消化率及血清生化指标的影响[J]. *中国饲料*,2024(06):46-50.